Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov

AKTUÁLNE SMEROVANIE V RASTLINNEJ A ŽIVOČÍŠNEJ PRODUKCII

Recenzovaný zborník odborných prác

Nitra 2024

Odborný garant: prof. Ing. Marko Halo, PhD., SPU v Nitre

Recenzovali: Ing. Norbert Britaňák, PhD., NPPC Banská Bystrica
Ing. Rastislav Bušo, PhD., NPPC Piešťany
RNDr. Ľubomír Hanzes, PhD., NPPC Banská Bystrica
Ing. Roman Hašana, PhD., NPPC Piešťany
Ing. Veronika Lizáková, PhD., Agroosivo-Úsvit, s. r. o., Hozelec
doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc., ČSH, z. s., České Budějovice
prof. MVDr. Peter Massanyi, DrSc., SPU v Nitre
prof. Ing. Juraj Mlynek, CSc., SPU v Nitre
prof. Ing. Ján Novák, CSc., SPU v Nitre
prof. RNDr. Ing. Tomáš Tóth, PhD., SPU v Nitre

Zostavil: kolektív FAPZ

© Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Za vecnú a obsahovú stránku zodpovedajú autori príspevkov.

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 6. 9. 2024
ako recenzovaný zborník odborných prác.

ISBN 978-80-552-2763-4

OBSAH

RASTLINNÁ PRODUKCIA

Jiří Balík, Jindřich Černý, Pavel Suran
Aktuální trendy ve výživě a hnojení kukuřice 8

Rastislav Bušo, Roman Hašana
Koeficient štruktúrnosti ako indikátor systémov obrábania pôdy 11

Jindřich Černý, Jiří Balík, Simona Procházková
Moderní trendy ve výživě a hnojení ozimé řepky 17

Simona Čerteková, Katarína Ražná
Využitie regulačného potenciálu mirna v šľachtení a genetickom inžinierstve druhu *Lavandula* 21

Iveta Čičová, Ľubomír Mendel, Erika Zetochová, René Hauptvogel, Marek Varga, Pavol Hauptvogel
Uchovávanie diverzity rastlín pre poľnohospodárstvo a výživu v Génovej banke SR 25

Igor Danielovič, Božena Šoltysová
Emisie oxidu uhličitého z pôdy pri rozdielnej agrotechnike 31

Štefan Dupľák, Ladislav Kováč
Vplyv hnojenia na úrody zrna netradičných olejnín na fluvizemi glejovej 35

Petr Dvořák, Martin Král, Markéta Miháliková, Barbora Badalíková, Květuše Hejátková, Patrik Burg, Jaroslav Lang, Milan Herout, Jiří Souček
Přístupy k využití a začlenění schémat aplikace kompostu jako nástroje na podporu udržitelného zemědělství 40

Dávid Ernst, Marek Rašovský, Tomáš Vician, Ivan Černý, Vladimír Pačuta
Inovatívne možnosti podpory produkcie a monitorovanie produkčného procesu poľných plodín 45

Ján Gažo, Marián Miko
Agrolesníctvo, aklimatizácia a introdukcia teplomilných rastlinných druhov – nové príležitosti pre krajinu a farmárov v období klimatických zmien na Slovensku 51

Miroslav Habán, Milan Macák, Veronika Žitniak Čurná, Klaudia Lukáčová, Joanna Korczyk-Szabó
Pestovanie a spracovanie liečivých rastlín v SR ako potenciál diverzifikácie špeciálnej rastlinnej produkcie 56

Peter Hozlár
Trendy a techniky v šľachtení obilnín na NPPC, VURV, VŠS Vígľaš-Pstruša 60

Barbara Chmelárová, Nora Polláková, Samuel Halmo
Zmeny vo vlastnostiach organickej hmoty čiernice vyvolaných konverziou konvenčnej technológie obrábania pôdy na redukovanú 64

Lucia Jasenovská, Marián Brestič, Mária Barboričová, Andrej Filaček, Jana Ferencová, Dominika Mlynáriková Vysoká, Marek Kovár, Marek Živčák
Analýza fotochemických a kvalitatívnych vlastností mikrozeleniny vo vzťahu na zmeny monochromatických svetelných podmienok 68

Jozef Kobza
Aktuálny stav a vývoj makro- a mikroživín v poľnohospodárskych pôdach Slovenska 76

Nikola Kotlárová, Pavol Eliáš jun., Lenka Tomovičová, Ľuba Ďurišová, Samuel Kšiňan
Predbežné výsledky štúdia rozšírenia druhu *Panicum Capillare* na Slovensku 81

Adam Kováčik, Dagmar Moravčíková, Aqsa Abbas
Využitie real-time PCR v detekcii alergénnych strukovín 85

Marek Kovár, Marek Živčák, Mária Barboričová, Andrej Filaček, Lucia Jasenovská, Jana Ferencová, Dominika Mlynáriková Vysoká, Aida Shomali, Hamideh Ghaffari, Marián Brestič
Vysokovýkonná state-of-the-art technológia fenotypovania pšenice 89

Milan Macák, Miroslav Habán, Joanna Korczyk-Szabó, Ľubomíra Hromadová, Klaudia Lukáčová
Analysis of adaptation strategies in the context of crop rotation practices 94

Ľubomír Mališ
Kontrola pôdy a agrochemických vstupov s využitím pre presné poľnohospodárstvo s cieľom zachovania zdravej pôdy a rastlinnej produkcie 98

Dagmar Moravčíková, Jana Žiarovská
Metagenomika ako nástroj udržateľného poľnohospodárstva 103

Janka Nôžková
Genetické zdroje rastlín – výzvy a možnosti pre prax 107

Katarína Olšovská, Štefan Týr, Krisztína Majtán
Podpora biologických procesov v udržateľnom poľnohospodárstve aplikáciou nových pestovateľských technológií 112

Jan Pazdera, Ladislav Varga
Využití digestátu při pěstování ozimého žita na siláž a následné pěstování kukuřice seté technologií Strip-till 116

Nora Polláková, Barbara Chmelárová, Samuel Halmo
Trend v zmenách vybraných fyzikálnych parametrov zrnitostne strednej a ťažkej čiernice spôsobených konverziou konvenčného obrábania pôdy na redukovaný 120

Pavel Procházka, Václav Brant, Mojmír Mička, Milan Štefek
Možnosti zakládání porostů sóji s využitím pomocných plodin 124

Josef Pulkrábek, Lucie Bečková
Inovace v pěstitelské technologii cukrové řepy 129

Katarína Ražná, Matúš Kučka, Janka Nôžková, Ľubomír Harenčár, Ján Gažo, Miroslava Kačániová, Eva Ivanišová, Przemysław Łukasz Kowalczewski
Potenciál diverzity ľanu siateho pre využiteľnosť vlastností slizov 134

Peter Schultz, Jana Ivanič Porhajašová, Mária Babošová
Význam biopásov z hľadiska biodiverzity 139

Viktor Straka, Marek Kolenčík, Dávid Ernst, Ján Gažo, Kamil Hudec, Tomáš Vician, Veronika Žitniak Čurná
Fyziologický účinok sóje fazuľovej po prvotnej aplikácii konvenčných prípravkov a nanohnojív 144

Veronika Štefúnová, Jana Žiarovská
Využitie molekulárnych markérov v analýze slnečnice 149

Vladimír Šimanský
Pôdna štruktúra je do značnej miery výsledkom antropogénnych zásahov v pôde 152

Božena Šoltysová, Martin Danilovič, Igor Danielovič
Zmeny obsahov uhlíka v pôde po konverzii jej využívania 157

Lenka Tomovičová, Ľuba Ďurišová, Samuel Kšiňan, Nikola Kotlárová, Marek Kolenčík, Dávid Ernst
Hodnotenie životaschopnosti peľu poľnohospodársky významných plodín po aplikácii nanočastíc zinku 162

Štefan Týr, Katarína Olšovská, Denis Onufer
Buriny v udržateľných systémoch hospodárenia na pôde 166

Lucia Urbanová, Jana Žiarovská
Genomické profilovanie analógov Bet v 1 v zelenine: Prístup BBAP ku krížovej reaktivite 171

Ľuboš Vozár, Peter Kovár, Peter Hric
Diferencovaná intenzita využitia a jej vplyv na produkčné a mimoprodukčné parametre trávneho porastu 175

Josef Vršťala
Historické a současné odrůdy brambor v podmínkách stresu 179

Jana Žiarovská, Lucia Urbanová, Silvia Farkasová
Alergénna bezpečnosť rastlín 183

Jana Žiarovská, Lucia Urbanová, Silvia Farkasová, Veronika Fialková, Želmíra Balážová, Veronika Štefúnová, Zdenka Gálová
Molekulárna diagnostika vírusových ochorení cesnaku ako nástroj efektívnej kontroly sadbového materiálu i porastov 187

ŽIVOČÍŠNA PRODUKCIA

Ivan Bahelka, Roman Stupka, Jaroslav Čítek
Možnosti minimalizácie výskytu kančieho pachu v bravčovom mäse vykrmovaných kančekov 192

Ondřej Bučko, Ivan Bahelka, Klára Vavrišínová
Porovnanie nutričného zloženia mäsa plemena biela ušľachtilá s krížencami biela ušľachtilá a mangalica 196

Veronika Fiková, Martin Fik
Problematika pastierských psov na Slovensku 200

Barbora Gancárová, Kristína Tvarožková, Vladimír Tančin
Má význam sledovať somatické bunky u kôz? 205

Martina Gondeková, Ján Huba, Ján Tomka, Magdaléna Pavlík Slížová, Ivan Pavlík
Dôležitosť chráneného zemepisného označenia produktov pri udržiavaní domácich plemien hospodárskych zvierat 209

Marta Habánová, Maroš Bihari, Radek Látal, Jana Pastrnáková
Význam bioaktívnych látok pri pozitívnej modulácii aterogénnych subfrakcií LDL cholesterolu 215

Adrián Halvoník, Nina Moravčíková, Monika Chalupková, Radovan Kasarda
Najčastejšie využívané prístupy pre odhad genomického inbrídingu u hospodárskych zvierat 219

Ondrej Hanušovský, Daniel Bíro, Milan Šimko, Miroslav Juráček, Branislav Gálik, Michal Rolinec, Stanislava Drotárová, Mária Kapusniaková, Matúš Džima
Využitie smart technológií v modernej výžive prežúvavcov 223

Terézia Hegerová, Peter Juhás
Analýza vzťahu medzi vybranými letovými parametrami sokola rároha *(Falco Cherrug)* 230

Štefan Henžel, Cyril Hrnčár
Súčasnosť a perspektívy chovu autochtónnych plemien hydiny na Slovensku 233

Monika Chalupková, Nina Moravčíková, Radovan Kasarda, Juraj Candrák, Adrián Halvoník
Genetické hodnotenie zdravia hovädzieho dobytka 238

Ivan Imrich, Eva Mlyneková, Juraj Mlynek, Tomáš Kanka, Daniel Rajčok
Vplyv systému chovu na obsah mastných kyselín v bravčovom mäse 242

Martin Janíček, Mária Mičiaková, Martina Pšenková, Klára Vavrišínová
Vplyv tepelného stresu na produkciu mlieka oviec plemena lacaune počas letného obdobia 246

Róbert Kirchner, Soňa Kirchnerová, Veronika Komárňanská
Vplyv antropogénnej činnosti na populácie korytnačiek 250

Zuzana Kňažická, Jana Kopčeková, Eva Kováčiková, Katarína Fatrcová Šramková, Anton Kováčik, Peter Massányi, Marta Habánová
Vplyv obezity na sérové hladiny kortizolu u perimenopauzálnych žien 254

Radek Látal, Marta Habánová
Nie je chudnutie ako chudnutie 261

Gabriel Lesanský
Využívanie moderných technológií v reporodukcii dojníc 265

Daniel Magula, Gabriela Vaverková, Silvia Vinklerová, Gabriela Chowaniecová
Vitamín B_{12} – nielen marker výživy, ale i marker prognózy onkologických ochorení? 269

Mária Mičiaková, Peter Strapák, Martina Pšenková, Martin Janíček
Využitie Smart technológií v chove hovädzieho dobytka 273

Eva Mlyneková, Marko Halo, Ivan Imrich, Marko Halo jr., Monika Šmondrková, Martin Massányi
Vplyv rôznych faktorov na biomechaniku koňa 277

Eva Mlyneková, Marko Halo, Stanislav Zaťko, Marko Halo jr.
Endokrinné a zápalové procesy počas rozvoja laminitídy u koní 281

Zuzana Mlyneková, Zuzana Formelová, Matúš Rajský
Výživná hodnota, bachorová degradovateľnosť a črevná stráviteľnosť N-látok vedľajších produktov spracovateľského priemyslu 285

Daniel Molnár
Aktuálna situácia v chove a spracovaní hydiny v SR 290

Daniel Rajčok, Ivan Imrich
Hodnotenie podielu chudej svaloviny a hrúbky slaniny na živých ošípaných 294

Matúš Rajský, Zuzana Mlyneková, Zuzana Formelová
Trendy vo výžive farmovej raticovej zveri 298

Michal Rolinec, Branislav Gálik, Michal Gábor, Juraj Medo, Martina Miluchová, Milan Šimko, Miroslav Juráček, Ondrej Hanušovský, Eva Mixtajová, Tomáš Kanka, Zuzana Schubertová, Stanislava Drotárová, Mária Kapusniaková, Matúš Džima, Ela Tarišková, Štefánia Buschbacher, Daniel Bíro
Kokosový tuk: netradičná kŕmna surovina vo výkrme ošípaných 302

Jan Strašifták, Peter Juhás, Cyril Hrnčár
Vplyv svetla a podstielky na úžitkovosť a welfare kurčiat mäsového typu 314

Iveta Szencziová, Mária Mičiaková, Eva Tóthová -Tarová, Melinda Nagy
Súčasná situácia psích útulkov a problematika túlavých psov na Slovensku 318

Vladimír Šmelko
Chov koní v Dobšinej a na Muráni 324

Ondřej Štastník, Jakub Novotný, Eva Mrkvicová, Leoš Pavlata
Cirkulární krmné suroviny jako koncept udržitelné výživy zvířat 331

Róbert Toman, Martina Pšenková, Vladimír Tančin, Ivona Jančo
Zdravotné benefity konzumácie mliečnych produktov oviec vo vzťahu k výskytu esenciálnych prvkov z ekologického poľnohospodárstva 334

Kristína Tvarožková, Vladimír Tančin, Barbora Gancárová, Miriam Árvayová, Dušan Vašíček, Ľudovít Černek
Výskyt *Staphylococcus aureus* v mlieku dojníc a jeho antibiotcká rezistencia 339

Klára Vavrišínová, Jaroslav Dóbi, Ondřej Bučko, Martin Janíček
Význam hodnotenia materských vlastností mäsového dobytka 344

Rastlinná produkcia

AKTUÁLNÍ TRENDY VE VÝŽIVĚ A HNOJENÍ KUKUŘICE
Recent trends in corn nutrition and fertilization

Jiří BALÍK, Jindřich ČERNÝ, Pavel SURAN
Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká republika

Na základě údajů vlastních pokusů a informací z odborné literatury jsou diskutovány nové trendy ve výživě kukuřice. Zejména je hodnocena technologie strip-till v kombinaci s lokální aplikací tekutých organických hnojiv (kejda/digestát) do hloubky 17 – 20 cm. Velmi pozitivně působí kombinace organického hnojiva s inhibitorem nitrifikace. Tato technologie je vhodná pro lehké, případně střední půdy. Standardní dávky při této technologi jsou 25 – 30 t kejdy (skotu)/ha.

Kľúčové slová: kukuřice; strip-till technologie; kejda; zonální aplikace

1 Úvod a prehľad literatúry

Kukuřice setá zaujímá v České republice (ČR) pěstební plochu cca 330 tis. ha půdy. Z hlediska produkce a její kvality je výhodné pěstování v roztečích řádků o normované šířce 75 cm. Hustota prokořenění v meziřadí je podstatně menší než přímo řádku, a to po celou dobu vegetace. Na výživě rostlin se intenzivně podílí pouze část ornice, což zvyšuje nároky na zásobu přijatelných živin. Z tohoto důvodu je nutno mít minimálně dobrou zásobu přijatelných živin v celém objemu ornice nebo intenzivněji vyhnojit zónu výsevu. Z pohledu výživy, a tím i potřeby hnojení se kukuřice vyznačuje některými zvláštnostmi, které je nutné respektovat, chceme-li dosáhnout potřebného výnosu a kvality sklizně. Jsou to:

- pomalý počáteční růst a příjem živin (při výšce porostu 40 – 50 cm lze počítat s odběrem cca 35 kg N, 4 kg P, 40 kg K a 3 kg Mg na ha),
- kritické období růstu i příjmu živin je na počátku vegetace, kdy je kukuřice citlivá k nižším teplotám a má malou konkurenční schopnost. Vzhledem k tomu, že nemá ještě dostatek kořenů (dobré prokořenění půdy), má i omezenou příjmovou kapacitu kořenů pro živiny, zvláště pro fosfor. Jakmile však vytvoří dostatečný kořenový systém, osvojuje si živiny z půdy již poměrně dobře,
- vysoká potřeba živin nastává v průběhu intenzivního růstu nadzemních částí rostlin (prodlužovací růst), nejčastěji od počátku června, a vrcholí v poslední dekádě července, za 35 až 45 dnů (asi 10–15 dnů před objevením laty a 25–30 dní po objevení laty) přijme kukuřice 70 – 75 % všech živin,
- vzhledem k delší vegetaci dobře využívá živiny, které se uvolní v půdě během vegetace, především z organických lehčeji hydrolyzovatelných sloučenin při mineralizaci.

V porovnání s ostatními obilninami je zřejmé, že vliv hnojení na výnosové prvky je nižší. Dusíkatým hnojením je nejvíce ovlivněn počet zrn v palici (zejména počet zrn v řadě – délka palice) a dále hmotnost 1000 semen.

Ke hnojení kukuřice se běžně používají statková hnojiva, zvláště na půdách s nižší úrodností. Běžné dávky chlévského hnoje na ha jsou do 40 t. Většinou je lepší podzimní aplikace, pouze na lehkých půdách lze tolerovat i jarní hnojení.

Kukuřice je jednou z nejvhodnějších plodin pro využití kejdy/digestátu, které můžeme aplikovat v podzimním i jarním období, případně využít i k přihnojování během vegetace. O agrochemickém účinku kejdy/digestátu rozhodují hlavně kvalita hnojiva a podmínky, za kterých jsou aplikována.

Dávky dusíku v minerálních hnojivech by se měly, dle výnosu, dávky a kvality organického hnojení, pohybovat mezi 0–200 kg N na ha. Z výsledků vlastního monitorovacího systému pracoviště katedry agroenvironmentální chemie a výživy rostlin (KAVR) ve spolupráci s VP

AGRO je zřejmé, že zemědělci nejčastěji používají dávku kolem 120 kg N v minerálních hnojivech bez ohledu na možný dosažený výnos, kvalitu a intenzitu organického hnojení, případně obsah minerálního a mineralizovatelného dusíku v půdě před setím. Zemědělská praxe často hnojí minerálními dusíkatými hnojivy „na jistotu“ a někdy zbytečně přehnojuje.

Kukuřice má vysoké nároky na fosfor. Kritické období pro jeho příjem je v počátečních fázích růstu kukuřice. Proto je důležitý dostatečný obsah přijatelného fosforu v okolí osiva již počátkem vegetace. Z tohoto hlediska je žádoucí především na půdách s nižším obsahem přijatelného fosforu aspoň část potřebné dávky P realizovat před setím (nejčastěji s dusíkem), nebo uplatnit specifické lokální hnojení, tzv. aplikaci „pod patu“. Jedná se o zapravení fosforečného hnojiva současně se setím, kdy hnojivo je aplikováno asi 4 – 5 cm pod úroveň výsevu osiva a asi 4 – 5 cm do strany. Vhodná jsou N/P hnojiva, typu Amofos. V posledním období výrobci hnojiv přicházejí se sortimentem tzv. „mikrohnojiv“, t.j. hnojiv s velmi malou granulací. Toto umožňuje aplikovat hnojiva přímo do seťového lůžka, do bezprostřední blízkosti klíčícího semene. Jako příklad lze uvést hnojivo STARTPHOS^{leo}, (10 % N. 40 % P_2O_5 + S +Zn). Je doporučováno pro kukuřici aplikovat 15-40 kg hnojiva na ha. Velikost mikrogranulí je v průměru 0,05 mm až 1,2 mm. Obdobné hnojivo je UMOSTART$^{super\ Zn}$, (11 % N, 50 % P_2O_5 + 1 % Zn). Doporučené množství činí 20 až 30 kg/ha. Velmi kladně je zde hodnocen obsah zinku, který je pro kukuřici významný mikroelement. Pro rámcovou představu a srovnání lze uvést množství granulí v určité navážce: 25 000 mikrogranulí/5 g. U klasického typu DAP činí tento počet 200 granulí/5 g. Určitě se jedná o perspektivní systém, který se bude prosazovat v zemědělské praxi. Je zde zabezpečen počáteční rozvoj mladých rostlin i za stresových podmínkách (chlad, sucho atd.) a zároveň je omezeno aplikované množství živin.

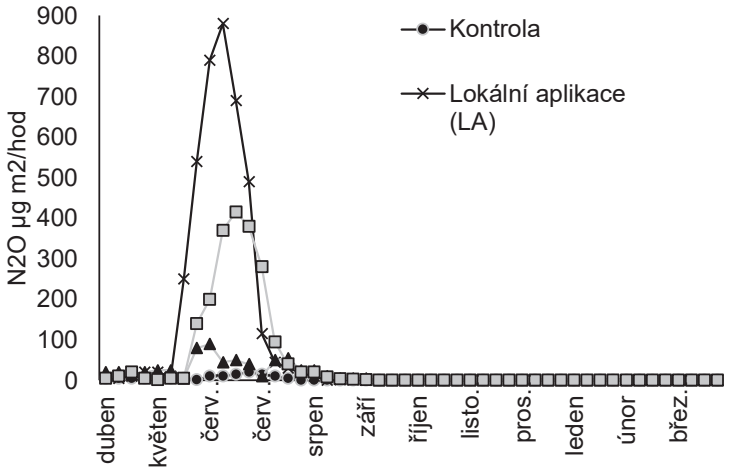
Ve snaze zvýšit využití dusíku z hnojiv byla v minulosti při pěstování kukuřice testována pozvolna působící dusíkatá hnojiva s pozitivním výsledkem. Náklady na tato hnojiva však neumožňovala jejich využití v praxi. Po roce 2005 byla zkoušena také v ČR metoda CULTAN (kontrolovaná výživa amonným dusíkem), a to ještě před používáním „strip-till“ technologií. Pomocí stroje s injektážními tryskami byla aplikována kapalná hnojiva s vysokým podílem amonného + amidického dusíku. V pokusech KAVR nebyl zaznamenán pozitivní efekt metody CULTAN na výnosotvorné prvky a ani na výnos zrna.

Kukuřice je plodinou s nízkou ochrannou funkcí pro půdu. Plánování osevního sledu s kukuřicí proto vyžaduje na vymezených erozních pozemcích v evidenci zemědělské půdy implementaci obecného nebo specifického zabezpečení pozemků proti vzniku eroze, a tím omezení nevratné degradace půdy. Specifickou půdoochrannou technologií je právě pásové zpracování půdy (strip-till) o šířce zpracovaných pásů do 30 cm. Je založena na kombinaci aktivně zpracované a cíleně nezpracované části půdy, která má minimálně zastoupení 60 % z plochy pozemku. Součástí technologie strip-till je předchozí zajištění pokryvného mulče, tj. pokryvu povrchu půdy rostlinnými zbytky. Technologie je vedena na seznamu uznatelných půdoochranných technologií v nařízení vlády č. 48/2017 Sb., v pozdějším znění.

Hnojení dusíkem pro kukuřici se striktně v technologii strip-till zaměřuje na jednorázovou jarní aplikaci do depa kypřených pásů půdy, tedy veškerá dávka dusíku je aplikovaná již před založením porostů. Přihnojení porostů během vegetace je silně rizikové a narušuje uchování půdopokryvného mulče v meziřádcích. Půdopokryvný mulč meziřádků je převážně tvořen vymrzající nebo přezimující plodinou. Pásové zpracování půdy s aplikací tekutých organických hnojiv (kejda/digestát) je zpravidla prováděno v předstihu několika týdnů, ale také bezproblémově jen několik dní či hodin před vlastním setím v závislosti na fyzikálních vlastnostech půdy.

Zvýšeným rizikem v technologii strip-till je omezená dostupnost živin v semihumidních a humidních oblastech nebo v letech plošného nadprůměrného úhrnu srážek (obvykle od 650 mm srážek/rok). Tekuté organické nebo minerální granulované hnojivo je při zpracování půdy aplikováno za pracovním orgánem do depa, konkrétně na dno kypřených pásů ve hloubce 17-20 cm. Veškerá aplikovaná dávka dusíku je tak dodána do aktivně zpracované půdy, ve které jsou vytvořeny preferenční zóny pro vsakování srážkové vody. Ve zpracovaných pásech je zároveň půda intenzivněji provzdušněna, což svědčí intenzivnější mineralizací organického dusíku a posléze velmi rychle nastupující nitrifikaci amonného

dusíku, za vzniku mobilních nitrátů. Uvolňování dusíku v kypřených pásech je v tuto dobu mnohem rychlejší než příjmová schopnost rostliny v první polovině vegetace. Ve srážkově bohatších oblastech nebo letech s vyššími úhrny jarních srážek dochází v technologii strip-till snadno ke ztrátám mobilních nitrátů proplavením do spodních vrstev. Při vyšších teplotách a delším převlhčení může docházet také ke ztrátám dusíku denitrifikací. K nejvyšším ztrátám N_2O denitrifikací však dochází zpravidla do 30 dnů po aplikaci. Přitom použití inhibitorů nitrifikace společně s kejdou/digestátem může tyto ztráty výrazně omezit. Známy jsou také povrchové ztráty kypřených a hnojených pásů po spádnicích vlivem kanálového efektu aplikační rýhy.



Graf 1 Ztráty dusíku nitrifikací ve formě N_2O; výsledky 2015/16, upraveno dle Zurheide et al. (2016**Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**)

2 Záver

Při strip – till technologii a pěstování kukuřice lze úspěšně využít lokální aplikaci tekutých organických hnojiv (kejda/digestát). Důležité je precizní provedení celé technologie a uložení hnojiva do hloubky (depo) 17-20 cm. Zásadně dbáme na podmínku minimálního poškození mulče na pozemku. Velmi pozitivně působí kombinace hnojiva s inhibitorem nitrifikace. Tato technologie je vhodná pro lehké půdy, případně pro střední. Zásadně se nehodí pro půdy těžké, jílnaté. Ideální je cca 3týdenní předstih aplikace před setím, ale praxe a pokrok v pracovních technologiích prakticky nabízejí systém jeden den kypřím, zároveň s aplikací hnojiv, a do 2-3 dnů seji. Při velikosti dávky do 25 t kejdy/ha a použití inhibitoru nitrifikace se nemusíme obávat významnějších ztát dusíku vyplavením, případně denitrifikací ani v humidnějších oblastech. V případě nutnosti dodání většího množství dusíku je možný přídavek kapalného hnojiva DAM do aplikovaného tekutého organického hnojiva.

Použitá literatúra

ZURHEIDE, T. - PRALLE, H. - WESTERSCHULTE, W. - FEDEROLF, C. - VERGARA, M.E. - TRAUTZ, D. - OLFS, H.W. 2016. Untersuchung von Lachgasemissionen bei Gülledepot-Applikation mit Zugabe von Nitrifikationshemmstoffen am Standort Osnabrück. In VDLUFA-Schriftenreihe Band: Kongressband. Darmstadt: VDLUFA Verlag, s. 88 - 96.

Kontaktné údaje: Jiří Balík, Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Prague – Suchdol, Česká republika, ✉ balik@af.czu.cz

KOEFICIENT ŠTRUKÚRNOSTI AKO INDIKÁTOR SYSTÉMOV OBRÁBANIA PÔDY
The structural coefficient as an indicator of soil tillage systems

Rastislav BUŠO, Roman HAŠANA
Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, Slovenská republika

V príspevku bol sledovaný vplyv rôznych technológií obrábania pôdy (konvenčná, minimalizačná, nastielacia, no-till) na koeficient štruktúrnosti pôdy, vo vybraných pestovateľských ročníkoch (2006 – 2021). Koeficient štruktúrnosti bol, v priemere ročníkov 2006 – 2021, najnižší v konvenčnej technológii a najvyšší v no-till technológii. Z pohľadu štruktúrnosti pôdy za časové obdobie rokov 2006 - 2021 možno sledovať tendenciu naznačujúcu prednosti konzervačných technológií, predovšetkým v rokoch kedy sa kombinujú vysoké teploty s výraznejším deficitom zrážok..

Kľúčové slová: Koeficient štruktúrnosti pôdy, obrábanie pôdy, konvenčné, konzervačné poľnohospodárstvo

1 Úvod a prehľad literatúry

Štruktúra pôdy je dôležitá vlastnosť, ktorá ovplyvňuje fyzikálno-chemicko-biologické procesy v pôde. Pôdne častice sa prirodzenými silami pútajú do zhlukov, tzv. agregátov. Agregáty sú tvorené minerálnym i organickým podielom a sú stmelované pomocou zlúčenín hliníka, železa, vápnika a humusovými látkami. Pevnosť tejto prirodzenej väzby, ktorá drží agregáty pohromade, je veľmi dôležitá, pretože určuje ich stabilitu. Štruktúrny stav pôdy je vzájomne priestorové usporiadanie týchto agregátov. Agregáty podľa veľkosti rozlišujeme na makroagregáty, ktoré sú väčšie ako 250 µm a mikroagregáty, s veľkosťou 2 – 250 µm. Častice menšie ako 2 µm označujeme ako ílovité častice (Tisdall a Oades, 1982).

Koeficient štruktúrnosti je indikátor, ktorým sa určuje kvalita štruktúrneho stavu pôdy a stupeň poškodenia pôdnej štruktúry. Koeficient štruktúrnosti vyjadruje vzťah medzi agronomicky hodnotnými (0,25 – 10 mm) a menej hodnotnými štruktúrnymi elementami (> 10 a < 0,25 mm). Výsledkom je bezrozmerné číslo. Čím je vyšší koeficient štruktúrnosti, tým je pôdna štruktúra lepšia, a naopak (Hůla et al., 2010). Koeficientom štruktúrnosti (KS) je vyjadrená kvalita pôdnej štruktúry. Je to pomer medzi štruktúrnymi časticami (agregátmi) a zvyškom pôdy v pôdnom profile (Vopravil a kol., 2011). Tebrügge - Eichhorn (1992) pri skúmaní ekonomických a ekologických aspektov obrábania pôdy porovnávali tri systémy spracovania pôdy, pričom veľkosti a stabilite pôdnych agregátov pripisovali rozhodujúcu funkciu pri formovaní pôdnej štruktúry. Miština - Kováč (1993) uvádzajú, že obrábanie pôdy môže nepriaznivo ovplyvniť stabilitu pôdnych agregátov s následnou tvorbou pôdneho prísušku, redukciu infiltrácie a vzchádzania rastlín. Van Ouwerkerk (1992) považuje za najdôležitejšiu štruktúru pôdy v mieste, ktoré je najcitlivejšie z hľadiska rozvoja koreňovej sústavy rastliny t.j. v oblasti osivového lôžka. Z agronomického hľadiska je podľa Dema (Demo, 1995) významný podiel makroagregátov, za ktoré považujeme obyčajne zhluky, ktoré pozostávajú z viacerých vzájomne scementovaných častíc. Za dolnú hranicu pre rozmer makroagregátov sa prijalo 0,25 mm, kým ich horná hranica má viac-menej relatívnu hodnotu. Väčšina autorov považuje za takúto hranicu rozmer do 7 mm, niektorí až 10 mm i viac. Zhoda je však v tom, že za agronomicky najcennejšie sa považujú agregáty, ak ich rozmer je medzi 0,5 -3 mm (Tebrüge – Eichhorn, 1992; Demo et. al, 1995 a iní). Veľkosť pôdnych agregátov môžeme teda považovať za faktor určujúci charakter pôdnej štruktúry. Meranie veľkosti pôdnych agregátov a ich zastúpenie v jednotlivých veľkostných skupinách predstavuje metódu, ktorou môžeme charakterizovať či už účinky konkrétnych pracovných

orgánov strojov, ako aj vplyv jednotlivých technológií obrábania pôdy (Nozdrovický - Abelsová, 1998).

Diferencovaným aspektom obrábania pôdy, aj vo vzťahu k fyzikálnym vlastnostiam pôdy, sa v zahraničí venovali napr. López-Fando – Almendros (1995), Suškevič (1995), Etana et al. (1999), Hao et al. (2001), Knežević et al. (2003), Matula (2003), Stipešević - Kladivko (2005).

V našich podmienkach sa týmito technológiami zaoberali viacerí autori, ako napr. Miština et al. (1993), Žák et al. (2002, 2006), Kotorová - Hnát (2005), Žembery (2016), Kotorová - Šoltysová (2015), Pires (2017), Fernandes (2023).

Cieľom príspevku je v časovom období rokov 2006 – 2021 zdokumentovať vplyv rôznych spôsobov obrábania pôdy v pokusoch NPPC – VÚRV v Piešťanoch na koeficient štruktúrnosti pôdy vo vzťahu k poveternostným pomerom v sledovaných ročníkoch.

2 Materiál a metódy

Pokusy s rôznymi technológiami obrábania pôdy v rámci osevného postupu pšenica letná f. ozimná – kukurica siata na zrno – jačmeň siaty jarný – sója fazuľová sú založené v poľných podmienkach na Výskumnom pracovisku NPPC - VÚRV v Piešťanoch, lokalita Borovce. Územie má kontinentálny charakter podnebia s dlhodobým ročným priemerom zrážok 593 mm, z toho za vegetáciu 358 mm. Dlhodobý priemer ročnej teploty je 9,2 °C, za vegetáciu 15,5 °C. Nadmorská výška je 167 m n. m.. Oblasť je zaradená do kukuričnо–jačmenného výrobného typu. Pôda na pokusnom stanovišti je hlinitá černozem hnedozemná, na spraši s hĺbkou humusového horizontu 400 – 500 mm, so strednou zásobou P a K, s neutrálnou až slabo kyslou pôdnou reakciou. Obsah humusu v orničnom profile je stredný (2,43 %), v podorničných horizontoch je nízky (0,87 – 1,84 %).

Zvolený osevný postup čiastočne odráža súčasný podiel pestovateľských plôch obilnín na Slovensku (viac ako 50 %), zastúpenie jednej bôbovitej plodiny a jednej obilniny, ktorá je ošetrovaná ako okopanina – kukurice siatej na zrno. Veľkosť zberovej plochy pokusnej parcely jednej plodiny je 9 m x 35 m, t.j. 315 m^2.

V rámci riešenia predmetnej problematiky sú skúšané štyri technológie obrábania pôdy: konvenčná, minimalizačná, nastielacia a bezorbová technológia.

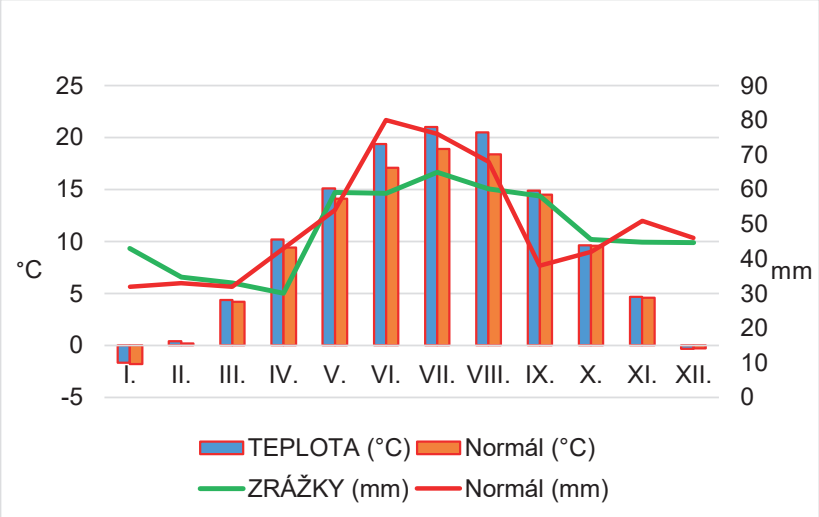
Konvenčná technológia predstavuje spôsob obrábania pôdy, ktorej základom je orba. Pri tejto technológii pozberové zvyšky rastlín pokrývajú povrch pôdy v rozpätí od 0 do 15 %. Jedná sa teda o klasické obrábanie pôdy.

Minimalizačná technológia predstavuje konzervačné obrábanie pôdy s využitím kypričov (plytká kultivácia) s následnou sejbou, po ktorej povrch pôdy býva pokrytý rastlinnými pozberovými zvyškami na úrovni 15 – 30 %.

Pri nastielacej technológii, ktorá je konzervačnou technológiou, robíme podmietku dlátovým náradím, ktorým pôdu nadvihneme, premiesime, ale neobraciame. Snahou je aby bola pôda po sejbe pokrytá pozberovými zvyškami predplodiny na viac ako 30%.

No-till (bezorbová) technológia sa zaraďuje ku konzervačným technológiám; jej základom je priama sejba, t.j. sejba do neobrobenej pôdy. Po sejbe by mala zostať pôda pokrytá rastlinnými zvyškami na viac ako 30 %-ách.

Pri každej hodnotenej technológii obrábania pôdy sme v poľných podmienkach odobrali vzorky pôdy na stanovenie pôdnej štruktúry. Vzorky sme vyhodnocovali z priemernej vrstvy 0,0-0,3 m. Po prirodzenom vysušení pôdnych vzoriek atmosférickým vzduchom sme odobrali zo vzorky cca 250 g, odvážili a podrobili separácii na laboratórnom preosievacom vibračnom prístroji Analysette 3. Koeficient štruktúrnosti pôdy sme stanovili z výsledkov získaných preosievacou analýzou za sucha (tzv. agregátovou analýzou za sucha). Hodnotenie meteorologických ukazovateľov sme sústredili na pestovateľské roky 2006 - 2021, ktoré sa, tak v zrážkach ako i v teplotách, prejavovali ako kritické pre štruktúrnosť pôdy. Na obrázku 1 je uvedené grafické znázornenie priebehu teplôt vzduchu a zrážok v priemere daných rokov.

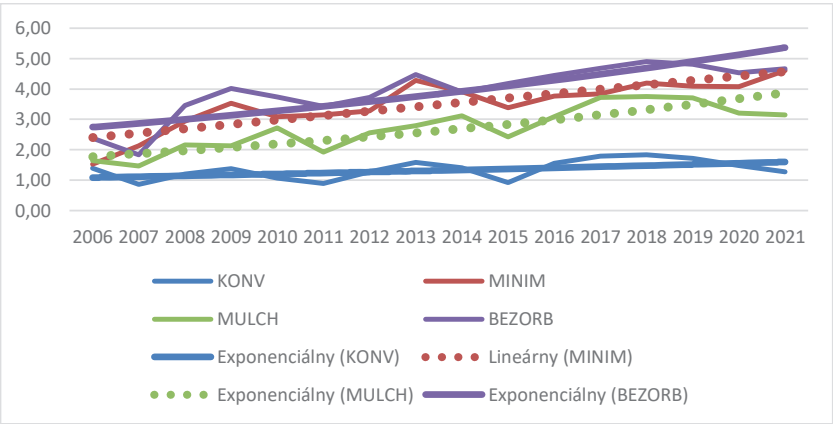


Obrázok 1 Teploty (°C) a zrážky (mm), v lokalite Borovce (priemer rokov 2006 – 2021)

3 Výsledky a diskusia

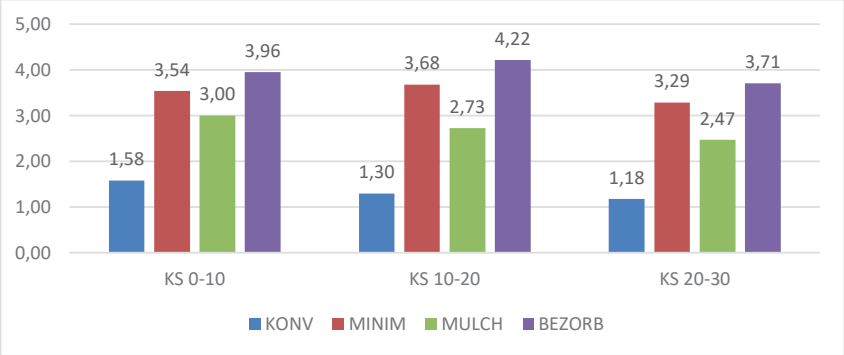
Koeficient štruktúrnosti pôdy vyjadruje kvalitu pôdneho prostredia a napovedá o riziku možného zhutnenia pôdy. Jeho hodnota pre štruktúrne pôdy by mala byť vyššia ako 1,0.

Koeficient štruktúrnosti pôdy (obr. 2) mal i pri konvenčnom spracovaní pôdy mierne rastúci trend, avšak tento bol podstatne nižší ako v ostatných sledovaných technológiách. Nastielacia technológia spôsobila v porovnaní s konvenčnou zvýšenie hodnôt koeficientu štruktúrnosti a trend zvyšovania hodnôt bol aj výraznejší ako v konvenčnej technológii.



Hddobráb. = 0,3517 ++ Hdd ročník = 0,4195 ++

Obrázok 2 Hodnoty koeficientu štruktúrnosti pôdy v závislosti od technológie obrábania pôdy (priemer z profilu pôdy 0 – 30 cm).



Hddobráb. = 0,4731 ++

Obrázok 3 Hodnoty koeficientu štruktúrnosti pôdy v závislosti od technológie obrábania pôdy z jednotlivých vrstiev profilu 0 -10, 10 – 20, 20 – 30 cm

V podmienkach minimalizačnej technológie sme zaznamenali vyššie hodnoty koeficientu štruktúrnosti v porovnaní s konvenčnou, ale tiež aj s nastielacou technológiou. Rozdiel v trende medzi nastielacou a minimalizačnou technológiou bol v dlhšom časovom úseku približne rovnaký. Najvyššie hodnoty koeficientu štruktúrnosti sme zaznamenali v technológii bezorbovej. Jeho hodnoty boli niekoľko násobne vyššie ako pri konvenčnej technológii, ale tiež vyššie i v porovnaní s minimalizačnou a nastielacou technológiou. K podobným výsledkom dospeli Nozdrovický – Abelsová (1998), ktorí zistili, že bezorbová technológia umožňuje dosiahnuť najvyššiu hodnotu koeficientu štruktúrnosti pôdy a najväčší podiel agregátov veľkých 0,25-8,0 mm čo svedčí o najlepšej štruktúre pôdy. Naše výsledky sú podobné, keď pri bezorbovej technológii sme dosiahli vyššiu hodnotu koeficientu štruktúrnosti pôdy ako pri konvenčnom obrábaní pôdy (Obr. 3).V dlhodobom časovom trende môžeme sledovať, že rozdiely medzi bezorbovou a minimalizačnou technológiou sa v posledných rokoch zvýrazňovali v prospech bezorbovej technológie.

Vo všetkých sledovaných hĺbkach (obr. 3) pôdneho profilu sme zaznamenali najnižší koeficient štruktúrnosti v podmienkach konvenčnej technológie. Vo všetkých vrstvách nasledovala v tomto ukazovateli nastielacia technológia a následne minimalizačná. Rovnako vo všetkých vrstvách mala najvyšší koeficient štruktúrnosti technológia bezorbová. Najvýraznejší rozdiel medzi konvenčnou a bezorbovou technológiou v pôdnom profile sme evidovali vo vrstve 10 – 20 cm a najnižší v povrchovej vrstve 0 – 10 cm.Vplyv plodín na štruktúru pôdy môže ovplyvniť tiež spôsob obrábania pôdy, množstvo organických hnojív, počty prejazdov, množstvo koreňovej hmoty a dĺžka pôsobenia koreňov (Šarapatka et al., 2010). Zapracovanie slamy do pôdy má pozitívny vplyv na pôdnu štruktúru, čo dokazuje i Ball et al. (1990).Ročník mal štatisticky vysokopreukazný podiel na koeficiente štruktúronsti. Obrábanie malo štatisticky vysokopreukazný podiel na koeficiente štruktúrnosti. Problematikou koeficientu štruktúry pôdy sa zaoberali aj autori Žák - Kováč – Klimeková (2005), ktorí zistili koeficient štruktúrnosti pôdy v integrovanom systéme (s využitím bezorbovej technológie) vyšší ako v lowinput systéme (konvenčná technológia obrábania pôdy). V našom pokuse sa tieto výsledky potvrdili, keď pri bezorbovej technológii boli hodnoty koeficienta štruktúrnosti pôdy vysoko preukazne vyššie ako pri konvenčnej technológii.

Na nové trendy z oblasti obrábania pôdy upozorňuje i Křen (2000).

4 Záver

V pokuse na Výskumnom pracovisku NPPC – VÚRV v Piešťanoch, v lokalite Borovce, sme porovnávali koeficient štruktúrnosti v troch poveternostne rozdielnych ročníkoch, pri rôznych spôsoboch obrábania pôdy.

Koeficient štruktúrnosti pôdy, v priemere ročníkov, bol najvyšší v no-till technológii.

V konzervačných technológiách (najmä v minimalizačnej a v no-till technológii) sa dosahujú násobne vyššie hodnoty koeficientu štruktúrnosti pôdy. Nemožno ale opomínať vplyv poveternostných podmienok ročníka.

Z pohľadu štruktúrnosti pôdy za časové obdobie rokov 2006- 2021 možno sledovať tendenciu naznačujúcu prednosti konzervačných technológií, predovšetkým v rokoch kedy sa kombinujú vysoké teploty s výraznejším deficitom zrážok.

Vo vzájomnom vzťahu s ekonomikou je významným aj prínos konzervačných technológií z hľadiska zlepšenia i iných pôdnych fyzikálnych, chemických vlastností, zvýšenia činnosti pôdneho makro a mikro edafónu, zamedzenia vodnej a veternej erózie, obmedzenia produkcie skleníkových plynov a ďalších vlastností.

Uvedené má za následok aj významný environmentálny efekt, nakoľko zlepšením štruktúry pôdy s pozitívnym vplyvom na biochemické procesy v pôde možno očakávať aj znižovanie spotreby agrochemikálií, predovšetkým priemyselných hnojív, čo sa aj v našom pokuse dokázalo.

Poďakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Inovácie primárnej poľnohospodárskej produkcie pre udržateľné poľnohospodárstvo 313011T540, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Použitá literatúra

BALL, B.C. - BICKERTON, D.C. - ROBERTSON, E.A.G. 1990. Straw incorporation and tillage for winter barley: Soil structural effects. In *Soil and Tillage Research*, Vol. 15, No. 4, s. 309-327, ISSN 0167-1987. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/0167-1987(90)90105-M.

DEMO, M. et al. 1995. *Obrábanie pôdy*. 1. vyd. Nitra : VŠP. 315 s. ISBN 80-7137-255-2.

ETANA, A. et al. 1999. Effects of tillage depth on organic carbon content and physical properties in five Swedish soils. In *Soil Tillage Res*. Vol. 52, No. 3-4, s. 129-139. ISSN 0167-1987.

FERNANDES, M.M.H. et al. 2023. Soil structure under tillage systems with and without cultivation in the off-season. In *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 342, 108237, ISSN 0167-8809. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108237

HAO, X. - CHANG, C. - LINDWALL, C.W. 2001. Tillage and crop sequence effects on organic carbon and total nitrogen content in an irrigated Alberta soil. In *Soil Tillage Res*. Vol. 62, No. 3-4, s. 167-169. ISSN 0167-1987.

HŮLA, J. et al. 2010. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika. Praha : Výzkumný ústav zemědělské techniky. 60 s. ISBN 978-80-86884-53-0.

KNEŽEVIĆ, M. - DURKIĆ, M. - KNEŽEVIĆ, I. - LONČARIĆ, Z. 2003. Effects of pre-and post-emergence weed control on weed population and maize yield in different tillage systems.
In *Plant Soil Environ*. Vol. 49, No. 5, s. 223-229. ISSN 1214-1178.

KOTOROVÁ, D. - HNÁT, A. 2005. Vplyv spracovania fluvizemí na ich fyzikálne vlastností a na úrodu zrna kukurice (Effect of fluvisols tillage on their physical properties and on maize yield). In *Agriculture* (Poľnohospodártvo). Vol. 51, No. 10, s. 521-527. ISSN 0551-3677.

KOTOROVÁ, D. - ŠOLTYSOVÁ, B. 2015. *Vplyv pôdnych pomocných látok na fyzikálne a chemické vlastnosti pôd*. (in Slovak) 1. vyd. Lužianky : NPPC - Výskumný ústav agroekológie Michalovce, 2015. 95 s. ISBN 978-80-971644-4.

KŘEN, J. 2000. Poznámky k současným trendům ve zpracování půdy. In *Súčasť a perspektívne smery v obrábaní pôdy*. Nitra : SPU. s. 69 - 77. ISBN 80-7137-764-3.

LÓPEZ-FANDO, C. - ALMENDROS, G. 1995. Interactive effects of tillage and crop rotations on yield and chemical properties of soils in semi-arid central Spain. In *Soil Tillage Res*. Vol. 36, No. 1-2, s. 45-57. ISSN 0167-1987.

MATULA, S. 2003. The influence of tillage treatments on water infiltration. In *Plant, Soil Environ*. Vol. 49, No. 7, s. 298-306. ISSN 1214-1178.

MIŠTINA, T. - KOVÁČ, K. et al. 1993. *Ochranné obrábanie pôdy*. 1. vyd. Piešťany : VÚRV. 167 s. ISBN 80-7137-125-4.

NOZDROVICKÝ, L.- ABELSOVÁ, J. 1998. Vplyv variantov obrábania pôdy na koeficient štruktúrnosti. In *Poľnohospodárstvo*. Vol. 44, No. 7, s. 489-502.

PIRES, L.F. et al. 2017. Soil structure changes induced by tillage systems. In *Soil and Tillage Research*. Vol. 165, s. 66-79. ISSN 0167-1987. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.still.2016.07.010

STIPEŠEVIĆ, B. - KLADIVKO, E.J. 2005. Effects of winter wheat cover crop dessiccation times on soil moisture, temperature and early maize growth. In *Plant Soil Environ*. Vol. 51, No. 6, s. 255 -261. ISSN 1214-1178.

SUŠKEVIČ, M. 1995. Dlouhodobý vliv různého zpracování půdy na výnosy zrna kukuřice a ozimé pšenice. In *Rostlinná výroba*. Vol. 41, No. 2, s 55-58. ISSN 0370-663X.

ŠARAPATKA, B. et al. 2010. *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Olomouc : Bioinstitut, 2010, 440 s. ISBN 978-80-87371-10-7.

TEBRÜGGE, F. - EICHHORN, H. 1992. Die ökologischen und ökonomischen Aspekte von Bodenbearbeitungssystem. In Friebe B.: Wechselwikungen von Bodenbearbeitungs – system auf das Ökosystem den Boden (Beiträge zum 3. Symposium vom 12.–13. Mai 1992 in Giessen), Wiss. Fachverlag Dr. Fleck, S. 7-20.

TISDALL, J.M. - OADES, J.M. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. In *Journal of Soil Science*. Vol. 33, No. 2, p. 141-163.

VAN OUWERKERK, C. 1992. Soil structure and soil strenght directly lelow the seedbed. In Problems in Modern Soil Management (proc. Internat. Conf.) VÚEA : Hrušovany u Brna. s. 172 - 183.

VOPRAVIL, l.J. et al. *Soil and its evaluation in the Czech Republic*. 1. vyd. Prague : Research Institute for Soil and Water Conservation. s. 54, 2009-2011. Vol. 2, s. 148. ISBN 978-80-87361-05-4.

ŽÁK, Š. - KOVÁČ, K. - LEHOCKÁ, Z. 2002. Vplyv konvenčného a bezorbového obrábania pôdy v rôznych systémoch hospodárenia na bilanciu pôdnej organickej hmoty (The influence of conventional and no-till technology on soil organic matter balance in various arable farming systems). In *Agriculture (Poľnohospodártvo)*. Vol. 48, No. 9, s. 472-481. ISSN 0551-3677.

ŽAK, Š. - KOVÁČ, K. - KLIMEKOVÁ, M. 2005. Dynamika zmien koeficienta štruktúrnosti pôdy vplyvom systémov hospodárenia. In *Štvrté pôdoznalecké dni v Slovenskej republike*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznalacký a ochrany pôdy. Čingov, 14.–16. jún 2005, s. 425-431. ISBN 80- 89128-18-1.

ŽÁK, Š. - KLIMEKOVÁ, M. - LEHOCKÁ, Z. - BUŠO, R. 2006. Vplyv rôznych technológií obrábania na zmeny koeficientu štruktúrnosti. In *Zborník vedeckých prác SCPV*. Výskumný ústav rastlinnej výroby : Piešťany. Dostupné na: http://old.agroporadenstvo.sk/rv/poda/technol_sprac_pody.pdf

ŽEMBERY, J. 2016. Zmeny vlhkosti pôdy a úrody zrna kukurice siatej v závislosti od poveternostných podmienok, obrábania pôdy v interakcii s hnojením. In *Pestovateľské technológie a ich význam pre prax.* NPPC - VÚRV, s. 101-106. ISBN 978-80-89417-72-8.

Kontaktné údaje: Rastislav Bušo, Roman Hašana, Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum - Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, Bratislavská cesta 122, 921 68 Piešťany, Slovenská republika, rastislav.buso@nppc.sk, roman.hasana@nppc.sk

MODERNÍ TRENDY VE VÝŽIVĚ A HNOJENÍ OZIMÉ ŘEPKY
Modern trends in winter oilseed rape nutrition and fertilization

Jindřich ČERNÝ, Jiří BALÍK, Simona PROCHÁZKOVÁ
Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká Republika

Ozimá řepka je plodina náročná na živiny, avšak ne vždy je naplněn výnosový potenciál, a to i při dobré úrovni hnojení nebo zásobě živin v půdě. Na výnos má totiž vliv mnoho faktorů, přičemž z pohledu výživy a hnojení má největší vliv působení dusíku, hodnota pH půdy, resp. možnost vápnění, a také hnojení organickými hnojivy. Nové technologie umožňují přesnější aplikaci těchto hnojiv. V posledních letech jsou také prokazatelné změny v genetických materiálech ozimé řepky, které úzce souvisí s výživou dusíkem a efektivitou jeho využití (NUE). Výsledná hodnuta NUE je souborem tří dílčích složek (efektivity příjmu, asimilace a remobilizace), o kterých však rozhodují i další faktory, jako půdně-klimatické podmínky stanoviště, průběh počasí a zdravotní stav rostlin.

Klíčová slova: efektivita využití dusíku; ozimá řepka; vápnění; výnos, fosfor, draslík

1 Úvod a přehled literatury

Celosvětově je snahou neustále zvyšovat produkci řepky, a to hned z několika důvodů. Řepková semena jsou cenným zdrojem nutričních látek, zejména tuků, bílkovin, vitamínů i minerálů. Z řepkového semene se vyrábí vysoce kvalitní olej pro lidskou spotřebu a vedlejší produkt produkce (řepkové šroty a pokrutiny) se používají jako krmivo. Aby však mohla být dosažena jejich dostatečná produkce i kvalita, musí být zajištěna vyvážená výživa řepky a tomu odpovídající hnojení. Kromě výživy jsou důležité i odrůdové vlastností řepky. A významě také působí další faktory, zejména agrotechnické postupy (např. zpracování půdy, termín setí, zajištění ochrany rostlin aj.). Většinou se pěstitelé snaží věnovat agrotechnice ozimé řepky maximální péči, avšak ne vždy to přináší očekávaný efekt zvýšení výnosů. Při statistickém vyhodnocení výnosových trendů není v posledních letech pozorován v ČR (a obdobně i ve SR a dalších evropských zemích) nárůst výnosů. Osevní plocha řepky v Česku se v posledních letech pohybovala mezi 340-420 tis. hektary a průměrný výnos se pohyboval se mezi 2,76-3,95 t/ha. Na Slovensku byla osevní plocha 125-154 tis. ha a průměrný výnos 2,84-3,55 t/ha. Dosažitelný výnos semen řepky (např. v přesných polních pokusech) je na úrovni až 6-7 t/ha, v běžné zemědělské praxi jsou však výnosy nižší, obvykle v rozmezí 2-5 t/ha. Pěstitelé se proto oprávněně začínají obávat investovat do řepky více vstupů. Byla by však škoda její výměry výrazněji snižovat, neboť s ohledem k celosvětově rostoucí lidské populaci, klimatickým změnám a energetickým výzvám je předpokládána i nadále vysoká poptávka po této plodině. V Evropě je ozimá řepka stále nejvýznamnější olejninou i významnou bílkovinnou a technickou plodinou, přičemž evropská produkce stále nezajišťuje soběstačnost této komodity.

V posledních letech však sílí vliv škůdců a následně i chorob, avšak klesá množství i účinnost pesticidů. Působení hnojiv zase omezují podmínky průběhu počasí, které také zasahují do termínů agrotechnických postupů (např. setí, možností aplikace postřiků apod.). Na tyto podmínky je proto důležité reagovat novými poznatky o výživě řepky.

1.1 Vyšší efektivita využití dusíku řepkou

V posledních letech jsou prokazatelně patrné změny v genetických materiálech ozimé řepky, které úzce souvisí také s její výživou. Nejvíce je zmiňováno efektivnější hospodaření s dusíkem. To lze považovat za jeden z významných modernizačních trendů výživy ozimé řepky. Efektivita využití dusíku (z angličtiny Nitrogen Use Efficiency – NUE) je v posledních desetiletích často používaný termín pro vyjádření účinnosti vstupů, zejména hnojiv, resp.

živin, v tomto případě dusíku. Efektivita využití dusíku je souborem tří hlavních dílčích složek, které se liší v jednotlivých fázích růstu a úzce souvisí i) s příjmem dusíku, ii) jeho zabudováním do organických vazeb a zejména iii) schopností rostlin jeho dalšího přemísťování (remobilizací) mezi orgány (Sieling et Kage 2010).

V tomto směru je významný nejen transport z kořenů do nadzemních orgánů, ale zejména přesun dusíku z vegetativních částí rostlin do generativních, především semen. Podílí se na tom například změna habitu některých odrůd, s nímž je spojen pokles celkové potřeby dusíku. V minulých letech jsme se v analýzách setkávali s vysokým obsahem dusíku v rostlinách do období kvetení (i 250-300 kg/ha), ale vysoký podíl z této potřeby (odběru dusíku) zůstával na poli po opadu starších listů a po sklizni také ve slámě. U současných odrůd se celková potřeba dusíku snižuje při vyšší schopnosti lépe přemístit tento dusík do mladších orgánů a později do semen. Oprávněně se tak snižuje celková potřeba (odběr) dusíku pro řepku, avšak bude důležitější s ním lépe hospodařit v průběhu vegetace (Storer et al. 2018). K tomu mohou pomoci také inovovaná nová hnojiva s pozvolným působením.

Největší vliv má však prokazatelně šlechtění nových odrůd. Ke zvýšení NUE přispívá:
1) opoždění senescence (stárnutí) starších listů = „stay-green" odrůdy;
2) prodloužení a zvýšení schopnosti remobilizace dusíku;
3) dostatečná fotosyntéza, tvorba a transport asimilátů pro podporu příjmu a asimilace dusíku a vývoj generativních orgánů;
4) lepší schopnost rostlin přijímat dusík z půdy po kvetení.

Tyto procesy prodlužují příjem a transport dusíku po kvetení, což pak vyžaduje méně dusíku z vegetativních částí, jako jsou listy a stonky.

Na druhou stranu snahu šlechtitelů zvýšit efektivitu využití dusíku značně omezují škůdci a choroby, pokud jejich působením dochází k poškození vodivých pletiv listů a stonků či přímo kořenů. Nové odrůdu budou efektivně hospodařit s dusíkem, pokud jim pro to zajistíme vhodné podmínky!

1.2 Hnojení stájovými a organickými hnojivy

V úvodu příspěvku bylo uvedeno, že hnojení organickými hnojivy patří k agrotechnickým zásahům, které výnos ozimé řepky prokazatelněji zvyšují. Působení organických hnojiv (hnoje, kejdy, digestátů) je komplexnější, neboť hnojivy dodáváme dusík a jiné živiny, zejména draslík, fosfor, mikroprvky, organické látky. Přestože působení draslíku a fosforu z půdy či minerálních hnojiv má na výnos malý vliv (viz dále), spolupůsobení s dusíkem a dalšími živinami ze stájových hnojiv má větší efekt. V případě fosforu se také jedná o jeho postupné uvolňování z organických vazeb, čímž je omezena vazba P na minerální podíl půdy. Příznivě také působí dodané složky primární organické hmoty na činnost mikroorganismů. Často je také potvrzen nižší výskyt některých původců chorob, ale vliv má v tomto případě spíše rotace plodin, resp. časový odstup řepky (brukvovitých) v osevním postupu či řešení posklizňových zbytků a výdrolu (Hegewald et al. 2018).

S ohledem na změny v průběhu počasí je důležité efektivněji hospodařit s dusíkem z uvedených hnojiv. Podzimní měsíce jsou mnohem teplejší, a proto při hnojení kejdou a digestáty bychom neměli vynechat přídavek inhibitoru nitrifikace, aby byla zpomalena přeměna převažujícího amonného dusíku na pohyblivé a vyplavitelné nitráty. Teoreticky je také vhodnější aplikovat menší dávku hnojiv (odpovídající maximálně podzimní a zimní potřebě dusíku řepkou, tj. do 60 kg/ha) a pokrýt hnojením větší plochu. Prakticky to však záleží na dostupnosti/ sjízdnosti pozemku a vzdálenosti od jímek s hnojivy.

U ozimé řepky je také prokázáno, že při hnojení stájovými hnojivy (zejména hnojem) či kompostem má velký význam věnovat se lokálně problematickým místům, mezi které patří např. erodované části svahů. V těchto místech často řepka vzchází pomalu, nerovnoměrně, etapovitě, méně se vytvářejí kořeny, rostliny tvoří slabší biomasu a hůře konkurují plevelům. Tato místa pak snižují průměrný výnos celého pozemku (půdního bloku). To je i jeden z důvodů, proč v polních pokusech jsou dosahovány vyšší výnosy, neboť na problematických částech pozemků obvykle nejsou pokusy zakládány.

1.3 Působení pH půdy a vápníku

Ve vztahu k výnosu ozimé řepky obvykle vykazuje těsný vztah hodnota pH půdy, resp. obsah vápníku v půdě. Přestože se v publikacích obecně uvádí, že řepka může být pěstována v celkem širokém rozpětí hodnot pH (od půd kyselých s pH pod 5,5 až po půdy alkalické s hodnotami pH nad 7,5), je v mnoha výsledcích dokumentováno dosahování nejvyšších výnosů řepky při slabě kyselém až neutrálním pH, avšak při dostatečném obsahu Ca v půdě. V našich podmínkách (výsledky dle AZZP s využitím vyluhovadla Mehlich 3) by měl obsah vápníku dosahovat tzv. dobré úrovně zásobenosti. Vyšší obsahy vápníku (tj. obsah vysoký a velmi vysoký) přímo řepce nevadí, ale na těchto půdách je obvykle vyšší pH a klesá dostupnost jiných prvků, zejména většiny mikroprvků a také fosforu či hořčíku. Na tuto skutečnost by nemělo být zapomínáno při využití mimokořenové výživy během vegetace. Pro ozimou řepku je důležité hnojení zejména bórem.

Z pohledu nároků na vápník patří ozimá řepka k nejnáročnějším polním plodinám. Celkový (biologický) odběr Ca je vyšší než 100 kg/ha (často i více než 150 kg/ha). Na půdách s dobrým obsahem vápníku je ho teoreticky pro rostliny dostatek. Pokud je však omezen transport k vrcholovým orgánům může docházet i na alkalických půdách ke skrytým (latentním) nedostatkům (Grzebisz et al. 2020). Ty způsobují například horší opylování, menší pevnost pletiv apod. K omezení transportu vápníku v rostlinách dochází vlivem zpomalení transpirace vody, zejména při suchu a horku, chladu či poškození rostlin škůdci. Proto i na alkalických půdách může být za těchto podmínek během vegetace vhodné doplnění mobilního vápníku přes listy mimokořenovou výživou v listových hnojivech s účinnou složkou chloridu vápenatého nebo lépe dusičnanu vápenatého, tj. roztoky CaN.

1.4 Malý vliv draslíku a fosforu a na výnos

Většina pokusů a studií potvrzuje, že vztah mezi obsahem draslíku v půdě, resp. hnojením draslíkem a výnosem ozimé řepky je dosahována jen velmi slabá závislost, a to i přes celkem vysokou potřebu draslíku během vegetace (150-250 kg/ha). Prokázán byl pouze vliv na zvýšení/udržení výnosu z důvodu spolupůsobení draslíku na zvýšení odolnosti proti nízkým teplotám, resp. zvýšení mrazuvzdornosti rostlin. V posledních letech se však díky teplým zimám riziko mrazového poškození rostlin snižuje, a proto se vliv draslíku výrazněji neprojevuje.

Nepřímé působení draslíku na tvorbu výnosu je spojováno s jeho fyziologickými funkcemi v rostlinách, především vlivem na transport asimilátů, hospodaření s vodou, dlouživým růsttem i zvýšenou odolností proti houbovým chorobám (Cong et al. 2016). Těsná korelace mezi obsahem extrahovatelného draslíku v půdě (např. Mehlich 3) není zjišťována i z důvodů, že skutečná dostupnost draslíku pro rostliny je ovlivňována také sorpční schopností půd, resp. podílem draslíku, který se uvolní do půdního roztoku a rychlostí přísunu draslíku půdním roztokem ke kořenům v období jeho nejintenzivnějšího příjmu (tj. během dlouživého růstu a kvetení). Rychlost přísunu draslíku je úzce spojena s pohybem půdního roztoku ke kořenům (tzv. hmotovým tokem) a je tedy úzce provázána s obsahem vody v půdě a podmínkami pro transpiraci vody rostlinami. Ozimá řepka může také celkem dobře také přijímat draslík z hlubších vrstev půdy, proto korelace mezi obsahem draslíku „pouze“ v ornici a výživným stavem rostlin a výnosem jsou poměrně slabé. Téměř jednoznačně se však studie, polní pokusy i hodnocení v zemědělských podnicích shodují na skutečnosti, že k poklesu výnosu řepky dochází na půdách s nízkou úrovní zásoby draslíku v půdě (do 130-150 mg/kg, Mehlich 3). Většinou se jedná o půdy s malou sorpční schopností a promyvným podorničím. Kde není draslík zadržován.

Obdobně jako v případě draslíku má na výnos ozimé řepky nespecifický vliv působení fosforu. Této živiny potřebuje řepka do 30 kg/ha, což je mnohem méně než dusíku, draslíku, vápníku či síry. Řepka má celkem dobrou schopnost přijímat fosfor z půdy, pokud je dobře založený kořen a nedošlo k jeho poškození. Jelikož je příjem fosforu rovnoměrně rozložen během vegetace a má také dobrou mobilitu v pletivech rostlin, hnojení fosforem či jeho rozdílné obsahy v půdě se neprojevují na tvorbě výnosu. Z mnoha studií vyplývá, že vliv nedostatku P na výnos se projevuje až při poklesu obsahu pod 30 mg/kg (Mehlich 3). Pouze

při nepříznivých podmínkách (např. nevhodném pH, poškození a omezeném růstu kořenů, suchu aj.) se fosfor může stát limitující živinou již při obsahu pod 50 mg/kg, tj. v kategorii „nízký obsah“ (dle AZZP).

U fosforu bychom ale neměli zapomenout na jeho bilanci, neboť je z pole nejvíce odvážen v generativních částech rostlin, tj. semenech (až přes 80 % z celkového odběru rostlinami). Zde je proto důležitá potřeba navracet/doplňovat fosfor do půdy v rámci osevního postupu. Nemusí to být jenom hnojení před řepku, jelikož poznatky o přeměnách fosforu dokumentují rychlou a pevnou vazbu jeho přijatelných forem na minerální podíl půdy. Proto je „nově“ doporučována aplikace minerálních hnojiv s fosforem co nejblíže k vegetaci dané plodiny, resp. k období hlavního odběru během nejvyššího nárůstu biomasy. To je však obtížné u ozimé řepky, která je vysévána již v letním období a hlavní odběr fosforu nastává až dubnu a květnu. Vědecké poznatky zároveň potvrzují obecně nízkou mobilitu přijatelných forem fosforu v půdách a potřebu zapravení hnojiv do půdního profilu. Přihnojení řepky na povrch půdy v období jarní vegetace hnojivy s fosforem je málo účinné a značně je ovlivněno dalšími faktory (hloubkou založení aktivní zóny kořenů, vlhkostí půdy, pH aj.). Jako nejúčinnější je zatím stále dokumentována lokální aplikace hnojiv s fosforem do půdy v blízkosti kořenů (hnojení pod patu a zonální aplikace), a to i z důvodu, že řepka nemá arbuskulární mykorhizu, která může zvyšovat využití fosforu z oblasti mimo rhizosféru (Su et al. 2015). Některá hnojiva mohou díky svým povrchovým obalům, nebo komponentům hnojiv zpomalit uvolňování fosforu a jeho iontovou nebo chemickou vazbu v půdě, ale u řepky je poměrně dlouhé období mezi aplikací hnojiva před/při setí a hlavním jarním odběrem fosforu.

2 Závěr

Pro udržení či zvýšení výnosů ozimé řepky je důležité přizpůsobit výživu a hnojení vlastnostem nových odrůd, zejména v oblasti hospodaření dusíkem. I přes působení dalších faktorů, má ve výživě řepky vliv velký vliv pH půdy, resp. obsah a přijatelnost vápníku rostlinami. Menší vliv má draslík a fosfor, ale u těchto živin je důležité věnovat pozornost novým poznatkům o přeměnách v půdě a přístupnosti pro rostliny.

Použitá literatura

CONG, R. - LI, H. - ZHANG, Z. - REN, T. - LI, X. - LU, J. 2016. Evaluate regional potassium fertilization strategy of winter oilseed rape under intensive cropping systems: Large-scale field experiment analysis. Field Crops Research. Vol. 193, s 34-42.

GRZEBISZ, W. - SZCZEPANIAK, W. - GRZEŚ, S. 2020. Sources of nutrients for high-yielding winter oilseed rape (Brassica napus L.) during post-flowering growth. Agronomy. Vol. 10, s. 626.

HEGEWALD, H. - WENSCH-DORENDORF, M. - SIELING, K. - CHRISTEN, O. 2018. Impacts of break crops and crop rotations on oilseed rape productivity: A review. *European journal of agronomy*. Vol. *101*, s. 63-77.

SIELING, K. - KAGE, H. 2010. Efficient N management using winter oilseed rape. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 30, s. 271-279.

STORER, K.E. - BERRY, P.M. - KINDRED, D.R. - SYLVESTER-BRADLEY, R. 2018. Identifying oilseed rape varieties with high yield and low nitrogen fertiliser requirement. Field Crops Research, Vol. 225, s. 104-116.

SU, W. - LIU, B. - Liu, X., LI, X. - REN, T. - CONG, R. - LU, J. 2015. Effect of depth of fertilizer banded-placement on growth, nutrient uptake and yield of oilseed rape (Brassica napus L.). European Journal of Agronomy. Vol. 62, s. 38-45.

Kontaktní údaje: Jindřich Černý, Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha – Suchdol, Česká Republika, cernyj@af.czu.cz.

VYUŽITIE REGULAČNÉHO POTENCIÁLU MIRNA V ŠĽACHTENÍ A GENETICKOM INŽINIERSTVE DRUHU *LAVANDULA*

Exploitation of miRNA Regulatory Potential in Breeding and Genetic Engineering of the *Lavandula* Species

Simona ČERTEKOVÁ, Katarína RAŽNÁ
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

Levanduľa, vždyzelený, trváci poloker, je okrem svojej estetickej hodnoty pestovaný predovšetkým za účelom získavania silice. Jej charakteristická aróma je podmienená komplexnou zmesou chemických zlúčenín, prevažne monoterpenoidov. Biosyntéza týchto látok je zabezpečovaná zložitými metabolickými dráhami, ktoré sú do veľkej miery modulované regulačnými prvkami, medzi ktoré zahŕňame aj mikroRNA (miRNA) molekuly. Nedávne pokroky v genetickom inžinierstve preukázali potenciál zvýšiť výťažnosť levanduľovej silice a taktiež upraviť zastúpenie látok obsiahnutých v nej, čo by mohlo výrazne urýchliť šľachtenie nových, vysokokvalitných odrôd so zlepšenými vlastnosťami.

Kľúčové slová: miRNA, levanduľa, terpenoidy, genetické inžinierstvo

1 Úvod

Napriek tomu, že levanduľa je rod rastlín pochádzajúci zo Stredomoria, pestovanie tejto rastliny je v súčasnosti rozšírené po celom svete. Za jeden z najcennejších a ekonomicky najhodnotnejších produktov získavaných z levandule možno považovať jej silicu, ktorá je s využívaná najmä v kozmetike, potravinárstve a aromaterapii. Fakt, že levanduľa a z nej vyrábané produkty, sú využívané už od čias Starovekého Grécka a Ríma, svedčí o prospešných vlastnostiach tejto rastliny pre ľudský organizmus (Lis-Balchin, 2002). V súčasnosti sa levanduľa, najmä v kontexte rastúcej popularity využívania prírodných liečivých zdrojov, dostáva opätovne do popredia.

Charakteristická aróma levanduľovej silice je podmienená najmä prítomnosťou a kombináciou niekoľkých desiatok chemických látok, pričom prevažné zastúpenie majú predovšetkým monoterpenoidy, konkrétne linalool, linalylacetát, 1,8-cineol, β-ocimén a terpinén-4-ol. V menšom množstve sa okrem monoterpenoidov v levanduľovej silici nachádzajú aj seskviterpenoidy (Cavanagh a Wilkinson, 2005). Rod levanduľa zahŕňa pomerne veľké množstvo rôznych druhov a odrôd, pričom zastúpenie aromatických látok, a teda aj celková kvalita silice získavanej z jednotlivých odrôd, sa môže značne líšiť. Medzi najvýznamnejšie druhy levandule pestované v súčasnosti patrí *Lavandula angustifolia* Mill. , *Lavandula latifolia* Medik. a ich sterilný hybrid *Lavandula* x *intermedia* Emeric ex Loisel (Lis-Balchin, 2002). Silica získavaná destiláciou z kvetov *L. angustifolia* je najmä kvôli vysokému obsahu linaloolu, považovaná za najhodnotnejšiu a najkvalitnejšiu z pomedzi všetkých druhov levandule, avšak jej výťažnosť môže byť v porovnaní s druhom *L*. x *intermedia* až desaťkrát nižšia. Silica pochádzajúca z *L.* x *intermedia* sa vyznačuje zvýšeným množstvom gáfra (až o 5,5 – 7 % v porovnaní s *L. angustifolia*), ktorý zapríčiňuje výraznejšiu a štipľavejšiu arómu a preto je jeho prítomnosť vo vysokých koncentráciách považovaná za nežiadúcu (Kara a Baydar, 2013; Pokajewicz et al., 2013).

Biosyntéza terpenoidov začína mevalonátovou (MVA) a 2-C-metyl-D-erytritol-4-fosfátovou dráhou (MEP), v ktorých sa vytvárajú 5-uhlíkaté zlúčeniny. Kondenzáciou týchto zlúčenín vznikajú prenyl difosfáty, z ktorých sú ďalšími modifikáciami produkované výsledné terpenoidy (Bergman et al., 2024). Tieto reakcie sú katalyzované enzýmami patriacimi do skupiny terpén syntáz, pričom len v levanduli už bolo doposiaľ pomocou techník molekulárneho klonovania charakterizovaných viac než desať enzýmov patriacich do tejto skupiny (Landmann et al., 2007; Demissie et al., 2013).

2 Regulácia biosyntézy monoterpenoidov

Regulačné mechanizmy ovplyvňujúce expresiu génov zapojených do biosyntézy jednotlivých zložiek levanduľovej silice zostávajú len veľmi málo preskúmané. Jedným z dôležitých prvkov v týchto procesoch je aj aktivita transkripčných faktorov, pričom sú známe viaceré skupiny, asociované s moduláciou metabolizmu monoterpenoidov v levanduli (Sarker et al., 2019). Ďalším dôležitým prvkom regulácie biosyntézy monoterpenoidov sú nekódujúce RNA molekuly, medzi ktoré zaraďujeme okrem iného aj miRNA. MiRNA sú endogénne molekuly, dlhé 20-24 nukleotidov, ktoré regulujú expresiu génov, kľúčových pre mnohé dôležité fyziologické procesy, ale taktiež napríklad aj génov zapojených do sekundárneho metabolizmu rastlín. Mechanizmus ich fungovania je založený na jednom z dvoch princípov: priamom, enzymatickom štiepení cieľového transkriptu alebo na translačnej represii (Khraiwesh et al., 2012; Shin & Shin, 2016). Schopnosť miRNA regulovať štruktúrne gény priamo ale taktiež aj prostredníctvom regulácie transkripčných faktorov, svedčí o zložitosti a komplexnosti regulačných dráh sekundárneho metabolizmu rastlín a zároveň poskytuje obrovský priestor pre ich uplatnenie v oblasti genetického inžinierstva.

Aktívna regulácia biosyntézy terpenoidov molekulami miRNA bola pozorovaná v mnohých rastlinných organizmoch. V súčasnosti je známych viacero príkladov, regulácie sekundárneho metabolizmu molekulami miRNA v rastlinách príbuzných levanduli avšak nie v levanduli samotnej. Ako príklad možno uviesť miR156, ktorá prostredníctvom transkripčného faktora SPL zvyšuje produkciu seskviterpénov v *Arabidopsis thaliana* (L.) HEYNH. a pačuli (Pogostemon cablin Benth.) (Yu et al., 2015). V šalvii červenokvetej (*Salvia miltiorrhiza* Bge.) zas bolo preukázané, že miR5072 ovplyvňuje biosyntézu terpénov vďaka svojej komplementarite k acetyl-CoA C-acetyltransferáze (Xu et al., 2014). Taktiež preukázané, že miR5021 sa s veľkou pravdepodobnosťou podieľa na regulácii biosyntézy terpénov cielením na kľúčové enzýmy a transkripčné faktory ich biosyntetických dráh (Ding et al., 2017; Lv et al., 2022).

3 Možnosti úpravy metabolizmu monoterpenoidov v levanduli prostredníctvom techník genetického inžinierstva

Rapídny nárast informácií o genomických, transkriptomických a metabolomických aspektoch produkcie terpenoidov, výrazne priblížil oblasť rastlinnej biotechnológie smerom k využívaniu techník genetického inžinierstva s cieľom upraviť produkciu týchto látok priamo v rastlinných organizmoch. Doposiaľ bolo uverejnených niekoľko publikácií zaoberajúcich sa genetickou úpravou levandule, s cieľom modifikovať produkciu terpenoidov (Mahmoud et al., 2021; Abbas et al., 2017).

Bolo preukázané, že nadmerná expresia génu 1-DXP syntázy (DXS) pochádzajúceho z *A. thaliana*, mala v *L. latifolia* za následok zvýšenie celkovej produkcie silice (Muñoz-Bertomeu et al., 2006). Iná výskumná skupina zas pomocou transformácie génu S-linalool syntázy z rastliny *Clarkia breweri* (A.Gray) Greene sledovala následky zvýšenej biosyntézy S-linaloolu. V porovnaní s kontrolnými rastlinami produkovali takto modifikované rastliny až 1000-krát viac linaloolu. Pri vzájomnom krížení rastlín nadmerne exprimujúcich DXS alebo S-linalool syntázu však boli celková produkcia silice a obsah linaloolu značne nižšie v porovnaní s parentálnou generáciou (Mendoza-Poudereux et al., 2014). Tsuro a kol. (2019), použili stratégiu RNA interferencie (RNAi) na zníženie produkcie 1,8-cineolu, v *L.* x *intermedia*, s cieľom zmeniť výslednú vôňu získanej silice. Medzi dvanástimi transgénnymi rastlinami vykazovali niektoré významný pokles 1,8-cineolu bez ovplyvnenia iných zlúčenín, čo viedlo k zmene zastúpenia hlavných látok silice z 1,8-cineolu, gáforu a borneolu na linalool, gáfor a borneol.

V súčasnosti je známych viacero stratégií na úpravu expresie génov, ktoré sú postavené na základe doterajších poznatkov o génovej regulácií sprostredkovanej miRNA molekulami. Jedna z týchto stratégii využíva tzv. miRNA mimikry. Ide o dvojvláknové RNA podobné miRNA, ktoré sú navrhnuté tak, aby boli po prenose do buniek schopné kopírovať funkčnosť zrelej endogénnej miRNA. MiRNA mimikry sa môžu špecificky viazať na cieľový gén, čo má

za následok posttranskripčnú represiu génu (Nogoy et al., 2018; Chen et al., 2021). S rozvojom nových techník šľachtenia a čoraz lepším pochopením regulačných dráh v rastlinách, majú tieto prístupy veľký potenciál umožniť vývoj nových stratégií v šľachtení rastlín (Pandita, 2022).

4 Záver

Pribúdajúce poznatky o biosyntetických dráhach sekundárnych metabolitov a ich regulačných mechanizmoch v levanduli, otvárajú nové možnosti v šľachtení tejto rastliny. Moderné techniky akými sú napríklad RNAi, či miRNA mimikry, poskytujú inovatívne prístupy na úpravu zloženia levanduľovej silice a zvýšenia jej celkového výťažku. Tieto prístupy majú potenciál prispievať k šľachteniu nových odrôd levandule a k zvyšovaniu jej ekonomickej hodnoty.

Poďakovanie

Tento prehľad bol vytvorený s podporou projektu VEGA 1/0749/21 Environmentálny skríning premenlivosti sekundárnych metabolitov rastlinných prírodných zdrojov v pôdno-klimatických podmienkach Slovenska.

Použitá literatúra

ABBAS, F. et al. 2017. Volatile terpenoids: multiple functions, biosynthesis, modulation and manipulation by genetic engineering. In *Planta* . Vol. 246, no. 5, s. 803–816. Dostupné na internete: 10.1007/s00425-017-2749-x

BERGMAN, M.E. et al. 2024. Plant terpenoid biosynthetic network and its multiple layers of regulation. In *Progress in Lipid Research* . Vol. 95, s. 101287. Dostupné na internete: 10.1016/j.plipres.2024.101287

CAVANAGH, H.M.A. - WILKINSON, J.M. 2005. Lavender essential oil: a review. In *Australian Infection Control* . Vol. 10, no. 1, s. 35–37. Dostupné na internete: 10.1071/HI05035

DEMISSIE, Z.A. et al. 2013. The biosynthetic origin of irregular monoterpenes in Lavandula: isolation and biochemical characterization of a novel cis-prenyl diphosphate synthase gene, lavandulyl diphosphate synthase. In *The Journal of Biological Chemistry* . Vol. 288, no. 9, s. 6333–6341. Dostupné na internete: 10.1074/jbc.M112.431171

DING, K. et al. 2017. SmMYB36, a Novel R2R3-MYB Transcription Factor, Enhances Tanshinone Accumulation and Decreases Phenolic Acid Content in Salvia miltiorrhiza Hairy Roots. In *Scientific Reports* . Vol. 7, s. 5104. Dostupné na internete: 10.1038/s41598-017-04909-w

CHEN, J. et al. 2021. MicroRNA Techniques: Valuable Tools for Agronomic Trait Analyses and Breeding in Rice. In *Frontiers in Plant Science* [online]. Vol. 12. [cit. 2024-08-20]. Dostupné na internete: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8489592/>.

KARA, N. - BAYDAR, H. 2013. DETERMINATION OF LAVENDER AND LAVANDIN CULTIVARS (Lavandula sp.) CONTAINING HIGH QUALITY ESSENTIAL OIL IN ISPARTA, TURKEY. In *Turkish Journal of Field Crops* . Vol. 18, s. 58–65. Dostupné na internete:

KHRAIWESH, B. et al. 2012. Role of miRNAs and siRNAs in biotic and abiotic stress responses of plants. In *Biochimica et Biophysica Acta* . Vol. 1819, no. 2, s. 137–148. Dostupné na internete: 10.1016/j.bbagrm.2011.05.001

LANDMANN, C. et al. 2007. Cloning and functional characterization of three terpene synthases from lavender (Lavandula angustifolia). In *Archives of Biochemistry and Biophysics* . Vol. 465, no. 2, s. 417–429. Dostupné na internete: 10.1016/j.abb.2007.06.011

LV, M. et al. 2022. Terpenoid biosynthesis in *Dendrobium officinale*: Identification of (*E*)-*β*-caryophyllene synthase and the regulatory *MYB* genes. In *Industrial Crops and Products* . Vol. 182, s. 114875. Dostupné na internete: 10.1016/j.indcrop.2022.114875

MAHMOUD, S.S. et al. 2021. Isoprenoid Metabolism and Engineering in Glandular Trichomes of Lamiaceae. In *Frontiers in Plant Science* [online]. Vol. 12. [cit. 2024-08-20]. . Dostupné na internete: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2021.699157/full>.

NOGOY, F.M. et al. 2018. Plant microRNAs in molecular breeding. In *Plant Biotechnology Reports*. Vol. 12, no. 1, s. 15–25. Dostupné na internete: 10.3389/fpls.2021.699157

PANDITA, D. 2022. miRNA- and RNAi-Mediated Metabolic Engineering in Plants. In AFTAB, T. - HAKEEM, K.R.Ed. *Metabolic Engineering in Plants* [online]. Singapore: Springer Nature, s. 171–186. [cit. 2024-08-20]. ISBN 9789811672620. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1007/978-981-16-7262-0_7>.

POKAJEWICZ, K. et al. 2023. Lavandula × intermedia—A Bastard Lavender or a Plant of Many Values? Part I. Biology and Chemical Composition of Lavandin. In *Molecules* . Vol. 28, no. 7, s. 2943. Dostupné na internete: 10.3390/molecules28072943

SARKER, L.S. et al. 2019. Diverse transcription factors control monoterpene synthase expression in lavender (Lavandula). In *Planta*. Vol. 251, no. 1, s. 5. Dostupné na internete: 10.1007/s00425-019-03298-w

SHIN, S.-Y. - SHIN, C. 2016. Regulatory non-coding RNAs in plants: potential gene resources for the improvement of agricultural traits. In *Plant Biotechnology Reports* . Vol. 10, no. 2, s. 35–47. Dostupné na internete: 10.1007/s11816-016-0389-4

TSURO, M. et al. 2019. RNAi targeting the gene for 1,8-cineole synthase induces recomposition of leaf essential oil in lavandin (Lavandula × intermedia Emeric). In *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* . Vol. 55, no. 2, s. 165–171. Dostupné na internete: 10.1007/s11627-018-09949-z

XU, X. et al. Deep sequencing identifies tissue-specific microRNAs and their target genes involving in the biosynthesis of tanshinones in Salvia miltiorrhiza. In *PloS One* . 2014. Vol. 9, no. 11, s. e111679. Dostupné na internete: 10.1371/journal.pone.0111679

YU, Z.-X. et al. 2015. Progressive Regulation of Sesquiterpene Biosynthesis in Arabidopsis and Patchouli (Pogostemon cablin) by the miR156-Targeted SPL Transcription Factors. In *Molecular Plant* . Vol. 8, no. 1, s. 98–110. Dostupné na internete: 10.1016/j.molp.2014.11.002

UCHOVÁVANIE DIVERZITY RASTLÍN PRE POĽNOHOSPODÁRSTVO A VÝŽIVU V GÉNOVEJ BANKE SR

Conservation of plant diversity for agriculture and food in the Gene Bank of the Slovak Republic.

Iveta ČIČOVÁ, Ľubomír MENDEL, Erika ZETOCHOVÁ, René HAUPTVOGEL, Marek VARGA, PAVOL HAUPTVOGEL

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum - Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, Slovenská republika

---

Biologická diverzita (rozmanitosť) všeobecne predstavuje variabilitu všetkých žijúcich organizmov vrátane ich ekosystémov a ekologických komplexov. Zahŕňa rozmanitosť všetkých žijúcich organizmov na všetkých úrovniach od genetickej rozmanitosti v rámci určitého druhu, druhovú rozmanitosť všetkých rastlín, živočíchov, húb a mikroorganizmov a rozmanitosť spoločenstiev organizmov v ekosystémoch. Poľnohospodárska biodiverzita (agrobiodiverzita) je výsledkom prírodného ako aj cieľavedomého ľudského výberu a je základným zdrojom produktivity poľnohospodárskych systémov.
Agrobiodiverzita predstavuje rozmanitosť organizmov využívaných alebo potencionálne využiteľných priamo alebo nepriamo pre poľnohospodársku potravinovú a nepotravinovú produkciu ako aj rozmanitosť a variabilitu rastlín, zvierat a mikroorganizmov, ktoré podporujú produkciu potravín a fungovanie poľnohospodárskych systémov prostredníctvom služieb ako je opeľovanie, kontrola škodcov, zachovanie úrodnosti pôdy, sekvestrácia uhlíka, čistenie vody a poskytovanie biotopov pre iné užitočné druhy. Agrobiodiverzita je nevyhnutná pre ľudskú spoločnosť a zdravie a ekosystémy bohaté na agrobiodiverzitu sú ekologicky stabilnejšie v podmienkach zmeny klímy. Strata poľnohospodárskej diverzity predstavuje významnú hrozbu pre dlhodobú udržateľnosť poľnohospodárstva, čo vedie k strate odolnosti ekosystémov, poklesu úrodnosti pôdy a zníženiu ponuky potravín. Osobitný význam pre agrobiodiverzitu majú genetické zdroje rastlín pre výživu a poľnohospodárstvo, zahŕňajú staré a krajové odrody, moderné odrody ako aj ich predchodcov, príbuzné plané a voľne žijúce druhy a primitívne formy poľnohospodárskych plodín. Tieto zdroje sú jedinečnou a nenahraditeľnou zásobárňou génov, ktoré sa využívajú v šľachtiteľských programoch na zlepšenie biologického a hospodárskeho potenciálu pestovaných druhov rastlín v poľnohospodárstve. Aktuálne ich význam rastie aj s rýchlym rozvojom genomiky a biotechnológií. Zachovanie a udržateľné využívanie genetických zdrojov je nevyhnutné na zabezpečenie produkcie potravín a riešenie rastúcich environmentálnych problémov a klimatických zmien.

Kľúčové slová: uchovávanie, biologická diverzita, agrobiodiverzita, genetický zdroj, vzorka

---

1 Úvod a prehľad literatúry

Zachovanie biodiverzity a prírodných rozdielov v rámci druhov sa stalo globálnou výzvou. Prírodné variácie sú nevyhnutné pre vývojový proces a pre dlhodobé prežitie druhov. Rozmanitosť v rámci druhu mu umožňuje prežiť a prispôsobiť sa novému prostrediu, novým škodcom a meniacemu sa podnebiu. V prostredí, ktoré je dynamické z hľadiska životného prostredia, s neustále rastúcim počtom obyvateľov a obmedzenými zdrojmi, musíme zachovať genetickú rozmanitosť pre našu vlastnú bezpečnosť potravín a životného prostredia (Iriondo a kol., 2008). Divorastúce druhy sú veľmi dôležité, pretože obsahujú cenné vlastnosti z pohľadu šľachtiteľa - napríklad odolnosť voči biotickým a abiotickým stresom, ktoré vedú k vyšším výnosom a stabilite (Maxted a kol., 2012). Základným cieľom šľachtenia sú vysoké výnosy, zlepšená kvalita a kvantita, odolnosť, tolerancia alebo adaptácia na stresy atď. Tieto znaky sú vybrané z genetickej variability. Na druhej strane

získaná adaptácia na prostredie a úspech šľachtenia sú obmedzené genetickým vybavením rastliny. Variabilita (genetická, intrašpecifická, interšpecifická, ekosystémová atď.) je nevyhnutná pre všetky činnosti spojené so šľachtením rastlín. Hlavným zdrojom variability sú rastlinné genetické zdroje (Ulukan 2011).

Divoké rastliny, najmä predkovia rastlín a botanicky príbuzné druhy, sú ďalšími cennými zdrojmi genetickej diverzity pre šľachtenie (Guarino a kol., 1995; Holubec V., 2005, Vymyslický a kol., 2003). Majú oveľa širšiu genetickú základňu ako kultúrne materiály vrátane vlastností, ktoré nie sú u kultúrnych rastlín známe. Okrem toho existuje veľa voľne rastúcich rastlín používaných ako potrava pre ľudí a krmivo pre zvieratá, v poľnohospodárstve, priemysle a farmakológii. Dohovor o biodiverzite na Summite Zeme v roku 1992 upozornil na potrebu zachovať a spravodlivo využívať biologickú diverzitu v prospech celého ľudstva, s dôrazom na komplementárny prístup k ochrane, na využívanie techník uchovávania diverzity *ex situ* aj *in situ* (Hawkes, Maxted, Ford-Lloyd 2000).

2 Materiál a metódy

Pre splnenie základných cieľov ochrany genetických zdrojov rastlín je nevyhnutné uskutočniť konkrétne špecifické aktivity, pomocou ktorých budú do Génovej banky priebežne zaraďované všetky cenné zdroje domáceho pôvodu, vybrané novošľachtenia, línie, krajové odrody, ďalejzahraničné odrody, ktoré v našich podmienkach vykazujú dobré výsledky, alebo sa javia ako perspektívne pre využitie v šľachtení. Všetky aktivity Génovej banky SR sú zosúladené s medzinárodnými štandardami (Druhý globálny plán akcií FAO, Medzinárodná zmluva, Genbank Standard), smerujúce ku uchovávaniu a trvalému využívaniu genetických zdrojov rastlín.

2.1 Štúdium a hodnotenie genetických zdrojov rastlín

Štúdium a hodnotenie genetických zdrojov rastlín je komplexná a interdisciplinárna oblasť výskumu, ktorá zohráva dôležitú úlohu v zabezpečení potravinovej bezpečnosti a udržateľnosti poľnohospodárstva a je realizovaná podľa rámcovej metodiky.

Charakterizácia genetických zdrojov je kľúčovou oblasťou v práci s genofondmi a slúži na ich jednoznačnú identifikáciu. Zahŕňa taxonomické zaradenie, základné biologické charakteristiky (morfologické, fenologické, biochemické), molekulárno-genetické charakteristiky (detekcia alel významných génov), biologicky a hospodársky významné znaky a hodnotenie na rezistenciu voči chorobám a škodcom. Tieto informácie sú dôležité pre overenie identity materiálu a pre šľachtenie. Špecifické hodnotenie pre druh a spôsob využitia genetických zdrojov a je orientované na potreby užívateľov, ktorí využívajú genetické zdroje z hľadiska rôznych vlastností, ako sú odolnosť voči chorobám a škodcom, tolerancia voči stresu, výživová hodnota a kvalita, obsah významných látok (bielkoviny, tuky, silice, vitamíny, mikro a makroprvky). Hodnotenie genetických zdrojov umožňuje identifikovať gény, ktoré kontrolujú tieto vlastnosti, a využiť ich v šľachtení nových odrôd plodín. Genetické zdroje rastlín predstavujú dôležitú súčasť biodiverzity a ich hodnotenie je kľúčové pre ich zachovanie pre budúce generácie. Genetické zdroje rastlín sú hodnotené na troch úrovniach:

Predbežné hodnotenie - hodnotia sa všetky genetické zdroje rastlín, najmä ich zdravotný stav, vegetačná doba a klíčivosť semien.

Základné hodnotenie - hodnotia sa všetky genetické zdroje rastlín, najmä ich fenologické, morfologické a hospodárske znaky vrátane odolnosti k významných hospodárskym patogénom a škodcom.

Špeciálne hodnotenie - hodnotia sa vybrané genetické zdroje rastlín z hľadiska chemického obsahu látok, technologickej kvality, z hľadiska fytopatologického a na základe molekulárnych markerov.

2.2 Evidencia a dokumentácia genetických zdrojov rastlín

Neoddeliteľnú súčasť práce s genetickými zdrojmi rastlín tvorí evidencia a dokumentácia všetkých semenných *ex situ* vzoriek generatívne množených druhov rastlín uskladnených v aktívnej a základnej kolekcii ako aj vzoriek vegetatívne množených druhov a in vitro

udržiavaných kultúr. Medzi ďalšie činnosti podliehajúce evidencii a dokumentácii patrí príjem vzoriek semien, kontrola klíčivosti semien, monitoring semien, resp. testovanie životaschopnosti uskladnených semenných vzoriek v skladoch aktívnej a základnej kolekcie v pravidelných intervaloch, regenerácia vzoriek semien ako aj poskytovanie vzoriek semien žiadateľom na vedecko-výskumné a vzdelávacie aktivity. Kľúčovou náplňou a zodpovednosťou génovej banky je predovšetkým dostupnosť vitálnych semien genetických zdrojov rastlín pre potencionálnych užívateľov a zabezpečenie integrity informácií o zhromaždených genetických zdrojoch rastlín. Evidencii a dokumentácii podliehajú pasportné a popisné údaje a údaje o správe a pohybe každej skladovej položke v génovej banke ako aj ďalšie podporné údaje. Na zvládnutie týchto úloh disponuje génová banka zavedenými prevádzkovými postupmi a elektronickým dokumentačným systémom IS GRISS.

Evidencia a dokumentácia „Národného programu genetických zdrojov rastlín pre výživu a poľnohospodárstvo v Slovenskej republike“ je zabezpečená prostredníctvom Informačného systému genetických zdrojov rastlín Slovenska (GRISS, http://griss.vurv.sk), ktorý poskytuje nástroje pre komplexný manažment údajov získaných z výskumu genetických zdrojov rastlín v Slovenskej republike. Na evidencii a dokumentácii genetických zdrojov rastlín sa podieľajú predovšetkým jednotlivý kurátori kolekcii a osoba poverená administráciou.

2.3 Doplňanie kolekcií genetických zdrojov rastlín

Doplňanie *ex situ* kolekcií genetických zdrojov rastlín je komplexný a neustály proces, ktorým sa zabezpečuje obohacovanie, rozširovanie a aktualizácia jednotlivých kolekcií s cieľom pokryť čo možno najväčšiu genetickú diverzitu s dôrazom na ochranu biodiverzity domáceho genofondu. Najúčinnejšiu stratégiu k obohacovaniu kolekcií pôvodných genetických zdrojov rastlín predstavuje aj naďalej terénny výskum prírodných lokalít s prirodzeným výskytom záujmových druhov, tradičných a krajových odrôd a zber biologického materiálu s následnou multiplikáciou dostatočného množstva semien pre uloženie vzorky do génovej banky semien. Výmena semenného materiálu s inými inštitúciami – držiteľmi genetických zdrojov rastlín tvorí takisto významný príspevok k zvyšovaniu diverzity jednotlivých kolekcií.

Do kolekcií sú zaraďované genetické zdroje, ktoré sú vyberané a získavané so zameraním na:

- zhromažďovanie a záchrana genetických zdrojov rastlín domáceho pôvodu (nové, ohrozené a repatriované, doposiaľ nezaradené), ktorá vychádza z monitorovania biodiverzity a zo stratégie uchovávania genofondu v Slovenskej republike,
- rozšírenie kolekcií o novú genetickú diverzitu v súlade s potrebami výskumu a šľachtenia, ale aj s požiadavkami na rozširovanie plodinovej rozmanitosti v poľnohospodárskej praxi,
- získavanie donorov hospodársky a biologicky cenných znakov a vlastností na využitie v šľachtení a výskume.

2.4 Uchovávanie genetických zdrojov

Semenné vzorky genetických zdrojov rastlín sa uchovávajú v Génovej banke Slovenskej republiky, ktoré spravuje Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum - Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany. Uchovávanie genetických zdrojov zahŕňa formy *in situ*, *ex situ*, in vitro a on-farm. Uchovávanie *in situ* je zamerané na ochranu genetického zdroja v jeho prirodzenom prostredí a pri vyšľachtených rastlinných druhoch v pestovateľskom prostredí, v ktorom boli vyvinuté ich osobitné vlastnosti. Uchovávanie *ex-situ* je uchovávanie rastlinných genetických zdrojov mimo miesta ich prirodzeného výskytu. Jedinečná a cenná diverzita rastlín je zhromažďovaná v génovej banke, arborétach a botanických záhradách. Po príjme vzorky do Génovej banky sú semená vysušené na 5 – 8 % vlhkosť a uchovávané v sklenných kontajneroch s twist-off uzáverom, pri teplote do 0 °C – aktívna kolekcia a pri -17 °C – základná kolekcia. V podmienkach základnej kolekcie je uchovaná i bezpečnostná kolekcia z Génovej banky VÚRV Praha-Ruzyně. Bezpečnostná kolekcia z Génovej banky Slovenskej republiky je na základe dvojstrannej dohody, uložená v Génovej banke VÚRV Praha-Ruzyně.

2.5 Medzinárodná spolupráca a realizácia prijatých medzinárodných záväzkov

Slovenská republika je zmluvný partner organizácie FAO/Bioversity International so sídlom v Ríme a aktívne sa zúčastňuje práce v pracovných skupinách, participuje na medzinárodných projektoch týkajúcich sa ochrany a uchovávania genetických zdrojov rastlín. Spolupracuje s centrálnou európskou databázou pre rastlinné genetické zdroje EURISCO a prispieva do špecializovaných plodinových databáz (ECPGR, AEGIS a pod.) a do celosvetového trezoru semien - Svalbard Global Seed Vault. Dvojstranné medzinárodné projekty a dohody sú zamerané predovšetkým na mapovanie biodiverzity, zhromažďovanie divorastúcich a pôvodných genetických zdrojov rastlín, netradičných rastlinných druhov využiteľných pre výživu a poľnohospodárstvo a aplikáciu metód hodnotenia a uchovávania rastlín.

3 Výsledky a diskusia

Strategickým cieľom Génovej banky je dlhodobé uchovávanie genetických zdrojov rastlín pre výživu a poľnohospodárstvo. Táto úloha vyplýva z potreby zachovania diverzity domácich genetických zdrojov ako súčasť kultúrneho dedičstva v súlade s medzinárodnými záväzkami a Národným programom ochrany genetických zdrojov rastlín pre výživu a poľnohospodárstvo.

Práce s genetickými zdrojmi rastlín zahŕňa realizáciu monitoringu, zhromažďovania, hodnotenia v poľných a laboratórnych podmienkach a regeneráciu uchovávaných kolekcií genetických zdrojov rastlín. Významnou časťou je budovanie *ex situ* poľnej kolekcie genetických zdrojov poľných plodín, viniča hroznorodého, marhúľ, broskýň, čerešní a iných druhov ovocných drevín, udržiavanie kolekcií vegetatívne množených druhov v systéme in vitro, on-farm uchovávanie strukovín, obilnín, liečivých rastlín a ovocných druhov, zabezpečenie funkčnosti informačného databázového systému genetických zdrojov rastlín, spolupráca na tvorbe medzinárodných databáz Európskeho kooperatívneho programu – ECPGR (AEGIS), ako aj spoločného európskeho katalógu EURISCO.

3.1 Stav kolekcií genetických zdrojov rastlín

Stav *ex situ* kolekcií semenných vzoriek genetických zdrojov rastlín udržiavaných v Génovej banke Slovenskej republiky v evidencii Informačného systému pre genetické zdroje rastlín Slovenska - GRISS k 30.6.2024:

- Registrovaných je 28 278 pasportných záznamov.
- Uchovávanie 26 769 semenných vzoriek genetických zdrojov rastlín.
- Uchovávanie *in vitro* 75 klonov 11 odrôd chmeľu obyčajného a 599 výhonkových kultúr ľuľka zemiakového.
- Uchovávanie bezpečnostnej kolekcie Génovej banky ČR - 3 322 vzoriek genetických zdrojov.
- Uchovávanie bezpečnostnej kolekcie Génovej banky SR vo VÚRV Praha-Ruzyně v.v.i. 4 004 vzoriek genetických zdrojov.
- Uchovávanie bezpečnostnej kolekcie semenných vzoriek v Svalbard Global Seed Vault (Špicbergy) - 1 413 vzoriek GZR.
- Poskytovanie vzoriek užívateľom v roku 2023: podľa zmluvného vzťahu (SMTA) bolo odovzdaných príjemcom v počte 479 vzoriek pre ich využitie vo výskume, šľachtení a vzdelávaní, z toho bolo 341 vzoriek odovzdaných žiadateľom zo Slovenska a 138 vzoriek zaslaných do zahraničia.
- Monitoring životaschopnosti semien: 2 645 semenných vzoriek, z čoho bolo 2 455 vzoriek z aktívnej kolekcie a 190 vzoriek zo základnej kolekcie a regenerácia 229 vzoriek.
- Hodnotenie genetických zdrojov rastlín: v rámci experimentálnych prác bolo v r. 2023 vo všetkých škôlkach vysiatych 1 914 vzoriek na ploche 1,63 ha. Základné hodnotenie bolo vykonané spolu pri 846 genetických zdrojoch rastlín v škôlke hodnotenia, kde sa popisovalo celkom 337 znakov podľa klasifikátorov plodín. V zbierkovej škôlke bolo vysiatych 13 genetických zdrojov semenných plodín.

- Udržiavanie trvalých kultúr: 139 genotypov viniča hroznorodého, 114 marhúľ, 97 broskýň, 44 čerešní, 28 starých odrôd jabloní a 10 genetických zdrojov, ktoré tvoria myrobalán, broskyňomandle a mandle.

Tabuľka Prehľad stavu *ex situ* uchovávaných semenených vzoriek genetických zdrojov rastlín a ich podiel v aktívnej a základnej kolekcii v NPPC-VÚRV

Kolekcia plodín	Aktívna kolekcia (0°C)	Podiel (%)	Základná kolekcia (-18°C)	Podiel (%)
Aromatické a liečivé druhy	588	2,77	54	0,98
Krmoviny	968	4,56	83	1,50
Kvety	29	0,14	62	1,12
Obilniny	13 827	65,10	3 359	60,75
Olejniny	738	3,47	298	5,39
Pseudobilniny	274	1,29	22	0,40
Repa	152	0,72	56	1,01
Strukoviny	3 571	16,81	1 088	19,68
Technické a energ. plodiny	480	2,26	240	4,34
Trávy	216	1,02	109	1,97
Zelenina	354	1,67	158	2,86
nezaradené	43	0,20	-	-
Ovocné druhy*			394	
Spolu (*stav k 30.6.2024*)	21 240	100	5 529	100

4 Záver

Genetické zdroje rastlín sa využívajú v šľachtiteľských programoch, pri riešení vedecko-výskumných úloh, vo výukových programoch vysokých škôl a univerzít a inde. Je nevyhnutné uchovávať genetické zdroje v dobrom zdravotnom stave, sledovať a udržiavať požadovanú klíčivosť semien rastlín, pre potreby ďalších generácií a tiež vytváranie kolekcií rastlín s pasportnými a popisnými údajmi. Veľký význam má uchovávanie genetických zdrojov rastlín najmä na šľachtiteľské účely, keďže je k dispozícii široké spektrum genotypov, ktoré sú bohatým zdrojom génov rastlín. Na žiadosť oprávnených užívateľov a po podpise dohody o transfere materiálu (SMTA - The Standard Material Transfer Agreement) Génová banka Slovenskej republiky bezplatne poskytuje užívateľom výskumný materiál vo forme malých vzoriek semien. Informačný systém GRISS je užívateľom voľne prístupný na adrese http://griss.vurv.sk.

Poďakovanie

Táto štúdia vznikla vďaka podpore MPRV SR v rámci úlohy odbornej pomoci „Záchrana kultúrneho dedičstva pôvodne pestovaných rastlín a biodiverzity SR“, kontrakt č. 720/2023/MPRVSR-930.

Použitá literatúra

Guarino L., Ramanantha Rao V. & Reid R., 1995. Collecting plant genetic diversity. Technical guidelines. IGRI Rome, 748 pp.

Hawkes, J.G., Maxted,N., Ford-Lloyd,B.V. 2000. Zachovanie genetických zdrojov rastlín ex situ. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Holandsko, s. 250.

Holubec V., 2005. Triticeae biodiversity and conservation, a genebanker view. Czech J. Genet. Plant Breed., 41, 118–121.

Holubec V., Hauptvogel P., Paprštein F., Podyma W., Ševčíková M. & Vymyslický T., 2010. Results of projects on collecting, mapping, monitoring and conservation of plant genetic resources 1990-2008. Czech J. Genet. Plant Breed., Special Issue, 46, S2–S8.

Iriondo J. M., Maxted N. & Dulloo M. E., 2008. Conserving plant genetic diversity in protected areas: Population management of crop wild relatives. CABI, Wallingsford, 212 pp.

Maxted N., Kell S., Ford-Lloyd B., Dulloo E. & Toledo A., 2012. Toward the systematic conservation of global crop wild relative diversity. Crop Science, 52 (2), 774–785.

Ulukan H., 2011. Plant genetic resources and breeding: Current scenario and future prospects. Int. J. Agric. Biol., 13 (3), 447–454.

Vymyslický T., Gottwaldová P. & Pelikán J., 2003. Some important species of the family Fabaceae studied in the Research Institute for Fodder Crops, Troubsko. Czech J. Genet. Plant Breed., (Special Issue), 39: 258–263.Text, text, text, text, text, text,

Kontaktné údaje: Iveta Čičová, Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum - Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany,Bratislavská cesta 122, 921 01 Piešťany, e-mailová adresa iveta.cicova@nppc.sk

EMISIE OXIDU UHLIČITÉHO Z PÔDY PRI ROZDIELNEJ AGROTECHNIKE
Carbon Dioxide Emission from soil under different agrotechnics

Igor DANIELOVIČ, Božena ŠOLTYSOVÁ
Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav rastlinnej výroby – Ústav agroekológie, Michalovce, Slovenská republika

Pri pestovaní poľných plodín v podmienkach poľného stacionárneho pokusu na fluvizemi glejovej bol v rokoch 2019 až 2021 sledovaný vplyv rozdielneho obrábania pôdy na obsah uvoľňovania oxidu uhličitého z pôdneho prostredia do atmosféry. Zo spôsobov obrábania bolo využité konvenčné obrábanie pôdy a dve pôdoochranné technológie (redukovaná agrotechnika – radličkový kypričl 1 krát a redukovaná agrotechnika – diskový podmietač) pri štyroch úrovniach hnojenia. Priemerné emisie oxidu uhličitého stúpali od konvenčného obrábania až po redukované obrábanie s využitím diskového podmietača, pričom maximálny rozdiel medzi spôsobmi obrábania pôdy bol až 16,6 %. Emisie oxidu uhličitého z pôdy štatisticky významne ovplyvňuje aj hnojenie, resp. pôdne prídavky zlepšujúce vlastnosti pôdy.

Kľúčové slová: emisie oxidu uhličitého, fluvizem glejová, obrábanie pôdy, hnojenie pôdy

1 Úvod a prehľad literatúry

Globálnu klimatickú energetickú bilanciu čoraz viac menia masívne emisie skleníkových plynov akými sú oxid uhličitý, metán či oxid dusný, čo vedie k rôznym prírodným poruchám v suchozemských ekosystémoch. Poľnohospodárskou činnosťou v Slovenskej republike vyprodukované emisie vyjadrené pomocou CO_2 ekvivalentu predstavujú 9 % emisií produkovaných skleníkových plynov. V pôde sa CO_2 produkuje dvomi hlavnými procesmi – mikrobiologickou degradáciou organickej hmoty a dýchaním koreňového systému rastlín. Ako vyplýva z mnohých štúdií, produkcia CO_2 je pomerne premenlivá a závisí na vnútorných a vonkajších faktoroch pôdneho profilu. K najdôležitejším faktorom patrí teplota spolu s obsahom vody v pôde (Krištof et al., 2015). Napriek tomu, že primárnym mechanizmom pre uvoľňovanie CO_2 z pôdy do atmosféry je difúzia, tento proces uvoľňovania môže byť podľa Garciu et al. (2004) ovplyvňovaný aj atmosférickým tlakom, vetrom ako aj teplotou a rozložením zrážok. Zároveň priemerné mesačné uvoľňovanie CO_2 je výrazne vyššie pri prechode z vegetačného štádia rastliny do jej reprodukčného a krátko po zbere. Z antropogénnych činiteľov ovplyvňujúcich uvoľňovanie tohto skleníkového plynu patrí aj spôsob obrábania pôdy.

Cieľom príspevku bol výskum vplyvu obrábania pôdy na uvoľňovanie CO_2 z pôdy pri plodinách (kukurica siata na zrno, jačmeň siaty jarný, sója fazuľová, pšenica letná forma ozimná) pestovaných na fluvizemi glejovej.

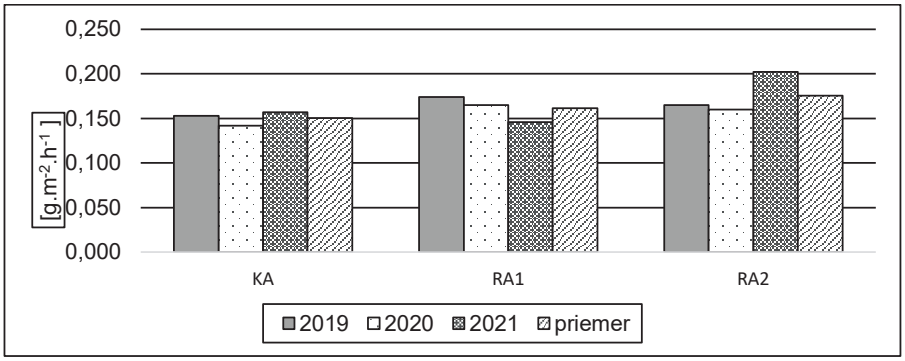
2 Materiál a metódy

Problematika uvoľňovania oxidu uhličitého z pôdy do atmosféry bola riešená v poľnom stacionárnom pokuse experimentálneho pracoviska NPPC – Výskumného ústavu rastlinnej výroby – Ústavu agroekológie v Michalovciach (lokalita Milhostov) s pevným osevným sledom plodín. Predmetná lokalita patrí do teplého a veľmi suchého nížinného kontinentálneho klimatického regiónu, pôda je ťažká fluvizem glejová. Stacionárny poľný pokus zahŕňa tri spôsoby obrábania: konvenčná agrotechnika – KA, redukovaná agrotechnika 1 – RA1, redukovaná agrotechnika 2 – RA2. Pri konvenčnom obrábaní pôdy sa po zbere úrody realizuje podmietka, na jeseň stredná orba a následne predsejbová príprava radličkovým kypričom. Pri redukovanom variante 1 prípravu pôdy zabezpečuje radličkový

kyprič a pri redukovanom variante 2 diskový podmietač. Súčasne na každom variante obrábania pôdy boli sledované štyri varianty hnojenia (b_1 – NPK hnojenie, b_2 – NPK hnojenie + pôdna pomocná látka Zeosoil, b_3 – prihnojenie dusíkom + BlackJak, b_4 – prihnojnie dusíkom + Rokolan + Rokohumín).
Pôdna respirácia oxidu uhličitého bola meraná na variantoch spracovania pôdy a hnojenia v mesačných intervaloch, od vzídenia pestovaných plodín až po zber úrody. Súčasťou m,erania monitoringu uvoľňovania oxidu uhličitého bolo aj meranie vlhkosti a teploty pôdy. Namerané výsledky v ppm hodnotách boli následne prepočítané (využijúc množstvo emisií na začiatku a na konci merania, inkubačnú dobu, teplotu vzduchu na začiatku a na konci merania, objem inkubačnej nádoby a meranú plochu) a sú uvedené v $g.m^{-2}.h^{-1}$. Priemerné obsahy uvoľneného oxidu uhličitého z pôdy pri rozdielnych spôsoboch obrábania sme štatisticky testovali viacfaktorovou analýzou rozptylu a mnohonásobným testom.

3 Výsledky a diskusia

Na grafe 1 sú uvedené priemerné obsahy uvoľneného CO_2 z pôdy pri pestovaní konvenčných plodín (pšenica letná forma ozimná, jačmeň siaty jarný, kukurica siata na zrno, sója fazuľová) v rokoch 2019 až 2021. Determinujúcim faktorom je spôsob obrábania na fluvizemi glejovej. Ako vyplýva z obrázka, obsahy CO_2, ktoré sa uvoľnili z pôdy do atmosféry sú pre všetky plodiny a spôsoby obrábania za trojročné obdobie z intervalu hodnôt 0,142 $g.m^{-2}.h^{-1}$ (konvenčná agrotechnika, 2020) až 0,202 $g.m^{-2}.h^{-1}$ (redukovaná agrotechnika 2 – diskový podmietač, rok 2021). Rozdiel medzi týmito krajnými hodnotami predstavuje až 31,4 %. Situácia sa mierne mení ak porovnáme výsledky emisii oxidu uhličitého z pôdy pri rôznych spôsoboch obrábania za trojročné obdobie, teda priemerné hodnoty. Rozdiely uvoľneného CO_2 sú oveľa nižšie, i keď trend zostáva rovnaký.



Graf 1 Priemerné množstvo uvoľneného CO_2 [$g.m^{-2}.h^{-1}$] pri pestovaní poľných plodín pri rozdielnej agrotechnike / Average amount of CO_2 [$g.m^{-2}.h^{-1}$] released during the cultivation of field crops with different agricultural techniques
Vysvetlivky: (KA – konvenčná agrotechnika, RA1 – redukovaná agrotechnika-radličkový kyprič, RA2 – redukovaná agrotechnika-diskový podmietač)

Najnižšie uvoľňovanie oxidu uhličitého bolo zistené pri konvenčnej agrotechnike (priemerne 0,151 $g.m^{-2}.h^{-1}$), preukazne vyššie pri pôdoochrannom obrábaní pôdy s použitím radličkového kypriča (priemerne 0,162 $g.m^{-2}.h^{-1}$) a preukazne najvyššie pri redukovanej agrotechnike s použitím diskového podmietača (priemerne 0,176 $g.m^{-2}.h^{-1}$). V percentuálnom vyjadrení ak porovnáme nami využívané tri spôsoby obrábania, teda konvenčnú agrotechniku a redukované obrábanie pôdy, tak pri použití prípravy pôdy radličkovým kypričom bolo zistené o 7,3 % vyššie uvoľňovanie oxidu uhličitého z pôdy a o 16,6 % pri redukovanej agrotechnike s diskovým podmietačom než na oranom variante. Tieto rozdiely boli pri hladine významnosti 0,05 štatisticky významné. Pri všetkých našich pestovateľských agrotechnikách (konvenčná agrotechnika, redukovaná agrotechnika – radličkový kyprič 1

krát, redukovaná agrotechnika – diskový podmietač) dochádza k narušeniu pôdy, čím sa zvyšuje predpoklad uvoľňovania CO_2. Abdalla et al. (2016) analyzovali 46 recenzovaných publikácií s celkovým počtom 174 párových pozorovaní porovnávajúcich emisie CO_2 z obrábaných a neobrábaných pôd s rôznymi druhmi plodín pestovanými v diferencovaných pôdnych a klimatických podmienkach s cieľom kvantifikovať vplyv obrábania na emisie CO_2. Autori zistili, že obrábané piesočnaté pôdy s nízkym obsahom organického uhlíka v pôde a nízkou pôdnou vlhkosťou emitovali v priemere o 21 % viac CO_2 ako nespracované pôdy. V ílovitých pôdach s vyšším obsahom organického uhlíka spracovanie pôdy nemalo žiadny vplyv na emisie CO_2. K opačnému záveru došiel O'Dell et al., keď pri konvenčnom obrábaní pôdy namerali emisie CO_2 až o 40 % nižšie než pri ochranných postupoch bez obrábania pôdy.

Tabuľka 1 Obsah uvoľneného CO_2 [$g.m^{-2}.h^{-1}$] z pôdy pri rozdielnom obrábaní a hnojení pôdy v trojročnom období / Content of CO_2 [$g.m^{-2}.h^{-1}$] released from the soil under different tillage and fertilization practices over a three-year period

Variant obrábania	Variant hnojenia	2019	2020	2021	Priemer
KA	b_1	0,151	0,155	0,148	0,151
	b_2	0,141	0,153	0,176	0,157
	b_3	0,167	0,147	0,159	0,158
	b_4	0,152	0,115	0,144	0,137
RA1	b_1	0,195	0,191	0,188	0,191
	b_2	0,178	0,142	0,084	0,135
	b_3	0,182	0,191	0,156	0,176
	b_4	0,142	0,134	0,155	0,144
RA2	b_1	0,161	0,159	0,239	0,186
	b_2	0,177	0,139	0,139	0,152
	b_3	0,166	0,158	0,218	0,180
	b_4	0,157	0,185	0,214	0,185

Vysvetlivky: KA – konvenčná agrotechnika, RA1 – redukovaná agrotechnika – radličkový kyprič 1 krát, RA2 – redukovaná agrotechnika – diskový podmietač, b_1 – NPK hnojenie, b_2 – NPK hnojenie + pôdna pomocná látka Zeosoil, b_3 – prihnojenie dusíkom + BlackJak, b_4 – prihnojnie dusíkom + Rokolan + Rokohumín

Tabuľka 2 Štatistické vyhodnotenie uvoľneného CO_2 [$g.m^{-2}.h^{-1}$] z pôdy / Statistical evaluation of CO_2 [$g.m^{-2}.h^{-1}$] released from the soil

Zdroj variability	Faktor	CO_2 [$g.m^{-2}.h^{-1}$]
Obrábanie	KA	0,151a
	RA1	0,162b
	RA2	0,176c
Rok	2020	0,156a
	2019	0,164ab
	2021	0,168b
Hnojenie	b2	0,148a
	b4	0,155a
	b3	0,172b
	b1	0,177b

Vysvetlivky: KA – konvenčná agrotechnika, RA1 – redukovaná agrotechnika – radličkový kyprič 1 krát, RA2 – redukovaná agrotechnika – diskový podmietač, b_1 – NPK hnojenie, b_2 – NPK hnojenie + pôdna pomocná látka Zeosoil, b_3 – prihnojenie dusíkom + BlackJak, b_4 – prihnojnie dusíkom + Rokolan + Rokohumín. CO_2 – oxid uhličitý, písmená (a, b, c) medzi faktormi poukazujú na štatisticky preukazné rozdiely (α = 0,05) – LSD test

Variantnosť meraní uvoľneného oxidu uhličitého spočívala sekundárne aj v rozdielnosti výživy. Rozdielnou výživou v rokoch 2019 – 2020 bolo priemerne najvyššie uvoľňovanie CO_2 z pôdy zistené na kontrolnom variante b_1 RA1 (NPK hnojenie – 0,191 $g.m^{-2}.h^{-1}$) a naopak najnižšie na variante b_2 RA1 (pôdna pomocná látka Zeosoil, NPK hnojenie, prihnojovanie dusíkom – 0,135 $g.m^{-2}.h^{-1}$), respektíve b_4 KA (pôdna pomocná látka Rokolan, Rokohumín, prihnojovanie dusíkom – 0,137 $g.m^{-2}.h^{-1}$).

Aj štatistickou analýzou (tab. 2) boli najsignifikantnejšie rozdiely pre obsah uvoľneného CO_2 (bez ohľadu na spôsob obrábania pôdy) zistené medzi variantmi hnojenia b_1 a b_2 (0,177 $g.m^{-2}.h^{-1}$: 0,148 $g.m^{-2}.h^{-1}$). Hassan et al. (2023) použitím 32 recenzovaných publikácií zistili, že pôdne prídavky zohrávajú významnú úlohu pri emisii skleníkových plynov z pôdy do atmosféry. Kamran et al. (2022) poukazujú na skutočnosť, že pri hnojení dusíkom je nutné pozornosť venovať pôdnej vlhkosti, ktorá významne ovplyvňuje uvoľňovanie skleníkových plynov z pôdy.

4 Záver

Na intenzitu uvoľňovania oxidu uhličitého z pôdy vplýva viacero faktorov. Okrem fyzikálno-chemických vlastnosti pôdy a meteorologických podmienok je významným faktorom samotné obrábanie pôdy, ale aj hnojenie, ktorého primárnym cieľom je výška úrod. V podmienkach ťažkej ílovito-hlinitej fluvizeme glejovej bol sledovaný vplyv obrábania pôdy na uvoľňovanie CO_2 z pôdy. Medzi oraným variantom a redukovanými technikami sme zistili preukazné rozdiely v rozsahu 7,3 %, resp. 16,7 % v neprospech minimalizačných techník. Pri sledovaní vplyvu hnojenia na výšku emisii oxidu uhličitého bol najvyšší obsah emisii zistený na kontrolnom variante. Prídavky pomocných látok do pôdy mali za následok zníženie emisie CO_2 o 2,8 až 16,4 %.

Poďakovanie

Táto práca bola financovaná Ministerstvom pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR v rámci riešenia projektov výskumu a vývoja v rokoch 2019 – 2021.

Použitá literatúra

ABDALLA, K. et al. 2016. No-tillage lessens soil CO2 emissions the most under arid and sandy soil conditions : Results from a meta-analysis. In: *Biogeosciences Open Access*, vol. 13, 2016, No. 12, pp. 3619-3633.

GARCIA, R.L. et al. 2004. Measurements of Soil CO_2 Flux. LI-COR, inc., Environmental Division, 4421 Superior Street, Lincoln, NE 68504, and 1Dept. of Soil Science, University of Wisconsin, Madison, WI 53706 USA . HILL, P. 2000. Carbon, Sequestrian Questions. In: *No-Till Farmer*, vol. 29, 2000, No 6-7, p. 72.

HASSAN et al. 2023. How does dolomite application affect the greenhouse gases emissions from the terrestrial environment? – A global synthesis. In: *Elsevier*, vol.332, 2023,

KAMRAN, M. et al. 2022. Enhancing resource use efficiency of alfalfa with appropriate irrigation and fertilization strategy mitigate greenhouse gases emissions in the arid region of Northwest China. In. *Field Crops Research*, vol. 289, 2022

KRIŠTOF, K. et al. 2015. Výskum vplyvu technológií obrábania pôdy na environment. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2015. 217 s. ISBN 978-80-552-1430-6.

O'DELL, D. et al. 2020. Conservation agriculture as a climate change mitigation strategy in Zimbabwe. In: *International Journal of Agricultural Sustainability*, vol. 18, 2020, No. 3, pp. 250-265.

Kontaktné údaje: Igor Danielovič, RNDr., PhD., Božena Šoltysová, Ing., PhD., Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav rastlinnej výroby, Ústav agroekológie Michalovce, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, e-mail: igor.danielovic@nppc.sk, bozena.soltysova@nppc.sk

VPLYV HNOJENIA NA ÚRODY ZRNA NETRADIČNÝCH OLEJNÍN NA FLUVIZEMI GLEJOVEJ

The effect of fertilization on grain yields of non-traditional oil crops on gleyic fluvisol

Štefan DUPĽÁK, Ladislav KOVÁČ
Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – VÚRV ÚA Michalovce

The field treatments with *Camellina sativa* (L.) Crantz, *Crambe abyssinica* Hochst., *Carthamus tinctorius* (L.) were carried out during years 2019 and 2021 in Milhostov, at Experimental workplace of NAFC – Institute of Agroecology in Michalovce. The soil was characterized as heavy gleyic fluvisol. Two variants of nutrition were examined as follows: variant with NPK fertilizer, variant with NPK fertilizer + ammonium nitrate (LAV). Meteorological factors of each experimental year had a statistically significant effect on *Camellina, Crambe*and*Carthamus*yield. Application of ammonium nitrate statistically high increased the *Camellina, Crambe* and *Carthamus* yield in comparison to variant with NPK fertilization.

Keywords: *Camellina sativa* (L.) Crantz, *Crambe abyssinica* Hochst., *Carthamus tinctorius* (L.), gleyic Fluvisol, grain yield, fertilisation
Kľúčové slová: Ľaničník siaty, Katran etiópsky, Požlt farbiarsky, fluvizem glejová, úroda zrna, hnojenie

1 Úvod

Ľaničník siaty (*Camelina sativa* (L.) Crantz) je olejnatá plodina z čeľade *Brassicaceae*, ktorá sa v Európe pestovala už v dobe bronzovej (Zubr, 1997). V minulosti sa ľaničník používal hlavne pri výrobe potravín. Tento druh má však aj početné priemyselné využitie. Krzyzaniak et.al (2019) uvádza, že obsah oleja v semenách je v rozmedzí 30 – 49 %. Ľaničníkový olej je bohatý na kyselinu olejovú (14 – 16 %), linolovú (15 – 23 %), linolénovú (31 – 40%) a eikozénovú (12 – 15 %). Obsahuje tiež kyselinu palmitovú (16:0), stearovú (18:0) a erukovú (22:1). Úrody semien ľaničníka sa pohybujú od 1,0 $t.ha^{-1}$ do 3,0 $t.ha^{-1}$ (Berti et al., 2016). Obsah bielkovín v semenách ľaničníka sa pohybuje od 23 % do 27 % (Walia et al., 2018; Zanetti et al., 2017). Katran etiópsky (*Crambe abyssinica* Hochst)patriaci do čeľade Brassicaceae, je jednoročná olejnatá plodina. Je nepotravinová plodina, o ktorej sa v literatúre hovorí, že má vysoký potenciál na výrobu obnoviteľnej energie. Obsah oleja v semenách sa pohybuje v rozmedzí 26 % až 38 %. Poveternostné podmienky, najmä teplota a vlhkosť pôdy, môžu ovplyvniť nielen úrodu semien, ale aj úrodu oleja (Costa et al., 2019). Hlavnou zložkou oleja je kyselina eruková (cca 60 %). Keďže kyselina eruková je dôležitou surovinou v oleochemickom priemysle, používa sa hlavne ako klzné činidlo pri výrobe plastov, prirodzený vysoký obsah kyseliny erukovej v oleji zo semien robí z katranu vhodnú olejnatú plodinu na výrobu priemyselného oleja. Záujem o rozvoj katranu ako priemyselnej plodiny sa v posledných rokoch výrazne zvýšil v snahe nájsť obnoviteľné zdroje ropy, ktoré by nahradili fosílnu ropu (Zhu, 2016). Požlt farbiarsky (*Carthamus tinctorius* L.)je olejnatá plodina z čeľade *Asteraceae*. V minulosti bol jedným z najvýznamnejších farbív používaných na hodváb (Jinetal., 2022). V súčasnej dobe sa pestuje v suchých a teplýchoblastiachpre semeno obsahujúce 45 – 55 % oleja použiteľného za studena rovnako ako slnečnicový olej pre ľudskú výživu. V dobe kvitnutia je možné zbierať z kvetov korunné lupienky ako prírodné farbivo. Nemá vysoké nároky na pôdu a je vhodnou plodinou pre suché a vápenaté pôdy.

Cieľom príspevku je zhodnotiť vplyv výživy na úrodu semien netradičných olejnín na ťažkých pôdach Východoslovenskej nížiny.

2 Materiál a metódy

Poľný maloparcelkový pokus s ľaničníkom siatym, katranom etiópskym a požltom farbiarskym sa zakladal v rokoch 2019 až 2021 na experimentálnom pracovisku NPPC – Ústavu agroekológie v Milhostove. Pôda je charakterizovaná ako ťažká, ílovito-hlinitáfluvizem glejová s priemerným obsahom ílovitých častíc vyšším ako 53 %. Pokus bol dvojfaktorový založený v štyroch opakovaniach. Prvým faktorom boli plodiny (3) a druhým faktorom výživa (2). Sledovali sa dve úrovne výživy: 1.NPK , 2.NPK+LAV. Kombinované hnojivo NPK (15:15:15) sa aplikovalo k predsejbovej príprave pôdy v dávke 200 kg.ha^{-1}. Liadkom amónnym (27 %) v dávke 100 kg.ha^{-1} sa prihnojovalo pri výške rastlín 0,1 až 0,2 m. Špecifikácia obrábania pôdy: Predplodinou bola ozimná pšenica. Po zbere predplodiny sa urobila podmietka a v jeseni hlboká orba. Na jar sa pôda pripravila radličkovým kypričom a celý pokus sa sial v jednom termíne maloparcelkovou sejačkou.

Proti chorobám, škodcom a burinám sa použila cielená chemická ochrana. Zber plodín sa uskutočnil po dosiahnutí zberovej zrelosti semien maloparcelkovým kombajnom. Hodnotila sa produkcia semien. Počas vegetácie sa sledoval nástup fenologických fáz a výskyt škodlivých činiteľov v jednotlivých plodinách.

3 Výsledky a diskusia

Priebeh agro-meteorologických faktorov v pokusnom období je uvedený v tabuľkách 1 a 2. Hodnoty priemernej teploty vzduchu a sumy zrážok sú porovnávané s dlhodobým normálom (DN) týchto parametrov z rokov 1981 – 2010. Priemerné teploty vzduchu a sumy zrážok monitoruje SHMÚ na monitorovacej meteorologickej stanici nachádzajúcej sa priamo v Milhostove. Dlhodobá priemerná teplota vzduchu v období apríl až september v Milhostove je 16,6°C, za celý rok 9,4°C. Ako vyplýva z údajov v tabuľke 1., vo vegetačných obdobiach rokov 2019 – 2021 bola priemerná teplota vzduchu vyššia ako dlhodobý 30-ročný normál. Odchýlka od tohto teplotného normálu (od +0,2°C do +1,4°C) poukazuje na to, že vegetačné obdobie 2019 bolosilne nadnormálne, v roku 2020 a 2021 teplotne normálne. Aj priemerné teploty vzduchu celého roka boli vyššie ako dlhodobý normál o 0,6 až 1,9°C. Týmto odchýlkam zodpovedá mimoriadne nadnormálny rok 2019, silne nadnormálny rok 2020 a nadnormálny rok 2021.

Tabuľka 1 Priemerné teploty vzduchu v Milhostove [°C]

Mesiac	DN	2019			2020			2021		
		[°C]	odch.	hodn.	[°C]	odch.	hodn.	[°C]	odch.	hodn.
$\bar{x}$ I. – XII.	9,4	11,3	+1,9	MNN	10,6	+1,2	SNN	10	+0,6	NN
$\bar{x}$ IV. – IX.	16,6	18	+1,4	SNN	16,8	+0,2	N	17,1	+0,5	N

DN-dlhodobý normál (Mikulová et.al., 2019),MPN - mimoriadne podnormálny, SPN - silne podnormálny, PN - podnormálny, N - normálny, NN - nadnormálny, SNN - silne nadnormálny, MNN - mimoriadne nadnormálny

Pre optimálny priebeh produkčného procesu pestovaných plodín sú veľmi dôležité zrážkové úhrny. Z tabuľky 2 vyplýva variabilita zrážok v rokoch 2019 – 2021. Z mesačných úhrnov (neuvádzaných), aj ich nerovnomerné rozdelenie počas vegetačného obdobia. Vegetačné obdobie hodnotených rokov 2019 – 2021 so sumami zrážok dosahujúcimi 307 – 473 mm, t. j. 82,0 – 126,6 % DN, boli zrážkovo normálne a nadnormálne. Z pohľadu celého roka bol rok 2020 so sumou zrážok 620,8 mm (t. j. 120,8 % DN) hodnotený ako silne nadnormálny. Sumy zrážok v rokoch 2019 a 2021 dosiahli 109,2 a 95,1 % DN, čo boli zrážkovo normálne roky.

Tabuľka 2 Úhrny zrážok v Milhostove [mm]

Mesiac	DN	2019			2020			2021		
		mm	[% DN]	hodn.	mm	[% DN]	hodn.	mm	[% DN]	hodn.
Σ I. – XII.	567	619	109,2	N	685	120,8	SNN	539	95,1	N
Σ IV. – IX.	374	394	105,3	N	473	126,6	NN	307	82,0	N

DN-dlhodobý normál (Mikulová et.al., 2020), MPN - mimoriadne podnormálny, SPN - silne podnormálny, PN - podnormálny, N - normálny, NN - nadnormálny, SNN - silne nadnormálny, MNN - mimoriadne nadnormálny

Úrody semien sú uvedené v tabuľke 3. V roku 2019 sa pohybovali v rozmedzí od 1,31 do 1,73 t.ha^{-1} . Vyššie úrody sa dosahovali na variantoch prihnojených liadkom amónnym ako na variante len s NPK hnojením. Najvyššiu úrodu v celom pokuse dosiahol katran etiópsky 1,73 t.ha^{-1} na variante NPK+LAV. Priemerné úrody katranu presiahli 1,5t.ha^{-1}v pokusoch v Poľsku, no úrody zistené v teplých lokalitách Taliansko a Grécko 2,11 t.ha^{-1}a 1,97 t.ha^{-1} neboli v našich podmienkach dosiahnuté (Berzuini et al., 2021). V roku 2019 mierne úrodovo zaostal požlt farbiarsky 1,68 t.ha^{-1}. Pri porovnaní variantov hnojených len kombinovaným hnojivom NPK bez LAV, najvyššiu produkciu semien poskytol rovnako požlt farbiarsky 1,53 t.ha^{-1}. Mimoriadne teplý rok 2019 nevyhovoval produkcii ľaničníka. Úrody semien v roku 2020 sa pohybovali v rozmedzí od 1,44 t.ha^{-1} pri požlti farbiarskom do 1,95 t.ha^{-1} pri ľaničníku siatom. Pri porovnaní olejnín sa na variantoch s prihnojením LAV dosahovali výrazne vyššie úrody pri ľaničníku siatom a požlti farbiarskom ako pri katrane etiópskom (o 0,24 resp. 0,38 t.ha^{-1}). Tieto dve plodiny výraznejšie reagovali na prihnojenie. V roku 2021 boli dosiahnuté úrody od 1,45 t.ha^{-1} pri katrane etiópskom do 1,99 t.ha^{-1} pri ľaničníku siatom. Nižšie úrody sa dosahovali pri samotnom NPK hnojení ako pri hnojení NPK+LAV. Aplikáciou liadku amónneho sa úrody zvyšovali. Zo sledovaných olejnín v priemere za trojročne obdobie najprodukčnejší bol ľaničník siaty s úrodami 1,60 resp. 1,80 t.ha^{-1}, podobnú úrodu semena 1,70 t.ha^{-1} dosiahli Krzyżaniak et al. (2019). Úroda semien pri požlti v pokuse bola v trojročnom priemerne od 1,56-1,79 t.ha^{-1} podobný rozsah uvádza aj Nabipouret al. (2007), ktorí dosiahli 1,49 – 2,68 t.ha^{-1}.

Tabuľka 3 Úrody semien netradičných olejnín pri štandardnej sušine v t.ha^{-1} v rokoch 2019 – 2021

Plodina	Variant	Roky			Priemer
		2019	2020	2021	
Ľaničník siaty	NPK	1,37	1,72	1,72	1,60
	NPK+LAV	1,46	1,95	1,99	1,80
Katran etiópsky	NPK	1,31	1,55	1,45	1,44
	NPK+LAV	1,73	1,57	1,67	1,66
Požlt farbiarsky	NPK	1,53	1,44	1,56	1,51
	NPK+LAV	1,68	1,81	1,88	1,79

Na základe štatistických hodnotení sa preukazne vyššie úrody dosiahli pri ľaničníku siatom a požlti farbiarskom, oproti katranu etiópskom. Vysokopreukazne vyššia úroda sa dosiahla po prihnojení liadkom amónnym pri všetkých plodinách a každom sledovanom ročníku. Štatisticky preukazne nižšie úrody boli v mimoriadne teplom roku 2019 oproti rokom 2020 a 2021. Aj keď zrážkový úhrn za vegetáciu bol v roku 2019 normálny, jeho rozloženie počas vegetácie nezodpovedalo potrebám porastu.

Tabuľka 4 Viacfaktorová analýza rozptylu a viacnásobné porovnanie úrody semien netradičných olejnín pri štandardnej sušine v t.ha^{-1} v rokoch 2019 – 2021 LSD-testom

Zdroj variability	Stupne voľnosti	F-test	Preukaznosť	Úrody [t ha^{-1}]	Skupina homogenity					
Plodina	2	11,82	+	1,55 1,65 1,70	katran požlt ľaničník	x	 x x			
Variant	1	76,77	++	1,16 1,35	NPK NPK+LAV	x	 x			
Rok	2	21,01	+	1,23 1,26 1,28	2019 2020 2021	x	 x x			
Reziduá	63									
Celkom	71									

4 Záver

Z výsledkov dosiahnutých v pokusoch s netradičnými olejninami, ľaničníkom siatym katranom etiópskym a požltom farbiarskym vyplývajú nasledovné závery:

- Na úrody semien preukazne vplýval pestovateľský ročník s priebehom meteorologických faktorov.
- Pri každej zo sledovaných plodín aplikácia liadku amónneho vysoko preukazne zvyšovala úrodu semien v porovnaní s variantnou hnojenou len NPK, a to vo všetkých sledovaných ročníkoch.
- Preukazne vyššie úrody dosiahli pri ľaničníku siatom a požlti farbiarskom oproti katranu etiópskom.

Poďakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Použitá literatúra

BERTI, M. - GESCH, R. - EYNCK, C. - ANDERSON, J. - CERMAK, S. 2016. Camelina uses, genetics, genomics, production, and management. In *Industrial Crops and Products*. Online. Vol. 94, s. 690-710. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.034 [dátum citovania 2024-07-15].

BERZUINI, S. - ZANETTI, F. - CHRISTOU, M. - ALEXOPOULOU, E. - KRZYŻANIAK, M. - STOLARSKI, M.J. - FERIOLI, F. - MONTI, A. 2021. Optimization of agricultural practices for crambe in Europe. In *Industrial Crops and Products*. Online. Vol. 171. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113880 [dátum citovania 2024-07-15].

COSTA, E. - ALMEIDA, M.F. - ALVIM-FERRAZ, C. - DIAS, J.M. 2019. Cultivation of *Crambe abyssinica* non-food crop in Portugal for bioenergy purposes: agronomic and environmental assessment. In *Industrial Crops and Products*. Online. Vol. 139. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111501 [dátum citovania 2024-07-15].

JIN, J. - LIU, J. - WANG, D. - GAO, S. - ZHAO, F. - WANG, Y. 2022. Reconstruction of traditional safflower (*Carthamus tinctorius* L.) dyeing and red colors in the Qing Dynasty (17th - 19th century). In *Dyes and Pigments*. Online. Vol. 207. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2022.110697 [dátum citovania 2024-07-15].

KRZYŻANIAK, M. - STOLARSKI, M. J. - TWORKOWSKI, J. - PUTTICK, D. - EYNCK, CH. - ZAŁUSKI, D. - KWIATKOWSKI, J. 2019. Yield and seed composition of 10 spring camelina genotypes cultivated in the temperate climate of Central Europe, In *Industrial Crops and Products*. Online. Vol. 138. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.06.006 [dátum citovania 2024-07-15].

MIKULOVA, K. - ŠŤASTNÝ, P. - PECHO, J. - FAŠKO, P. - KRČOVÁ, I. - MARKOVIČ, L. 2020. Národný klimatický program Slovenskej republiky. In *Klimatologické normály za obdobie 1981-2010 na Slovensku*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky. zv. 15/20. ISBN 9788099929044.

MIKULOVA, K. - ŠŤASTNÝ, P. - PECHO, J. et al. 2019. Národný klimatický program Slovenskej republiky. In *Klimatologické normály za obdobie 1981-2010 na Slovensku*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky. zv. 14/19. ISBN 9788099929020.

NABIPOUR, M. -MESKARBASHEE, M. - YOUSEFPOUR, H. 2007. The effect of water deficit on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). In *Pakistan Journal of Biological Sciences.* Online. Vol. 10, s. 421-426. Dostupné na: DOI: 10.3923/pjbs.2007.421.426 [dátum citovania 2024-07-15].

WALIA, M. K. - WELLS, M. S - CUBINS, J. - WYSE, D. - GARDNER, R. D - FORCELLA, F. - GESCH, R. 2018. Winter camelina seed yield and quality responses to harvest time. In *Industrial Crops and Products*. Online. Vol. 124, s. 765-775. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.025 [dátum citovania 2024-07-15].

ZHU, Li-Hua 2016. *Crambe* (*Crambe abyssinica*). Online. In THOMAS, A. McKEON - DOUGLAS, G. HAYES - DAVID, F. HILDEBRAND - RANDALL, J. WESELAKE. Industrial Oil Crops. Cambridge, Massachusetts: Academic Press and AOCS Press. s. 195-205. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-98-1.00007-5. [dátum citovania 2024-07-15].

ZUBR, J. 1997. Oil-seed crop: *Camelina sativa*. In *Industrial Crops and Products*. Online. Vol. 6, s. 113-119. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/S0926-6690(96)00203-8 [dátum citovania 2024-07-15].

Kontaktná adresa: Štefan Dupľák, Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, VÚRV – Ústav agroekológie, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, ✉ stefan.duplak@nppc.sk

PŘÍSTUPY K VYUŽITÍ A ZAČLENĚNÍ SCHÉMAT APLIKACE KOMPOSTU JAKO NÁSTROJE NA PODPORU UDRŽITELNÉHO ZEMĚDĚLSTVÍ
Approaches to the use and incorporation of compost application schemes as a tool to support sustainable agriculture

Petr DVOŘÁK[1], Martin KRÁL[1], Markéta MIHÁLIKOVÁ[1], Barbora BADALÍKOVÁ[2], Květuše HEJÁTKOVÁ[3] , Patrik BURG[4] , Jaroslav LANG[2] , Milan HEROUT[5] , Jiří SOUČEK[5]
[1]Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká republika
[2]Zemědělský výzkum, spol. s r.o., Česká republika
[3]Zemědělská a ekologická regionální agentura, z.s., Česká republika
[4]Mendelova univerzita v Brně, Česká republika
[5]Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., Česká republika

---

Vhodnou formou organické hmoty je také kompost, a proto byl využit jako mulč při pěstování brambor a zkoumán v rámci polního pokusu na Výzkumné stanici v Praze-Uhříněvsi. Cílem bylo zjistit vliv nezapraveného kompostu na teplotu a vlhkost půdy, tvorbu půdního škraloupu (pro eliminaci eroze), změnu obsahu chlorofylu a na výnos hlíz u brambor. Stabilní a zralý kompost byl aplikován na povrch hrůbků (v dávce 30 t/ha) po vzejití a ponechán bez zapravení. Tato technologie dokázala v porostech brambor snížit půdní smyv (erozi) v průměru o 40,3 % oproti kontrolní variantě. Povrchová aplikace kompostu nijak významně neovlivnila v průběhu vegetace obsah chlorofylu v listech (SPAD). Tento slabý efekt SPAD v kombinaci s dalšími pozitivními efekty kompostu (regulace vlhkosti půdy) se odrazil i ve vyšším výnosu tržních hlíz.

Kľúčové slová: stabilní kompost, zralost kompostu, eroze, obsah chlorofylu, výnos hlíz, brambory

---

1 Úvod a prehľad literatúry

Aplikace organických hnojiv či ponechání posklizňových zbytků pro technologie udržitelného zemědělství je základem pro správné hospodaření s půdou. Spolu s meziplodinami vytváří vhodné podmínky pro udržování pokryvu půdy a podporu biodiverzity. V udržitelném zemědělství se také omezuje plošné zpracování půdy. Využívá se systému Strip-till nebo No-till a setí přímo do strniště nebo rostoucí plodiny nebo meziplodiny. A proto aplikace a ponechání kompostu na povrchu půdy je tak žádoucím a do budoucna i efektivním způsobem aplikace organických látek v těchto systémech zpracování půdy.

1.1 Význam kompostů v půdě

Kompost jako mulč může mít pozitivní vliv na kvalitu půdy a zároveň může ovlivnit pozitivně i produkční a kvalitativní parametry sklizně. Jeho výroba a použití přímo na farmě představuje cenově dostupný způsob hnojení a v rámci soběstačnosti farmy se zároveň podílí na celkové udržitelnosti celofaremního hospodaření. Současná legislativa v ČR zatím neumožňuje ponechání kompostu na povrchu půdy jako mulč. Tento postup je však využíván v jiných zemích a oblastech, kde se zemědělci dlouhodoběji potýkají se změnou klimatu, narůstajícími problémy jak s množstvím, tak především s nerovnoměrným rozložením srážek v průběhu vegetace a mají dostatek suroviny pro výrobu stabilního a zralého kompostu. Změna fyzikálních a chemických vlastností v povrchové vrstvě půdy dává předpoklad i pro ochranu půdy, kdy po obdobích sucha se často vyskytují prudké srážky erozního charakteru, a tím je půda připravena lépe čelit erozi (zejména při pěstování širokořádkých plodin).

1.2 Zralost a stabilita kompostu

Zralost kompostu je důležitý parametr (Tab. 1), který popisuje vhodnost kompostu pro určité použití a deklaruje správnost kompostovacího procesu (zejména dostatek kyslíku a vlhkosti pro dostatečnou mikrobiální aktivitu po celou dobu procesu kompostování). Zralost kompostu často určuje dynamika dusíku – množství minerálního dusíku ($N\text{-}NH_4$, $N\text{-}NO_3$), tedy okamžitě dostupného dusíku po aplikaci a dále množství organicky vázaného dusíku, který se uvolňuje v dalších letech. Stabilní, tedy organicky vázaný dusík v kompostu minimalizuje emise po aplikaci a ponechání na povrchu půdu.

Tabulka 1 Kompost splňující následující parametry vyhovuje aplikaci bez zapravení

sušina	nad 13 %
obsah minerální formy dusíku - NH_4	75 – 500 mg/kg kompostu v sušině
obsah Nmin v celkovém N	max. 10 % v sušině kompostu
pH hodnota	6 – 9
vlhkost	30 – 65 %
stabilita metodou NIRS	minimálně stupeň 8
C:N	max. 20

Stabilita je hodnocena jako potencionální rozklad organické hmoty při kompostování. Trvalá stabilita už je biologicky transformovaná forma snadno rozložitelných látek do komplexů humusových látek (Zera 2018). Stabilitu kompostu lze hodnotit několika metodami, které fungují na principu mikrobiální aktivity, tedy monitorováním produkce CO_2, příjmu O_2 nebo výdejem tepla. V našich pokusech byla využita metoda NIRS. Tato metoda je novinkou, kterou v České republice zajišťuje společnost Zera a.s. Jedná se o nedestruktivní analytickou metodu na molekulární úrovni, která zkoumá chemické a fyzikální parametry testovaných vzorků pomocí spektrometru. Jedná se o rychlou a levnou metodu stanovení kvality kompostu, a to z hlediska jeho bezpečnosti tak využitelnosti (Dědina et al. 2022).

1.3 Přínosy a rizika aplikace kompostu

Přínosy a zejména rizika povrchové aplikace kompostu ovlivňuje především jeho samotná kvalita (viz Tab. 1). Aplikací kompostu do půdy můžeme navýšit zásobu organické hmoty (OH), a tím zlepšit fyzikální vlastnosti půdy. Touto metodou lze snížit objemovou hmotnost půdy, čímž dojde ke zlepšení její struktury (Kovaříček et al. 2012). Mělce mechanicky nebo přirozeně zapravený kompost ovlivňuje také retenci vody v půdě (při aplikaci 10 t/ha kompostu v hloubce 100 mm se zvýšilo zadržení vody v hlinitopísčité půdě o 1 %, v případě jílovitohlinité až o 3 %) (Kovaříček et al. 2012). Jako potencionálně vyšší riziko lze u kompostu vnímat ve spojitosti s vyplavováním dusíku do spodních vod než při minerálním hnojení (Erhatr et al. 2007) nebo hromadění těžkých kovů (Cd, Mn, Mo a Ni) či plastů v půdě. Studie však toto nepotvrdila, protože ani po 10leté aplikaci kvalitního kompostu nedocházelo k nadlimitní zátěži půdy těžkými kovy (Erhart & Putz 2008).

2 Materiál a metódy

2.1 Charakteristika výzkumného stanoviště Praha-Uhříněves

Tato lokalita spadá do řepařské výrobní oblastí v klimatickém regionu č. 2 – teplý, mírně suchý. V 2023 dosahovaly průměrné teploty v této oblasti nadprůměrných hodnot v porovnání se základní charakteristikou klimatického regionu podle VUMOP Praha z roku 1999. V roce 2023 se teplota vzduchu pohybovala v průměru okolo 10,4 °C a celkové množství srážek činilo 605 mm (průměrně 50,4 mm měsíčně), což odpovídá podprůměrné hodnotě v porovnání s průměrným úhrnem (732 mm) celkových srážek v celé republice.

2.2 Metodický postup polního pokusu

Pokus byl založen a veden jako maloparcelní při využití běžné agrotechniky pěstování brambor. Využity byly dvě odrůdy (raná Dicolora a pozdní Dominátor) a dva komposty (z kompostárny Blatnice a Velké Hostěrádky). Po proorávce byl aplikován herbicid, během vegetace dále 2x insekticid a 4x fungicid. Aplikace kompostu byla provedena ručně ve vývojové fázi porostu 35 BBCH v dávce 30 t/ha a kontrola zůstala bez kompostu. Sklizeň jednotlivých parcel proběhla 154 dnů od výsadby vyorávačem (zn. Bomet) a následným ručním sběrem jednotlivých pokusných parcel. Po sklizni byly hlízy roztříděny, zjištěna hmotnost a počet hlíz.

2.3 Sledované a hodnocené parametry

Pro povrchovou aplikaci kompostu jako mulče byly zvoleny dva kompostové materiály, které pocházely z různých kompostáren (Tab. 2).

Tabulka 2 Parametry použitých kompostů

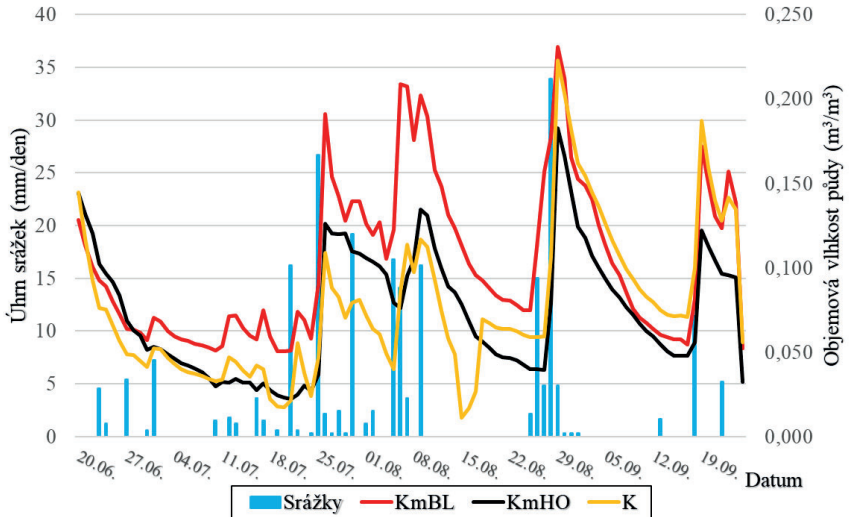
	Kompost	
	Blatnice	Hostěrádky
Vlhkost (%)	43,8	39,3
Sušina (%)	56,2	60,7
pH	8,40	8,70
C:N	11,0	12,0
Stabilita metodou NIRS	8,2	8,0
$N\text{-}NH_4$ (mg/kg)	202	798
Mg/MgO (g/kg)	10,4	8,73
K/K_2O (g/kg)	25,0	22,9
P/P_2O_5 (g/kg)	8,72	14,2

Kromě meteorologických a mikroklimatických hodnot (teploty a vlhkosti půdy) byl dále během vegetační doby hodnocen obsah chlorofylu v listech brambor (chlorofylmetrem SPAD-502) a erozní smyv půdy. Po ruční sklizni byly zhodnoceny produkční a kvalitativní parametry (hmotnost a počet hlíz).

3 Výsledky a diskusia

3.1 Objemová vlhkost půdy

Z výsledků půdní vlhkosti (Graf 1) je zřejmé, že nejvyšší hodnoty v průběhu celé vegetace byly pozorovány v půdě, kde byl aplikován kompost z Blatnice (KmBL), a to zejména v období od třetí dekády července do třetí dekády měsíce srpna (dokázal po období dešťů udržovat vyšší hodnoty půdní vlhkosti oproti neošetřené variantě (K).



Graf 1 Průměrná půdní vlhkost a denní srážkové úhrny během vegetace

3.2 Erozní smyv půdy

Kompost ponechaný na povrchu změnil podmínky eroze. Snížení erozního efektu (u jednotlivých druhů kompostů je patrný z Tabulky 3, kdy nejpozitivnější efekt vykazovala varianta kompostu z Blatnice (KmBL) a následovala ji varianta druhého kompostu z Hostěrádek (KmHO). Největšího smyvu bylo dosaženo u varianty kontrola (K), tj. o 60,1 % vyšší oproti variantě KmBL.

Tabulka 3 Vliv kompostu jako mulče na průměrný smyv půdy (g/ parcela)

Varianta	Kontrola	KmHO	KmBL	$HSD_{0,05}$
Smyv půdy (g)	187,2 A	143,9 B	74,6 B	*67,83*

3.3 Obsah chlorofylu a výnosy hlíz

Kompost a jeho ponechání na povrchu významně neovlivnilo obsah chlorofylu v listech a výnosy hlíz (Tab. 4). Pouze u pozdní odrůdy Dominátor byl efekt kompostu na výnos hlíz patrný.

Tabulka 4 Obsah chlorofylu v listech (SPAD) a výnosy hlíz (t/ha)

	Dicolora		Dominátor	
Ošetření porostu	**SPAD**	**výnos hlíz**	**SPAD**	**výnos hlíz**
Kompost – Blatnice	*50,8*	*24,1*	*58,9*	*52,6*
Kompost – Velké Hostěrádky	*58,0*	*26,3*	*56,2*	*51,2*
Kompost průměr	**54,4**	**25,2**	**57,6**	**51,9**
Kontrola	**53,9**	**23,8**	**55,5**	**42,2**

4 Záver

Kompost ponechaný na povrchu půdy bez zapravení vykazoval pozitivní protierozní efekt. Vliv na produkční parametry ovlivňovala více volba (ranost) odrůdy než vlastní aplikace kompostu a jeho ponechání na povrchu. Bude proto třeba se zaměřit na dlouhodobější sledování a hodnocení i dalších fyzikálních a biologických vlastností půdy.

Poďakovanie

Prezentovaná data vznikla díky podpoře a projektu NAZV QK22020032 Analýza a úpravy aplikačních schémat kompostů směřujících k posílení systému ochrany půdy v rámci stabilizace produkční schopnosti.

Použitá literatúra

DĚDINA, M. – DIETHART, I. – HEJÁTKOVÁ, K. – ERHART, E. – BONELL, M. – FUCHS, K. – HAAS, D. – HARTL, W. – KŘÍŽOVÁ, O. – PLÍVA, P. 2022. Určení stability kompostu pomocí blízké infračervené spektroskopie (NIRS). Úroda, 2022, roč. 69, č. 1, s. 68–70.

ERHART, E. – FREICHTINGER, F. – HARTL, W. 2007. Nitrogen leaching losses under crops fertilized with biowaste compost compared with mineral fertilization. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 170:608-614.

ERHART, E. – PUTZ, B. 2008. Total soil heavy-metal concentrations and mobile fractions after 10 years of biowaste-compost fertilization. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 171:378-383.

KOVAŘÍČEK, P. – ABRHAM, Z. – HŮLA, J. – PLÍVA, P. – VLÁŠKOVÁ, M. – KROULÍK, M. – MAŠEK, J. 2012. Technologie a ekonomika zvyšování protierozní odolnosti půdy zapravením organické hmoty: Uplatněná certifikovaná metodika. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha 6 – Ruzyně, Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 6 – Suchdol.

ZERA A.S. 2018. Metodika testování zralosti kompostu [online]. Náměšť nad Oslavou Dostupné z: http://zeraagency.testujeme.cz/file/530/metodika-testovani-zralosti-kompostu.pdf [cit. 2023-09-11].

Kontaktné údaje: Ing. Petr Dvořák, Ph.D., Česká zemědělská univerzita Praha, Kamýcká 129, 165 00 Praha Suchdol, dvorakp@af.czu.cz

INOVATÍVNE MOŽNOSTI PODPORY PRODUKCIE A MONITOROVANIE PRODUKČNÉHO PROCESU POĽNÝCH PLODÍN

Innovative options for production support and monitoring of the field crop production process

Dávid ERNST, Marek RAŠOVSKÝ, Tomáš VICIAN, Ivan ČERNÝ, Vladimír PAČUTA
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Ústav agronomických vied, Slovenská republika

Poľnohospodárstvo čelí v súčasnosti klimatickým zmenám a s tým súvisiacim nedostatkom vody v hlavnom vegetačnom období. Pred poľnohospodármi a pestovateľmi stojí otázka podpory produkcie, ktorá si však vyžaduje aplikáciu inovatívnych riešení. Ukazuje sa, že vhodnou môže byť podpora produkcie poľných plodín prostredníctvom aplikácie nanočastíc a superabsorbčných polymérov. Okrem štandarných metód možno ich vplyv determinovať prostredníctvom fenotypovania porastov na základe princípov reflektancie, termografie či diaľkového prieskumu zeme.

Kľúčové slová: rastlinná produkcia, nanočastice, polyméry, fyziológia rastlín, diaľkový prieskum zeme

1 Úvod a prehľad literatúry

Elementárnym prvkom v sektore poľnohospodárskej prvovýroby je optimalizácia manažmentu zdrojov s cieľom podporiť finálnu produkciu a zachovať primeranú kvalitu komodít (Tester a Langridge, 2010). Z globálneho hľadiska nastáva variabilita klimatických faktorov (Kogo et al., 2021), ktoré je možné eliminovať správnou poľnohospodárskou praxou, resp. inovatívnymi a strategickými prístupmi. Za také možno považovať napríklad stimuláciu rastlín na základe listovej aplikácie nanočastíc rôznych kovov (Ernst et al., 2023a) alebo nanášaním superabsorbčných polymérov na osivo (Chang et al., 2021). Interakciu environmentálnych faktorov a genetického potenciálu plodín možno efektívne kvantifikovať pomocou fenotypovania porastu. Fenotyp je formovaný dynamickým vzťahom genetickej predispozície a vplyvu prostredia (Nicotra et al., 2010). Komplexná analýza fenotypu je relevantnou metódu hodnotenia agronomických zásahov a inovatívnych prístupov v kontexte optimalizácie finálnej produkcie plodín. Fenotyp poskytuje údaje pre posúdenie adaptability pestovateľských systémov, čo prispieva k efektívnejšiemu manažmentu agronomických postupov a zvyšovaniu udržateľnosti poľnohospodárskych systémov. Moderné a inovatívne zobrazovacie stratégie preto zohrávajú kľúčovú rolu v aspekte poľnohospodárskej prvovýroby (Ryu et al., 2022).

2 Nanočastice v rastlinnej produkcii

Viaceré nové štúdie potvrdzujú, že nepriaznivé vplyvy na rastlinnú produkciu možno čiastočne potláčať listovou aplikáciou prípravkov na báze nanočastíc, ktoré sa do metabolických procesov rastlín zapájajú efektívnejšie. Je známe, že aplikácia nanočastíc rôznych kovov zvyšuje koncentráciu chlorofylu v listoch, intenzitu fotosyntézy, odolnosť proti stresu, príjem živín a samotnú produkciu rastlín. Za hospodársky významnú možno považovať napríklad aplikáciu stimulačne pôsobiacich látok na báze nanočatíc zinku, titánu, zlata, železa, fosforu a ďalších (Ernst et al., 2023a).

Rizwan et al. (2019) a Ernst et al. (2024) zaznamenali v poľných podmienkach pozitívny vplyv nanočastíc zinku (ZnO) na kvantitatívne parametre kukurice siatej. Na aplikáciu nanočastíc ZnO pozitívne reaguje aj slnečnica ročná (Ernst et al., 2023a), pri foliárnej aplikácii došlo k významnému nárastu hodnôt produkčných parametrov ako priemer úboru, hmotnosť úboru, hmotnosť tisícich nažiek a úroda nažiek.

Nanočastice titánu (TiO_2) sú typické vyvolávaním silných pozitívnych, ale i negatívnych účinkov na rastlinu. Všetko však závisí od koncentrácie a rastovej fázy, kedy je tento typ nanočastíc aplikovaný. Zahra et al. (2019) potvrdili dôležitú úlohu TiO_2 pri zvyšovaní príjmu fosforu rastlinou a podporu rastu v podmienkach s nedostatkom pôdnej vlahy. Nanočastice TiO_2 zohrávajú tiež dôležitú úlohu pri metabolizme dusíka, čo má na finálnu úrodu plodín výrazný vplyv. Uvedené potvrdzuje štúdia Ernst et al. (2024), ktorej autori zaznamenali pozitívny vplyv foliárnej aplikácie nanočastíc TiO_2 na produkciu kukurice siatej.

Nízke koncentrácie nanočastíc zlata (Au) pozitívne ovplyvňujú klíčenie a rastové parametre rastlín, známe sú laboratórne štúdie pri hustosiatych obilninách. Pozitívne účinky však boli zaznamenané aj pri stimulácii produkčného procesu slnečnice ročnej (Ernst et al., 2023a) a kukurice siatej (Ernst et al., 2024) v poľných podmienkach.

Úloha železa (Fe) pri fotosyntéze rastlín je známa. Jeho aplikácia vo forme nanočastíc významným spôsobom podporuje fyziologickú kondíciu porastu, čo sa odzrkadľuje aj na priaznivom zakladaní úrodotvorných prvkov a zvyšovaní úrody. Zaznamenané boli pozitívne účinky na strukoviny (Delfani et al., 2014) či slnečnicu ročnú (Ernst et al., 2023a).

Jednu z prvých štúdií zameraných na aplikáciu nanočastíc fosforu (P) zrealizovali Liu a Lal (2014), ktorí syntetizovali nový typ hydroxyapatitových nanočastíc. Po aplikácii na sóju fazuľovú zistili, že došlo k navýšeniu úrody semien v porovnaní s tradičným fosforečným hnojivom. Oblasť využitia fosforečných nanočastíc v rastlinnej produkcii stále patrí k málo prebádaným. Za významnú možno preto považovať poľnú štúdiu autorov Ernst et al. (2023b), ktorí sa zamerali na zhodnotenie vplyvu nanočastíc fosforu na produkčné parametre slnečnice ročnej a potvrdili ich výzmnamný vplyv na výšku úrody.

3 Superabsorbčné polyméry a rastliny

Nedostatok vody v poľnohospodárstve ovplyvňuje produktivitu plodín, a preto by sa mal klásť dôraz na šetrenie vodou a hľadanie efektívnych nástrojov na zníženie jej strát (Malik et al., 2022). Medzi jednu zo stratégií, ktorá slúži na účinné potláčanie negatívneho vplyvu sucha na rast poľných plodín a naopak, na zvýšenie tzv. vodného statusu pôdy a rast plodín v oblastiach s obmedzeným prísunom vody, možno zaradiť aplikáciu multifunkčných superabsorpčných polymérov. Superabsorbčné polyméry (SAP), ako nová trieda polymérových materiálov so silnou hydrofilnou skupinou, dokážu absorbovať 100 až 1000 krát viac vody vo svojej kryštalickej mriežke ako je ich vlastná váha. Práve vďaka tejto vlastnosti sa čoraz intenzívnejšie začínajú využívať aj v poľnohospodárstve, nakoľko dramaticky zvyšujú efektívnosť využívania vody (Chang et al., 2021).

Superabsorpčné polyméry sú prírodné alebo priemyselne vyrobené polyméry, ktoré dokážu absorbovať vysoké percento vody. Polymérne materiály, ktoré vykazujú schopnosť expandovať vo vode a zadržiavajú značnú časť (>20 %) vody vo svojej štruktúre bez rozpustenia vo vode, sú v praxi tiež známe ako hydrogély. Keď sa polymér umiestni do pôdy, absorbuje vodu zo zavlažovania či zrážok, pričom funguje ako dodatočný zásobník vody. Absorbovaná voda sa následne uvoľňuje, keď pôda schne, čím sa stáva dostupnou pre rastliny. Napučiavanie polyméru v pôde zlepšuje aj jej vlastnosti ako pórovitosť, kapacitu vzduchu a zároveň znižuje rýchlosť infiltrácie (Abrisham et al., 2018).

Hoci sa častejšie v praxi využíva metóda aplikácie superabsorpčných polymérov ako pôdnych kondicionérov, jednou z ďalších možností je aplikácia pomocou metódy obaľovania osív (Pačuta et al., 2021). Tento spôsob aplikácie môže pomôcť predĺžiť dostupnosť vody pre semená tým, že funguje ako zásobáreň vody v ich blízkosti, sprístupňuje vodu priamo k semenám počas klíčenia a ranej rastovej fázy (Gubišová et al., 2021). Potiahnutie semien materiálmi absorbujúcimi vodu tak môže zlepšiť ich prežitie, najmä u tých rastlín, ktoré sú vysadené v suchých, alebo málo úrodných oblastiach. Ako uvádzajú Finch-Savage a Bassel (2016), klíčenie semien a skorý vývoj zdravých juvenilných rastlín sú limitujúcimi faktormi pre produkciu plodín. Obalené semená môžu tiež ovplyvniť proporcionálne rozdelenie rastlinných orgánov počas raného rastu, najmä však v prospech posilnenia koreňového systému. Medzi ďalšie výhody aplikácie týchto látok patrí posilnenie vitality rastlín, urýchlený rast plodín a tiež

zvýšenie úrody, ako i zlepšenie fyzikálnych vlastností pôdy a zníženie požiadaviek na zavlažovanie (Yazdani et al., 2007).

Obaľovanie semien superabsorpčnými polymérmi poskytuje okrem vyššie spomenutých benefitov aj niekoľko ďalších výhod. V posledných rokoch sa čoraz viac zvyšuje tlak na zníženie alebo absolútne zrušenie priemyselne vyrobených látok v poľnohospodárstve. Mnohé druhy SAP sú vyrobené na prírodnej báze a sú teda absolútne environmentálne nezávadné. Ich aplikácia formou obaľovania navyše zabezpečuje nanesenie takého množstva materiálu, ktorý je dostačujúci pre pozitívny efekt na rast plodín, ale zároveň nezanecháva žiadné rezíduá v pôde. S ohľadom na predchádzajúce tvrdenie je dôležité uvedomiť si aj ekonomický aspekt tejto adaptačnej stratégie (Rašovský et al., 2023).

4 Nedeštruktívne metódy monitorovania rastlinných porastov

Fenotypovanie porastu je založené na metodických princípoch elektromagnetických spektier a ich reflektancie, čo umožňuje kvantifikáciu a predikciu fyziologických procesov. Reflektancia listov vo viditeľnom spektre a blízkej infračervenej (NIR), resp. infračervenej (IR) oblasti spektra umožňuje kalkulovať rôzne vegetačné indexy, ktoré poskytujú relevantné dáta o stave a dynamike rastu, detegujú biotické a abiotické stresy a vitalitu porastu (Zhang et al., 2019).

Produkčné parametre rastlín sú najčastejšie kvantifikované prostredníctvom normalizovaného diferenciálneho vegetačného indexu (NDVI). Zdravé rastliny vykazujú vyššie hodnoty NDVI vďaka účinnej absorpcii viditeľného spektra (VIS) rastlinnými pigmentmi a vysokej reflektancii v blízkej infračervenej oblasti (NIR). Vzhľadom na výzvy spojené s aplikáciou NDVI prostredníctvom diaľkového prieskumu Zeme sa v praxi preferujú ručné prístroje, ktoré stanovujú NDVI na základe dvoch vlnových dĺžok (Todorova et al., 2021).

Index fotochemickej reflektancie (PRI) stanovuje fotosyntetickú aktivitu, ktorá je kľúčovým elementom v priebehu ontogenézy rastlín. Vplyv stresu ovplyvňuje fotosyntetický aparát a podmieňuje zmeny v tylakoidných membránach, okyslenie lúmenu chloroplastov a premenu violaxantínu na zeaxantín v xantofylovom cykle. Táto de-epoxidácia koreluje s reflektanciou svetla pri vlnovej dĺžke 531 nm, čo umožňuje diaľkové monitorovanie fotosyntetického stresu (Zhang et al., 2016). Implementácia PRI indexu do metód diaľkového prieskumu Zeme je obmedzená dostupnosťou niektorých satelitných platforiem. Preto efektívnejšiou alternatívou sú prenosné ručné prístroje s presnejším, lokálnym meraním (Shrestha et al., 2012).

Index listovej plochy (LAI) kvantifikuje listovú plochu na jednotku horizontálnej plochy pôdy a je kľúčovým indikátorom zapojenia porastu. Znížené hodnoty LAI môžu signalizovať vodný stres alebo poškodenie porastu (De Bock et al., 2023). LAI je možné stanoviť priamou alebo nepriamou metódou. Priame (deštruktívne) metódy disponujú vyššou presnosťou a sú časovo náročné. Nepriame (nedeštrukčné) metódy kalkulujú s alometrickými alebo logaritmickými modelmi transmisie svetla, môžu však byť menej presné. Ručné prístroje, stanovujúce index LAI, je možné vhodne implementovať do pestovateľských systémov (Černý a Pokorný, 2021).

Termografická analýza deteguje infračervené žiarenie emitované rastlinami do okolitého prostredia. Rastliny vyžarujú vlnové dĺžky v rozsahu 780 – 1 nm v dôsledku ich teploty. V podmienkach stresu vykazujú rastliny teplotné zmeny, ktoré ovplyvňujú metabolickú aktivitu a vodný režim rastlín. Termokamera zachytáva emitované vlnové dĺžky a transformuje ich na viditeľné spektrum. Snímky termografie umožňujú kvantifikáciu teplotných rozdielov (ΔT), indexu vodivosti prieduchov (Ig) a indexu vodného stresu plodín (CWSI), čo poskytuje relevantné informácie o úrovni stresu a fyziologickom stave porastu (Jones et al., 2009).

Integrácia pokročilých fenotypovacích techník ako je diaľkový prieskum Zeme pomocou dronov (UAV), predstavuje sľubnú metódu na zlepšenie poľnohospodárskej produkcie (Marston et al., 2020). Táto metóda disponuje efektivitou a vyššou objektivitu, čím prekonáva tradičné fenotypovacie postupy. Integrácia multispektrálnych kamier rozširuje možnosti využitia dronov na presnejšie a časovo menej náročné kalkulovanie vegetačných indexov.

Senzory diaľkového prieskumu namontované na UAV poskytujú komplexný a efektívny monitoring plodín. Pravidelné letecké prieskumy umožňujú odhaliť jemné zmeny vo fyziologickom stave plodín počas vegetácie, čo napomáha včasnej detekcii stresových faktorov, výživového stavu a celkovej vitality porastu (Choubey a Reddy, 2023).

5 Záver

Klimatická adaptabilita poľnohospodárskej prvovýroby úzko súvisí s produkčným potenciálom, prístupnosťou a dostupnosťou potravín. V dôsledku variability klimatických faktorov, meteorologických anomálii a genetickej variability, je potrebné implementovať inovatívne a strategické opatrenia, ktoré do značnej miery eliminujú negatívne environmentálne faktory, podporia genetické predispozície a produkčný potenciál plodín. Vo vedeckej sfére sa skúmajú napr. účinky super absorbčných polymérov (SAP) alebo nanočastíc. Implementácia stimulačných elementov ovplyvňuje fyziologicko-metabolické dráhy rastlinného organizmu. Tieto zmeny na úrovni fyziológie je možné kvantifikovať prostredníctvom nedeštrukčných monitorovacích nástrojov, ktoré poskytujú informácie v reálnom čase. Na základe týchto údajov je možné zabezpečiť včasný zásah do porastu a formovanie optimálnej produkcie v podmienkach klimatickej zmeny.

Použitá literatúra

ABRISHAM, E. S. et al. 2018. Effects of a Super Absorbent Polymer on Soil Properties and Plant Growth for Use in Land Reclamation. In A*rid. Land Res. Manag.* Online. Vol. 32, s. 407-420. Dostupné na: https://doi.org/10.1080/15324982.2018.1506526 [dátum citovania 2024-08-08].

ČERNÝ, J. - POKORNÝ, R. 2021. Field Measurement of Effective Leaf Area Index using Optical Device in Vegetation Canopy. In *Journal of Visualized Experiments*. Online. No. 173. ISSN 1940-087X. Dostupné na: https://doi.org/10.3791/62802 [dátum citovania 2024-08-14].

DE BOCK, A. et al. 2023. A review on the leaf area index (LAI) in vertical greening systems. In *Building and Environment*. Online. Vol. 229. ISSN 03601323. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109926 [dátum citovania 2024-08-14].

DELFANI, M. et al. 2014. Some physiological responses of black-eyed pea to iron and magnesium nanofertilizers. In *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. Online. Vol. 45, No. 4, s. 530-540. Dostupné na: https://doi.org/10.1080/00103624.2013.863911 [dátum citovania 2024-08-05].

ERNST, D. et al. 2023a. Agronomic Investigation of Spray Dispersion of Metal-Based Nanoparticles on Sunflowers in Real-World Environments. In *Plants*. Vol. 12, No. 9. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/plants12091789 [dátum citovania 2024-08-05].

ERNST, D. et al. 2023b. Significance of Phosphate Nano-Fertilizers Foliar Application: A Brief Real-Field Study of Quantitative, Physiological Parameters, and Agro-Ecological Diversity in Sunflower. In *Agronomy*. Online. Vol. 13, No. 10. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/agronomy13102606 [dátum citovania 2024-08-05].

ERNST, D. et al. 2024. Enhancing Maize Yield and Quality with Metal-Based Nanoparticles without Translocation Risks: A Brief Field Study. In *Plants*. Online. Vol. 13, No. 14. ISSN 2223-7747. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/plants13141936 [dátum citovania 2024-08-14].

FINCH-SAVAGE, W. E. – BASSEL, G. W. 2016. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. In Jo*urnal of Experimental Botany*. Online. Vol. 67, s. 567-591. Dostupné na: https://doi.org/10.1093/jxb/erv490 [dátum citovania 2024-08-08].

GUBIŠOVÁ, M. et al. 2021. Superabsorbent Polymer Seed Coating Reduces Leaching of Fungicide but Does Not Alter Their Effectiveness in Suppressing Pathogen Infestation. In *Polymers*. Online. Vol. 14, No. 76. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/polym14010076 [dátum citovania 2024-08-08].

CHANG, L. et al. 2021. Superabsorbent polymers used for agricultural water retention. In *Polymer Testing*. Online. Vol. 94: 107021. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.107021 [dátum citovania 2024-08-08].

CHOUBEY, A. - REDDY, B.CH. 2023. Drones in Agriculture: Multispectral Analysis. In *Computational Intelligence in Robotics and Automation*. Online. s. 217-241. ISBN 9781003181668 Dostupné na: https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003181668-11/drones-agriculture-abhishek-choubey-bharath-chandan-reddy [dátum citovania 2024-08-14].

JONES, H.G. et al. 2009. Thermal infrared imaging of crop canopies for the remote diagnosis and quantification of plant responses to water stress in the field. In *Functional Plant Biology*. Online. Vol. 36, No. 11. ISSN 1445-4408. Dostupné na: https://doi.org/10.1071/FP09123 [dátum citovania 2024-08-14].

KOGO, B. K. et al. 2021. Climate change and variability in Kenya: a review of impacts on agriculture and food security. In *Environment, Development and Sustainability*. Online. Vol. 23, No. 1, s. 23-43. ISSN 1387-585X. Dostupné na: https://doi.org/10.1007/s10668-020-00589-1 [dátum citovania 2024-08-14].

LIU, R. - LAL, R. 2014. Synthetic apatite nanoparticles as a phosphorus fertilizer for soybean (Glycine max). In *Scientific Reports.* Online. Vol. 4, No. 5686. Dostupné na: https://doi.org/10.1038/srep05686 [dátum citovania 2024-08-05].

MALIK, S. et al. 2022. Superabsorbent Polymers as a Soil Amendment for Increasing Agriculture Production with Reducing Water Losses under Water Stress Condition. In *Polymers*. Online. Vol. 15, No. 161. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/polym15010161 [dátum citovania 2024-08-08].

MARSTON, Z.P.D. et al. 2020. Detection of Stress Induced by Soybean Aphid (Hemiptera: Aphididae) Using Multispectral Imagery from Unmanned Aerial Vehicles. In *Journal of Economic Entomology*. Online. Vol. 113, No. 2, s. 779-786. ISSN 0022-0493. Dostupné na: https://doi.org/10.1093/jee/toz306 [dátum citovania 2024-08-14].

NICOTRA, A.B. et al. 2010. Plant phenotypic plasticity in a changing climate. In *Trends in Plant Science*. Online. Vol. 15, No. 12, s. 684-692. ISSN 13601385. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.09.008 [dátum citovania 2024-08-14].

PAČUTA, V. et al. 2021. Impact of Superabsorbent Polymers and Variety on Yield, Quality and Physiological Parameters of the Sugar Beet (Beta vulgaris prov. Altissima Doell). In *Plants*. Online. Vol. 10: 757. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/plants10040757 [dátum citovania 2024-08-08].

RAŠOVSKÝ, M. et al. 2023. Impact of seed coating with superabsorbent polymers on morphological, physiological and production traits of maize (Zea mays L.). In Plant, Soil and Environment. Online. Vol. 69, No. 12, s. 586-595. Dostupné na: https://doi.org/10.17221/209/2023-PSE [dátum citovania 2024-08-08].

RIZWAN, M. et al. 2019. Alleviation of cadmium accumulation in maize (*Zea mays* L.) by foliar spray of zinc oxide nanoparticles and biochar to contaminated soil. In *Environmental Pollution.* Online. Vol. 248, s.358-367. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.031 [dátum citovania 2024-08-05].

RYU, J.H. et al. 2022. Remote Sensing-Based Evaluation of Heat Stress Damage on Paddy Rice Using NDVI and PRI Measured at Leaf and Canopy Scales. In *Agronomy.* Online. Vol. 12, No. 8. ISSN 2073-4395. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/agronomy12081972 [dátum citovania 2024-08-14].

SHRESTHA, S. et al. 2012. Chlorophyll index, photochemical reflectance index and chlorophyll fluorescence measurements of rice leaves supplied with different N levels. In *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. Online. Vol. 113, s. 7-13. ISSN 10111344. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2012.04.008 [dátum citovania 2024-08-14].

TESTER, M. - LANGRIDGE, P. 2010. Breeding Technologies to Increase Crop Production in a Changing World. In *Science*. Online. Vol. 327, No. 5967, s. 818-822. ISSN 0036-8075. Dostupné na: https://doi.org/10.1126/science.1183700 [dátum citovania 2024-08-13].

TODOROVA, M. et al. 2021. NDVI, chlorophyll and carotenoids content of leaves of Rosa damascena Mill under organic and conventional farming. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Online. Vol. 1031, No. 1. ISSN 1757-8981. Dostupné na: https://doi.org/10.1088/1757-899X/1031/1/012013 [dátum citovania 2024-08-14].

YAZDANI, F. et al. 2007. Impact of Superabsorbent Polymer on Yield and Growth Analysis of Soybean (Glycine max L.) Under Drought Stress Condition. In *Pakistan Journal of Biological Sciences*. Online. Vol. 10, No. 23, s. 4190-4196. Dostupné na: https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.4190.4196 [dátum citovania 2024-08-08].

ZAHRA, Z. et al. 2019. Changes in fluorescent dissolved organic matter and their association with phytoavailable phosphorus in soil amended with TiO2 nanoparticles. In *Chemosphere*. Online. Vol. 227, s. 17-25. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.189 [dátum citovania 2024-08-05].

ZHANG, CH. et al. 2016. Affecting Factors and Recent Improvements of the Photochemical Reflectance Index (PRI) for Remotely Sensing Foliar, Canopy and Ecosystemic Radiation-Use Efficiencies. In *Remote Sensing*. Online. Vol. 8, No. 9. ISSN 2072-4292. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/rs8090677 [dátum citovania 2024-08-14].

ZHANG, CH. et al. 2019. High-throughput field phenotyping of Ascochyta blight disease severity in chickpea. In *Crop Protection*. Online. Vol. 125. ISSN 02612194. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104885 [dátum citovania 2024-08-14].

Kontaktné údaje: Dávid Ernst, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav agronomických vied, david.ernst@uniag.sk.

AGROLESNÍCTVO, AKLIMATIZÁCIA A INTRODUKCIA TEPLOMILNÝCH RASTLINNÝCH DRUHOV – NOVÉ PRÍLEŽITOSTI PRE KRAJINU A FARMÁROV V OBDOBÍ KLIMATICKÝCH ZMIEN NA SLOVENSKU

Agroforestry, acclimatization and introduction of thermophilic plant species - new opportunities for landscape and farmers in the period of climate change in Slovakia

Ján GAŽO, Marián MIKO
Ústav rastlinných a environmentálnych vied, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

Klimatické zmeny v poslednom období výrazne ovplyvňujú stabilitu poľnohospodárskej produkcie na Slovensku. Pestovanie mnohých „tradičných“ plodín prináša farmárom vysoké riziká a neuspokojivé výsledky. Jedným z riešení môže byť využitie agrolesníckych systémov hospodárenia. Na Slovensku je zvládnutý systém hospodárenia v ktorom sa kombinuje pestovanie hospodársky vysoko cenených podzemných húb – hľuzoviek spolu s vhodnými hostiteľskými drevinami. Riešením výskumných projektov VEGA bola na FAPZ SPU v Nitre vyvinutá technológia inokulácie drevín hľuzovkou letnou (*Tuber aestivum*). Takto úspešne inokulované sadenice už prinášajú pravidelnú produkciu plodníc hľuzoviek na experimentálnej výsadbe. Aklimatizácia a introdukcia hospodársky významných teplomilných rastlinných druhov ktorým viac vyhovujú súčasné zmeny klimatických podmienok môže byť perspektívnym riešením. Výskum introdukcie semenných potomstiev borovice píniovej (*Pinus pinea*) z Talianska, naznačuje, že súčasné klimatické podmienky juhozápadného Slovenska umožňujú jej bezproblémové prezimovanie, pričom jedince poskytujú hospodársky hodnotné a klíčivé semená.

Kľúčové slová: agrolesníctvo, aklimatizácia, introdukcia, hľuzovka letná, borovica píniová, klimatická zmena

1 Úvod a prehľad literatúry

Vplyv globálnych klimatických zmien je zdrojom obáv pre pestovateľov a chovateľov hospodárskych zvierat. Parmesan, Yohe (2003) uvádzajú, že zmena klímy je dôležitou hnacou silou prírodných systémov. Globálna zmena klímy, ktorej výsledkom je teplejšie podnebie, môže spôsobiť rôzne riziká pre biotopy. Zmena klímy ovplyvňuje najmä rozšírenie spoločenstiev rastlín a živočíchov (Beckage et al., 2008). Zmeny teploty vzduchu môžu predĺžiť dĺžku priemerného ročného vegetačného obdobia, môžu tiež spôsobiť posun vo fenológii. V globálnych metaanalýzach od Parmesan, Yohe (2003) uvádzajú významný rozsah posunu areálov smerom k pólom, alebo do vyšších nadmorských výšok pre mnohé organizmy. Veľkú časť týchto zmien možno pripísať zvýšenej globálnej teplote. Podľa scenárov zmeny klímy bude klíma Európy teplejšia a suchšia, pri4om sa predpokladá, že letná produkcia poľnohospodárskych plodín sa zníži. (Ruget et al., 2008).

Aklimatizácia je schopnosť rastlín prispôsobiť sa novým klimatickým a edafickým podmienkam. Proces aklimatizácie nasleduje po zvýšení frekvencie tých genotypov ktoré sú lepšie prispôsobené novému prostrediu. Aklimatizácia je typom prírodného výberu, ktorý pôsobí na introdukovaný a nepôvodný rastlinný materiál. Zo šľachtiteľského hľadiska je introdukcia a aklimatizácia rastlín najjednoduchšou a najrýchlejšou metódou zlepšovania plodín (Bulakh et al., 2017).

V agrosektore vyspelých krajín sa aj z vyššie uvedených dôvodov hľadajú také systémy a modely hospodárenia na pôde, ktoré dokážu zachovať produkčný potenciál a zároveň pomôžu riešiť aktuálne problémy životného prostredia vyplývajúce z doterajšieho hospodárenia a prebiehajúcej zmeny klímy. K riešeniu týchto problémov na základe súčasných celosvetových poznatkov prispieva aj vytváranie a využívanie agrolesníckych

systémov. Agrolesníctvo ako forma hospodárenia je integrovaný prístup využívajúci vzájomné výhody kombinovania drevín s plodinami a/alebo hospodárskymi zvieratami. Spája poľnohospodárske a lesnícke technológie s cieľom vytvoriť rozmanitejšie, produktívnejšie, ziskovejšie, zdravé a trvalo udržateľné systémy využívania pôdy (Burgess, Rosati, 2018).

Lesné dreviny, ektomykoríza a produkcia na poľnohospodárskej pôde sú špecifikom aj pre pestovanie jedlých podzemných húb (hľuzoviek), kde je využívaná ektomykorízna symbióza húb s hostiteľskou drevinou. Pestovateľské technológie hľuzoviek sú založené na výsadbe cielene inokulovaných vybraných druhov hostiteľských drevín. Pestovanie hľuzoviek je modelovým príkladom pre agrolesnícke pestovateľské systémy (Reyna-Domenech, García-Barreda, 2009).

Autori príspevku sa od roku 2004 začali aktívne venovať výskumu hospodársky cenných druhov podzemných húb na Slovensku. V rámci riešených projektov VEGA boli položené základy zahraničnej spolupráce v oblasti výskumu pestovania hľuzoviek s pracoviskami INRA – Francúzsko, Eötvös Loránd University – Maďarsko, Forest Research Institute – Poľsko. Aktivity riešiteľského kolektívu vo výskume hľuzoviek vyústili v lete roku 2005 zaradením hľuzovky letnej (*Tuber aestivum*) do Národného programu ochrany genetických zdrojov rastlín pre výživu a poľnohospodárstvo a uzavretím zmluvy o zriadení riešiteľského pracoviska na SPU v Nitre.

V rámci projektov VEGA bola na SPU vyvinutá jedinečná technológia inokulácie hostiteľských drevín hľuzovkou letnou dávajúcou predpoklad pre úspešné zakladanie produkčných agrolesníckych výsadieb.

Loewe a Delard (2019) testovali borovicu píniovú (*Pinus pinea*) v agrolesníckom systéme zahŕňajúcom poľnohospodárske plodiny a pasenie oviec na produkciu mäsa v Čile. Autori potvrdili, že borovica píniová je vhodným druhom dreviny pre agrolesnícke systémy. Ekonomické prínosy boli v agrolesníckom systéme takmer sedemkrát vyššie ako v monokultúrnych plantážach borovice píniovej, preto tento systém pokladajú za ekonomicky prospešný.

Jadrá orieškov borovice píniovej sú vysoko cenené už od staroveku a v súčasnosti patria k najdrahším orechom na svetovom trhu, pričom ich stabilná cena sa pohybuje okolo 65 EUR.kg $^{-1}$ (Özden et al. 2022). Tradične sa šišky získavajú zo stromov v prírodných lesoch.

2 Materiál a metódy

Na Ústave rastlinných a environmentálnych vied (pôvodne Katedre genetiky a šľachtenia rastlín) sme sa problematikou determinácie nových prístupov k prírode ohľaduplných systémov hospodárenia začali venovať na začiatku tohoto storočia. Nosnou myšlienkou bolo nájsť zmysluplné a v kontexte s vyššie uvedeným aj efektívnejšie využitie menej kvalitnej pôdy pre hospodárenie v poľnohospodársky znevýhodnených podmienkach.

V riešení viacerých výskumných úloh bol zámer nájsť účelné využitie menej známych, ale aj nepôvodných druhov rastlín so súbežnou produkciou dvoch až viacerých produktov (bi-cropping) na tej istej poľnohospodárskej pôde. Na prelome storočí bol realizovaný terénny výskum druhov drevín vhodných do agrolesníckych výsadieb (*Sorbus domestica*, *Mespilus germanica*, *Castanea sativa*, *Cornus mas, Pinus pinea*, *Eriobotrya japonica*, *Carya Illinoensis*, *Castanea crenata* a pod.). Zároveň bol sústredený základný biologický materiál pre ďalšie štúdium, prípadne pri mediterránnych druhoch aj pre ich aklimatizáciu.

V príspevku sú prezentované vybrané poznatky pri dvoch druhoch a dvoch rozdielnych typoch agrolesníckych kultúr.

Tuber aestivum – zrelé plodnice hľuzovky letnej boli nakúpené v Maďarskej republike. Hostiteľské dreviny dub letný (*Quercus robur* L.) a buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) boli dopestované v skleníku zo semien získaných z materských rastlín s mykorízou hľuzovky letnej. Inokulácie rastlín boli realizované v skleníkovom prostredí overenou vlastnou metodikou. Výsadba inokulovaných rastlín na experimentálnu plochu o výmere 4 áre začala v roku 2011 a bola ukončené v roku 2017. Od roku 2011 prebieha štúdium vývinu inokulovaných rastlín, mykorízy a myceliálnej kolonizácie pôdy po výsadbe na trvalé stanovište vo vzťahu k agrotechnickým zásahom. Významným hodnotením pre praktické

účely zakladania produkčných plantáži bolo sledovanie vplyvov klimatických faktorov a druhu hostiteľskej dreviny na rast a vývin inokulovaných rastlín po výsadbe.

Pinus pinea – šišky s píniovými orieškami boli získané z borovice píniovej rastúcej na severovýchodnom predmestí mesta Rím v Taliansku, v septembri v roku 2001. Aklimatizácia borovice píniovej začala výsevom semien v skleníku v roku 2002. Mesiac po vzídení boli mladé rastlinky presadené do plastových kontajnerov. V roku 2003 boli rastliny vysadené do voľnej pôdy v areáli SPU. V roku 2018 rastliny prvý-krát zakvitli. Prvé šišky so semenami (orieškami) boli získané v roku 2020. Analýza úrodového potenciálu orieškov a jadier v odobraných šiškách borovice píniovej v hodnotených rokoch bola realizovaná na piatich šiškách so zrelými semenami. Uvádzané výsledky sa týkajú poznatkov o dostačujúcej reprodukčnej fertilite a primeranej produktivite jadier získaných zo zrelých orieškov hodnotených na lokalite Nitra.

3 Výsledky a diskusia

Založenie prvej študijné plochy s cieľom overovania vývinu mykoríz podzemných húb po výsadbe inokulovaných rastlín pre agrolesnícky výrobný systém s cieľom produkcie húb plní aj ďalší komplex ekosystémových služieb. Medziročníkové rozdiely v dosiahnutých priemerných výškach vysadených inokulovaných rastlín poukazujú na vyšší vplyv ročníka než druhu inokulovanej dreviny. Potvrdenie poznatku dokumentujú vyššie hodnoty dosiahnutých maximálnych výšok vysadených rastlín a miery variability hodnotených druhov drevín v rokoch 2011 a 2012 (tabuľka 1). Prvá úroda plodníc v experimentálnej výsadbe bola zaznamenaná v roku 2019. Podľa niektorých autorov klimatické zmeny a rastúce globálne teploty podporujú šírenie hľuzovky letnej v Európe (Gruszecka et al., 2021).

Tabuľka 1 Ukazovatele variability výšky rastlín inokulovaných hubou *Tuber aestivum* po výsadbe roku 2012 / Height variability of plants inoculated with *Tuber aestivum* after planting in 2012

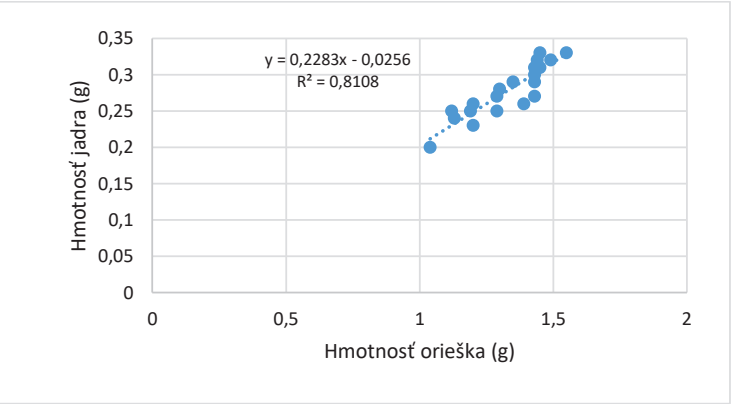
Rok výsadby	Výška* (cm)	Variačný koeficient (%)	Minimum (cm)	Maximum (cm)
2011 - Quercus	50,59 ± 24,26	47,95	15,00	110,00
2012 - Quercus	31,73 ± 11,68	36,81	13,00	48,00
2011 - Fagus	67,44 ± 27,26	40,42	14,00	107,00
2012 - Fagus	16,86 ± 4,41	26,16	11,00	22,00

Legenda/Legend: * Výška je uvedená ako priemer ± smerodajná odchýlka / Height is given as mean ± standard deviation

Pre agrolesnícke využitie selektovaných genotypov borovice píniovej sú dôležité hospodárske znaky priemerná hmotnosť orieškov a jadier spolu s vyšším podiel jadier z hmotnosti orieškov. V tabuľke 2 sú uvedené výsledky z hodnotenia vybraného genotypu pínie v roku 2023. Calama et al., 2020 v Španielsku zistili priemerné podiely jadier k celkovej hmotnosti píniového orieška na úrovni od 12,3 do 19,3%. Hodnotený genotyp pínie na lokalite v Nitre dosiahol v roku 2023 priemerný podiel jadra z hmotnosti orieška 20,9% (tabuľka 2). Nie menej významným je aj poznatok o tesnom korelačnom vzťahu medzi hodnotenými znakmi, kde Pearsonov korelačný koeficient dosiahol hodnotu 0,9 a index determinácie lineárnej regresnej rovnice hodnotu 0,81 (graf 1).

Tabuľka 2 Hmotnosť jadra a orieška borovice píniovej (*Pinus pinea*) / Kernel and nut weight of Stone pine (*Pinus pinea*)

	Priemer (g)	Medián (g)	Podiel jadra (%)	Sm. odchýlka (g)	Minimum (g)	Maximum (g)
Oriešok	1,33	1,37	20,90	0,14	1,04	1,55
Jadro	0,278	0,275		0,036	0,2	0,33



Graf 1 Lineárna závislosť medzi hmotnosťou orieška a hmotnosťou jadra borovice píniovej / Linear regression between nut weight and kernel weight of Stone pine

4 Záver

V rokoch 2011 a 2012 bola realizovaná prvá fáza výsadby experimentálneho množiteľského materiálu inokulovaného hľuzovkou letnou, pri ktorom bol študovaný proces vývinu rastlín po výsadbe. Výsledky získané v uvedenom období potvrdili možnosť efektívneho využitia nadobudnutých poznatkov pri zakladaní agrolesníckych porastov.

Úspešná introdukcia borovice píniovej a perspektívne výsledky analýz hospodársky významných znakov píniových orieškov dávajú predpoklad pre uplatnenie tohto druhu aj ako poľnohospodárskej plodiny využiteľnej v období klimatických zmien v centrálnej Európe.

Použitá literatúra

BECKAGE, B. - OSBORNE, B. - GAVIN, D. G. - PUCKO, C - SICCAMA, T. - PERKINS, T. (2008). A rapid upward shift of a forest ecotone during 40 years of warming in the Green Mountains of Vermont. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, Vol.105, No.11, pp. 4197–4202, ISSN 1091-6490

BULAKH, P. - ELPITIFOROV, E. - POPIL, N. (2017). On the ambiguous use of the concept of "adaptation" and "acclimatization" in plant introduction. Plant Introduction, 73, 3-10. https://doi.org/10.5281/zenodo.2282496

BURGESS, P.J. - ROSATI, A. 2018. Advances in European agroforestry: results from the AGFORWARD project. Agroforest Syst 92, 801–810

CALAMA, R. – GORDO, J. – MUTKE, S. – CONDE, M. – MADRIGAL, G. – GARRIGA, E. – ARIAS, M. – PIQUÉ, M. – GANDÍA, R. – MONTERO, G. – PARDOS, M. (2020). Decline in commercial pine nut and kernel yield in Mediterranean stone pine (*Pinus pinea* L.) in Spain. iForest 13: 251-260. https://doi: 10.3832/ifor3180-013

GRUSZECKA, R. - HILSZCZANSKA, D. - PACIONI, G. (2021). Virtual Truffle Hunting - A New Method of Burgundy Truffle (*Tuber aestivum* Vittad.) Site Typing. Forests 2021, 12, 1239. https://doi.org/10.3390/f12091239

LOEWE, V. - DELARD, C. (2019). Stone pine (*Pinus pinea* L.): An interesting species for agroforestry in Chile. Agrofor. Syst. 2019, 93, 703–713.

PARMESAN, C. - YOHE, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature, Vol.421, No.6918, pp. 37–42, ISSN 0028-0836

REYNA-DOMENECH, S. - GARCÍA-BARREDA, S. (2009). European Black Truffle: Its Potential Role in Agroforestry Development in the Marginal Lands of Mediterranean Calcareous Mountains. A. Rigueiro-Rodríguez et al. (eds.), Agroforestry in Europe. Current Status and Future Prospects. Springer, 2009. 295 -318. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8272-6

RUGET, F. - ABDESSEMED, A. - MOREAU, J.C. - HOPKINS, A. - GUSTAFSSON, T. - BERTILSSON, J. - DALIN, G. - NILSDOTTER-LINDE, N. - SPÖRNDLY, E. (2008). Impact of global climate change -scenarios on alfalfa production in France. Uppsala Sweden, p. 745–747. ISBN 978-91-85911-47-9

Kontaktné údaje: Ján Gažo, ÚREV, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, Nitra, jan.gazo@uniag.sk

PESTOVANIE A SPRACOVANIE LIEČIVÝCH RASTLÍN V SLOVENSKEJ REPUBLIKE AKO POTENCIÁL DIVERZIFIKÁCIE ŠPECIÁLNEJ RASTLINNEJ PRODUKCIE

Cultivation and processing of medicinal plants in the Slovak Republic as a potential for diversification of special crop production

Miroslav HABÁN[1,2], Milan MACÁK[1], Veronika ŽITNIAK ČURNÁ[1], Klaudia LUKÁČOVÁ[1], Joanna KORCZYK-SZABÓ[1]
[1]Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika
[2]Univerzita Komenského v Bratislave, Slovenská republika

Vedecký výskum a jeho výsledky z pestovania, produkcie a kvality liečivých rastlín ako súčasti špeciálnej rastlinnej produkcie, ako aj transfer týchto výsledkov do agronomickej praxe významnou mierou prispeli a budú prispievať k rozšíreniu diverzity pestovaných druhov rastlín v riadených agroekologických podmienkach, na ornej pôde. Pestovanie liečivých rastlín pre farmaceutické účely (terminologicky menej známe ako farmakoergázia) v súčasnosti predstavuje významný potenciál diverzifikácie špeciálnej rastlinnej produkcie. Dlhodobým cieľom v pestovaní a produkcii liečivých rastlín je nárast pestovateľských plôch so súčasným zvýšením celkovej úrody a kvality suroviny so zameraním na odbyt produkcie na domácom a zahraničnom trhu.

Kľúčové slová: liečivé rastliny, zberové plochy, úroda

1 Úvod a prehľad literatúry

Pestovanie liečivých rastlín patrí k relatívne najmladším odvetviam špeciálnej rastlinnej produkcie. Ich potenciál diverzifikovať zastúpenie hospodársky významných rastlín v rámci rastlinnej produkcie na Slovensku bol prvýkrát v praxi uplatnený v osemdesiatych rokoch minulého storočia. Súvisel hlavne s komplexnou technológiou veľkoplošného pestovania rumančeka kamilkového (*Matricaria recutita* L., Asteraceae) a vyšľachtením špičkových slovenských diploidných a tetraploidných odrôd rumančeka (Bona, Goral, Novbona, Lutea) v deväťdesiatych rokoch 20. storočia (Oravec et al., 1993). Ďalšou liečivou rastlinou, ktorá rozšírila sortiment je pestrec mariánsky (*Silybum marianum* L. Gaertn., Asteraceae). Výskumný potenciál tejto farmaceuticky významnej rastliny vyhodnotila Gromová (1991). Preukazný vplyv na zväčšovanie pestovateľských plôch pestreca na Slovensku majú hlavne absolventi odborov udržateľné poľnohospodárstvo a rozvoj vidieka a manažment rastlinnej výroby. Pestovateľské plochy pestreca mariánskeho kulminovali na úrovni 2 856,37 ha (rok 2022) a v súčasnosti je tento druh najviac pestovanou liečivou rastlinou na Slovensku (Habán et al., 2022).

Plochy určené na pestovanie liečivých rastlín sú variabilné a závisia od klimatických, pôdnych i odbytových podmienok. Okrajovo sú známe aj nezaevidované plochy, hlavne u malopestovateľov (Čičová, 2019). Rozvoj pestovania liečivých rastlín na území Európy bol logickým dôsledkom veľkého dopytu po tomto sortimente v druhej polovici 20. storočia (Eftimová a Habán, 2012). Rozšírenie celkovej výmery pestovateľských plôch, vrátane diverzity liečivých rastlín neurčuje pestovateľ, ale trh, resp. spotrebiteľ (Habán et al., 2015). Na základe údajov z Poľnohospodárskej platobnej agentúry vyplýva, že celková poskytnutá výška priamych podpôr na pestovanie liečivých rastlín sa zvyšovala v korelácii so zvyšovaním úrodnosti a počtom úspešných žiadateľov o dotáciu (Červený, 2021).

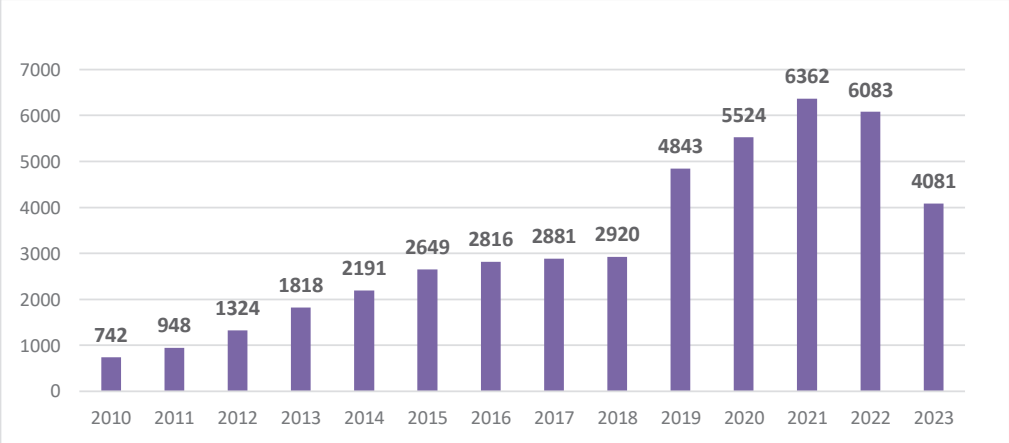
2 Materiál a metódy

Pre vypracovanie súčasného stavu pestovania liečivých rastlín v Slovenskej republike a dosiahnutých úrod, je časovo spracovaný v období rokov 2010 až 2023, boli použité

podkladové údaje vybraných štatistických ukazovateľov: plocha osevu (ha), zberové plochy (ha), celková ročná produkcia (t) a priemerná úroda - úrodnosť (t.ha^{-1}). Metodicky boli základné štatistické ukazovatele spracované podľa postupu Štatistického úradu SR. Údaje o zberových plochách, celkovej ročnej produkcii a priemernej úrode boli získané zo štatistického zisťovania z Ročného výkazu o rastlinnej výrobe. Do spracovania boli zaradené registrované spravodajské jednotky s poľnohospodárskou prvovýrobou v rámci rastlinnej produkcie, ktoré obhospodarujú aspoň 1 ha poľnohospodárskej pôdy alebo 0,1 ha špeciálnych plodín.

3 Výsledky a diskusia

Intenzívnejšie pestovanie liečivých rastlín na Slovensku nastáva po prijatí Rozvojového programu výroby a spracovania liečivých, aromatických a koreninových rastlín v Slovenskej republike (Šalamon, 2000), kedy boli tieto rastliny pestované na ploche 450 ha. V roku 2012 dochádza k prelomu v rozširovaní pestovateľských plôch. Prvýkrát bola prekročená výmera 1 000 ha. Trend zväčšovania plôch osevu a zberových plôch pokračuje hlavne s rozširovaním osiatych plôch pestrecom mariánskym, ktorého technológia pestovania a zberu je úplne mechanizovaná (Habán et al., 2015). Ďalej nasleduje skorocel kopijovitý (*Plantago lanceolata* L., Plantaginaceae) a rumanček kamilkový (*Matricaria recutita* L., Asteraceae). V rôznych agroekologických podmienkach a pestovateľských oblastiach sa pestuje nechtík lekársky (*Calendula officinalis* L., Asteraceae), medovka lekárska (*Melissa officinalis* L., Lamiaceae), mäta pieporná (*Mentha x piperita* L., *Lamiaceae*), šalvia lekárska (*Salvia officinalis* L., Lamiaceae). Na menších, ale každoročne sa zväčšujúcich plochách sa pestuje levanduľa úzkolistá *(Lavandula angustifolia* Mill., Lamiaceae). Okrajovo sa pestuje echinacea purpurová (*Echinacea purpurea* /L./ Moench., Asteraceae), dúška tymianová (*Thymus vulgaris* L., Lamiaceae), repík voňavý (*Agrimonia procera* Wallr., Rosaceae), ľubovník bodkovaný (*Hypericum perforatum* L., Hypericaceae), rebríček kopcový (*Achillea collina* Becker ex Rchb., Asteraceae), jastrabina lekárska (*Galega officinalis* L., Fabaceae), slez maurský (*Malva mauritiana* L., Malvaceae), divozel veľkokvetý (*Verbascum densiflorum* Bertol., Scrophulariaceae). V ekologickej produkcii sú zriedkavo pestované tonizujúce rastliny, napr. včelník moldavský (*Dracocephalum moldavicum* L., Lamiaceae) a leuzea šuštivá (*Leuzea rhapontica* L., Asteraceae).

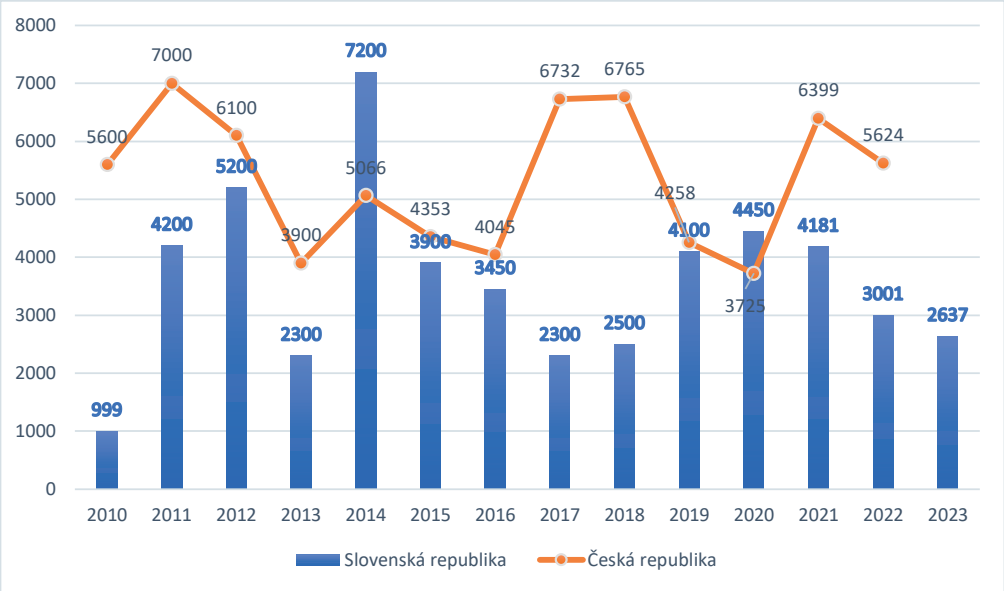


Graf 1 Zberové plochy (ha) liečivých rastlín na Slovensku / Harvested areas (ha) of medicinal plants in Slovakia *(Spracované podľa údajov ŠÚ SR)*

Za obdobie rokov 2020 a 2023 sa na zberových plochách dosiahli aj rekordné nárasty celkovej produkcie (graf 2), ako aj úrodnosti. Úrodnosť, v odbornej verejnosti terminologicky

známa ako priemerná hektárová úroda bola na Slovensku zaznamenaná v intervale od 490 kg.ha^{-2} (2022) po 4 010 kg.ha^{-2} (2012).

V komparácii vybraných štatistických ukazovateľov medzi Českou republikou a Slovenskom je možné skonštatovať, že je zrejmý silný vzťah medzi zberovou plochou a celkovou úrodou. Dlhodobým cieľom je zvýšenie pestovateľských plôch liečivých rastlín a celkovej úrody kvalitnej suroviny vhodnej pre spracovanie. V tejto minoritnej časti rastlinnej produkcie je to pomerne komplikované a závislé od viacerých faktorov. Medzi hlavné limitujúce faktory sa zaraďujú dostatok sezónnych pracovníkov v poľnej prvovýrobe. Kriticky je potrebné poznamenať, že limity rozširovania organickej produkcie - ekologického spôsobu pestovania sú hlavne pri veľkoplošnom pestovaní, aj z dôvodu, že liečivé rastliny sú náročné na veľkú požiadavku na manuálnu prácu prakticky od ošetrovania porastu počas vegetácie, ale hlavne pri ručnom zbere, s výnimkou plne mechanizovaných technológií (pestrec, rumanček, skorocel). Ďalej na rozhodnutie farmára, či pestovať, alebo nepestovať liečivé rastliny na ornej pôde ovplyvňuje aj výška podpory (finančnej dotácie).



Graf 2 Celková úroda (t) liečivých rastlín na Slovensku a v Čechách v rokoch 2010 – 2023 / Total yield (t) of medicinal plants in Slovakia and the Czech Republica in 2010 – 2023

4 Záver

V ostatnom období sa v agronomickej praxi diverzifikuje investičné riziko aj pestovaním netradičných rastlín, akými sú liečivé rastliny. Skutočnosť, že ich pestovanie je náročnejšie na vyšší podiel manuálnej práce v porovnaní s obilninami, olejninami, okopaninami, sú napriek zvýšeným osobným nákladom ekonomicky výhodné a rentabilné rastliny. Východiská a perspektívy pre ďalší rozvoj pestovania a produkcie liečivých rastlín závisia od viacerých faktorov, pričom bude nevyhnutné:

- využiť potenciál spolupráce existujúcich pracovísk na domácich i zahraničných univerzitách, kde sa realizuje vedecký výskum s liečivými rastlinami,
- zvýšiť akceptovanie nových záverov výskumu, ich efektívnym transferom do pestovateľskej praxe,
- inovovať metodiky pestovania v súlade so súčasnými potravinárskymi a liekopisnými požiadavkami,
- rozšíriť pestovateľské plochy s dôrazom na ekologické poľnohospodárstvo,

- aktualizovať zásady správnej poľnohospodárskej a zberovej praxe pre liečivé rastliny a vytvoriť priestor pre precíznejšiu kontrolu ich dodržiavania,
- zintenzívniť celoročné poradenstvo a servis pre všetkých záujemcov o liečivé rastliny organizovaním pravidelných seminárov (jeseň - zima) a poľných dní (jar - leto) v spolupráci s Ministerstvom pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR, s úspešnými pestovateľmi, spracovateľmi, univerzitami, rezortnými výskumnými ústavmi, SAV SR a i.

Poďakovanie

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore z projektu VEGA 1/0749/21: Environmentálny skríning premenlivosti sekundárnych metabolitov rastlinných prírodných zdrojov v pôdno-klimatických podmienkach Slovenska (70 %) a projektu financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja IMTS 313011V344: Dlhodobý strategický výskum prevencie, intervencie a mechanizmov obezity a jej komorbidít (30 %).

Použitá literatúra

Citované literárne zdroje sú k dispozícii u autorov príspevku.

Kontaktné údaje: Miroslav Habán, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: miroslav.haban@uniag.sk a Univerzita Komenského v Bratislave, Farmaceutická fakulta, Odbojárov 10, 832 32 Bratislavaová, e-mail: haban@fpharm.uniba.sk

TRENDY A TECHNIKY V ŠĽACHTENÍ OBILNÍN NA NPPC, VURV, VŠS VÍGĽAŠ-PSTRUŠA
Trends and techniques in cereal breeding at NPPC,VURV, VŠS VÍGĽAŠ-PSTRUŠA

Peter HOZLÁR
NPPC,VURV,VŠS Vígľaš-Pstruša, Slovensko

V príspevku sú uvedené techniky získavania a tvorby nových odrôd obilnín v rámci NPPC, VURV, VŠS Vígľaš-Pstruša. Rovnako je uvedený prehľadne sumár a krátky popis súčasných registrovaných odrôd obilnín z tohto pracoviska.

Kľúčové slová: obilniny, odroda, línia, program šľachtenia

1 Úvod a prehľad literatúry

Obilniny predstavujú hlavné potravinové a kŕmne plodiny na našej planéte, spolu s ryžou a kukuricouzaberajú tri štvrtiny celkovej výmery planéty. Prevažná väčšina šľachtiteľov rastlín arastlinní genetici po celom svete sa zaoberajú majoritne šľachtením obilnín. Genetické zdrojepre genofondy plodín v génových bankách, vrátane šľachtiteľských a výskumných materiálov šľachtiteľských a výskumných pracovísk, krajové odrody a voľne žijúce príbuzné druhy obilnín predstavujú spoločné piliere moderného šľachtenia obilnín. Hlavné výzvy alebo prekážky v pokročilých šľachtiteľských technikáchv súčasnosti používané v obilninách sú spojené s obavami súvisiacimi so zmenou klímy, so šľachtiteľskými programami zameranými na zvýšenie produkcie a tolerancie voči biotickým a abiotickým stresom(napr. výnosový potenciál a odolnosť voči hlavným chorobám a škodcom, ako aj zvýšenému suchu,tepelnej tolerancii a účinnosť živín) (Loskutov, 2021).

Naša populácia dosiahla v novembri 2022 hranicu 8 miliárd a predpokladá sa, že do roku 2050 dosiahne hranicu 9,7 miliárdy a v roku 2080 by mala dosiahnuť 10,4 miliardy .(United nations, 2022). Kým predpoveď Organizácie OSN pre výživu a poľnohospodárstvo (FAO) na sezónu 2024/25 počíta s celosvetovou produkciou obilnín na úrovni 2 846 miliónov ton, prakticky na úrovni nového rekordu realizovaného v rokoch 2023/24. Predpokladá sa, že celosvetová produkcia kukurice a pšenice bude klesať, zatiaľ čo produkcia jačmeňa, ryže a ciroku sa podľa nového prehľadu ponuky a dopytu obilnín zvýši. Produkcia obilnín v EÚ-27 by sa však mala znižiť a dosiahnuť 257,3 milióna ton (-4,7 % v porovnaní s úrodou v roku 2023).

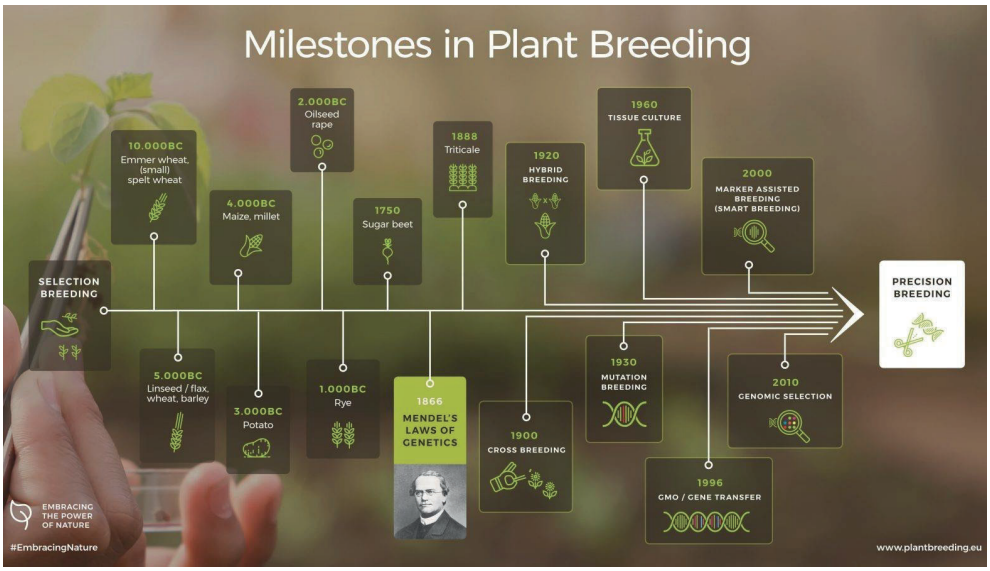
Šľachtenie rastlín už dlhé dekády drží krok s neustále narastajúcimi potrebami ľudstva. Šľachtenie a šľachtitelia rastlín úspešne zvyšovali produkciu potravín za posledné dekády prostredníctvom rôznych šľachtiteľských stratégií a postupov. S neustále rastúcim dopytom po potravinách, meniacimi sa klimatickými podmienkami a prevalenciou chorôb sa stáva produkcia obilnín výzvou. Výskumníci a šľachtitelianachádzali spôsoby, ako zlepšiť výrobu pomocou konvenčných techník. Takéto prístupy si však vyžadovali dlhé časové obdobia a dodatočné vstupy na vývoj vylepšených odrôd. Vývoj techník (mílniky) v šľachtení rastlín / Milestones in plant breeding/sú na obrázku 1: (Jorasch, 2020)

S nedávnym vývojom v úprave genómu sa zvyšuje aj možnosť presného a rýchlejšieho zlepšovania plodín. Tieto techniky zahŕňajú CRISPR-Cas9, CRISPR-Cpf1, primárnu úpravu, úpravu bázy, epigenetickú modifikáciu dCas9 a niekoľko ďalších prístupov k úprave genómu bez transgénov.

1.1 Najčastejšie typy šľachtiteľských techník obilnín v súčasnosti

1.1.1 Líniové šľachtenie sa používa pre odrody rastlín, ktoré sa zvyčajne množia samoopelením, napríklad z obilnín jačmeň, pšenica, ovos. Tento typ šľachtenia využíva

metódy selekcie a výberu. K zvýšeniu genetickej diverzity, šľachtitelia využívajú cielené kríženie dvoch rodičovských línií, ktoré sa čo najviac dopĺňajú z hľadiska požadovaných vlastností.



Obrázok 1 Vývoj techník (mílniky) v šľachtení rastlín / Milestones in plant breeding

Neskôr šľachtiteľ vyberá tie rastliny, ktoré zodpovedajú požadovaným úžitkovým špecifikáciám s ohľadom na zdravotný stav rastlín, výnos a kvalitu (výber). Po niekoľkých týchto selekčných cykloch sa na najlepšej rastline postaví nová odroda a keďže tieto rastlinysú vyšľachtené prostredníctvom samoopelenia, rastliny tejto odrody sú veľmi jednotné (homogénne). Z potomstva sa vyvíjajú homozygotné rastlinné línie, takzvané líniovo vyšľachtené odrody. Tento postup sa nazýva líniové šľachtenie. Nakoniec to vedie k prevažne homozygotným a homogénnym líniovo vyšľachteným odrodám s požadovanými novými vlastnosťami. Tie možno identicky reprodukovať samoopelením na pestovanie v poľnohospodárskej praxi.

Výhody: Líniové odrody sú veľmi homogénne a potomstvo rastlín je geneticky stabilné.

Nevýhody: Časová náročnosť: Niekoľko cyklov/generácií sa musí krížiť a získavať samoopelením , kým sa dosiahne požadovaný výsledok.

1.1.2 Hybridné šľachtenie: pri šľachtení hybridných semien sa navzájom krížia dve homozygotné, ale čo najviac geneticky odlišné rodičovské línie. Kvôli heteróznemu efektu je výsledné heterozygotné potomstvo ("hybridy") oveľa produktívnejšie ako obaja rodičia, čím prinášajú vyššie výnosy. Vďaka hybridnej sile sú rastliny väčšie, plodnejšie a odolnejšie ako ich rodičovské línie. Hybridné šľachtenie sa používa na celom svete aj pri obilninách.

Výhody: Potomstvo (hybridy) sú väčšie, plodnejšie a odolnejšie ako ich rodičovské línie (hybridná sila).

Nevýhody: Heterózny efekt sa zachováva iba počas jednej generácie.

1.1.3 Tvorba dihaploidov: homozygotnosť v rámci 2 generácií , kombinácia rodičovských komponentov , tvorba F1, homozygotizácia

Výhody: najrýchlejší spôsob tvorby líniových odrôd, homozygotnosť v jednom cykle

Nevýhodnosť: drahé (klimatická komora, laboratórium pre tkanivové kultúry)

2 Materiál a metódy

NPPC, VURV, VŠS Vígľaš-Pstruša používa pri šľachtení obilnín výhradne metódy líniového šľachtenia.Realizuje ročne maximálne 250 kombinációz pšenice ozimnej a tritikale ozimného (z toho 20-25 kombinácií pre tvorbu odrôd pre ekologické šľachtenie), 150 kombinácií z ovsasiateho, nahého a ozimného (z toho 20-25 kombinácií pre tvorbu odrôd pre ekologické šľachtenie)ako aj cca 50 kombinácií pšenica jarnej.

Získané hybridné osivo F0 je vysievané manuálne do riadkov podľa množstva získaného osiva z jednej kombinácie (obrázok vyššie). Prvá filiálna generácia F1 vysiata z tohto osivanesie dominantné znaky jedného z rodičov a je uniformná.

Následné generácie získané už samoopelením a následným presevom sú F2 až Fx, a tieto sú presievané ako štiepiace populácie metódou ramš, kde po viacročných samoopeleniach sa postupne homogenizujú na čisté línie obsahujúce znaky obidvoch rodičov. Na základe týchto hospodársky významných rodičovských znakov sa vyberajú už od F3 generácie homogenizované klasové potomstvá budúcich odrôd.

Potomstvá klasov vybrané zo štiepiacich populácií sú vysievané 6 riadkovoumaloparcelkovou sejačkou Seedmatic . Zvyčajne je používaný systém potomstvo jedného klasu v jednom riadku alebo potomstvo jedného klasu v dvojriadku (obrázok nižšie).Potomstvá kmeňových matiek z dvojriadkov sú strihané ručne ako dvojriadky v dĺžke 1-1,4 m.Osivo pozbierané ručne z kmeňových matiek a omlátené na klasových mláťačkách tvorí dostatočné množstvo osiva pre prvú skúšobnú parcelkovú generáciu V1. Parcelky generácie V1 sú zvyčajne vysievané na menších parcelách (5 m2) v dvoch opakovaniach , podľa množstva vyrobeného osiva. Pri tomto skúšaní už pokusník , šľachtiteľ môže posúdiť výkonnosť(úrodnosť) konkrétneho novošľachtenca v praktických podmienkach po zbere maloparcelkovým kombajnom. Samozrejme sú hodnotené aj ďalšie hospodárske znaky ako náchylnosť k chorobám, odolnosť proti poliehaniu, výška rastlín, skorosť, zimuvzdornosť, kvalita prípadne ďalšie. Podľa týchto kritérií postupujú do ďalšieho roku skúšania V2 len vybrané V1.Stupeň V2 je vysievaný na väčšej ploche parceliek a vo viacerých opakovaniach (zvyčajne 10 m2 v 4 opakovaniach) , z perspektívnych novošľachtencov sa realizuje aj menšie predstihové množenie.Posledným stupňom pred 2-3 ročnými Štátnymi odrodovými skúškami (ŠOS), ktoré prevádzkuje UKSUP a jeho výsledkom sú novoregistrované odrody je stupeň Firemné skúšky (FS) alebo predskúšky ŠOS. V týchto skúškach by sa mali nachádzať už len čistolíniové materiály po viacročných generáciách samoopelenia so superlatívnymi hospodárskymi vlastnosťami.

3 Výsledky a diskusia

3.1 Výsledky programu šľachtenia pšenice

Pekárska a mlynárska kvalita – kríženie rodičov s vysokou pekárskou a mlynárskou kvalitou prevažne európskej proveniencie : výsledok, registrácia odrôd s Elitnou potravinárskou kvalitou: PS Kvalitas (2017),PS Luana (2018) PS Dobromila (2018) PS Borna(2019) a s A potravinárskou kvalitou Viglanka (2010) , Elinor (2014),PS Puqa (2015).

Pečivárenská (bisquit) kvalita : výsledok registrácia odrody PS Amylka (2016)

Odrody s farebným zrnom (purpurová, modrá, fialová) s vyšší obsahom zdraviu prospešných antokyanov výsledok registrácia odrody: PS Karkulka (2014) /purpurové zrno/, PS Denim registrácia 2023 /modrasté zrno/.

Medzidruhové kríženie *T. aestivum (Pšenica letná) x T. spelta (Pšenica špaldová)* – výsledok odroda PS Lubica(2014) z ktorej nie je potrebné lúpať plevu s kvalitoupšenice špaldovej s vyššou úrodnosťou.Skorosť a odolnosť proti suchu - výsledok odrodaPS Pintta(2011)Vysoká úrodnosť: PS Jeldka (2014), PS Agneska(2017). Program šľachtenia pšenice jarnej: výsledok odrody: Slovenka (2016), Zelenka (2016), Voskovka (2016), Viera (2016), PS Perlička (2017), Vejana (2020).

3.2 Výsledky programu šľachtenia tritikale

Program šľachtenia tritikale ozimného: výsledok, najvyšší počet odrôd tohto druhu zo slovenskej proveniencie, odrody:Pletomax (2008), Pingpong (2010), PS Tecko (2012).

3.3 Výsledky programu šľachtenia ovsa

Tvorba odrôd ovsa siateho s tmavým zrnom vhodná pre výživu koní (vyšší obsah polyfenolov a avenathramidov, vyšší obsah bielkovín, jemnejšia pleva a nižší obsah lignínov):výsledok odrody Hucul (2017), Norik (2017).

Tvorba odrôd ovsa vhodného pre kŕmne účely vyšší vzrast, nízky podiel plevy v zrne-výsledok odroda Vendelin (2007), Vojtech (2013).

Tvorba odrôd ovsa siatehovhodného pre ľudskú výživu (vysoký obsah vlákniny a β-glukánu) – výsledok odroda Vaclav (2013).

Tvorba odrôd ovsa siateho s veľmi vysokou odolnosťou proti poliehaniu: Valentin (2008), Prokop (2011), Vit(2015), Peter (2021), Verdan (2023).

Tvorba odrôdnahého ovsapre kŕmne účelypre potreby hydiny a monogastrov výsledok materiály v ŠOS Maslen (2023).

Tvorba odrôd nahého ovsas vysokou kvalitou zrna (nízky podiel plevnatých zŕn, vysoká HTZ, vysoký obsah rozpustnej vlákniny a β-glukánu): výsledok odrody Tatran (2010), Inovec (2017), Podpolanec (2018).

Tvorba odrôd nahého ovsa s drobnejším zrnom a skorým dozrievaním : výsledok odroda Hronec (2012).

Tvorba odrôd ovsa plevnatého s veľmi skorým dozrievaním v kombinácii s vysokou úrodnosťou: výsledok odroda Prokop (2011), registrácia aj v Rakúsku.

Tvorba ozimných foriem ovsa s vyššou zimuvzornosťou a úrodnosťou: výsledok odroda Pankrac (2015).

4 Záver

Na záver by som chcel uviesť náš úspešný príspevok pre organické, ekologické poľnohospodárstvo ako aj regeneratívne poľnohospodárstvo, konvenčnú odrodu pšenice ozimnej PS Dobromila, ktorá sa v poslednom čase presadzuje v tomto type hospodárenia. Je to pšenica s elitnou potravinárskou kvalitou, ktorá na mnohých lokalitách v ekologickom poľnohospodárstve v rámci medzinárodného projektu Ecobreed neklesla nižšie ako na kvalitu A. Odroda PS Dobromila preukázala v ekologických podmienkach výbornu odolnosť proti plesni snežnej, čo jej prináša rovnako výhodu hlavne pre oblasti s dlhotrvajúcou snehovou pokrývkou a vhodnosti pestovania aj bez použitia moridiel. Jej výhodou je aj nadpriemerná odolnosť proti všetkým listovým i klasovým hubovým patogénom.

Poďakovanie

Patrí celému tímu terajších aj minulých pracovníkov NPPC, VURV, VŠS Vígľaš-Pstruša za momentálne najrozsiahlejšiu kolekciu slovenských registrovaných odrôd v rámci poľných plodín.

Použitá literatúra

Jorasch,P.Will the EU stay out of step with science and the rest of the world on plant breeding innovation?Plant Cell Reports (2020) 39:163–167 https://doi.org/10.1007/s00299-019-02482-2

Loskutov, I.G. Advances in Cereal Crops Breeding. Plants 2021, 10, 1705. https://doi.org/10.3390/ plants10081705

https://www.un.org/en/desa/world-population-reach-8-billion-15-november-2022

Kontaktné údaje: Peter Hozlár, Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, NPPC, VURV, VŠS Vígľaš-Pstruša, Pstruša 334, 96212 Detva, peter.hozlar@nppc.sk.

ZMENY VO VLASTNOSTIACH ORGANICKEJ HMOTY ČIERNICE VYVOLANÝCH KONVERZIOU KONVENČNEJ TECHNOLÓGIE OBRÁBANIA PÔDY NA REDUKOVANÚ
Changes in the organic matter properties of Mollic Fluvisol due to conversion from conventional to reduced tillage technology

Barbara CHMELÁROVÁ, Nora POLLÁKOVÁ, Samuel HALMO
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav agronomických vied, Slovenská republika

Práca bola zameraná na určenie zmien vo vybraných vlastnostiach pôdnej organickej hmoty čiernice spôsobených konverziou konvenčnej technológie obrábania pôdy na redukovanú. Keďže vlastnosti organickej hmoty boli sledované na pôde obrábanej konvenčne a redukovane na rovnakých odberových miestach ako pred ôsmimi rokmi, zo získaných výsledkov bolo možné naznačiť tendenciu v ich vývoji. Výskum bol vykonaný v Seliciach a v Močenku na troch stanovištiach vo vrstve 0,0–0,4 m. Zo získaných výsledkov vyplýva, že v čiernici s pokračujúcim redukovaným obrábaním došlo po ôsmych rokoch k miernemu nárastu koncentrácie pôdnej organickej hmoty v povrchových vrstvách pôdy a taktiež k miernemu nárastu kvality humusu, čo je povzbudivým zistením vzhľadom k pravdepodobnému nárastu používania redukovaných technológií v budúcnosti.

Kľúčové slová: celkový organický uhlík, humus, konvenčné obrábanie pôdy, labilný organický uhlík, redukované obrábanie pôdy

1 Úvod a prehľad literatúry

Rozvoj poznatkov o vzťahoch medzi plodinami a pôdnymi pomermi, výživu a ochranu rastlín naznačil, že konvenčné obrábanie pôdy spojené s pravidelným obracaním ornice možno účinne nahradiť technológiami, v ktorých sa ornica neobracia (Kotorová et al., 2018).

V pôde dlhodobo obrábanej konvenčne dochádza k poklesu obsahu organickej hmoty v dôsledku jej urýchlenej mineralizácie spôsobenej nadmerným prevzdušňovaním pôdy (Sithole et al., 2019), k rozrušovaniu pôdnej štruktúry a následnému zhoršeniu fyzikálnych vlastností. Zmena konvenčného obrábania na redukované môže viesť k redukcii vodnej a veternej erózie, k nárastu obsahu organického uhlíka v povrchových vrstvách, k obmedzeniu vyplavovania pohyblivých foriem dusíka a i. (Vach a Javůrek, 2011). Avšak celý rad negatívnych dôsledkov, akými sú nahromadenie pôdou a strniskom prenášaných rastlinných chorôb, rezíduá herbicídov obmedzujúce výber plodín, nahromadenie burín odolných voči herbicídom, obavy z účinkov herbicídov na životné prostredie a ľudské zdravie obmedzujú širšie použitie redukovaných technológií (Thomas et al., 2007).

Zámerom bolo určenie zmien vo vybraných vlastnostiach pôdnej organickej hmoty textúrne strednej a ťažkej čiernice spôsobených konverziou konvenčnej technológie obrábania pôdy na redukovanú. Charakteristiky organickej hmoty boli zisťované na tých istých miestach odberu ako pred ôsmimi rokmi, preto z výsledkov možno načrtnúť trend v ich vývoji.

2 Materiál a metódy

Výskum bol robený vo dvoch poľnohospodárskych podnikoch, kde sa dlhodobo pôda obrába redukovane, buď na celej výmere (Močenok, 24 rokov, preto oraná parcela bola na farme Jatov) alebo len na určitých parcelách (Selice 31 rokov). Na každom z troch stanovíšť sa na rovnakej BPEJ kontrolná, konvenčne obrábaná pôda nachádzala vedľa pôdy obrábanej redukovane. Práca nadväzuje na výskum urobený v roku 2015 Halmom, kde na rovnakých odberových miestach bolo zisťované, ako sa zmenili parametre organickej hmoty po ďalších

ôsmych rokoch používania redukovanej a konvenčnej technológie obrábania. Na sledovaných parcelách bola zastúpená čiernica kultizemná rôzneho textúrneho zloženia (ílovitá – stanovište S1, ílovito-hlinitá – S2 a piesočnato-hlinitá – S3).

Farma Jatov a vybrané parcely v Seliciach dlhodobo obrábajú pôdu konvenčne (pluh, radlicový podmietač, kompaktor), kým väčšina PD Selice a celé PD Močenok používa redukované obrábanie (tanierový, radlicový, prútový podmietač, kompaktor).

Geomorfologicky Selice, Jatov a časť Močenku sú situované v Podunajskej nížine na oboch brehoch rieky Váh, v nadmorskej výške 113–130 m. Priemerná ročná teplota v rokoch 1970–2007 bola 9,9 °C a priemerné zrážky 538 mm.

Počas odberu pôdnych vzoriek stanovište S1 bolo bez porastu; na stanovišti S2 na parcele obrábanej redukovane bola *Triticum aestivum* (L.), na parcele obrábanej konvenčne boli zaorané pozberové zvyšky *Zea mays* (L.); na stanovišti S3 rástla na parcele s redukovanou technológiou *Triticum aestivum* (L.), na oranej parcele farmy Jatov bol *Hordeum vulgare* (L.).

Na každom stanovišti pôdy obrábanej konvenčne a redukovane boli vykopané dve sondy. Odbery vzoriek a analýzy boli urobené na jar 2023 do hĺbky 0,4 m po 0,1 m vrstvách, v laboratóriu boli vysušené a preosiate cez sito s priemerom ôk 2 mm. Vo vzorkách boli stanovené nasledovné chemické vlastnosti:

- celkový organický uhlík (C_{ox}) – oxidimetricky metódou Ťurina (Orlov a Grišina, 1981),
- obsah labilného uhlíka (C_L) oxidovateľného 5 mmol.dm^{-3} $KMnO_4$ v kyslom prostredí 2,5 mmol.dm^{-3} H_2SO_4 (Loginow et al., 1993),
- obsah uhlíka rozpustného v horúcej vode (C_{HWL}) (Körchens a Schulz, 1999),
- frakčné zloženie humusu skrátenou frakcionáciou Kononovej a Beľčikovej (1961).

Analýzy boli robené v troch opakovaniach)

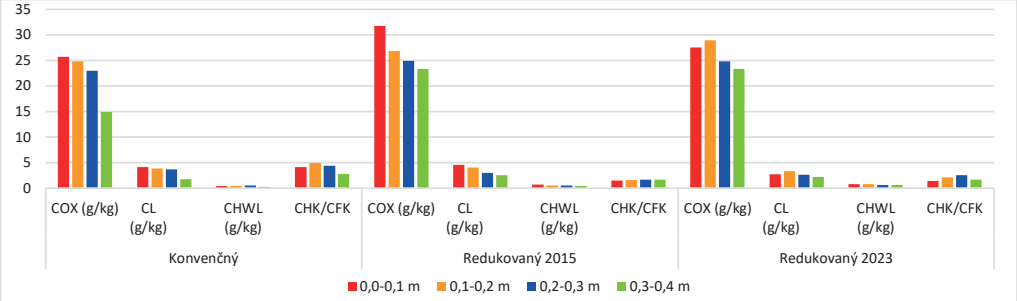
3 Výsledky a diskusia

Charakteristiky organickej hmoty boli skúmané a porovnávané v pôde obrábanej konvenčnou a redukovanou technológiou. Ak sú ostatné faktory rovnaké (v rámci jednej Bonitovanej pôdno-ekologickej jednotky – BPEJ), významnými príčinami rozdielov v obsahu a kvalite pôdnej organickej hmoty (POH) medzi redukovaným a konvenčným obrábaním sú najmä hĺbka a kvalita zapravenia pozberových zvyškov a hnojív do pôdy, ale tiež hĺbka prevzdušnenia, ako i podpora rozpadu či tvorby agregátov, ktorých zložkou je aj POH. Preto profilové rozmiestnenie a dominancia celkového organického uhlíka (C_{OX}), uhlíka labilného (C_L) a uhlíka rozpustného v horúcej vode (C_{HWL}) v určitej vrstve sa môže pokladať za hĺbku obrábania (Polláková et al., 2018).

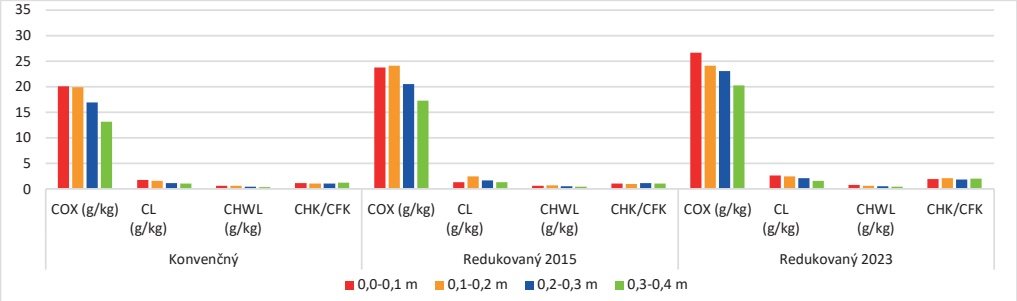
Výsledky ukázali, že ílovitá a ílovito-hlinitá čiernica obrábaná redukovane (stanovište S1 a S2) mala v povrchovej 0,0–0,2 m vrstve mierne vyšší obsah celkového organického uhlíka (C_{OX}) a tiež jeho ľahko rozložiteľných frakcií (C_L a C_{HWL}). Kontrolné pôdy obrábané konvenčne na stanovištiach S1 a S2 (Graf 1 a 2) mali síce nižší obsah uhlíka, avšak bol rozmiestnený rovnomernejšie v 0,0–0,3 m vrstve ornice a následne jeho obsah výrazne poklesol (Halmo, 2017).

Zreteľné rozdiely boli v čiernici s piesočnato-hlinitou textúrou (stanovište S3). Pôda obrábaná redukovane mala vyšší obsah všetkých frakcií organického uhlíka len v povrchovej, 0,0–0,1 m vrstve, avšak už v hĺbke 0,1 m nastal ostrý pokles uhlíka. Na rozdiel, v ornici (vrstva 0,0–0,3 m) pôdy obrábanej konvenčne bol obsah uhlíka pomerne vyrovnaný a súvisí s hĺbkou obrábania a profilového rozmiestnenia zaprávanej organickej hmoty (Graf 3).

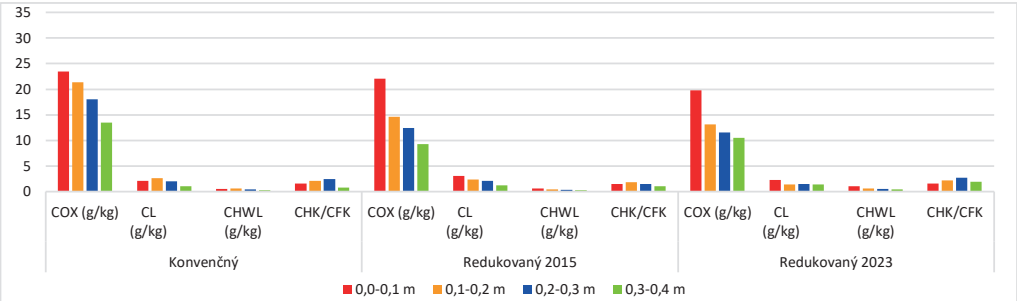
V rámci sledovania trendu vo vývoji vlastností v pôdach obrábaných redukovane možno konštatovať, že v čiernici s ílovito-hlinitou textúrou (stanovište S2) došlo k miernemu nárastu všetkých frakcií uhlíka v porovnaní s hodnotami zistenými Halmom v roku 2015 kým naopak, v pôde na stanovištiach S1 a S3 (čiernica s ílovitou a hlinito-piesočnatou textúrou) k poklesu.



Graf 1 Frakcie organického uhlíka a kvalita humusu v pôde obrábanej konvenčne a redukovane na stanovišti S1 (čiernica kultizemná s ílovitou textúrou)
Vysvetlivky: organický uhlík celkový (C_{OX}), labilný (C_L), v horúcej vode rozpustný (C_{HWL}), pomer uhlíka humínových kyselín k fulvokyselinám (C_{HK}/C_{FK})
Graph 1 Organic carbon fractions and humus quality in conventionally and reduced-cultivated soil at site S1 (clayey Mollic Fluvisol)
Legend: organic carbon total (C_{OX}), labile (C_L), hot water-soluble (C_{HWL}), carbon ratio of humic acids to fulvic acids (C_{HK}/C_{FK})



Graf 2 Frakcie organického uhlíka a kvalita humusu v pôde obrábanej konvenčne a redukovane na stanovišti S2 (čiernica kultizemná s ílovito-hlinitou textúrou)
Graph 2 Organic carbon fractions and humus quality in conventionally and reduced-cultivated soil at site S2 (clayey-loamy Mollic Fluvisol)



Graf 3 Frakcie organického uhlíka a kvalita humusu v pôde obrábanej konvenčne a redukovane na stanovišti S3 (čiernica kultizemná s hlinito-piesočnatou textúrou)
Graph 3 Organic carbon fractions and humus quality in conventionally and reduced-cultivated soil at site S3 (loamy-sandy Mollic Fluvisol)

Na stanovištiach S1 a S2 (zrnitostne ťažká čiernica) bol v profile pôdy obrábanej redukovane mierne vyšší obsah humínových kyselín (C_{HK}), no menej fulvokyselín (C_{FK}) než v kontrolnej, konvenčne obrábanej pôde (Graf 1 a 2). To sa prejavilo ako mierny nárast kvality humusu, teda vyššieho zastúpenia C_{HK} než C_{FK}, a zároveň vyššej hodnoty pomeru

C_{HK}/C_{FK}. K podobným, i keď menej výrazným zmenám v obsahu a kvalite humusu došlo aj na stanovišti S3 (zrnitostne stredná čiernica). Trend vo vývoji obsahu a kvality humusu ukázal, že v čierniciach obrábaných redukovane došlo k miernemu zvýšeniu kvality humusu v porovnaní s hodnotami zistenými Halmom v roku 2015, čo vzhľadom k pravdepodobnému nárastu používania redukovaných technológií v budúcnosti možno považovať za povzbudivé zistenie (Chmelárová, 2024).

4 Záver

Kladom pokračovania redukovaného obrábania je mierny nárast obsahu organickej hmoty v povrchových vrstvách pôdy a mierny nárast kvality humusu, čo je povzbudivým zistením vzhľadom k pravdepodobnému nárastu používania redukovaných technológií v budúcnosti.

Poďakovanie

Práca vznikla s podporou projektu VEGA 1/0532/24 MŠVVŠ SR.

Použitá literatúra

HALMO, S. 2017. *Účinok pôdoochranných a konvenčných technológií obrábania pôdy na vybrané fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti pôdy rôznych regiónov Slovenska*: dizertačná práca. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita. 152 s.

CHMELÁROVÁ, B. 2024. *Vplyv orbových a bezorbových technológií na chemické vlastnosti pôdy v lokalite Selice:* diplomová práca. Nitra: SPU. 54 s.

KONONOVA, M. – BEĽČIKOVA, N.P. 1961. Uskorennyje metody opredelenija sostava gumusa. In *Počvovedenie*, pp.125–129.

KÖRCHENS, M. – SCHULZ, E. 1999. *Die organische bodensubstanz – dynamik – reproduction – ökonomisch und ökologisch begrűndete richtwerte UFZ-Bericht 13*, Liepizg-Halle: Uweltforschfungszentrum, pp. 85-95.

KOTOROVÁ, D. – KOVÁČ, L. – JAKUBOVÁ, J. – BALLA, P. 2018. The long-term different tillage and its effect on physical properties of heavy soils. In *Acta fytotechnica et zootechnica, 21*(3), 100–107.

LOGINOW, W. – WIŚNIEWSKI, W. – GONET, S.S. – CIEŚCIŃSKA, B. 1993. The method for determining susceptibility of soil organic matter to oxidation. In *Zsesyty problemowe podstepów nauk rolniczych,* z. 411. Bydgoszcz: ATR, pp. 207–212.

ORLOV, D.S. – GRIŠINA, L.A. 1981. *Praktikum po chimiji gumusa*. Moskva: Izdateľstvo Moskovskovo universiteta. 124 s.

POLLÁKOVÁ, N. – HALMO, S. – ŠIMANSKÝ, V. 2018. *Vplyv konvenčných a bezorbových minimalizačných technológií obrábania na vybrané fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti pôdy vo zvolených lokalitách Nitrianskeho a Trnavského kraja*. Vedecká monografia. Nitra: SPU. 2018. 132 s. ISBN 978-80-552-1851-9.

SITHOLE, N. J. – MAGWAZA, L. S. – THIBAUD, G.R. 2019. Long-term impact of no-till conservation agriculture and N-fertilizer on soil aggregate stability, infiltration and distribution of C in different size fractions. In *Soil and Tillage Research, 190,* 147–156. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.still.2019.03.004 [dátum citovania 2024-07-24].

THOMAS, G.A. et al., 2007. No-tillage and conservation farming practices in grain growing areas of Queensland – a review of 40 years of development. In *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(8), 2007, p. 887–898.

VACH, M. – JAVŮREK, M. 2011. *Efektivní technologie obdělávání půdy a zakládání porostů polních plodin (metodika pro praxi)*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. 26 s.

Kontaktné údaje: Barbara Chmelárová, Nora Polláková, Samuel Halmo, Slovenská poľnohospodárska univerzita, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav agronomických vied, Tr. A Hlinku 2, 949 76 Nitra; nora.pollakova@uniag.sk

ANALÝZA FOTOCHEMICKÝCH A KVALITATÍVNYCH VLASTNOSTÍ MIKROZELENINY VO VZŤAHU NA ZMENY MONOCHROMATICKÝCH SVETELNÝCH PODMIENOK

Analysis of photochemical and qualitative characteristics of microgreens leaves in relation to changes in monochromatic light conditions

Lucia JASENOVSKÁ, Marián BRESTIČ, Mária BARBORIČOVÁ, Andrej FILAČEK, Jana FERENCOVÁ, Dominika MLYNÁRIKOVÁ VYSOKÁ, Marek KOVÁR, Marek ŽIVČÁK
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

V súčasnosti postupne dochádza k nárastu pestovania plodín v skleníkoch a kontrolovaných poľnohospodárskych prostrediach s využitím svetelných diód, ktoré umožňujú reguláciu rastu, morfológie a kvalitatívnych vlastností rastlín prostredníctvom regulácie umelého osvetlenia (intenzita, fotoperióda a spektrum). Podmienky pestovania, ako je kvalita svetla, môžu ovplyvniť funkcie fotosyntetického aparátu, ako aj obsah cenných vitamínov a minerálnych látok v mikrozelenine. Naše experimenty boli zamerané na predbežný skríning mikrozeleniny podľa citlivosti na svetelné spektrá s využitím neinváznych techník hodnotiacich fotochemické aj kvalitatívne vlastnosti. Fotochemické parametre fotosystému II (PSII) sme analyzovali pomocou zariadenia HandyPea. Táto práca sumarizuje výsledky analýz kinetiky rýchlej fluorescencie chlorofylu v súbore rastlín (19 genotypov, 17 druhov) kultivovaných v troch svetelných prostrediach: kontrola reprezentovaná bielymi LED diódami s vyváženým spektrálnym zložením, monochromatickým modrým (470 nm) a červeným (660 nm) LED svetlom. V červenom osvetlení sme v porovnaní s modrým svetlom pozorovali zväčšenie veľkosti svetlozberných komplexov PSII indikované parametrom ABS/RC, zníženie účinnosti toku elektrónov medzi fotosystémami (PSII a PSI) a celkové zníženie kapacity elektrónových prenášačov (Sm). Na základe hodnôt indexu fotochemickej výkonnosti (PIabs) sme testované genotypy klasifikovali do štyroch skupín: nereagujúce na svetelné spektrá s malými signifikantnými rozdielmi (pšenica, špenát, hrach 'Jumbo' a fazuľa mungo), výrazne reagujúce na aplikované modré spektrá (rukola, fazuľa mungo, hrach, šalát a reďkovka 'Rose'), výrazne reagujúce na červené spektrá (láskavec, kapusta, kukurica, senovka grécka, kaleráb, šošovica, šalát, slnečnica a žerucha) a vyvážene reagujúce na modré aj červené spektrum (horčica, reďkovka 'Red'). Sumárne tak môžeme konštatovať, že boli potvrdené medzidruhové rozdiely v účinkoch spektrálnej kvality svetla na fotochémiu PSII, ale aj na nutričnú hodnotu mikrozeleniny.

Kľúčové slová: mikrozelenina, fluorescencia chlorofylu, svetelné spektrum, monochromatické osvetlenie, LED diódy

1 Úvod a prehľad literatúry

Vzhľadom na predpoklad, že svetová populácia dosiahne do roku 2030 deväť miliárd ľudí, je nevyhnutné, aby poľnohospodárska technológia naďalej poskytovala spoľahlivý a efektívny zdroj výživy pre populáciu (Mwanga a Cloete, 2003).

O niekoľko rokov sa očakáva, že kombinovaný účinok rozvoja mestskej civilizácie, rastu populácie a klimatických zmien vážne ovplyvní produkciu plodín. Vývoj nových prístupov k poľnohospodárstvu má teda zásadný význam pre udržanie a zlepšenie kvality rastlinnej výroby (Godfray *et al*., 2010) a pre produkciu rastlinných druhov s vysokou úrovňou bioaktívnych zlúčenín súvisiacich so zdravím a využitím v etnomedicíne.

Pochopenie toho, ako dokážu nové technológie ovplyvniť plodiny, môže v budúcnosti umožniť vylepšenie pestovateľských metód a pomôcť pri vytváraní zdravších a predajnejších plodín. Používanie diód vyžarujúcich svetlo (LED) je v poľnohospodárstve s kontrolovaným prostredím nové. LED svetlá sa používajú na rozšírenie alebo nahradenie prirodzeného osvetlenia vo vertikálnom poľnohospodárstve a v skleníkoch. Uvádza sa, že LED svetlá majú

pozitívny vplyv na rast plodín. Podľa štúdie (Van Iersel, 2017) poskytujú LED diódy spôsob, ako znížiť náklady a zároveň sú prospešnejšie pre vývin rastlín vďaka schopnosti ponúkať lepšiu kontrolu spektra a intenzity. LED diódy sú ako inovatívna technológia sľubné pri zlepšovaní produkcie plodín. Štúdia Palmera a Van Iersela (2020) odhalila, že použitie LED diód vytvorilo dlhšiu fotoperiódu s nižšou hustotou fotosyntetického fotónového toku (PPFD), čo viedlo k produkcii šalátu s vyšším indexom biomasy a obsahu chlorofylu pri nižšej spotrebe energie. Kombinácie spektier červeného, zeleného a modrého svetla v LED diódach sú spájané so zvýšením fytochemickej koncentrácie (Nur Syafini *et al*., 2022). Rozšírenie používania LED svetiel v záhradníckej praxi je prínosné, podporujúce technologický rozvoj, ale aj kvalitu produkcie a jej dostupnosť pre ľudskú výživu (Bantis *et al*., 2018; Bian *et al*., 2018).

1.1 História a produkcia mikrozeleniny

„Microgreens“ je marketingový výraz používaný pre mladé rastliny, ktoré sa zbierajú sedem až štrnásť dní po vyklíčení, keď sa klíčne listy úplne rozvinú (Bliss, 2014). Tieto rastliny si získali veľkú obľubu v kulinárskych profesiách a používajú sa ako ozdoby rôznych jedál. Mimo varenia si mikrozelenina stala populárnou vďaka tomu, že rastliny obsahujú väčšie množstvo živín a zdraviu prospešných mikroživín ako zrelé verzie (Choe *et al*., 2018). Výskum mikrozeleniny s novými technológiami je v súčasnosti obmedzený, pretože veľa premenných závisí od rastlinného druhu v tom, ako bude mikrozelenina reagovať.

Mikrozelenina vo všeobecnosti klíči a rastie rýchlo, čo umožňuje pestovateľom rýchly obrat. Avšak, pre komerčných pestovateľov predstavujú problémy. Miešanie semien sa neodporúča, pretože dátum výsevu do dátumu zberu môže byť medzi jednotlivými druhmi odlišný. Tieto rastliny sa zvyčajne pestujú v podnosoch, ktoré sú naplnené substrátom. Vzhľadom na to, že ide o mladú plodinu, väčšina druhov nepotrebuje žiadne hnojivo, aby dorástla do požadovanej veľkosti (Treadwell *et al*., 2020).

Výskum svetelných LED diód na rastlinách mikrozeleniny sa v posledných rokoch stal dôležitou témou s pokrokom LED technológie a túžbou verejnosti po zdravých potravinách. Zistilo sa, že LED diódy sú užitočné pri zvyšovaní výnosu aj nutričnej kvality mikrozeleniny a pri aktivácii špecifických fotoreceptorov (Artes-Hernandez *et al*., 2022).

1.2 Kontrolované podmienky pestovania rastlín

Poľnohospodárstvo v kontrolovanom prostredí je proces produkcie plodín v prostredí, kde pestovatelia môžu kontrolovať všetky environmentálne faktory, aby ovplyvnili rast a vývin plodín (Nicole *et al*., 2016). Produkcia plodín v riadenom prostredí má oproti poľnej produkcii niekoľko výhod. Schopnosť regulovať environmentálne faktory, zvýšenie kvality rastlín a zníženie výskytu škodcov a patogénov patria medzi výhody, ktoré môžu pestovatelia dosiahnuť. Je tu potenciál zvýšiť úrodu pestovaných plodín. Čo sa týka listovej zeleniny pestovanej v kontrolovaných podmienkach, produkcia sa môže zvýšiť až stonásobne v porovnaní s plodinami pestovanými na poli (Davis a Burns, 2016).

V súčasnosti sú najpopulárnejšie skleníky s regulovanou teplotou, doplnkovým osvetlením a vertikálne farmy (Nicholson *et al*., 2020). Vertikálne farmy sa stali známymi okolo roku 2010, keď Despommier vo svojej knihe tvrdil, že budúcnosťou poľnohospodárstva je využívanie vnútorných priestorov, ktoré zabraňujú prenosu chorôb rastlín a efektívne opätovné využitie živín a vody. Tieto priestory boli tiež optimalizované s cieľom zvýšiť produkciu a znížiť environmentálnu stopu, pretože vertikálne farmy by boli schopné produkovať veľké množstvo produktov na malých plochách a mohli by sa používať v mestských oblastiach, čo by znížilo cestovné emisie a náklady. Vertikálne poľnohospodárstvo však nie je bez problémov. Tieto obchodné podniky si vyžadujú veľké počiatočné náklady, majú obmedzený počet plodín na pestovanie a vyžadujú si kvalifikovanú pracovnú silu (Benke a Tomkins, 2017).

1.3 História a súčasné využitie LED osvetlenia v poľnohospodárstve

Svetlo emitujúce diódy (LED) sú relatívne novým prírastkom v poľnohospodárstve. LED osvetlenie pôvodne používali University of Wisconsin a NASA, ktorí skúmajú možnosti rastu rastlín v extrémnych prostrediach prostredníctvom LED osvetlenia (Morrow, 2008).

Použitie LED diód umožňuje zelenšiu budúcnosť pre záhradníctvo a možnosť pestovať plodiny v prostrediach, ktoré boli predtým pre pestovateľov nedostupné. LED osvetlenie dáva pestovateľom možnosť nastaviť svetelné spektrá používané pre ich vlastné potreby a želania, čo umožňuje pestovanie kvalitnejších plodín spolu so zvýšením živín (Cocetta *et al*., 2017). Okrem toho LED diódy pridávajú k aspektu predajnosti pri pestovateľských operáciách, pretože rastliny možno pestovať po celý rok bez prerušenia a možno s nimi manipulovať tak, aby obsahovali viac požadovaných živín. Štúdia od Boldta a Altlanda (2022) zistila, že rastliny pestované pod doplnkovým LED osvetlením v skleníkoch boli vyššie, širšie a mali viac čerstvej biomasy ako rastliny pestované pod vysokointenzívnymi výbojkovými (HID) svetlami.

1.4 Kvalitatívna stránka osvetlenia

Jedným z dôležitých aspektov LED systémov, pokiaľ ide o vývin rastlín, je kvalita svetla, teda vlnová dĺžka svetla poskytovaného plodine. Rastliny majú rôzne fotoreceptory (pigmenty) na snímanie viacerých vlnových dĺžok svetla a prítomnosť špecifickej kvality svetla určuje účinnosť svetla pri modifikácii fyziologických procesov rastliny. Vlnové dĺžky svetla pre najlepšie účinky na rast a vývin rastlín sú v rozsahu fotosynteticky aktívneho žiarenia (PAR) 350-750 nm (McCree, 1971). V súčasnosti štúdie skúmajú účinky bieleho, modrého a červeného doplnkového osvetlenia na plodiny, zatiaľ čo svetlá ako zelené a žlté nedostali podstatný výskum kvôli vnímaným nižším prínosom pre vývin rastlín. Štúdia na šaláte zistila, že pridanie doplnkového UV-A, modrého, zeleného a červeného svetla k bielemu svetlu významne ovplyvnilo fytochemické koncentrácie a rast šalátu (Li a Kubota., 2009). Antokyány sa zvýšili o 11 % pri UV-A a o 31 % pri modrom osvetlení. Pri červenom osvetlení sa však rovnaké pigmenty znížili o 40 %. Koncentrácia fenolov sa zvýšila o 6 % pri červenom osvetlení a koncentrácia karotenoidov o 12 % pri modrom.

Pomery 70:30 červená:modrá LED osvetlenia výrazne zvyšujú výnos a fotosyntetickú aktivitu rastlín v porovnaní so základným osvetlením v skleníkoch (Amoozgar *et al*., 2017). Pridanie červeného svetla spôsobilo zníženie transpirácie a vodivosti prieduchov a zároveň zvýšilo účinnosť využívania vody pestovanými plodinami (Pennisi *et al*., 2019).

2 Materiál a metódy

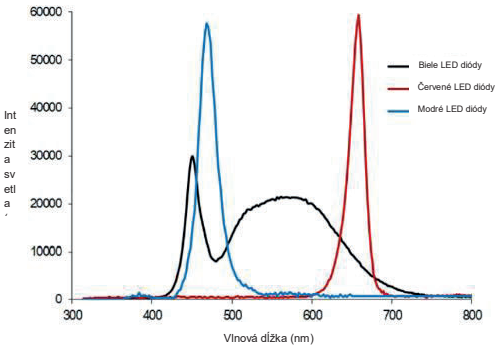
2.1 Rastlinný materiál a podmienky pestovania

Experiment prebiehal v rastovej komore na Ústave rastlinných a environmentálnych vied (UREV) SPU Nitra (Slovensko) od februára 2023. Podmienky prostredia v rastovej komore boli presne regulované a zaznamenávané, s teplotou 23°C/20°C (deň/noc) a relatívnou vlhkosťou vzduchu medzi 60 % a 80 %. Rastová komora bola rozdelená do troch samostatných častí, z ktorých každá mala nezávislé LED osvetlenie: polychromatické teplé biele LED diódy, monochromatické červené LED diódy (660 nm) a monochromatické modré LED diódy (470 nm) (obr. 1).

Systém osvetlenia bol špeciálne vyvinutý pre pestovanie rastlín spoločnosťou Photon System Instruments (PSI, Česká republika) a fungoval automaticky. Fotoperióda bola 14/10 hodín (deň/noc). Intenzita svetla vo všetkých troch častiach bola nastavená tak, aby mala podobný energetický výstup (~60 W · m^{-2}, čo predstavuje PPFD približne ~160 µmol fotónov · m^{-2} pre modré svetlo, ~175 µmol fotónov · m^{-2} pre biele svetlo a až ~200 µmol fotónov · m^{-2} pre červené svetlo).

Osivo bolo objednané z poľskej spoločnosti *MP SEEDS*. Rastlinným materiálom bola zelenina a plodiny pestované ako sadenice (microgreens), patriace k rôznym druhom a genotypom: láskavec trojfarebný (*Amaranthus tricolor* L.), kapusta obyčajná (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*), kaleráb (*B. oleracea* var. *gongylodes*), rukola siata (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa* (Mill.) Thell.), hlávkový šalát (*Lactuca sativa* var. *crispa* L.), žerucha

siata (*Lepidium sativum* L.), reďkev 'Red Rambo' a 'Rose' (*Raphanus raphanistrum* subsp. *sativus* (L.), horčica biela (*Leucosinapis alba* L.), špenát siaty (*Spinacia oleracea* L.), senovka grécka (*Trigonella foenum-graecum* L.), pšenica letná (*Triticum aestivum* L.), slnečnica ročná (*Helianthus annuus* L.), šošovica jedlá (*Lens culinaris*), bôb záhradný (*Vicia faba* L.), kukurica siata (*Zea Mays* L.), kapucínka väčšia (*Tropaeolum majus nanum*), fazuľa mungo (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek), hrach siaty 'Jumbo' a 'Salad' (*Pisum sativum* L.). Rastliny boli pestované jednotlivo v 0,5 l plastových kvetináčoch v rašelinovom substráte v kontrolovanom prostredí rastovej komory. Každý rastlinný genotyp mal štyri kvetináče ako repliky pod každým osvetlením (modré, červené a biele). Po 7 dňoch od výsadby sa rastliny mikrozeleniny, ktoré majú typický epikotyl (stonku), kotyledóny a prvé pravé listy v dvojklíčnolistých alebo prvé dva listy v jednoklíčnolistových rastlinách, merali trikrát týždenne pomocou fluorimetra HandyPea (Hansatech, V. Británia) a na konci obdobia merania sa analyzovali fotochemické a kvalitatívne vlastnosti skúmaných rastlín.



Obrázok 1 Spektrálne charakteristiky troch svetelných LED systémov použitých v štúdii (merané spektrofotometrom SpectraPen mini, Photon Systems Instruments, Česká republika)
Figure 1 Spectral characteristics of the three LED lighting systems used in the study (measured with a SpectraPen mini spectrophotometer, Photon Systems Instruments, Czech Republic).

2.2 Analýza rýchlej kinetiky fluorescencie chlorofylu

Najčastejším spôsobom využitia metódy merania fluorescencie chlorofylu je sledovanie reakcie na ožiarenie listov rastlín adaptovaných na tmu (Schreiber *et al*., 1986).

V listoch adaptovaných na tmu sú pri ožiarení slabým modulovaným žiarením všetky reakčné centrá PSII reoxidované – „otvorené“, môže byť teda zaznamenaný minimálny výťažok fluorescencie chlorofylu (F_0). Hodnota F_0 je konštantná, nezávislá na fotosyntetickej aktivite. Po ožiarení vzorky krátkym saturačným pulzom dôjde k redukcii väčšiny elektrónových akceptorov v PSII – reakčné centrá PSII sú „uzavreté“, čo sa prejaví prudkým vzrastom fluorescencie chlorofylu (počas 100 – 200 milisekúnd), ktorý býva považovaný za maximálnu (F_m). Rozdiel medzi F_m a F_0 je označovaný ako maximálny výťažok variabilnej fluorescencie chlorofylu v stave adaptovanom na tmu (F_V) (Roháček a Barták, 1999).

Prenosným fluorimetrom HandyPea+ sme analyzovali funkčné a štrukturálne zmeny fotochémie PS II. Listové klipsy boli pripevnené na analyzované rastliny, a následne sa list adaptoval na tmu v časovom intervale 15 – 20 minút. Z biofyzikálnych parametrov sa na analýzy použili nasledovné indexy: maximálny kvantový výťažok fotochémie PS II meraný v stave adaptovanom na tmu (F_v/ F_m), počet svetlozberných komplexov (ABS/ RC), pravdepodobnosť prenosu elektrónov z PS II na akceptorovú stranu PS I (PSI_{reo}) a index výkonnosti na absorbčnej báze (PI_{ABS}). Výsledky boli štatisticky analyzované pomocou softvéru Statisrica 10 (Statsoft, USA).

3 Výsledky a diskusia

Množstvo a kvalita svetla sú základnými faktormi, ktoré ovplyvňujú vývin rastlín, keďže svetlo je zdrojom energie aj regulačným signálom (Bian *et al*., 2014). Pochopenie vplyvu monochromatického svetla na fotosyntézu, fotomorfogenézu, fotoreguláciu a biosyntézu sekundárnych metabolitov je výzvou pre fyziológov rastlín, ako aj pre aplikovaný výskum zameraný na vývoj vnútorného osvetlenia. V prírode rastliny skutočne využívajú informácie zo svetla na úpravu svojich morfo-anatomických a fyziologických vlastností a moduláciu génovej expresie tak, aby čo najlepšie zodpovedala podmienkam okolitého svetla.

Je známe, že červené svetlo sa najefektívnejšie využíva pri fotosyntéze, ale na maximalizáciu rastu a fyziológie rastlín sú potrebné iné vlnové dĺžky. Napríklad modré svetlo okrem iného reguluje otváranie prieduchov, čím zlepšuje prístup k CO_2 a transpiráciu a je tiež potrebné na prevenciu „syndrómu červeného svetla“, ktorý sa prejavuje suboptimálnou morfológiou, modifikovanou génovou expresiou a biochémiou (Davis a Burns, 2016). Monochromatické modré svetlo celkovo udržuje výkon fotosyntetického aparátu efektívnejšie ako červené svetlo. Výsledkom je, že rastliny sú menej poškodené ako rastliny pestované len pod červeným svetlom a pre väčšinu parametrov sa nelíšia od rastlín pestovaných pod bielym svetlom.

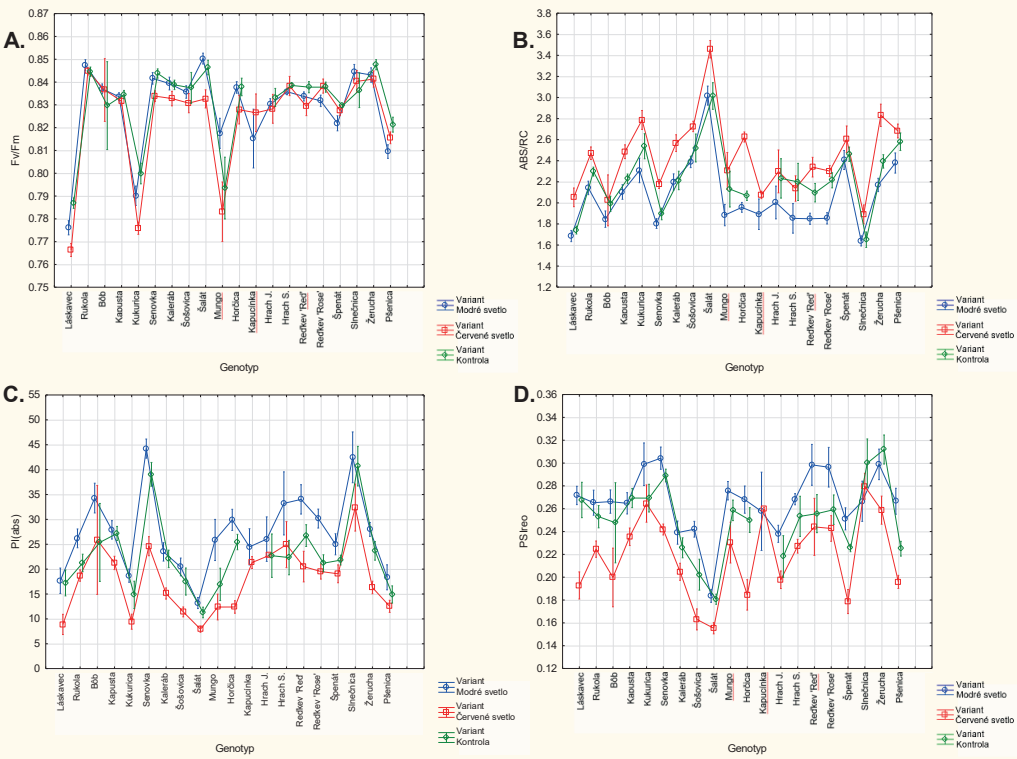
Červeným svetlom sa znižuje hustota a vodivosť prieduchov, dochádza k zníženiu obsahu Rubisco (Muneer *et al*., 2014) a rovnako klesá rýchlosť fotosyntézy. Dlhodobým pestovaním rastlín pod červeným osvetlením sa pozoruje zníženie účinnosti fotosystému II (PSII), rýchlosti transportu elektrónov (ETR), fotochemického zhášania (qP) a zvýšenie NPQ (nefotochemické zhášanie fluorescencie chlorofylu); neexistuje konsenzus o účinkoch dlhodobého pôsobenia červeného svetla na hodnoty F_v/F_m (maximálna fotochemická efektívnosť). Vo vybraných prípadoch boli spomínané hodnoty konštantné (Hamdani *et al*., 2018), ale v mnohých iných sa znížili (Trouwborst *et al*., 2016). Vzhľadom na závažné zmeny iných parametrov súvisiacich s PSII, sa zdá byť možné, že listy vyvinuté v čisto červenom svetle sa stanú zraniteľnejšími voči poškodeniu svetlom (Hogewoning *et al*., 2010).

Vo väčšine rastlinných druhov, ako je znázornené na obrázku (obr. 2), modré svetlo stimulovalo fotochemický výkon reprezentovaný parametrom výkonnostného indexu (PI), zatiaľ čo červené svetlo viedlo k miernemu zníženiu fotochemického výkonu.

Na základe hodnôt indexu fotochemickej výkonnosti (PIabs) sme testované genotypy klasifikovali do štyroch skupín: nereagujúce na spektrá (pšenica, špenát, hrach 'Jumbo' a fazuľa), vysoko reagujúce na modré spektrum (rukola, fazuľa mungo , hrach a šalát), vysoko reagujúce na červené spektrum (žerucha, slnečnica, šalát, šošovica, kaleráb, senovka grécka, kukurica, kapusta a láskavec) a rovnako reagujúce na modré aj červené spektrum (horčica, červená reďkovka) (obr. 2C).

Efektívnosť elektrónového transportu (PSI_{reo}) medzi fotosystémom I (PSI) a fotosystémom II (PSII) zvýšilo modré svetlo, zatiaľ čo červené svetlo viedlo k jeho zníženiu (obr. 2D). Rovnako sme pri červenom svetle v porovnaní s modrým svetlom zaznamenali zvýšené hodnoty parametra ABS/RC, ktorý vyjadruje nárast svetlozberných komplexov pri rastlinách pestovaných pod červeným osvetlením.

Pomer F_v/F_m nazývaný ako maximálny (či potenciálny) kvantový výťažok fluorescencie chlorofylu v stave adaptovanom na tmu alebo tiež maximálny kvantový výťažok efektivity PSII poskytuje presný odhad fotosyntetickej aktivity (Papageorgiou a Govindjee, 2004). Vykazuje silný kvantitatívny vzťah s asimiláciou CO_2 a teda aj rastom rastliny. Rovnako bývajú sledované cyklické zmeny jeho hodnoty v priebehu dňa a roka (Edwards a Baker, 1993; Ball *et al*., 1995). Je to dôležitý a ľahko merateľný parameter fyziologického stavu fotosyntetického aparátu. U rastlín adaptovaných na tmu nadobúda hodnoty 0,75 – 0,85. Pôsobenie stresových faktorov hodnoty daného parametra znižuje (Peterson *et al*., 2001).
V nami testovaných genotypoch mikrozeleniny bol parameter F_v/F_m v norme a rastliny nevykazovali signifikantne znížené či zvýšené hodnoty (obr. 2A).



Obrázok 2 Grafy znázorňujúce zmeny fotochémie PS II vo vybraných rastlinných genotypoch
Figure 2 Graphs showing changes in PS II photochemistry in selected plant genotypes.

4 Záver

Na rastlinách mikrozeleniny bol realizovaný skríningový experiment so zámerom identifikovať jednotlivé vplyvy svetelných spektier a genotypové rozdiely. Výstupy z experimentálnych dát boli generované na základe multiparametrických hodnotení pestovanej mikrozeleniny. Bolo dokázané, že účinky jednotlivých svetelných prostredí ovplyvňovali fyziologické prejavy rastlín. Rastlinné druhy reagovali odlišne na rôzne LED osvetlenia, a teda nároky na svetelné podmienky sa budú medzi druhmi líšiť. Optimálne svetelné prostredie by sa preto malo individuálne nastaviť pre každý pestovaný rastlinný druh.

Použitá literatúra

AMOOZGAR, A. - MOHAMMADI, A. - SABZALIAN, M.R. 2017. Impact of light-emitting diode irradiation on photosynthesis, phytochemical composition and mineral element content of lettuce CV. grizzly. *Photosynthetica*. Vol. 55, no. 1, p. 85–95. DOI 10.1007/s11099-016-0216-8.

ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. - CASTILLEJO, N. - MARTÍNEZ-ZAMORA, L. 2022. UV and visible spectrum LED lighting as abiotic elicitors of bioactive compounds in sprouts, microgreens, and baby leaves—a comprehensive review including their mode of action. *Foods*. Vol. 11, no. 3, p. 265. DOI 10.3390/foods11030265.

BALL, M. - BUTTERWORTH, J. - RODEN, J. - CHRISTIAN, R. - EGERTON, J. - WYDRZYNSKI, T. - CHOW, W. - BADGER, M. 1995. Applications of chlorophyll

fluorescence to Forest Ecology. *Functional Plant Biology*. Vol. 22, no. 2, s. 311–319. DOI 10.1071/pp9950311.

BANTIS, F. - SMIRNAKOU, S. - OUZOUNIS, T. - KOUKOUNARAS, A. - NTAGKAS, N. - RADOGLOU, K., 2018. Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (leds). *Scientia Horticulturae*. Vol. 235, p. 437–451. DOI 10.1016/j.scienta.2018.02.058.

BENKE, K. - TOMKINS, B. 2017. Future food-production systems: Vertical Farming and controlled-environment agriculture. *Sustainability: Science, Practice and Policy*. Vol. 13, no. 1, p. 13–26. DOI 10.1080/15487733.2017.1394054.

BIAN, Z. H. – YANG, Q. C. – LIU, W. K. 2014. Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. Vol. 95, no. 5, pp. 869–877. ISSN 0022-5142. DOI 10.1002/jsfa.6789

BIAN, Z. - JIANG, N. - GRUNDY, S. - LU, C. 2018. Uncovering led light effects on plant growth: New Angles and perspectives – LED light for improving plant growth, nutrition and energy-use efficiency. *Acta Horticulturae*. No. 1227, p. 491–498. DOI 10.17660/actahortic.2018.1227.62.

BLISS, R.M. 2014. Specialty greens pack a nutritional punch. *Agricultural Research magazine*. Vol. 62, no. 1, p.10. Dostupné na: https://agresearchmag.ars.usda.gov/AR/archive/2014/Jan/January2014.pdf

BOLDT, J.K. - ALTLAND, J.E. 2022. Comparison of supplemental lighting from high-pressure sodium lamps or light-emitting diodes on morphology and nutrient uptake of greenhouse crops. *Acta Horticulturae*. No. 1337, p. 313–322. DOI 10.17660/actahortic.2022.1337.42.

CHOE, U. - YU, L.L. - WANG, T.T. 2018. The science behind microgreens as an exciting new food for the 21st Century. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 66, no. 44, p. 11519–11530. DOI 10.1021/acs.jafc.8b03096.

COCETTA, G. - CASCIANI, D. - BULGARI, R. - MUSANTE, F. - KOŁTON, A. - ROSSI, M. - FERRANTE, A. 2017. Light use efficiency for vegetables production in protected and indoor environments. *The European Physical Journal Plus*. Vol. 132, no. 1, p. 1–15. DOI 10.1140/epjp/i2017-11298-x.

DAVIS, P.A. - BURNS, C. 2016. Photobiology in protected horticulture. *Food and Energy Security*. Vol. 5, no. 4, p. 223–238. DOI 10.1002/fes3.97.

DESPOMMIER, D. 2013. Farming up the city: The rise of urban vertical farms. *Trends in Biotechnology*. Vol. 31, no. 7, p. 388–389. DOI 10.1016/j.tibtech.2013.03.008.

EDWARDS, G.E. - BAKER, N.R. 1993. Can CO_2 assimilation in maize leaves be predicted accurately from chlorophyll fluorescence analysis? *Photosynthesis Research*. Vol. 37, no. 2, s. 89–102. DOI 10.1007/bf02187468.

HAMDANI, S. - KHAN, N. - PERVEEN, S. - QU, M. - JIANG, J. - GOVINDJEE - ZHU, X.-G. 2018. Changes in the photosynthesis properties and photoprotection capacity in rice (Oryza sativa) grown under red, blue, or White Light. *Photosynthesis Research*. Vol. 139, no. 1–3, s. 107–121. DOI 10.1007/s11120-018-0589-6.

HOGEWONING, S.W. - TROUWBORST, G. - MALJAARS, H. - POORTER, H. - IEPEREN, W. VAN - HARBINSON, J. 2010. Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of Cucumis sativus grown under different combinations of red and blue light. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 61, no. 11, s. 3107–3117. DOI 10.1093/jxb/erq132.

LI, Q. - KUBOTA, C. 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of Baby Leaf Lettuce. *Environmental and Experimental Botany*. Vol. 67, no. 1, p. 59–64. DOI 10.1016/j.envexpbot.2009.06.011.

MCCREE, K.J. 1971. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agricultural Meteorology*. Vol. 9, p. 191–216. DOI 10.1016/0002-1571(71)90022-7.

MORROW, R.C. 2008. LED lighting in Horticulture. *HortScience*. Vol. 43, no. 7, p. 1947–1950. DOI 10.21273/hortsci.43.7.1947.

MUNEER, S. - KIM, E. - PARK, J. - LEE, J. 2014. Influence of green, red and blue light emitting diodes on multiprotein complex proteins and photosynthetic activity under different light intensities in lettuce leaves (Lactuca sativa L.). *International Journal of Molecular Sciences*. Vol. 15, no. 3, s. 4657–4670. DOI 10.3390/ijms15034657.

MWANGA, R.O.M. - CLOETE, M. 2003. The role of horticulture: Issues, opportunities and constraints. *Acta Horticulturae*. No. 621, p. 45–51. DOI 10.17660/actahortic.2003.621.5.

NICHOLSON, C.F. - HARBICK, K. - GÓMEZ, M.I. - MATTSON, N.S. 2020. An economic and environmental comparison of conventional and controlled environment agriculture (CEA) supply chains for leaf lettuce to US cities. *Food Supply Chains in Cities*. P. 33–68. DOI 10.1007/978-3-030-34065-0_2.

NICOLE, C.C.S. - CHARALAMBOUS, F. - MARTINAKOS, S. - Van De VOORT, S., LI, Z. - VERHOOG, M. - KRIJN, M. 2016. Lettuce growth and quality optimization in a plant factory. *Acta Horticulturae*. No. 1134, p. 231–238. DOI 10.17660/actahortic.2016.1134.31.

NUR SYAFINI, G. - ABID, A. - NAZRUL HISHAM, D. - LIP, J. 2022. Effect of LED lighting on phytochemical content of lettuce plants (green coral and red coral) grown in plant factory condition. *Supplementary* 1. Vol. 6, no. S1, p. 80–85. DOI 10.26656/fr.2017.6(s1).016.

PALMER, S. - VAN IERSEL, M.W. 2020. Increasing growth of lettuce and Mizuna under sole-source LED lighting using longer photoperiods with the same daily light integral. *Agronomy*. Vol. 10, no. 11, p. 1659. DOI 10.3390/agronomy10111659.

PAPAGEORGIOU, G. C. – GOVINDJEE. 2004. *'Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis*. Advances in photosynthesis and respiration. Vol. 19' (Springer: Dordrecht, Netherlands).

PENNISI, G. - ORSINI, F. - BLASIOLI, S. - CELLINI, A. - CREPALDI, A. - BRASCHI, I. - SPINELLI, F. - NICOLA, S. - FERNANDEZ, J.A. - STANGHELLINI, C. - GIANQUINTO, G. 2019. Resource use efficiency of indoor lettuce (Lactuca sativa L.) cultivation as affected by red:Blue Ratio provided by LED lighting. *Scientific Reports*. Vol. 9, no. 1, p. 1–11. DOI 10.1038/s41598-019-50783-z.

PETERSON, R. B. - OJA, V. - LAISK, A. 2001. Chlorophyll fluorescence at 680 and 730 nm and leaf photosynthesis. *Photosynthesis Research*. Vol. 70, no. 2. DOI 10.1023/A:1017952500015.

ROHÁČEK, K. - BARTÁK, M. 1999. Technique of the modulated chlorophyll fluorescence: Basic concepts, useful parameters, and some applications. *Photosynthetica*. Vol. 37, no. 3, s. 336–363. DOI 10.1023/a:1007172424619.

SCHREIBER, U. - SCHLIWA, U. - BILGER, W. 1986. Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer. *Photosynthesis Research* . Vol. 10, no. 1–2, s. 51–62. DOI 10.1007/bf00024185.

TREADWELL, D. - HOCHMUTH, R. - LANDRUM, L. - LAUGHLIN, W. 2020. Microgreens: A new specialty crop. *EDIS*. Vol. 2020, no. 5. DOI 10.32473/edis-hs1164-2020.

TROUWBORST, G. - HOGEWONING, S.W. - KOOTEN, O. VAN - HARBINSON, J. - IEPEREN, W. VAN. 2016. Plasticity of photosynthesis after the 'red light syndrome' in cucumber. *Environmental and Experimental Botany*. Vol. 121, s. 75–82. DOI 10.1016/j.envexpbot.2015.05.002.

VAN IERSEL, M.W. 2017. Optimizing LED lighting in controlled environment agriculture. *Light Emitting Diodes for Agricultur*e. P. 59–80. DOI 10.1007/978-981-10-5807-3_4.

Kontaktné údaje: Lucia Jasenovská, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mailová adresa: xjasenovska@uniag.sk.

AKTUÁLNY STAV A VÝVOJ MAKRO- A MIKROŽIVÍN V POĽNOHOSPODÁRSKYCH PÔDACH SLOVENSKA

Current state and development of macro- and micronutrients in agricultural soils of Slovakia

Jozef KOBZA
NPPC – Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava, RP Banská Bystrica, Slovenská republika

V príspevku je hodnotený aktuálny stav a vývoj makro- a mikroživín v poľnohospodárskych pôdach Slovenska od roku 1993 (začiatok monitoringu pôd) v monitorovacej sieti pôd Slovenska, ktorá zahŕňa 318 lokalít. Prístupné makroživiny (P, K, Mg) boli analyzované metódou podľa Mehlicha III. Mikroživiny (Cu, Zn, Mn) boli analyzované metódou DTPA. Na základe dosiahnutých výsledkov bolo zistené, že obsah prístupných makroživín je pomerne variabilný, nízky obsah prevláda pri fosfore, naopak dobrý až vysoký obsah je pri horčíku. Celkový ich vývoj je v smere poklesu asi o 10 – 30% za sledované obdobie. Obsah mikroživín je prevažne stredný, i keď aj pri nich bol zistený mierny pokles.

Kľúčové slová: makroživiny (P,K,Mg), mikroživiny (Cu, Zn, Mn), poľnohospodárske pôdy, Slovensko

Úvod

Spoločensko-ekonomické zmeny po roku 1990 zasiahli výrazne aj oblasť úrodnosti pôdy, najmä obsah prístupných živín (makro- a mikroživín) v pôde. Kým pred rokom 1990 sa dávky NPK pohybovali na úrovni 220-230 kg č.ž./ha, v nasledovnom období výrazne poklesli až na 40-60 kg č.ž. NPK/ha a v súčasnosti sa pohybujú na úrovni 100 kg č.ž. NPK/ha, pričom podstatná časť pripadá na dusík (76,31kg č.ž/ha.), podstatne menej pripadá na fosfor (14,45 kg č.ž./ha) a na draslík (11 kg č.ž./ha). Prísun fosforu a draslíka vo forme priemyselných hnojív je teda oveľa nižší, čo je závažné konštatovanie o to viac, že naše pôdy sú prirodzene slabo zásobené najmä fosforom (celkový obsah fosforu sa často udáva od 0,02 do 0,15 %) (Kobza a kol.,2014).Mikroživiny sa vyznačujú tým, že ich nedostatok, ako aj prebytok v pôde v rozpustnej forme pôsobí škodlivo. Obsah mikroživín v pôde závisí od mineralogického zloženia. Vyšší obsah mikroživín majú pôdy, ktoré obsahujú ľahšie zvetrateľný mineralogický podiel, ktorý sa skladá najmä z biolitu, augitu a olivínu. Vysoký obsah mikroživín majú tiež pôdy v blízkosti rudných ložísk a metalického zrudnenia.

Materiál a metódy

V predkladanom príspevku celoplošne hodnotíme obsah prístupných makro- a mikroživín v monitorovacej sieti poľnohospodárskych pôd Slovenska (318 lokalít), a to v orničnom horizonte v hĺbke 0 – 10 cm. V monitorovacej sieti pôd Slovenska sledujeme tri základné makroživiny, a to prístupný fosfor, draslík a horčík, ktoré analyzujeme metódou Mehlich III. V monitorovacej sieti pôd Slovenska taktiež sledujeme tri základné mikroživiny, a to meď, zinok a mangán, a to len od 2. monitorovacieho cyklu. Na ich extrakciu sme použili vylúhovadlo DTPA (kyselina dietyléntriamínpentaoctová).

Výsledky a diskusia

V nasledovnej tabuľke 1 je uvedený obsah prístupných makroživín P, K, a Mg (Mehlich III.) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska za posledný najnovší 6. monitorovací cyklus.

Tabuľka 1 Priemerný obsah prístupných makroživín P, K a Mg (Mehlich III.) v poľnohospodárskych pôdach SR v mg.kg^{-1} / Average content of available macronutrients P, K and Mg (Mehlich III.) in agricultural soils of Slovakia in mg.kg^{-1}

Pôdy	Druh pozemku	Makroživiny		
		P	K	Mg
PG+LMg na spraš. hlinách	OP	69,22 (vyh)	215,65 (d)	333,71 (v)
PG+LMg na spraš. hlinách	TTP	25,30 (n)	115,70 n)	221,50 (d)
HM+HMg prevažne na spraš.	OP	81,56 (vyh)	267,12 (d)	370,06 (vv)
ČM na spraš.	OP	93,57 (d)	295,60 (d)	388,60 (vv)
FM+FM_G na karb. fluv. sed.	OP	46,91 (n)	203,48 (d)	394,28 (vv)
FM+FM_G na nekarb. fluv. sed.	OP	63,42 (vyh)	209,90 (d)	438,30 (vv)
KM na vulkanitoch	TTP	26,54 (n)	198,58(vyh)	172,71(vyh)
KM na vulkanitoch	OP	44,97 (n)	223,00 (d)	253,00 (d)
KM na kyslých substrátoch	OP	58,50 (vyh)	223,30 (d)	290,60 (v)
KM na kyslých substrátoch	TTP	38,50 (n)	122,00 (n)	162,50(vyh)
KM+KMg na flyši	TTP	23,40 (n)	162,90(vyh)	214,40 (d)
KM+KMg na flyši	OP	50,60 (n)	156,90(vyh)	240,20 (d)
KM na karbonátových substrátoch	TTP	21,20 (n)	176,10(vyh)	354,30 (vv)
KM na karbonátových substrátoch	OP	43,80 (n)	277,20 (d)	395,70 (vv)
RA na vápencoch	TTP	15,60 (n)	252,60 (d)	697,50 (vv)
RA na vápencoch	OP	106,10 (d)	267,00 (d)	667,00 (vv)
ČA na karb. fluv. sed.	OP	65,00 (vyh)	222,40 (d)	609,40 (vv)
ČA na nekarb. fluv. sed.	OP	139,70 (v)	342,80 (v)	333,00 (v)
PZ, RN_P, LI^q	TTP	31,74 (n)	152,11(vyh)	50,61 (n)
RM na karbonátových pieskoch	OP	155,32 (v)	245,80 (d)	216,50 (d)
RM na nekarbonátových pieskoch	OP	177,00 (vv)	138,62(vyh)	52,22 (n)
SK+SC (soľné pôdy)	TTP	31,10 (n)	180,33(vyh)	889,50 (vv)

Vysvetlivky: PG – Pseudogleje, LMg – Luvizeme pseudoglejové, HM – Hnedozeme, HMg – Hnedozeme pseudoglejové, ČM – Černozeme, FM – Fluvizeme, FM_G – Fluvizeme glejové, KM – Kambizeme, KMg – Kambizeme pseudoglejové, RA – Rendziny, ČA – Čiernice, PZ – Podzoly, RNp – Rankre podzolové, LI^q – Litozeme var. silikátové, RM – Regozeme, SK – Slaniská, SC – Slance, OP – orná pôda, TTP – trvalý trávny porast, n – nízky obsah, vyh – vyhovujúci obsah, d – dobrý obsah, v – vysoký obsah, vv – veľmi vysoký obsah

Treba zdôrazniť, že sú tu zastúpené prakticky všetky pôdne predstavitele Slovenska s rôznou úrovňou obhospodarovania a využívania, čo sa odzrkadľuje v širokom rozpätí obsahu prístupného fosforu. Priemerný obsah prístupného fosforu v poľnohospodárskych pôdach Slovenska je preto značne variabilný, pohybuje sa v širokom rozpätí 15,60 – 177,00 mg.kg^{-1}, čo je obsah nízky až veľmi vysoký pre prevládajúce zrnitostne stredne ťažké pôdy (Kobza a Gáborík, 2008).Najnižšie hodnoty prístupného fosforu všeobecne prevládajú na pôdach pod trvalými trávnymi porastami (15,60 – 38,50 mg.kg^{-1}), čo je obsah nízky a kde úroveň P-hnojenia bola aj v minulosti nízka (najmä menej prístupné a vzdialené pozemky od hospodárskych stredísk). Na rozdiel od pôd pod trvalými trávnymi porastami, najvyššie hodnoty obsahu prístupného fosforu boli logicky zistené na orných pôdach skôr ako pretrvávajúca zásoba tohto prvku z predchádzajúcich hnojení. Vývoj obsahu prístupného fosforu v uvedených skupinách pôd má mierne klesajúci trend, čo súvisí so znižujúcimi sa dávkami fosforečných hnojív. Zistené rozdiely medzi 1. a 6. monitorovacím cyklom boli prevažne štatisticky preukazné (Kobza a kol., 2024).Aktuálny obsah prístupného draslíka v ornici poľnohospodárskych pôd Slovenska je taktiež pomerne variabilný, jeho obsah sa pohybuje priemerne na úrovni nízkej až vysokej zásobenosti (priemerne v rozpätí 115,70 – 342,80 mg.kg^{-1}). Najvyššie priemerné hodnoty prístupného draslíka boli zistené na čierniciach, černozemiach a hnedozemiach, našich najúrodnejších pôdach. Najnižší obsah prístupného draslíka bol nameraný na niektorých pôdach pod trvalými trávnymi porastami. V prevažnej časti hodnotených pôd pozorujeme prevažne mierne zníženie obsahu

prístupného draslíka od začiatku realizácie monitoringu pôd na Slovensku (od roku 1993). Pramení to aj z celkovo lepšej zásobenosti našich pôd draslíkom oproti fosforu (Kobza a kol., 2024).Väčšina poľnohospodárskych pôd SR je dostatočne zásobená horčíkom a to vďaka prirodzeným zásobám tejto živiny v pôdotvorných substrátoch Karpatského oblúka a Podunajskej nížiny. Obsah prístupného horčíka v ornici poľnohospodárskych pôd sa pohybuje v širokom rozpätí 50,61 – 889,50 mg.kg^{-1}, čo je obsah nízky až veľmi vysoký. Najnižší obsah tohto prvku bol zistený v podzoloch a kyslých regozemiach. V prevažnej časti poľnohospodárskych pôd sú však hodnoty obsahu horčíka dobré až veľmi vysoké (214,40 – 889 mg.kg^{-1}), čo sme už konštatovali aj v predchádzajúcej publikácii (Kobza a kol., 2024). Rozdiely medzi ornými pôdami a pôdami pod trvalými trávnymi porastami nie sú výrazné, čo len dokumentuje, že naše pôdy sú prirodzene dobre zásobené týmto prvkom, pretože Mg-hnojenie sa prakticky ani v minulosti na našich pôdach nerealizovalo. Doterajší vývoj obsahu prístupného horčíka nie je ovplyvnený hnojením, pretože ani v súčasnosti ani v minulosti sa Mg – hnojenie na poľnohospodárskych pôdach nepraktizovalo, čo platí aj pre intenzívne obhospodarované pôdy (Kobza a kol., 2024).

Obsah mikroživín v ornici poľnohospodárskych pôd Slovenska je uvedený v nasledovnej tabuľke 2.

Tabuľka 2 Priemernýobsah mikroživín (DTPA) v poľnohospodárskych pôdach SR v mg.kg^{-1} / Average content of micronutrients (DTPA) in agricultural soils of Slovakia in mg.kg^{-1}

Pôdy	Druh pozemku	Mikroživiny		
		Cu	Zn	Mn
PG+LMg na spraš̆ových hlinách	OP	1,60 (s)	2,13 (s)	25,90 (s)
PG+LMg na spraš̆ových hlinách	TTP	1,73 (s)	2,31 (s)	34,59 (s)
HM+HMg prevažne na spraš̆iach	OP	2,16 (s)	1,28 (s)	22,64 (s)
ČM na spraš̆iach	OP	2,36 (s)	1,26 (s)	45,78 (s)
FM+FM_G na karb. fluv. sedimentoch	OP	5,07 (v)	2,91 (v)	18,29 (s)
FM+FM_G na nekarb. fluv. sedimentoch.	OP	4,04 (v)	3,45 (v)	33,23 (s)
KM na vulkanitoch	TTP	1,21 (s)	2,11 (s)	21,66 (s)
KM na vulkanitoch	OP	1,73 (s)	2,62 (v)	24,76 (s)
KM na kyslých substrátoch	OP	3,30 (v)	1,50 (s)	48,50 (s)
KM na kyslých substrátoch	TTP	5,05 (v)	3,00 (v)	64,30 (s)
KM+KMg na flyši	TTP	2,10 (s)	3,10 (v)	74,90 (s)
KM+KMg na flyši	OP	1,80 (s)	1,60 (s)	54,90 (s)
KM na karbonátových substrátoch	TTP	2,90 (v)	2,70 (v)	74,10 (s)
KM na karbonátových substrátoch	OP	2,40 (s)	1,60 (s)	63,30 (s)
RA na vápencoch	TTP	2,13 (s)	3,40 (v)	26,20 (s)
RA na vápencoch	OP	3,04 (v)	3,60 (v)	80,00 (s)
ČA na karb. fluv. sedimentoch	OP	3,40 (v)	2,01 (s)	15,45 (s)
ČA na nekarb. fluv. sedimentoch	OP	3,36 (v)	3,23 (v)	45,68 (s)
PZ, RN_P, LI^q	TTP	0,31 (m)	1,55 (s)	3,05 (m)
RM na karbonátových pieskoch	OP	2,15 (s)	2,27 s)	13,82 (s)
RM na nekarbonátových pieskoch	OP	0,73 (m)	2,21 (s)	19,72 (s)
SK+SC (soľné pôdy)	TTP	3,77 (v)	1,65 (s)	10,41 (s)

Vysvetlivky: pôdy ako pri predchádzajúcej tabuľke, m - malý obsah, s - stredný obsah, v – vysoký obsah

Priemerný obsah medi v poľnohospodárskych pôdach Slovenska, sa pohybuje prevažne v rozpätí od 0,31 do 5,07 mg.kg^{-1}, čo je obsah malý až vysoký. Najnižší obsah bol zistený na podzoloch a regozemiach na kremitých eolických pieskoch. Najvyšší obsah medi bol zistený na fluvizemiach a kambizemiach na kyslých substrátoch (kryštaliniku), najmä v horských oblastiach s výskytom metalického zrudnenia, taktiež na niektorých pôdach pod vinicami, kde sa často aplikujú meďnaté prípravky.Obsah zinku v ornici poľnohospodárskych pôd sa pohybuje prevažne v rozpätí 1,26 – 3,60 mg.kg^{-1}, čo je obsah stredný až vysoký. Najvyššie

hodnoty boli namerané na rendzinách a niektorých kambizemiach na kyslých substrátoch, ako aj na niektorých fluvizemiach (viac ako 3 $mg.kg^{-1}$). Pri ostatných pôdach prevažuje stredný obsah zinku.Priemerný obsah mangánu v ornici poľnohospodárskych pôd sa pohybuje v širokom rozpätí 3,05 – 80 $mg.kg^{-1}$, čo ukazuje na výraznú i priestorovú heterogenitu tohto prvku v našich pôdach. Potvrdili to aj doterajšie výsledky ASP na poľnohospodárskych pôdach. Ide o obsah stredný, možno konštatovať, že prevláda stredná zásobenosť našich pôd mangánom a je ho v našich pôdach relatívny dostatok. Prípadný nedostatok mangánu vzniká skôr nevhodnými stanovištnými podmienkami, ako jeho neprítomnosťou v pôde (Demo a kol., 2002). Najnižší obsah mangánu sme zaznamenali na podzoloch (Tab. 2).

Záver

Od roku 1993 (začiatok celoplošného monitorovania pôd v SR) zisťujeme úbytok prístupného fosforu a draslíka v poľnohospodárskych, najmä orných pôdach v priemere o 10 – 30 %, čo je prejavom nízkych dávok aplikovaných hnojív. Obsah prijateľného horčíka je stále dobrý až vysoký (s výnimkou veľmi kyslých pôd, ako sú podzoly a rankre podzolové), pohybuje sa v priemernom rozpätí 200 – 600 $mg.kg^{-1}$, čo ukazuje na dobrú až vysokú prirodzenú zásobenosť našich pôd týmto prvkom, pretože ani v minulosti ani v súčasnosti sa horčík do pôdy neaplikoval (s výnimkou vápenato-horečnatých hmôt – napr. dolomitických vápencov za účelom vápnenia kyslých pôd). Čo sa týka mikroživín, v doteraz sledovanom období realizácie monitoringu pôd na Slovensku (1993 – 2022) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska zisťujeme stále prevažne stredný až vysoký obsah mikroživín (Cu, Zn, Mn). Možno teda konštatovať, že v našich pôdach nevykazujeme v súčasnosti deficit hodnotených mikroživín v pôdach, čo sme už dokumentovali aj v predchádzajúcich prácach (Kobza a kol., 2014, 2019, 2024).Lokálnezvýšené hodnoty mikroživín nachádzame v oblastiach vplyvu tzv. geochemických anomálií, resp. pri pestovaní niektorých špeciálnych plodín (napr. zvýšené hodnoty Cu v niektorých viniciach ako výsledok vplyvu aplikácie meďnatých postrekov). Naopak, príp. lokálne deficity, prejavované určitými karenčnými poruchami poľných plodín je možné napraviť formou foliárneho postreku príslušnou mikroživinou ako ekonomicky najprijateľnejší spôsob (Kobza a Gáborík, 2008).

Poďakovanie

Táto práca vznikla za podpory vedenia NPPC - Výskumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy, ako aj rezortu Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR pre realizáciu celoplošného monitorovania pôd na Slovensku v rámci kontraktu No 720/2023/MPRV SR.- 930.

Použitá literatúra

DEMO, M. - HRIČOVSKÝ, I. - BIELEK, P. - FEHÉR, A. - FRANČÁKOVÁ, H. - GINTEROVÁ, A. - HANÁČKOVÁ, E. - HROŠKA, Š. - HRONSKÝ, Š. - HÚSKA, D. - JUREKOVÁ, Z. - LANDA, Z. - POSPÍŠIL, R. - REHÁK, Š. - RÓZOVÁ, Z. - SÝKOROVÁ, Z. - VALŠÍKOVÁ, M. 2002.*Trvalo udržateľné technológie v záhradníctve*. Nitra : SPU, 581 s.

KOBZA, J. - GÁBORÍK, Š. 2008. *Súčasný stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska.* VÚPOP Bratislava, 58 s. ISBN 978-80-89128-47-1.

KOBZA, J. - BARANČÍKOVÁ, G. - DODOK, R. - HRIVŇÁKOVÁ, K. - MAKOVNÍKOVÁ, K. - PÁLKA, B. - PAVLENDA, P. - SCHLOSSEROVÁ, J. - STYK, J. - ŠIRÁŇ, M. 2014. *Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu. Výsledky ČMS-P za obdobie rokov 2007 – 2012 (4. cyklus).* VÚPOP Bratislava, 252 s. ISBN 978-80-8163-004-0.

KOBZA, J. - BARANČÍKOVÁ, G. - DODOK, R. - MAKOVNÍKOVÁ, J. - PÁLKA, B. - STYK, J. - ŠIRÁŇ, M. 2019. *Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností*

pôd ako podklad k ich ochrane a ďalším využívaniam (2013 – 2017). Monografia. NPPC-VÚPOP Bratislava, 252 s. ISBN 978-80-8163-033-0.

KOBZA, J. - BARANČÍKOVÁ, G. - DODOK, R. - MAKOVNÍKOVÁ, J. - PÁLKA, B. - STYK, J. - ŠIRÁŇ, M. 2024. *Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2018 – 2022).* NPPC-VUPOP Bratislava, 253 s. ISBN 978-80-8163-050-7.

Kontaktné údaje: Jozef Kobza, NPPC – Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava, RP Banská Bystrica, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, Slovenská republika, ✉ jozef.kobza@nppc.sk

PREDBEŽNÉ VÝSLEDKY ŠTÚDIA ROZŠÍRENIA DRUHU *PANICUM CAPILLARE* NA SLOVENSKU

Preliminary results of the study of the distribution of *Panicum capillare* in Slovakia

Nikola KOTLÁROVÁ, Pavol ELIÁŠ jun., Lenka TOMOVIČOVÁ, Ľuba ĎURIŠOVÁ, Samuel KŠIŇAN
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

Druh *Panicum capillare* je C4 druh trávy pochádzajúci zo Severnej Ameriky, ktorý sa v súčasnosti šíri od subtropických až po mierne oblasti celého sveta – vyskytuje sa od Južnej Ameriky po juhozápadnú Afriku, Európu a lokálne aj v Pakistane, Indii, Ázii a Austrálii. Práca sa zaoberá rozšírením sa druhu *Panicum capillare* na Slovensku. Porovnávali sme historické záznamy rozšírenia sa podľa Jehlíka (1998) a súčasné, nami zaznamenané lokality. Primárnymi lokalitami výskytu tohto druhu na Slovensku sú Komárno, Bratislava, západná časť Podunajskej nížiny a niekoľko lokalít v západnej časti Východoslovenskej nížiny. Na základe údajov aktuálneho rozšírenia môžeme konštatovať, že druh *Panicum capillare* sa na Slovensku postupne šíri na nové lokality v smere z juhu (juhozápadu) na sever hoci momentálne nespôsobuje výrazný problém na poľnohospodárskej pôde. Vyžaduje si však pozornosť do budúcna.

Kľúčové slová: buriny, *Panicum capillare*, rozšírenie, Slovensko

1 Úvod a prehľad literatúry

Proso vláskovité (*Panicum capillare*) je jednoročná tráva z čeľade lipnicovitých (*Poaceae*), ktorá sa vyskytuje v rôznych poľnohospodárskych plodinách, na lúkach a rôznych iných (často ruderálnych) biotopoch. Produkuje veľké množstvo semien a je schopné tolerovať vysoké dávky herbicídov (Clements et al., 2004). Je to C4 druh trávy, ktorý dozrieva v lete a jeho globálny výskyt sa postupne zvyšuje. Zrná druhu *Panicum capillare* najčastejšie rozširujú zvieratá a vietor, ale taktiež aj poľnohospodárske stroje, preprava poľnohospodárskych komodít atď. Semená si udržujú klíčivosť až 20 rokov a tým vytvárajú v pôde trvalú pôdnu zásobu semien. Minimálna teplota potrebná na klíčenie prosa vláskovitého je 10 °C, pričom optimum je 20 – 30 °C (Burul et al.,2020; Wu et al, 2021). *Panicum capillare* klíči od mája do novembra zvyčajne až po vystavení semien svetlu. Rastliny vegetatívne rastú na jar, kvitnú v polovici a koncom leta. Nie je známe, či *Panicum capillare* vytvára mutualistické alebo antagonistické vzťahy s inými organizmami. Pod mutualistickými alebo antagonistickými vzťahmi rozumieme vzťahy medzi bylinožravcami, predátormi, endofytickymi hubami alebo mykoríznymi hubami (Richardsona Thompson, 2001).

Proso vláskovité (*Panicum capillare*) je burina pochádzajúca zo Severnej Ameriky. Z oblasti pôvodného výskytu sa intenzívne šíri od subtropických až po mierne oblasti celého sveta. Patria sem oblasti Ázie, Južnej Ameriky (Argentína a Čile), taktiež Nový Zéland, Austrália, Severná Afrika (Maroko) a aj značná časť severnej pologule (Wu et al., 2021). Napríklad najstarší herbárový záznam nepôvodného (sekundárneho) výskytu druhu *Panicum capillare* z južnej Austrálie pochádza z roku 1911 a nasledovalo Sydney v roku 1927. V posledných rokoch sa jeho výskyt zvýšil a v súčasnosti je široko rozšírený v juhozápadných oblastiach Austrálie (AVH, 2021). Tento druh si vyžaduje pozornosť, keďže v štátoch ako Tadžikistana Pakistan sa rýchlo udomácnil ako burina na obrábaných poliach už krátko po introdukcii na začiatku 21. storočia. Pravdepodobne bol zavlečený prechodne a v súčasnosti sa vyskytuje v antropogénnych biotopoch (Nobis et al., 2014).

V Európe bolo proso vláskovité pôvodne pestované v ako okrasná rastlina používaná do kytíc a vencov. Okrem vyššie uvedenej zámernej introdukcie bolo zavlečené najmä

severoamerickým obilím a olejninami. Taktiež sa zavlieklo krmivom pre ryby, vtáčím zobom a záhradnou zeminou (Jehlík 1998).V bývalom Československu sa najskôr objavilo v Českej republike v roku 1940 na východe Čiech a následne o rok neskôr bolo spozorované v Pardubiciach. Na Slovensku bol prvý krát zaznamenaný v Komárne v roku 1951 a neskôr v Bratislave v koľajisku pri závode Mlyny a pekárne v roku 1972 (Jehlík, 1998). Existuje však aj spochybňovaný údaj z konca 18. storočia (taktiež z Bratislavy), kde proso vláskovité uniklo z pestovania v okrasných záhradách (Lumnitzer, 1799). Podobne v Chorvátsku bol druh prvý krát bol zaznamenaný v 60. rokoch 20. storočia (Burul et al.,2020). Z uvedeného vyplýva, že druh *Panicum capillare* patrí v strednej a juhovýchodnej Európe medzi relatívne nové nepôvodné rastliny.

Uvedený druh svojim výskytom v poľných kultúrach spôsobuje straty úrody, taktiež toxicitu zvierat a je aj hostiteľom viacerých škodcov a chorôb. Problém nastáva najmä pri bezorbových poľnohospodárskych systémoch. Napadá najmä letné plodiny ako sú kukurica, sója, ozimná pšenica a cirok (URL 1).Vzhľadom na teplotné nároky sa očakáva šírenie *Panicum capillare* najmä v oblastiach kukuričného výrobného typu. Keďže sa momentálne vyskytuje v Českej republike iba na ruderálnych stanovištiach zaraďujeme ho medzi druhy vnútornej karantény. Na Slovensku sa od začiatku tento druh šíry aj do poľných kultúr. Aby sa zamedzilo šírenie je potrebné používať vhodné herbicídy, pričom triazínové herbicídy nie sú účinné (Jehlík 1998).

Cieľom práce je poukázať na postupné šírenie sa prosa vláskovitého v poslednom období na území Slovenska, čo môže byť potenciálnym rizikom pre poľnohospodársku prvovýrobu.

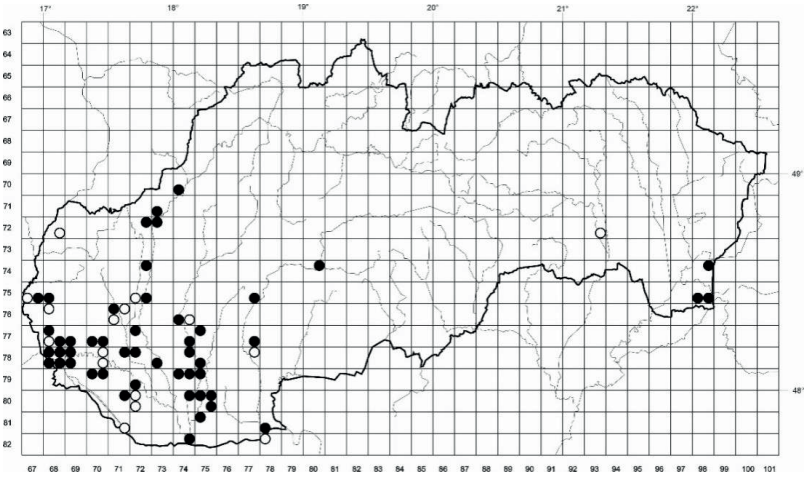
2 Materiál a metódy

2.1 Zber a zaznamenávanie Panicum capillare

Aktuálne rozšírenie druhu *Panicum capillare* na Slovensku sme vytvorili na základe Jehlíkových zberov a publikovaných údajov(Jehlík1998) a našich vlastných zberov počas terénneho výskumuna Slovenskuv rokoch 2023 a 2024, ako aj z revidovaných herbárových zbierok Masarykovej univerzity v Brne(akronym BRNU), Moravského zemského múzea v Brne (BRNM), Botanického ústavu SAV (SAV), Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre (NI),Tekovského múzea v Leviciach (LTM) a Západoslovenského múzea v Trnave (TTM). Jednotlivé získané dáta slúžili na vytvorenie databázy v prostredí MS Excel. Mapa bola spracovaná programom Corel DRAW.

3 Výsledky a diskusia

Na základe získaných výsledkov je zrejmý trend ďalšieho šírenia sa druhu *Panicum capillare* v južných častiach Slovenska najmä na juhu Podunajskej nížiny a na Záhorí, tak ako ho zaznamenal koncom deväťdesiatych rokov už Jehlík (1998) (obr. 1). Druh sa šíri najmä na ruderálne biotopy – koľajiská železničných staníc, okraje ciest, kvetinové záhony a pod. Výskyt v poľných kultúrach bol v súčasnosti zistený len zriedkavo (kukurica).



Obrázok 1 Rozšírenie druhu *Panicum capillare* na Slovensku: ● – lokality podľa Jehlíka (1998), ○ – nové lokality / Distribution of *Panicum capillare* in Slovakia:● – localities according to Jehlik (1998), ○ – new localities

Naše údaje zodpovedajú celkovému trendu súčasného výskytu druhu *P. capillare* v Európe (Waldés et al., 2009+) pričom napr. v Chorvátsku sa uvádza ako invazívny druh a aj ako obzvlášť škodlivá burina v poľnohospodárstve (Király a Alegro, 2015). Podobný trend je však aj v iných oblastiach sekundárneho areálu druhu. Nobis et al. (2014) uvádzajú, že pre flóru Tadžikistanu je to nový nepôvodný druh. Pravdepodobne bol na územie prechodne zavlečený a vyskytuje sa v antropogénnych biotopoch. V krajine ako je Pakistan sa však udomácnil krátko po introdukcii ako burina na obrábaných poliach. Druh *Panicum capillare* sa podľa nedávnych prieskumov šíriaj v Novom Južnom Walese (Austrália) a ukázalo sa, že bol druhou najrozšírenejšou burinou v danom regióne (Weston et al., 2014).

4 Záver

Z výsledkov môžeme konštatovať, že druh *Panicum capillare* sa postupne šíri na území Slovenska z juhu – juhozápadu na sever, najmä v oblasti Podunajskej a Záhorskej nížiny, čo môže byť spôsobené vyššou globálnou zmenou klímy. Šírenie tohto druhu môže však súvisieť aj s pestovaním v botanických a okrasných záhradách, ale tiež použitím do okrasných kytíc. Na Slovensku zatiaľ neevidujeme proso vláskovité ako významný problém pre poľnohospodársku výrobu ako to bolo zistené v iných štátoch Európy. Je však potrebné monitorovať jeho výskyt do budúcna.

Poďakovanie

Výskum bol financovaný z grantového projektu VEGA 1/0359/22.

Použitá literatúra

AVH (Australia'sVirtualHerbarium) 2021. Dostupné na: https://avh.ala.org.au/occurrences/search?taxa=Panicum+capillare#tab_mapView

BURUL, F. - ŠOŠTARČIĆ, V. - SĆEPANOVIĆ, M. 2020. Biology and ecology of Panicum weed species. In *Fragmenta Phytomedica*. Online. Vol. 34, No 5, s. 40-62. Dostupné na: https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=350519 [dátum citovania 2024-08-05].

CLEMENTS, D. - DITOMMASO, A. - DARBYSHIRE, S. - CAVERS, P. - SARTONOV, A.

2004. Thebiology of Canadianweeds. 127. *Panicumcapillare* L. In *Canadian Journal of Plant Science*. Online. Vol. 84, No. 1, s. 327-341. Dostupné na: https://doi.org/10.4141/P02-147 [dátum citovania 2024-08-05].

JEHLÍK, V. 1998. Cizí expanzivní plevele české republiky a slovenské republiky. Praha. 506 s. ISBN 80-200-0656-7.

KIRÁLY, G. - ALEGRO, A. 2015. Re-evaluation of the *Panicum capillare* complex (Poaceae) in Croatia. In *Acta Botanica Croatica*. Online. Vol. 74, No 1, s. X. Dostupné na: 10.1515/botcro-2015-0004 [dátum citovania 2024-08-05].

LUMNITZER, S. 1791. Flora Posoniensis exhibens plantas circa Posonium sponte crescentes secundum system asexuale Linneanum digestas. Siegfried Lebrecht, Lipsiae, 557 s.

NOBIS, N. - NOWAK, A. - NOBIS, A. - PASZKO, B. - PIWOWARCZIK, R. - NOWAK, S. - PLÁŠEK, V. 2013. Contribution to the flora of Asian and European countries: new national and regional vascular plant records. In *Acta Botanica Gallica*. Online. Vol. 161, No 1, s. 81-89. Dostupné na: https://doi.org/10.1080/12538078.2013.871209 [dátum citovania 2024-08-05].

RICHARDSON, L. - THOMPSON, E. 2001. *Panicum flexile* (Gattinger) Scribn. Stiff Witch Grass. New England. 15 s. ISBN 508/877-7630.

URL 1 Dostupné na: <https://atrium.lib.uoguelph.ca/server/api/core/bitstreams/1060d367-68c5-43f2-9431-f2f59e03684d/content> [cit. 2022-08-06].

WALDÉS, B. - SCHOLZ, H. 2009+. *Poaceae* (pro parte majore). Euro+MedPlantbase - theinformationresourcefor Euro-Mediterraneanplantdiversity. Dostupné na: https://europlusmed.org/cdm_dataportal/taxon/7f35f264-b88d-496b-890c-b7b78e74bbb6 [dátum citovania 2024-08-05].

WESTON, L. - STANTON, R. - WU, H. - MWENDWA, J. - WESTON, P. - WEIDENHAMER, J. - BROWN, W. 2014. Comparison of grain crops and their associated residues for weed suppression in the Southern Australian mixed farming zone. In *Proceedings of the 19th Australasian Weed Conference.* Online. Vol. 1, No 1, s. 4. Dostupné na: https://caws.org.nz/old-site/awc_contents.php?yr=2014 [dátum citovania 2024-08-05].

WU, H. - ASADUZZAMAN, M. - SHEPHARD, A. - MA, X. 2021. Seed Biology of Witchgrass (*Panicum capillare* L.) Ensures Its Success Under Different Environmental Conditions. In *Frontiers in Agronomy*. Online. Vol. 3, No. 657785, s. X. Dostupné na: https://doi.org/10.3389/fagro.2021.657785 [dátum citovania 2024-08-05].

Kontaktné údaje: Nikola Kotlárová, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav rastlinných a environmentálnych vied, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, ✉ xkotlarova@uniag.sk

VYUŽITIE REAL-TIME PCR V DETEKCII ALERGÉNNYCH STRUKOVÍN
Using of real-time PCR in the detection of allergenic legumes

Adam KOVÁČIK, Dagmar MORAVČÍKOVÁ, Aqsa ABBAS
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská Republika

Strukoviny sú významnou a výživovo plnohodnotnou súčasťou jedálnička. V mnohých častiach sveta sú významným zdrojom bielkovín, z ktorých viaceré však predstavujú alergénne ohrozenie sensitizovaných ľudí. Vzhľadom k tomu, že prevalencia potravinových alergií celosvetovo narastá, je potrebné aj v prípade strukovín disponovať dostatočne citlivými metódami a protokolmi, ktoré umožnia efektívnu kontrolu strukovín v potravinárskych výrobkoch. Real-time PCR je vysoko citlivá metóda, ktorá detekuje prítomnosť nukleových kyselín konkrétnych druhov strukovín a bola úspešne aplikovaná v prípade viacerých z nich.

Kľúčové slová: strukoviny, real-time PCT, detekčný limit

1 Úvod

Súčasné metodiky a postupy genetických technológií ponúkajú viaceré vysoko efektívne a citlivé spôsoby, ako je možné analyzovať prítomnosť konkrétnych druhov alebo niektorých z ich génov v zmesných potravinárskych produktoch. Potreba presnej identifikácie vzniká pri dôkazoch falšovania potravín alebo pri potrebe kontroly nežiadúcich súčastí a v neposlednom rade aj pri kontrole prítomnosti alergénnych druhov sledovaných EÚ.

Strukoviny sú vďaka svojim výživovým charakteristikám súčasťou ľudskej stravy vo väčšine častí sveta. Žiaľ, v takmer všetkých strukovinách boli identifikované bielkoviny (alergény), viažuce IgE. Aalergická reakcia na strukoviny sa pohybuje od miernych kožných reakcií až po život ohrozujúcu anafylaktickú reakciu. Celkovo je alergénnosť spôsobená konzumáciou strukovín v klesajúcom poradí v rámci sveta nasledovná: arašidy, sója, šošovica, cícer, hrach, fazuľa mungo a kajan indický (Verma et al., 2013). Podzemnica olejná a sójové bôby sú dve z ôsmych potravín, ktoré sú príčinou najvýznamnejších potravinových alergií v Európe a v USA (Nwaru et al., 2014). Okrem toho sa v Európe čoraz častejšie využívajú aj iné strukoviny ako lupina, ktoré sú častou prísadou v pšeničnej múke (Villarino et al., 2016). Schopnosť alergénov lupiny vyvolávať alergické reakcie bola zdokumentovaná od začiatku 90. rokov 20. storočia. Spočiatku bola uvádzaná ako výsledok krížovej reakcie s alergénmi podzemnice olejnej, avšak neskôr bola opísaná aj ako primárna senzibilizácia (Jappe a Vieths, 2010). Alergia na iné druhy strukovín ako je šošovica, zelená fazuľka, hrach a cícer môžu byť dôležité aj v stredomorských krajinách, kde sú tieto potraviny zdrojom vlákniny a cenných bielkovín (Verma et al., 2013).

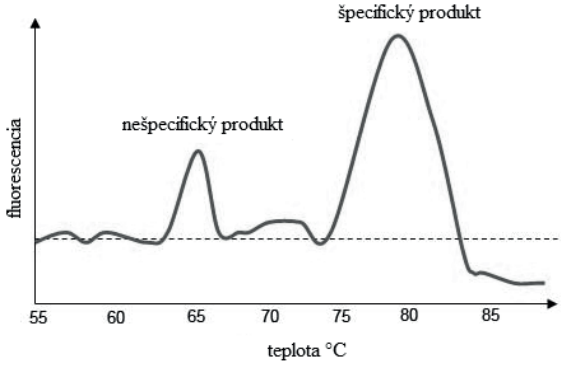
Doteraz bolo identifikovaných a charakterizovaných viacero alergénov z rôznych strukovín (Abu Risha et al., 2024) ako na proteínovej úrovni, tak aj na úrovni nukleových kyselín. A sú to práve poznatky o sekvenciách DNA, ktoré umožňujú aplikáciu spoľahlivých metód genetických technológií k potvrdeniu/ vyvráteniu prítomnosti alergénnych druhov v potravinách a potravinových zmesiach. Jednou z takýchto metód je real-time PCR, alebo PCR v reálnom čase.

2 Real-time PCR ako metodika detekcie strukovín v potravinách

Prax označovania alergénnych zložiek a dodržiavanie právnych predpisov musí byť riadená pomocou vhodnej, konkrétnej a citlivej metódy detekcie. Fu et al. (2019) uvádzajú, že najpopulárnejšie metódy detekcie alergénov možno rozdeliť hlavne do dvoch veľkých skupín:
1. prístupy založené na DNA (PCR a PCR v reálnom čase)

2. prístupy založené na proteínoch (enzýmové imunoanalýzy (ELISA), metódy hmotnostnej spektrometrie, biosenzory).

Real-time PCR je metóda, ktorá s použitím fluorescenčných molekúl monitoruje produkciu amplifikačných produktov počas každého cyklu reakcie. Určovanie špecifity vznikajúceho amplikónu sa pri PCR v reálnom čase sa uskutočňuje pomocou grafického znázornenia krivky topenia, ktorá je založená na princípe denaturácie dvojvlákna DNA a využíva to, že rôzne amplikóny majú rôzne teploty topenia (Žiarovská a Ražná, 2018). Nešpecifické produkty majú teplotu topenia nižšiu než špecifické (obrázok 1).



Obrázok 1. Disociačná krivka topenia amplikónu v PCR v reálnom čase.

Výhodou PCR v reálnom čase je jej špecifickosť, citlivosť, reprodukovateľnosť a rýchlosť. Táto technika umožňuje overenie funkčnosti počas jej priebehu, čím sa šetrí čas potrebný na sekundárnu vizualizáciu alebo pouťitie ďalších techník identifikácie produktov PCR. Optimalizácia podmienok real-time PCR umožňuje dosiahnuť najvyššiu úroveň citlivosti pri zachovaní špecifickosti.

Táto metóda sa využíva v mnohých laboratóriách pre diagnostické a potravinárske aplikácie a alergénne zložky v potravine dokáže zistiť už pri úrovni 10 mg.kg-1 a nižšie (Navarro et al., 2015). Autori Soarez et al. (2014) vypracovali normalizovanú kvantitatívnu metodiku real-time PCR testu na stanovenie prídavku sóje v mäsových výrobkoch. Metóda poskytla účinný nástroj na kvantifikáciu sójových bielkovín v rozmedzí od 0,01 % do 6 %, pričom jej použitie bolo účinné pri analýze viacerých mäsových výrobkov. Zároveň bol zistený 2 % nesúlad s právnymi predpismi o označovaní alergénov v potravinách a odhalené boli aj nezrovnalosti pri porovnávaní deklarovaného a odhadovaného množstva sóje. Detekciou sóje vo vysoko procesovaných vzorkách pomocou real-time PCR sa zaoberali Kurbakov et al. (2019), pričom v detekcii použili sekvencie retrotranspozónov.

Špecifita a senzitivita real-time PCR pri kvantifikácii prítomnosti arašidov bola analyzovaná autormi Sanchiz et al. (2021). Testované boli arašid-špecifické primery pre tri chloroplastové markery (mat k, rpl16 a trnH-psbA) a alergén arašidov Ara h 6. Účinnosť a lineárna korelácia kalibračných kriviek boli v primeranom rozsahu a mat k chloroplastový marker poskytol najcitlivejšiu a najúčinnejšiu detekciu arašidov. Okrem toho detekcia mat K v zmesiach spracovaných rôznych potravinárskych vzoriek bola možná až do 10 mg/kg aj po varení a autoklávovaní 121 ◦C 15 min, s prijateľnou účinnosťou a lineárnou koreláciou. Zhang et al. (2015) analyzovali v real-time PCR špecifické sady primerov, ktoré boli navrhnuté na základe sekvencie DNA Ara h 1, jedného z hlavných alergénov arašidov. Metóda preukázala vysokú špecifickosť s detekčným limitom 0,005 % arašidov. Testovaná bola séria komerčných potravinárskych výrobkov s/bez arašidových zložiek. Spomedzi týchto výrobkov sa arašidový alergén Ara h 1 DNA zistil v 12 výrobkoch označených ako obsahujúce arašidové zložky, v dvoch výrobkoch bez deklarácie arašidov a v jednom výrobku ktorý bol vyrobený v zariadení vyrábajúcom potraviny obsahujúce arašidy. To naznačuje, že metóda je vysoko citlivá na detekciu arašidových zložiek v potravinách.

V prípade lupiny boli autormi Demmel et al. (2011) analyzované zmeny v účinnosti amplifikácie a v limite detekcie vyplývajúce z rôznych krokov spracovania počas prípravy pizze, vrátane mrazenia a pečenia. V pečenej pizzi bol limit detekcie lupiny stanovený na 1 mg/kg, čo dokazuje vhodnosť metódy na detekciu lupinovej DNA v spracovaných potravinách. Porovnaním troch metód detekcie a kvantifikácie lupiny ako alergénu v potravinách sa zaoberali Revák et al. (2014). Metódy, ktoré boli použité ELISA, end-point PCR a PCR v reálnom čase. Analyzované boli limit detekcie (citlivosť, s akou môžeme zistiť prítomnosť alergénu vo vzorke) a spoľahlivosť pri vykonávaní analýzy. Použitých bolo 17 vzoriek rastlinných druhov zo spracovateľského závodu na výrobu dehydrovaných polievok a vzorky lupiny zo spracovateľských podnikov lupiny. V prípade end-point metódy bol detekčný limit reakcie na úrovni 100 ppm. V prípade real-time PCR bol detekčný limit na úrovni 10 ppm lupínu vo vzorke. Pri použití metódy ELISA bol limit detekcie v rozsahu 2 - 30 ppm.

Autori Ramoz-Gómez et al. (2008) publikovali real-time PCR metodiku na detekciu a kvantifikáciu hrachu založenej na amplifikácii špecifickej oblasti génu legS. Špecifickosť nola hodnotená v širokej škále rastlinných druhov (51 odrôd Pisum sp. a 32 ďalších rastlinných druhov). Metóda umožnila detekciu a kvantifikáciu už 21,6 pg DNA, čo zodpovedá 5 kópiám haploidného genómu. Bolo potvrdené, že real-time PCR je citlivá, reprodukovateľná a 100 % špecifická na rýchlu detekciu a kvantifikáciu DNA hrachu v spracovaných vzorkách potravín a krmív, a preto je vhodný na vysoko výkonné analýzy.

3 Záver

Metóda real-time PCR spolu s jej variáciami je dnes v potravinárskom odvetví etablovanou v oblastiach analýzy potravín napr. na rýchly dôkaz patogénnych mikroorganizmov či dôkaz a kvantifikáciu geneticky modifikovaných organizmov. Vďaka svojej efektivite a nízkym detekčným limitom je uplatniteľná aj pri identifikáciu jednotlivých zložiek potravín v súvislosti s kontrolou prítomnosti sledovaných alergénnych druhov.

Poďakovanie

Príspevok vznikol vďaka projektu GA FAPZ 6/2024 – Odrodové odlišnosti expresie génov alergénnych bielkovín v genetických zdrojoch strukovín a NextGeneration EU prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti SR v rámci projektu č. 09I03-03-V02-00043.

Použitá literatúra

ABU RISHA, M., RICK, E.M., PLUM, M., JAPPE, U. 2024. Legume allergens pea, chickpea, lentil, lupine and beyond. In *Current Allergy and Asthma Reports*. https://doi.org/10.1007/s11882-024-01165-7

DEMMEL, A., HUPFER, CH., BUSCH, U., KARL-HEINZ, E. 2011. Detection of lupine (Lupinus spp.) DNA in processed foods using real-time PCR. In *Food Control*. Vol. 22, 215e220.

FU, L., CHERAYIL, B., SHI, H., WANG, Y., ZHU, Y. 2019. *Food Allergy*. Singapore: Springer. s. 216. ISBN 978-981-13-6928-5.

JAPPE, U., VIETHS, S. 2010. Lupine, a source of new as well as hidden food allergens. In *Molecular nutrition & food research*. Vol. 54, s. 113-126.

KURBAKOV, K.A., KONOROV, E.A., ZHULINKOVA, V.N., MINAEV, M.Y. 2019. Detection of soybean by real-time PCR in the samples subjected to deep technological procesing. In. *Theory and practice of meat processing*. DOI: 10.21323/2414–438X-2019–4–4–23–27.

NAVARRO, E., SERRANO HERAS, G., CASTAÑO AROCA, M. J., SOLERA, J. 2015. Real-time PCR detection chemistry. In *Clinica Chimica Acta*. Vol. 439, s. 231-250.

NWARU, B.I., HICKSTEIN, L., PANESAR, S.S., ROBERTS, G., MURARO, A., SHEIKH, A. 2014. EAACI Food Allergy and Anaphylaxis Guidelines Group. Prevalence of common food allergies in Europe: a systematic review and meta-analysis. In *Allergy*. Vol. 69, s. 992-1007.

RAMOS-GÓMEZ, S., LÓPEZ-ENRÍQUEZ, L., CAMINERO, C., HERNÁNDEZ, M. 2008. Pea detection in food and feed samples by a real-time PCR method based on a specific legumin gene that allows diversity analysis. In *Journal of agriculture and chemistry*. Vol. 56, s. 11098–11104.

REVÁK, O., GOLIAN, J., ŽIDEK, R., ČAPLA, J., ZAJÁC, P. 2014. Detection of lupine (Lupinus spp. L.) as a food allergen using three methosd: end-point PCR, real-time PCR and ELISA. In *Potravinarstvo*. Vol. 8, s. 207-215

SOARES, S., AMARAL, J.S, BEATRIZ, M., OLIVEIRA, P.P., MAFRA, I. 2014. Quantitative detection of soybean in meat products by a TaqMan real-time PCR assay. In *Meat Science*. Vol. 98, s. 41-46.

VERMA, A.K., KUMAR, S., DAS, M., DWIVEDI, P.D. 2013. A comprehensive review of legume allergy. In *Clinical Reviewes in Allergy and Immunology*. Vol. 45, s. 30-46.

VILLARINO, C.B., JAYASENA, V., COOREY, R., CHAKRABARTI-BELL, S., JOHNSON, S.K. 2016. Nutritional, Health, and Technological Functionality of Lupin Flour Addition to Bread and Other Baked Products: Benefits and Challenges. In *Critical reviews in food science and nutrition*. Vol. 56, s. 835-857.

SANCHIZ, Á., BALLESTEROS, I., MARQUÉS, E., DIEGUEZ, C., RUEDA, J., CUADRADO, C. LINACERO, R. 2018. Evaluation of locked nucleic acid and TaqMan probes for specific detection of cashew nut in processed food by real time PCR. In *Food Control*. Vol. 89, s. 227-234.

ZHANG, W.J., CAI, Q., GUAN, X., CHEN, Q. 2015. Detection of peanut (*Arachis hypogaea*) allergen by real-time PCR method with internal amplification control. In *Food Chemistry*. Vol. 174, s. 547–552.

ŽIAROVSKÁ, J., RAŽNÁ, K. 2018. *Genetické technológie rastlín - základné princípy a postupy: (návody na cvičenia)*. 1. vyd. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 111 s. ISBN 978-80-552-1884-7.

Kontaktné údaje: Adam Kováčik, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 94976 Nitra, e-mailová adresa: adam.kovacik@uniag.sk

VYSOKOVÝKONNÁ STATE-OF-THE-ART TECHNOLÓGIA FENOTYPOVANIA PŠENICE
High-throughput state-of-the-art technology in wheat phenotyping

Marek KOVÁR[1], Marek ŽIVČÁK[1], Mária BARBORIČOVÁ[1], Andrej FILAČEK[1], Lucia JASENOVSKÁ[1], Jana FERENCOVÁ[1], Dominika MLYNÁRIKOVÁ VYSOKÁ[1], Aida SHOMALI[1], Hamideh GHAFFARI[2], Marián BRESTIČ[1]
[1]*Ústav rastlinných a environmentálnych vied, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika*
[2]*Výskumné centrum AgroBioTech, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika*

Presná kvantifikácia kvantitatívnych znakov a celého fenotypu rastliny predstavuje úzke hrdlo v procese výberu genetických zdrojov pšenice (*Triticum* sp.) so zvýšenou produkčnou výkonnosťou a toleranciou k stresovým situáciám. Do popredia záujmu sa v agrobiologickom výskume dostávajú moderné automatické fenotypovacie platformy, ktoré sú založené na spracovaní digitálneho obrazu optických signálov z rastliny. Vysokovýkonné fenotypovacie platformy umožňujú rýchle a nedeštrukčné celoplošné zobrazenie veľkého množstva biologického materiálu rastlín a kvantifikáciu štrukturálnych, funkčných a chemometrických znakov. Automatická fenotypovacia platforma PlantScreen™, ktorá je inštalovaná vo Výskumnom centre AgroBioTech, predstavuje pokročilý výskumný nástroj, prepájajúci poznatky o fyziologických procesoch rastlín s rôznou toleranciou k abiotickému stresu s bioinformatikou a štatistikou. V príspevku kvantifikujeme 27 fenotypových znakov na 35 genotypoch pšenice s rôznou ploiditou, pestovaných v podmienkach optimálnej vodnej zásoby a sucha. Hodnotíme stabilitu znakov a ich dedivosť, ako aj fenotypovú plasticitu realizovanú v podmienkach sucha.

Kľúčové slová: fenotypovanie, analýza obrazu, plasticita, dedivosť, sucho, pšenica

1 Úvod a prehľad literatúry

Narastajúca populácia ľudí vytvorí v priebehu nadchádzajúceho obdobia zvýšené požiadavky na globálnu produkciu potravín. Ukazuje sa, že zvyšujúci sa globálny blahobyt ľudstva, cieľ eradikácie hladu, požiadavky na bioekonomiku a súčasne prebiehajúca klimatická zmena si budú vyžadovať nárast produktivity poľnohospodárstva (van Dijk *et al*., 2021) a zdvojnásobenie súčasných úrod hlavných poľných plodín. Bohužiaľ, globálny rast produktivity hlavných plodín vo väčšine svetových pestovateľských oblastí stagnuje (Gerber *et al*., 2024). Riešenie tejto hroziacej poľnohospodárskej krízy sa stáva jednou z našich najväčších vedeckých výziev súčasnosti. Sucho je jedným z najvážnejších abiotických stresových faktorov, ktoré limitujú produkčnú výkonnosť plodín (Tardieu *et al*., 2018). Narastá naliehavosť štúdia agrobiologických dôsledkov sucha na molekulárne, fyziologické a úrodotvorné procesy plodín s cieľom zvýšenia tolerancie genotypov na nedostatok vody a ich vyššej úrodnosti. Omické technológie otvárajú nové možnosti, ktoré sú využiteľné v komplexnom popise mechanizmov reakcií rastlín na stres (Favreau *et al*., 2023). Rýchly pokrok v oblasti genomiky a narastajúca veľkosť analyzovaných populácií rastlín spôsobili, že v agrobiológii a šľachtení sa kvantitatívny popis znakov rastlín, nazývaný tiež ako fenotypovanie, stalo úzkym hrdlom v pochopení genetických základov dedičnosti komplexných znakov fenotypu (Song *et al*., 2021) a zlepšenia produkčnej výkonnosti hlavných poľných plodín (Smith *et al*., 2023). Digitálne technológie fenotypovania umožňujú nedeštruktívne a rýchle hodnotenie veľký počet rastlín. Kľúčovou výhodou fenotypovania rastlín s vysokou priepustnosťou je nedeštrukčné zobrazovanie optických signálov z rastlín, čo umožňuje vytvárať časové rady meraní jednotlivých znakov rastlín vo vysokom rozlíšení a s vysokou presnosťou a opakovateľnosťou (Fiorani a Schurr, 2013; Poorter *et al*., 2023;

Sytar et al., 2017; Kovár *et al*., 2024). Cieľom tohto príspevku je poukázať na obrovský potenciál a možnosti využitia modernej fenotypovacej platformy v základnom aj aplikovanom agrobiologickom výskume, s dôrazom na moderné nástroje hodnotenia fenotypových znakov rastlín 35 genotypov pšenice ovplyvnených suchom, stability znakov a ich dedivosti, ako aj fenotypovej plasticity.

2 Materiál a metódy

2.1 Biologický materiál a pestovanie

Rastliny 35 genotypov pšenice (*Triticum* sp.) rôznej ploidity a pochádzajúce z rôznych geografických oblastí sveta boli pestované v 3 L fenotypovacích nádobách v prirodzených podmienkach výskumnej bázy ÚRaEV. Počas pestovania bola dodržaná štandardná úroveň ochrany rastlín proti chorobám a škodcom, ako aj zabezpečená hydratácia substrátu na úrovni 80 % poľnej vodnej kapacity. V období steblovania (BBCH 33) boli rastliny ovplyvnené postupnou dehydratáciou, prerušením zavlažovania substrátu v trvaní 14 dní.

2.2 Hodnotenie fenotypových znakov

V štyroch rôznych rastových fázach – odnožovanie (BBCH 23), steblovanie (BBCH 38), kvitnutie (BBCH 60) a dozrievanie (BBCH 80) boli rastliny prenesené do pestovateľského priestoru fenotypovacej platformy PlantScreen™ (PSI, Drásov, Česká republika). Relatívny obsah vody (RWC) a osmotický potenciál (ψ_S) boli stanovené podľa Kovár *et al*. (2003). Zber digitálnych obrazov rastlín, z ktorých boli kvantifikované štrukturálne, funkčné a chemometrické znaky fenotypu, bol uskutočnený piatimi optickými senzormi: dvoma RGB kamerami, dvoma hyperspektrálnymi kamerami [jedna zaznamenávajúca obraz vo viditeľnej a blízkej infračervenej spektrálnej oblasti (VNIR) a druhá v krátkovlnnej infračervenej oblasti spektra (SWIR)], a jednou kamerou pre zaznamenávanie fluorescencie chlorofylu *a*. Technické špecifikácie jednotlivých optických senzorov a algoritmus spracovania digitálneho obrazu sú popísané v publikáciách Kovar *et al*. (2019) a Kovár *et al*. (2024). Na konci vegetačného obdobia boli stanovené produkčné parametre, ako hmotnosť nadzemnej časti rastliny (HmNB), hmotnosť zrna v klase (HmZvK), počet zŕn v klase (PZvK), hmotnosť tisíc zŕn (HTZ) a zberový index (ZI).

2.3 Štatistická analýza

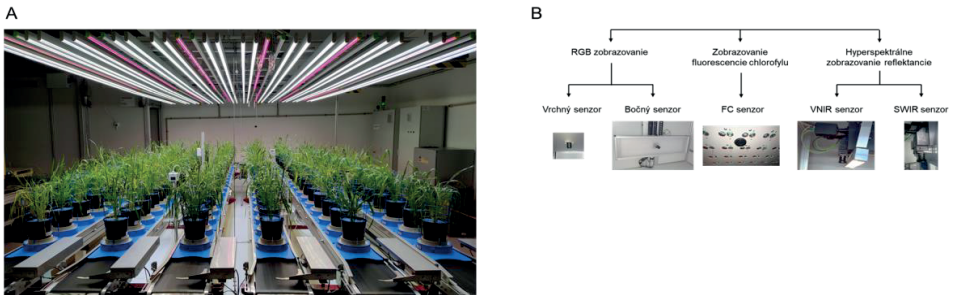
Experimentálne výsledky extrahované z digitálnych obrazov boli analyzované pomocou softvéru Statistica v. 10 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA), a dvoch analytických nástrojov statgenHTP Package and Outlier Detection Methods (EPPN2020 project) v prostredí R-Studio (Posit, PBC, Boston, USA). Hodnotenie homogenity údajov a distribúcie normality bolo uskutočnené pomocou Lavenovho a Cochranovho testu. Fenotypová plasticita (PhP) individuálneho znaku bola kalkulovaná podľa Poudel *et al*. (2023). Dedivosť individuálneho znaku (H^2) bola kalkulovaná podľa Singh *et al*. (2019).

3 Výsledky a diskusia

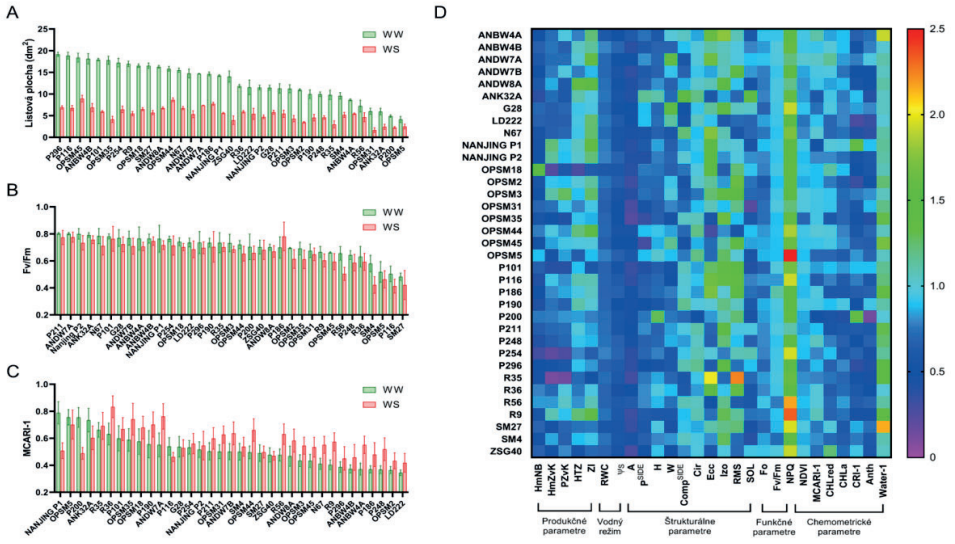
Automatická fenotypovacia platforma PlantScreen™ predstavuje integrované state-of-the-art robotické riešenie presného digitálneho fenotypovania a precíznej kultivácie rastlín v semiregulovanom prostredí (obrázok 1A). Nádoby s rastlinami sú prostredníctvom transportných diskov transportované na pásoch z kultivačného priestoru k jednotlivým zobrazovacím jednotkám a vážiacej a zavlažovacej stanici. Digitálne údaje o štrukturálnych, funkčných a chemometrických znakoch fenotypu rastlín sa zaznamenávajú z piatich optických senzorov (obrázok 1B). Konfigurácia PlantScreen™ systému umožňuje celoplošne a digitálne kvantifikovať fenotyp rôznych druhov plodín počas celého vegetačného obdobia, až do výšky 1,1 m, vrátane rastlín pšenice.

Štrukturálny znak listová plocha rastlín (A) pestovaných v dobre hydratovaných podmienkach (WW) sa vyznačuje vysokou mierou genotypovej variability (koeficient variability C.V. 0,25; $p<0.001$) (obrázok 2A), zatiaľ čo funkčný znak maximálna fotochemická

efektívnosť PSII (Fv/Fm) je relatívne genotypovo stabilný, s hodnotou C.V. na úrovni 0,12 (obrázok 2B). Variabilita chemometrického znaku znaku modifikovaný chlorofylový reflektančný index (MCARI-1), ktorý veľmi tesne koreluje s obsahom chlorofylu v liste je vysoko variabilný ($p<0.001$), s hodnotou C.V. na úrovni 0,23 (obrázok 2C).



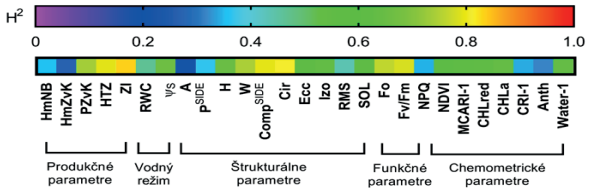
Obrázok 1 Fotografia rastlín rôznych genotypov pšenice (*Triticum* sp.) v kultivačnom priestore fenotypovacej platformy PlantScreen^{TM} (A) a konfigurácia optických senzorov pre digitálne zobrazovanie štrukturálnych (RGB), funkčných a chemometrických znakov (FC a VNIR a SWIR) znakov fenotypu.



Obrázok 2 Genotypová závislosť efektu sucha na zmenu veľkosti listovej plochy rastliny (A), maximálnej fotochemickej efektívnosti fotosystému 2 (Fv/Fm) (B), indexu MCARI-1 (C). Fenotypová plasticita jednotlivých znakov (D). WW – dobre hydratované rastliny, WS – dehydratované rastliny, HmNB – hmotnosť nadzemnej časti rastliny, HmZvK – hmotnosť zrna v klase, PZvK – počet zŕn v klase, HTZ – hmotnosť tisíc zŕn, ZI – zberový index, RWC – relatívny obsah vody, ψ_S – osmotický potenciál, A – listová plocha, P^{SIDE} – perimeter rastliny, H – výška rastliny, W – šírka rastliny, $Comp^{SIDE}$ – kompaktnosť, Cir – kruhovitosť, Ecc – excentricita, Izo – izotropia, RMS – symetria, SOL – štíhlosť, Fo – minimálna intenzita fluorescencie, Fv/Fm – maximálna fotochemická efektívnosť PSII, NPQ – nefotochemické uhasínanie excitačnej energie, NDVI – normalizovaný vegetačný index, MCARI-1 – modifikovaný chlorofylový reflektančný index, CHLred – chlorofylový index, CHLa – obsah chlorofylu *a*, CRI-1 – karotenoidový reflektančný index, Anth – antokyánový index, Water-1 – index obsahu vody.

Keďže tolerancie k suchu je označovaná ako komplexná vlastnosť (Blum, 2011) a je polygénne determinovaná, rastliny si počas evolúcie vyvinuli stratégie, pomocou ktorých sa vyrovnávajú so suchom prostredníctvom fenotypovej plasticity (Gratani, 2014). Pozorovaná stresom indukovaná vyššia hodnota fenotypovej plasticity (PhP) vedie k výraznejším rozdielom v expresii fenotypu medzi rastlinami WW a WS. Celkovo sme kvantifikovali 27 znakov, ktoré sme rozdelili do piatich tried, a to znaky produkčné, vodného režimu, štrukturálne, funkčné a chemometrické (obrázok 2D).

Kalkulovaná PhP ukazuje na schopnosť organizmu podstúpiť v reakcii na podmienky prostredia reverzibilné morfologické, biochemické alebo fyziologické zmeny. V tejto štúdii sme potvrdili, že produkčné parametre priamo súvisiace s celkovou hmotnosťou biomasy, ale aj niektoré geometrické znaky rastliny, ako výška (H), šírka (W) a izotropia (Izo) vykazujú relatívne nízku úroveň PhP vyvolanej suchom v rozsahu od 0.21 do 0.45. Naopak, vysokú mieru PhP sme identifikovali pri znakoch ZI a HTZ, ako aj pri minimálnej intenzite fluorescencie (Fo) a Fv/Fm. Podobné úrovne PhP sú popísané aj v literatúra (Janni *et al*., 2019; Schulthess *et al*., 2022). Vysoká miera fenotypovej plasticity znaku bola doprevádzaná vysokou dedivosťou (H^2) znaku, podobne ako pozorovali vo svojej práci s využitím vysokovýkonného fenotypovania Guo *et al*. (2023) (obrázok 3).



Obrázok 3 Heritabilita (H^2) jednotlivých znakov fenotypu. Skratky parametrov sú vysvetlené v texte k obrázku 2.

4 Záver

Pokročilé state-of-the-art fenotypovanie predstavuje technológiu, ktorá umožňuje súčasné hodnotenie veľkého množstva znakov rastlín, tzv. fenóm. Využitie digitálnych metód zobrazovania rastlín a výpočtu štrukturálnych, funkčných a chemometrických parametrov má oproti klasickým metódam kvantifikácie fenotypu množstvo výhod. Systém umožňuje vytvárať databázy morfo-fyziologických znakov, ktoré sú spätne prístupné na opätovnú analýzu a zdieľanie informácií. Digitálne zobrazovanie tiež umožňuje kalkulovať niekoľko nezávislých parametrov naraz, čo zvyšuje celkovú predikčnú hodnotu fenotypu, ktorý sa realizuje v konkrétnom prostredí.

Poďakovanie

Táto štúdia bola podporená výskumnými projektami APVV-22-0392, VEGA-1-0664-22, VEGA-1-0425-23 a projektu Výskumného a inovačného programu „Research on the influence of biotic and abiotic factors on the components of the system soil-water-atmosphere-vegetation cover“ číslo 313011T620, spolufinancovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Použitá literatúra

BLUM, A. 2011. Drought resistance – is it really a complex trait? *Functional Plant Biology*, 38 (10), 753-757. doi.org/10.1071/FP11101

FAVREAU, B. - GAAL, C. - PEREIRA DE LIMA, I. *et al*. 2023. A Multi-level approach reveals key physiological and molecular traits in the response of two rice genotypes

subjected to water deficit at the reproductive stage. *Plant-Environment Interactions*, 4 (5), 229-257. doi.org/10.1002/pei3.10121

FIORANI, F. - SCHURR, U. 2013. Future scenarios for plant phenotyping. *Annual Review of Plant Biology*, 64 (1), 267-291. doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120137

GERBER, J.S. - RAY, D.K. - MAKOWSKI, D. *et al*. 2024. Global spatially explicit yield gap time trends reveal regions at risk of future crop yield stagnation. *Nature Food*, 5, 125-135. doi.org/10.1038/s43016-023-00913-8

GRATANI, L. 2014. Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. *Advances in Botany*, e208747. doi.org/10.1155/2014/208747

GUO, S. - LV, L. - ZHAO, Y. *et al*. 2023. Using high-throughput phenotyping analysis to decipher the phenotypic components and genetic architecture of maize seedling salt rolerance. *Genes*, 14, 1771. doi.org/10.3390/genes14091771

JANNI, M. - COPPEDE, N. - BETTELLI, M. *et al*. 2019. In vivo phenotyping for the early detection of drought stress in tomato. *Plant Phenomics*, 6168209. doi.org/10.34133/2019/6168209

KOVAR, M. - BRESTIC, M. - SYTAR, O. *et al*. 2019. Evaluation of hyperspectral reflectance parameters to assess the leaf water content in soybean. *Water*, 11 (3), 443. doi.org/10.3390/w11030443

KOVÁR, M. - BRESTIČ, M. - OLŠOVSKÁ K. 2003. Drought tolerance mechanisms of spring barley. I. Osmotic adjustment and methods of its determination. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 6 (3), 76-81.

KOVÁR, M. - ŽIVČÁK, M. - FILAČEK, A. *et al*. 2024. High-throughput digital imaging and detection of morpho-physiological traits in tomato plants under drought. *Open Agriculture*, 9 (1), 20220331. doi.org/10.1515/opag-2022-0331

POORTER, H. - HUMMEL, G. M. - NAGEL, K. A.; *et al*. 2023. Pitfalls and potential of high-throughput plant phenotyping platforms. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1233794. doi.org/10.3389/fpls.2023.1233794

POUDEL, S. - ADHIKARI, B. - DHILLON, J. *et al*. 2023. Quantifying the physiological, yield, and quality plasticity of Southern USA soybeans under heat stress. *Plant Stress*, 9, 100195. doi.org/10.1016/j.stress.2023.100195

SCHULTHESS, A.W. - KALE, S.M. - ZHAO, Y. *et al*. 2022. Large-scale genotyping and phenotyping of a worldwide winter wheat genebank for its use in pre-breeding. *Nature - Scientific Data*, 9, 784. doi.org/10.1038/s41597-022-01891-5

SINGH, D. - WANG, X. - KUMAR, U. *et al*. 2019. High-throughput phenotyping enabled genetic dissection of crop lodging in wheat. *Frontiers in Plant Science*. 10, 394. doi.org/10.3389/fpls.2019.00394

SMITH, E.N. - van AALST, M., - TOSENS, T. *et al*. 2023. Improving photosynthetic efficiency toward food security: Strategies, advances, and perspectives. *Molecular Plant*, 16 (10), 1547-1563. doi.org/10.1016/j.molp.2023.08.017

SONG, P. - WANG, J. - GUO, X. *et al*. 2021. High-throughput phenotyping: Breaking through the bottleneck in future crop breeding. *Crop Journal*, Vol. 9, No. 3, 633-645, doi.org/10.1016/j.cj.2021.03.015

SYTAR, O. - BRESTIC, M. - ZIVCAK, M. *et al*. 2017. Applying hyperspectral imaging to explore natural plant diversity towards improving salt stress tolerance. *Science of The Total Environment*, 578, 90-99. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.014

TARDIEU, F. - SIMONNEAU, T. - MULLER, B. 2018. The Physiological Basis of Drought tolerance in crop plants: A scenario-dependent probabilistic approach. *Annual Review of Plant Biology*, 69 (1), 733-759. doi.org/10.1146/annurev-arplant-042817-040218

van DIJK, M. - MORLEY, T. - RAU, M.L. *et al*. 2021. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nature Food*, 2, 494-501, doi.org/10.1038/s43016-021-00322-9

Kontaktné údaje: Marek Kovár, Ústav rastlinných a environmentálnych vied, Slovenská poľnohospodárska univerzita, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko, marek.kovar@uniag.sk

ANALYSIS OF ADAPTATION STRATEGIES IN THE CONTEXT OF CROP ROTATION PRACTICES

Milan MACÁK[1], Miroslav HABÁN[1,2], Joanna KORCZYK-SZABÓ[1], Ľubomíra HROMADOVÁ[1], Klaudia LUKÁČOVÁ[1]
[1]*Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika*
[2]*Univerzita Komenského v Bratislave, Slovenská republika*

In this study, we evaluated the selected adaptation measures on the level of the crop rotation system. We examined the impact of industrial fertilizers and the incorporation of plant biomass on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.). The field trial was conducted from 2017 to 2019 at the Slovak University of Agriculture in Nitra. The treatments fertilized with industrial fertilizers, combined with the incorporation of above-ground biomass from the forecrop, achieved significantly higher ears per hectare, ranging from 74,120 to 75,500, and also significantly highest number of grains per hectare (27.49 million). Total seed weight was significantly higher with fertilization treatments, reaching 220 g to 226 g, compared to 194 g to 207 g in unfertilized treatments. The highest grain yield (5.76 t ha^{-1} to 6.2 t ha^{-1}) was obtained in treatments that included both fertilization and biomass incorporation. These findings highlight the critical role of fertilization and organic matter in boosting maize productivity in designing sustainable crop rotation systems.

Keywords: adaptation, diversification, climate change, crop rotation

1 Introduction and Literature Review

Climate change poses one of the most significant challenges to modern agriculture, with its impacts becoming increasingly evident across many regions of the world. To address these challenges, it is essential to implement effective adaptation strategies at the level of crop rotation practices. Appropriate organic matter management can improve the yield components of sustainable management and the quality of the soil's physical, chemical, and biological qualities will improve (Kováčik et al., 2015; Macák et al., 2020). Organic matter implemented into the soil may be represented by cover crops and crop residues (Lal, 2004; Hou et al., 2020). Use of cover crops protect the soil from erosion, influence nutrient cycling, soil fertility, and water regulation, and have effects on both plant and soil biodiversity (Quintarelli et al., 2022). Many countries have adopted ambitious climate change mitigation and adaptation measures (Benitez-Alfonso et al., 2023). Suitable adaptive measures promote sustainable agricultural productivity, ensuring long-term food security and environmental health this topic was very deeply analysed by Yaofeng et al.(2020). The implementation of adaptation strategies within crop rotation practices is crucial for ensuring the long-term sustainability of agricultural production. However, to effectively utilize these strategies, it is essential to develop and test agricultural practices tailored to the specific conditions of individual regions. This study aimed to evaluate the impact of selected adaptation measures on the production process and yield formation of maize (*Zea mays* L.).

2 Material and methods

The field trial was situated on the experimental plots of the Slovak University of Agriculture in Nitra, Dolná Malanta (Nitra, Slovakia: 48°19´ N and 18°09´ E). The soil type was classified as the Haplic Luvisol. Soils also have a bulk density of 1.5 g cm^{-3} – 1.68 g cm^{-3}. More information about the experimental site was published by Šimanský (2017). Randomized block design, in factorial arrangement, with four replications was used. The first factor considers organic matter management a) ploughing of forecrop (straw, or dried corn stalks);

and b) removal from the plot. The second factor indicated the usage of catch crops. The catch crop (white mustard, *Sinapis alba* L.) was used between the winter wheat – white mustard – milk thistle and milk thistle – white mustard – maize crop sequences. The aboveground biomass of catch crops was used as green manure. The third factor was fertilization in two levels: a) using industrial fertilizers and b) without industrial fertilizers. Mineral fertilizers calculated to the designed yield level in a dose of pure nutrients as follows: nitrogen in pure nutrient 75 kg N (before sowing) +75 kg N (8 – 10 leaves of maize stand), phosphorus 48 kg P, potassium 200 K kg before ploughing. Maize (*Zea mays* L.) was cultivated as part of a multifunctional crop rotation with four other crops that rotated on four plots as follows: Milk thistle (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) – Maize (*Zea mays* L.) – Field pea (*Pisum sativum* L.) – Durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Grain varieties LG 30.315, FAO 300, Sc (two-line hybrid) were growing. Yield components are as follows: the number of ears per ha – we calculated the average number of ears per plot by counting four rows of maize by 10 m in length, number of grains per hectare – we multiplied number of ears per hectare by the number of grains per ears, thousand seeds weight (TSW) – grains were counted by DIPOS machine three times 500 grains, grain yield at 14% humidity – yield in t ha^{-1} was calculated TSW, and the number of grains per hectare in millions. Analysis of variance (ANOVA) was used for statistical evaluation of experimental data. Differences between the factors were determined by the F-test. Significantly different means were calculated by Fisher's least significant difference (LSD) test. The STATISTICA software version 13.0 (TIBCO Software Inc., Tulsa, OK, USA) was used.

3 Results and discussion

The growing conditions and the application of industrial fertilizers had a significant impact on the grain yield and evaluated yield components of maize. The single application of forecrop above-ground biomass, with zero industrial fertiliser (RB0, RM0) tends to a low number of ears per hectare.

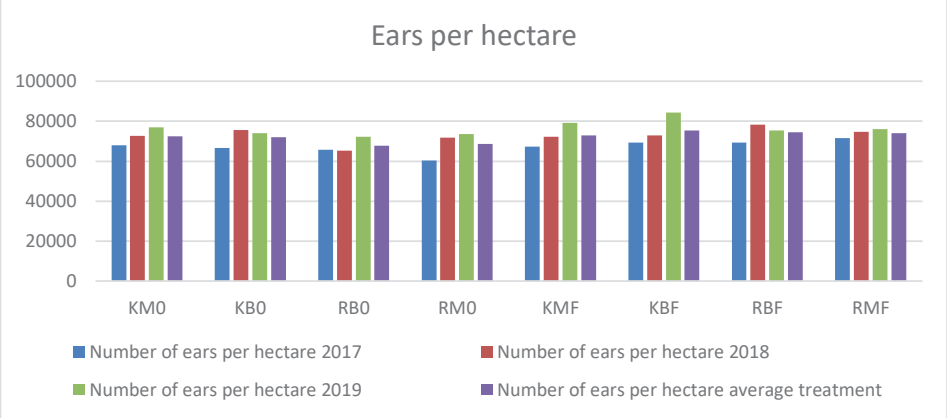


Figure 1 Number of ears of maize per hectare. SBER Malanta 2017-2019. Notes: R – ploughing of forecrop, K – removal of by-products, M – use of catch crop, B – without catch crop, F – use of industrial fertilisers, 0 – no industrial fertilisers

The treatments fertilized with industrial fertilizers , combined with the incorporation of above-ground biomass from the preceding crop (Figure 1), achieved significantly higher ears per hectare, ranging from 74,120 to 75,500 (KBF, RBF, and RMF).

The quantification of grain yield per unit area arises from two primary yield components: the density of ears per unit area and the number of grains per ear which resulted in the number of grains per hectare. The number of grains per ear also depended on the dose of

nitrogen fertilizer (Belay and Kiya, 2020). The integration of mineral fertilization with ploughing of above-ground biomass of forecrop resulted in the highest numbers of grain per ha. On the other side, non-fertilized treatments demonstrated a significantly lower number of grains per ha (Figure 2).

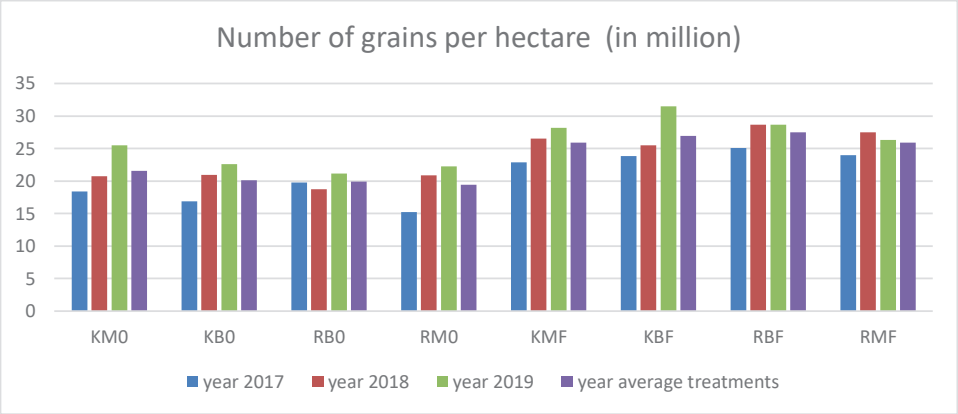


Figure 2 Number of grains per ha in millions at Dolná Malanta from 2017 to 2019. Notes: R – ploughing of forecrop, K – removal of by-products, M – use of catch crop, B – catch crop, F – use of industrial fertilisers, 0 – no industrial fertilisers

The weight of a thousand seeds (TSW) is an important factor for yield and yield stability. TSW of maize ranged 189.8 g - 234.6 g in 2017; 187.86 - 229.85 g in 2018, and 199.18 g - 228.10 g in 2019, all without statistical significance. Fertilization treatment significantly supports better grain development in the average range of 222 g – 225 g with comparison to statistically lower data on unfertilized treatments ranged of 194 g – 203 g. (Figure 3).

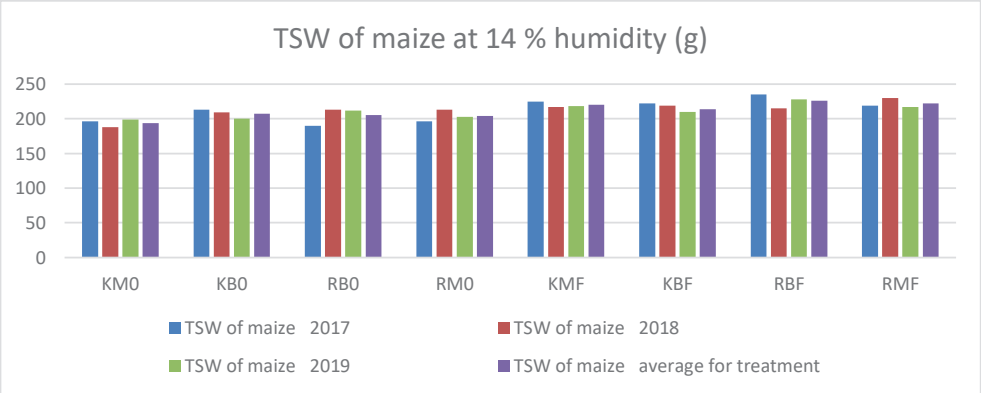


Figure 3 TSW of maize per treatment at Dolná Malanta, during the period of 2017 – 2019. Notes: R – ploughing of forecrop , K – removal of forecrop, M – catch crop, B – without catch crop, F – use of industrial fertilisers, 0 – no industrial fertilisers

These results support also the findings from the literature data (Szulc et al., 2023). The integration of forecrop aboveground biomass alongside with industrial fertilizers has significant influence on final crop yield, as demonstrated in Figure 4. Furthermore, Jahangir et al. (2024) highlighted that residue management alone led also to notable enhancements in nitrogen-use efficiency. Treatments in the combination of factors without fertilisers or

ploughing only above-ground biomass were on the same significantly lower level. The higher yield was achieved by treatments on a combination of fertilisers and ploughing aboveground biomass. The positive effect of fertilization and organic matter management on maize grain yield is supported by the results of Gao et al. (2020). The average value of the yield of maize grain was significantly lower in 2017 (4.44 t ha^{-1}) with comparison to other evaluated years of 2018 - 2019 (5.07 – 5.47 t ha^{-1}).

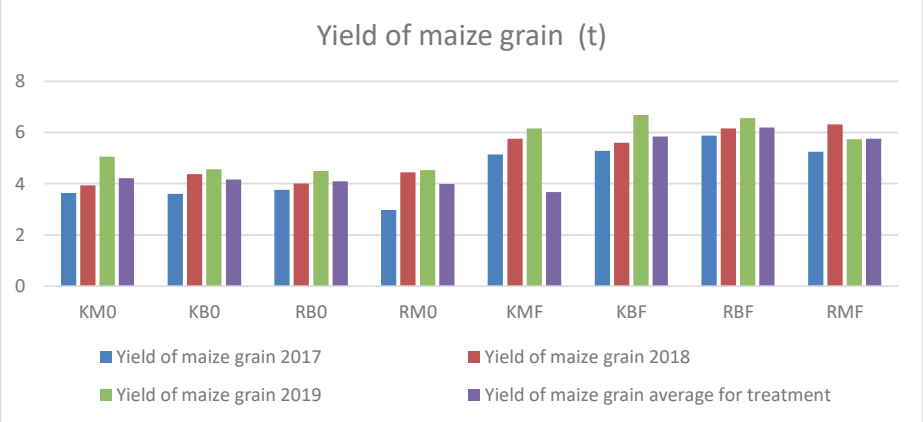


Figure 4 Yield of maize grain in t ha-1 at 14% humidity, based on assessed treatments at Dolná Malanta from 2017 to 2019. Notes: R – ploughing of forecrop, K – removal of forecrop, M – catch crop, B – without catch crop, F – industrial fertilizers, 0 – no industrial fertilizers

Conclusion

The three-year field trial demonstrated that incorporating forecrop biomass with NPK fertilization significantly improves organic matter management in dry, warm conditions and positively affects maize yield components. The number of grains per unit area was highest in fertilized treatments with biomass incorporation, reaching 27.49 million compared to 20.13 million in the control. Variability in grain production was influenced by the combination of NPK application and forecrop biomass ploughing. No significant increase of yield from organic matter management alone was noted; only the combination with NPK fertilization proved effective. These findings highlight the importance of integrating forecrop biomass ploughing with NPK fertilization to optimize maize yields, especially under challenging climatic conditions.

Funding statement

Paper was supported by funding from KEGA 025SPU-4/2022: Innovation of Topics in Sustainable Agriculture and Sustainable Food Production in Selected Study Programs (70%) and VEGA 1/0749/21: Environmental Screening of the Variability of Secondary Metabolites in Plant Natural Resources under Soil and Climatic Conditions of Slovakia (30%).

References

The cited literature sources are available from the authors of the paper.

Contact person: asoc. prof. Milan Macák, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Faculty of Agrobiology and Food Resources, A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: milan.macak@uniag.sk

KONTROLA PÔDY A AGROCHEMICKÝCH VSTUPOV S VYUŽITÍM PRE PRESNÉ POĽNOHOSPODÁRSTVO S CIEĽOM ZACHOVANIA ZDRAVEJ PÔDY A RASTLINNEJ PRODUKCIE

Control of soil and agrochemical inputs using precision agriculture to maintain healthy soil and plant production

Ľubomír MALIŠ
Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky v Bratislave, Slovenská republika

Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky v Bratislave vykonáva pravidelné zisťovanie vybraných parametrov chemických vlastností pôdy súvisiacich s pôdnou úrodnosťou a s jej znečistením rizikovými prvkami a rizikovými látkami, za účelom regulovania používania hnojív tak, aby sa dosiahla trvalá produkčná schopnosť pôdy a vylúčilo sa jej znečistenie, vedie databázu o spotrebe hnojív, certifikuje hnojivá, vydáva povolenia na používanie sekundárnych zdrojov živín a kompostov a kontroluje skladovanie a používanie hnojív.

Kľúčové slová: kontrola, pôda, agrochemický, hnojivo

Legislatíva Slovenskej republiky v oblasti hnojív

- Zákon č. 136/2000 Z. z. o hnojivách v znení neskorších predpisov (novela zákona č. 305/2018 Z. z. o chránených oblastiach prirodzenej akumulácie vôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov)
- Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky č. 245/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o certifikácii hnojív a uznávaní výsledkov laboratórnych a vegetačných skúšok hnojív
- Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva Slovenskej republiky č. 577/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú typy hnojív, zloženie, balenie a označovanie hnojív, analytické metódy skúšania hnojív, rizikové prvky, ich limitné hodnoty pre jednotlivé skupiny hnojív, prípustné odchýlky a limitné hodnoty pre hospodárske hnojivá
- Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky č. 151/2016 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o agrochemickom skúšaní pôd a o skladovaní a používaní hnojív
- Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky č. 215/2016 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o obhospodarovaní poľnohospodárskej pôdy v zraniteľných oblastiach

Kontrola kvality poľnohospodársky využívanej pôdy; ÚKSÚP podľa § 11 zákona o hnojivách:

- vykonáva Agrochemické skúšanie poľnohospodárskej pôdy, čo je pravidelné zisťovanie vybraných parametrov jej chemických vlastností súvisiacich s pôdnou úrodnosťou a s jej znečistením rizikovými prvkami a rizikovými látkami, ktorého cieľom je regulovať používanie hnojív tak, aby sa dosiahla alebo udržala trvalá produkčná schopnosť pôdy a vylúčilo sa jej znečistenie.
- vedie a aktualizuje databázu o spotrebe hnojív, živinovom režime pôdy a ostatných agrochemických vlastnostiach poľnohospodárskej pôdy; súčasťou databázy je aj plošná evidencia aplikovaných čistiarenských kalov, dnových sedimentov a evidencia o vybudovaných skladovacích kapacitách na hnojivá a hospodárske hnojivá v nadväznosti

na spôsob ustajnenia jednotlivých druhov zvierat a o ostatných rizikových bodoch znečistenia pôdy a vody a rizikových prvkoch a rizikových látkach.

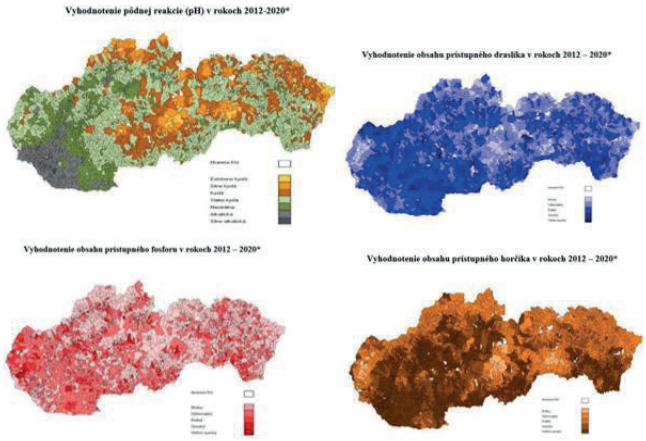
Nevyhnutným predpokladom pre exaktnú kontrolnú a skúšobnú činnosť je precízne určenie polohy pri odbere vzorky, identifikácia pozemku, prípadne zaznamenanie trasy odberu pôdnych vzoriek (obr. 1).

Obrázok 1 Odber pôdnych vzoriek – miesta odberu a trasa vyznačené na mape / Sampling of soil – sites locations and route marked on the map

Výsledky agrochemického skúšania poľnohospodárskej pôdy sú spracúvané v listinnej podobe do tabuliek, rovnako je možné výsledky ku každému parametru spracovať do mapovej podoby buď s číselnou hodnotou ku každej vzorke, alebo v priemere za kultúrny diel s farebným rozlíšením (obr. 2). Príklad sumárneho vyhodnotenia za Slovenskú republiku je možné vidieť na obr. 3. V neposlednom rade je dôležité spomenúť aj rozsah skúšania, napr. pri odskúšaní 1,8 mil. ha poľnohospodársky využívanej pôdy za obdobie sa odskúša 180 000 pôdnych vzoriek, ktoré boli vytvorené minimálne z 5 400 000 čiastkových pôdnych vzoriek odobratých sondážnymi tyčami.

Obrázok 2 Priemerné hodnoty obsahu prvku – fosfor / Average element content values – phosphorus

Zároveň sú do elektronickej podoby zaznamenávané aj miesta chovu hospodárskych zvierat podľa druhov a miesta s vybudovanými skladovacími kapacitami na uskladnenie hospodárskych hnojív, pri ktorých sa sleduje skupenstvo a objem skladovacích kapacít.



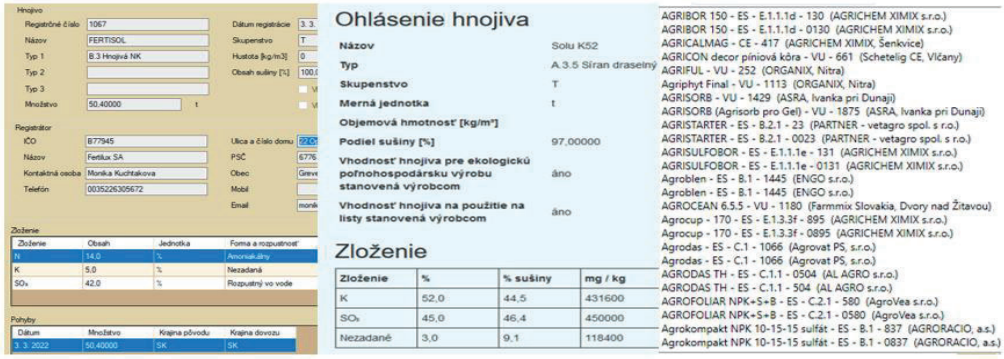
Obrázok 3 Vyhodnotenie výsledkov agrochemického skúšania poľnohospodárskej pôdy v rokoch 2012-2020 – pôdna reakcia (pH), obsah prístupného draslíka, fosforu a horčíka / Evaluation of the results of agrochemical testing of agricultural soil in 2012-2020 - soil reaction (pH), content of accessible potassium, phosphorus and magnesium

Nahlasovanie údajov

- Novelou č. 394/2015 Z. z. zákona o hnojivách a jeho vykonávacieho predpisu (vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z.) došlo k naviazaniu poľnohospodárskych vstupov na plochu – Slovenská republika, okres, katastrálne územie obce, štvorec, LPIS, kultúrny diel, pozemok, plodina, odroda (Listina registrovaných odrôd, Common Catalogue), príp. klon, generácia množenia a pod.
- Listinná podoba hlásení zasielaných poštou je nahradená elektronickým odoslaním s automatickou kontrolou chýb a vytvorením potvrdzujúcej zostavy pre odosielateľa
- Hlásenie obsahuje údaje o použitých hnojivách, prípravkoch na ochranu rastlín a pomocných prípravkoch (vrátane moreného osiva), hospodárskych hnojivách, sekundárnych zdrojoch živín, kompostov (čistiarenských kaloch, dnových sedimentoch a mäsokostných múčkach – negatívny výskyt)
- Hnojivá sú uvedené s typom registrácie - certifikované, vzájomne uznané, „Hnojivo ES“ / CE, + „Dovezené“ (hnojivá privážané poľnohospodármi zo zahraničia pre svoje vlastné použitie) a číslom; presným názvom, výrobcom hnojiva a obsahom živín
- Zaznamenávanie všetkých agrotechnických operácií, zaznamenáva sa spôsob a dátum aplikácie, dátum zapracovania, tank-mixy, je možnosť zaznamenať trajektórie pohybu – pozemné, letecké, dronové, možnosť priloženia etikety, fotografie a pod.
- Podnikateľ v pôdohospodárstve nahlasuje aj údaje o objeme skladovacích kapacít a o počte a spôsobe ustajnenia hospodárskych zvierat
- Údaje v hláseniach, súhrnné zostavy a evidencia o poľnohospodárskom pozemku („kniha honov“) uložené u poľnohospodára slúžia zároveň aj ako podklad pri kontrolnej činnosti ÚKSÚP, PPA a pod. s využitím pri poskytnutí podpory napr. výnimočná pomoc na základe nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 235/2022 Z. z.

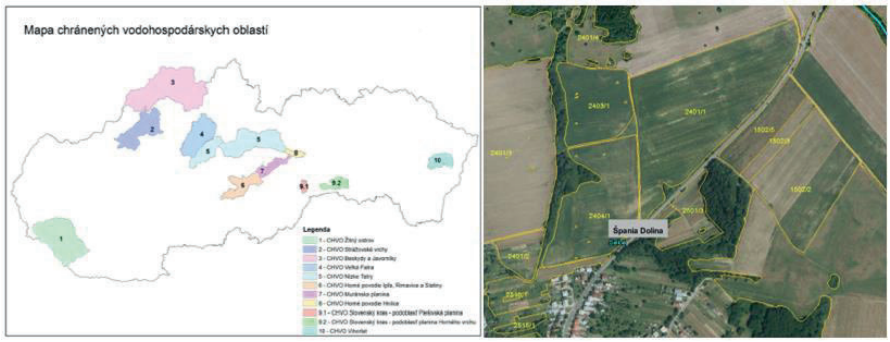
Legislatíva rovnako ustanovila nahlasovanie údajov o vyprodukovaných množstvách produktov a ich odberateľoch pre producentov sekundárnych zdrojov živín a producentov kompostov s ročnou produkciou vyššou ako 100 t (a pre každého producenta ktorý zapracoval do sekundárneho zdroja živín alebo do kompostu čistiarenský kal), čím sa zabezpečila krížová kontrola medzi producentmi a podnikateľmi v pôdohospodárstve. Producenti a ich produkty sú pod permanentnou kontrolou ÚKSÚP.

Novela zákona č. 394/2015 Z. z. ustanovila povinnosť ohlasovania hnojív s označením „Hnojivo ES“ (a novela č. 242/2022 Z. z. aj EÚ produktu na hnojenie) tomu, kto ich uvádza do obehu, ohlásiť údaje o type, zložení a množstve hnojiva spolu s etiketou do 30 dní odo dňa jeho výroby v Slovenskej republike alebo dovozu na územie Slovenskej republiky. Dovozcovi z krajín Európskej únie sa nekladú prekážky pri uvádzaní do obehu na území Slovenskej republiky a bezplatné elektronické ohlásenie preňho nepredstavuje ani finančnú záťaž. Každé ohlásené hnojivo s doplňujúcimi údajmi je automaticky zaradené do databázy pre aplikačnú prax (obr. 4).



Obrázok 4 Ohlasovanie hnojiva s označením „Hnojivo ES“ / Declaration of EC fertilizer

Po ustanovení zákona č. 305/2018 Z. z. o chránených oblastiach prirodzenej akumulácie vôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov elektronický program agrochemického skúšania pôd ÚKSÚP automaticky po odoslaní ich hlásenia rozoslal dotknutým subjektom oznam, na ktorom kultúrnom diele už z dôvodu legislatívnej úpravy nemôžu v budúcnosti aplikovať použitý prípravok na ochranu rastlín. Tým sa „ex ante“ dosahuje nepoužívanie zakázaných prípravkov na ochranu rastlín v oblastiach prirodzenej akumulácie vôd (t. j. chránených vodohospodárskych oblastiach, obr. 5).



Obrázok 5 Mapa chránených vodohospodárskych oblastí / Map of protected water management areas

V roku 2022 v nadväznosti na legislatívnu úpravu, napríklad zákon č. 405/2011 Z. z. o rastlinolekárskej starostlivosti a o zmene zákona Národnej rady Slovenskej republiky č. 145/1995 Z. z. o správnych poplatkoch v znení neskorších predpisov, Smernicu Európskeho parlamentu a Rady 2009/128/ES, ÚKSÚP zahájil sledovanie rezíduí prípravkov na ochranu rastlín v poľnohospodárskej pôde. Na vybraných kultúrnych dieloch prebieha 5 ročný odber pôdnych vzoriek (bez ohľadu na užívateľa, ktorý pôdu obhospodaruje), ktoré sa následne

analyzujú na prítomnosť 96 účinných látok. Zároveň sa v evidencii o použití prípravkov na ochranu rastlín sleduje aplikačný výskyt predmetných prípravkov na ochranu rastlín (obr. 6).

Názov skúšky
Stanovenie acetamiprid (acetamiprid)
Stanovenie acetochlor (acetochlor)
Stanovenie alachlor (alachlor)
Stanovenie amidosulfuron (amidosulfuron)
Stanovenie aminopyralid (aminopyralid)
Stanovenie asulam (asulam)
Stanovenie atrazine (atrazine)
Stanovenie azoxystrobin (azoxystrobin)
Stanovenie benalaxyl (benalaxyl)
Stanovenie boscalid (boscalid)
Stanovenie carbendazim (carbendazim)
Stanovenie clofentezine (clofentezine)
Stanovenie clomazone (clomazone)

Obrázok 6 Sledovanie rezíduí prípravkov na ochranu rastlín v pôde / Monitoring of residues of plant protection products in the soil

METAGENOMIKA AKO NÁSTROJ UDRŽATEĽNÉHO POĽNOHOSPODÁRSTVA
Metagenomic as a tool for sustainable agriculture

Dagmar MORAVČÍKOVÁ, Jana ŽIAROVSKÁ
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

Klimatická zmena, znečistenie pôd toxickými látkami ako sú ťažké kovy, patogény a škodcovia, ktoré sú stále viac odolné voči chemickým pesticídom, nárast populácie, monokultúry a s tým spojená strata diverzity to sú všetko problémy, ktorým musí v dnešnej dobe čeliť poľnohospodárstvo. Aby sa poľnohospodárstvo stalo trvalo udržateľným, je nevyhnutné prepojiť a aplikovať poznatky z viacerých oblastí, pričom je potrebné integrovať aj moderné prístupy a technológie. Jedným veľmi efektívnym prístupom je metagenomika, ktorá prináša do poľnohospodárstva revolučné možnosti tým, že umožňuje detailné skúmanie mikrobiálnych komunít v pôde, rastlinách a dokonca aj v hmyze bez potreby izolácie jednotlivých mikroorganizmov. Pochopenie vzťahu medzi rastlinami a mikroorganizmami je nevyhnutné na zmiernenie negatívnych dôsledkov zmeny klímy, ľudskej činnosti a iných negatívnych činiteľov, ktoré ohrozujú produkciu, pretože je základom podpory udržateľnosti poľnohospodárstva a zabezpečenia potravinovej bezpečnosti.

Kľúčové slová: metagenomika, udržateľné poľnohospodárstvo, láskavec metlinatý

1 Úvod

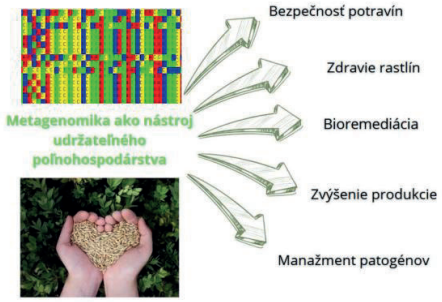
V minulosti výskumníci využívali viacero metód, ktoré boli často časovo neefektívne na zisťovanie toho, aké mikroorganizmy s nachádzajú v pôde (Gamarelo et al., 2009). S príchodom druhej generácie sekvenovania sa do popredia dostali modernejšie metódy a prístupy. Metagenomika je vedecký prístup využívajúci pokročilé technológie na detekciu mikroorganizmov a jej obrovskou výhodou je, že dokáže odhaliť aj nekultivovateľné mikroorganizmy (Bakshi, Moin, Madhav, 2020). Mikroorganizmy v pôde a v rastlinách, ako sa za posledné desaťročie zistilo, zohrávajú rozhodujúcu úlohu v poľnohospodárstve tým, že ovplyvňujú zdravie rastlín, významne ovplyvňujú úrodu plodín a kvalitu produktov (Nwachukwu, Babalola, 2022). Pôdne mikrobiálne spoločenstvá zohrávajú kľúčovú úlohy v kolobehu živín v pôde a zabezpečovaní esenciálnych živín pre rastliny. Spoločenstvá žijúce v okolí koreňov rastlín, v rizosfére, sú výrazne ovplyvnené hostiteľkou rastlinou, ktorá prostredníctvom koreňových exsudátov a slizových látok poskytuje mikroorganizmom potrebné živiny (Trognitz et al., 2016). Biodiverzita mikroorganizmov v poľnohospodárskej pôde je ovplyvnená viacerými faktormi, napríklad monokultúrnym pestovaním, ktoré spôsobuje zníženie počtu baktérií, ktoré zabezpečujú dostatok dusíka v pôde (McDaniel, Tiemann, Grandy, 2014) a tiež pH pôdy (Bakshi, Moin, Madhav, 2020).

Tento prehľad poukazuje na možnosti využitia metagenomiky v rámci udržateľného poľnohospodárstva. Tiež popisuje dôležitosť skúmania mikroorganizmov na láskavci v súvislosti využitia týchto poznatkov pri bioremediácií. Bolo zistené, že niektoré baktérie dokážu rastlinám pomáhať sa vysporiadať s ťažkými kovmi v pôde (Rajkumar et al., 2005). A vzhľadom na potencionálne využitie láskavca vo fytoremediácií, je dôležité nielen skúmať rastlinu ako takú ale skúmať aj mikroorganizmy s tým spojené.

2 Využitie metagenomiky v poľnohopodárstve

Metagenomika, ako moderný a pokročilý nástroj na štúdium mikrobiálnych spoločenstiev, ponúka v poľnohospodárstve veľké uplatnenie (Obr. 1). Okrem zloženia mikroorganizmov v poľnohospodárskej pôde výskumníci hľadajú aj rôzne korelácie medzi konkrétnymi

baktériami a obsahom látok v pôde, potrebných pre rast rastlín (Hegyi, Nguyen, Posta, 2021, Liao et al., 2023).



Obrázok 1 Možnosti využitia metagenomiky ako nástroj udržateľného poľnohospodárstva. / Potential use of metagenomics as a tool for sustainable agriculture.

Ďalšou možnosťou, kedy môžeme využiť metagenomický prístup, je detekcia baktérií, ktoré by mohli byť využívané v bioremediačných technikách kvôli znečisteniu poľnohospodárskych pôd. Objavené boli baktérie, ktoré sú schopné degradovať pesticídy. V tomto kontexte Malla et al., (2022) detekovalu niekoľko druhov baktérií, ako sú *Pseudomonas*, *Psychrobacter*, *Pandoreae* a iné, ktoré možno potenciálne využiť v bioremediačných technikách. Okrem toho, boli objavené aj baktérie, ktoré môžu byť použité aj v dekontaminácií pôd ťažkými kovmi ako napríklad *Exiguobacterium*, ktoré je vysoko rezistentné voči arzénu (Huang, Wu, Chiang, 2022).

Analýza metagenómov zároveň prináša cenné poznatky, ktoré umožňujú navrhovať inovatívne stratégie v boji proti škodcom prostredníctvom cielenej manipulácie mikroorganizmov spojených s hmyzom (Chellappan, Ranjith, 2022). Harish et al. (2019) pomocou metagenomického prístupu študovali rozdiely črevného mikrobiómu pri molici (*Bemisia tabaci*) infikujúcej poľnohospodárske plodiny, pričom zistili rozdiely v zložení baktérií v dvoch rozdielnych geografických zónach a dospeli k záveru, že tieto bakteriálne komunity môžu ovplyvniť vlastnosti molice, ako je prenos vírusov, rozšírenie okruhu hostiteľov a odolnosť voči insekticídom.

Okrem ochrany proti škodcom sa baktérie v poľnohospodárstve využívajú aj ako biologická kontrola burín (Zdor, Alexander, Kremer, 2005). Hoci sú buriny často vnímané negatívne, vďaka svojím asociáciám s prospešnými mikroorganizmami môžu prispievať k zlepšeniu rastu a odolnosti poľnohospodárskych plodín. Tieto interakcie naznačujú potenciál využitia poznatkov o mikrobiálnych spoločenstvách burín na podporu poľnohospodárstva a zvyšovania produktivity (Trognitz et al., 2016).

Sharma et al. (2024) vykonali štúdiu kde použili metagenomiku ako nástroj na porovnanie mikroorganizmov ekologických a konvenčne pestovanom láskavci metlinatom (*Amarathus cruentus*). Dospeli k záveru, že pri ekologickom pestovaní je nielen väčšia diverzita mikroorganizmov ale aj patogénnych mikroorganizmov je pri tomto spôsobe pestovania pozoruhodne menej.

3 Metagenomika a jej využitie v štúdií endofytov pri láskavci metlinatom (*Amaranthus cruentus* var. Pribina)

Zvýšené industrializácia vedie ku kontamináciu pôdy toxickými látkami ako sú aj ťažké kovy, ktoré sa často nerozkladajú a akumulujú v prostredí, čo môže spôsobovať vážne problémy. Keďže že fyzikálno-chemické čistenia pôdy sú často finančne nákladné do popredia vstupujú biologické metódy. Efektívna integrácia biologických prístupov sa sústreďuje na fytoremediáciu podporovanú mikroorganizmami, ktorá pomáha dekontaminovať pôdu od ťažkých kovov a prispieva k ekologickej stabilite (Sharma, 2021). Endofyty, mikroorganizmy žijúce v rastlinách (Schulz, Boyle, 2006), môžu pomôcť rastlinám, ako je láskavec, prežiť

v prostredí kontaminovanom ťažkými kovmi ako napríklad olovo a kadmium. Ak endofyty zvyšujú schopnosť rastlín absorbovať a akumulovať tieto ťažké kovy, môžu láskavcu pomôcť zefektívniť ho ako fytoremediačnú rastlinu. Štúdium týchto vzťahov môže pomôcť znížiť riziko kontaminácie potravinového reťazca.

4 Záver

Využitie metagenomiky prispieva k zvýšenej efektivite poľnohospodárstva, znižovaniu chemických zásahov a k ochrane životného prostredia, čím prispieva k vytváraniu trvalo udržateľného poľnohospodárstva. Vzhľadom na problémy spojené so zmenou klímy, rastúcou ľudskou populáciou a znečistením životného prostredia je potrebné zlepšiť postupy, ktoré dnes používame v rastlinnej výrobe, aby sme dosiahli udržateľné poľnohospodárstvo. Na uskutočnenie týchto zmien potrebujeme množstvo poznatkov z viacerých oblastí, ale najmä z oblasti rastlinnej a mikrobiologickej.

Poďakovanie

Tento prehľad bol vytvorený s podporou projektom VEGA 2/0013/22 "Plasticita láskavca v reakcii na ťažké kovy: viacúrovňová analýza od ekofyziologických po molekulárne aspekty".

Použitá literatúra

BAKSHI, A. - MOIN, M. - MADHAV, M. S. 2020. Metagenomics in agriculture: state-of-the-art. *Metagenomics: techniques, applications, challenges and opportunities*. Online. S. 167-187. Dostupné na: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-6529-8_11 [2024-08-02].

GAMALERO, E. – LINGUA, G. – Berta, G. – LEMANCEAU, P. 2003. Methods for studying root colonization by introduced beneficial bacteria. *Agronomie*. Online. Vol. 23, No. 5-6, pp. 407-418. Dostupné na: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-90-481-2666-8_37 [2024-08-02].

GOEL, R. - SUYAL, D. C. - NARAYAN, D. B. - SONI, R. 2017. Soil metagenomics: a tool for sustainable agriculture. *Mining of microbial wealth and metagenomics*. Online. Pp. 217-225. Dostupné na: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-5708-3_13 [2024-08-01].

HARISH, E. R. – CHELLAPPAN, M. – KUMAR, T. M. – MATHEW, D. – RANJITH, M. T. – GIRIJA, D. 2019. Next-generation sequencing reveals endosymbiont variability in cassava whitefly, Bemisia tabaci, across the agro-ecological zones of Kerala, India. *Genome*. Online. Vol. 62, No. 9, pp. 571-584. Dostupné na: https://cdnsciencepub.com/doi/abs/10.1139/gen-2018-0050 [2024-08-02].

HEGYI, A. – NGUYEN, T. B. K. – POSTA, K. 2021. Metagenomic analysis of bacterial communities in agricultural soils from Vietnam with special attention to phosphate solubilizing bacteria. *Microorganisms*. Online. Vol. 9, No. 9, pp. 1796. Dostupné na: https://www.mdpi.com/2076-2607/9/9/1796 [2024-08-01].

HUANG, W. L. – WU, P. C. – CHIANG, T. Y. 2022. Metagenomics: Potential for bioremediation of soil contaminated with heavy metals. *Ecological Genetics and Genomics*. Online. Vol. 22. 100111. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405985421000331?casa_token=pI8L_dvlce4AAAAA:tw14q3glolBQhoBT3J17dF5UxPSZ8QXHlriJoLaiDUCAZ95Vh-YuN_E2oxXB3wyTnWzOlG49Wg [2024-08-02].

CHELLAPPAN, M. - RANJITH, M. T. 2021. Metagenomic approaches for insect symbionts. *Microbial Approaches for Insect Pest Management*. Online. Pp. 271-313. Dostupné na: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-3595-3_6 [2024-08-03].

LIAO, X. – ZHAO, J. – YI, Q. – LI, J. – LI, Z. – WU, S. – ZHANG, W. – WANG, K. 2023. Metagenomic insights into the effects of organic and inorganic agricultural managements on soil phosphorus cycling. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Online. Pp. 343: 108281.

Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880922004303?casa_token=efBeM0GzxvwAAAAA:f2IwAe3qXbOKL_pAiUJ1WUvTGRFHkn8kwor9x7lLdmObZZCKtxVcHF83mZALbeLPhlJhEb2idA [2024-08-01].

MALLA, M. A. – DUBEY, A. – KUMAR, A. – YADAV, S. 2022. Metagenomic analysis displays the potential predictive biodegradation pathways of the persistent pesticides in agricultural soil with a long record of pesticide usage. *Microbiological Research*. Online. Pp. 261. 127081. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501322001215 [2024-08-01].

MCDANIEL, M. D. - TIEMANN, L. K. - GRANDY, A. S. 2014. Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. *Ecological Applications*. Online. Vol. 24, No. 3, pp. 560-570. Dostupné na: https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1890/13-0616.1?casa_token=LqVj0TbsM1UAAAAA%3A7m70ypzOfx7Bf67au3Z92lGJ-n8iNAJUgpxkNyPtjS7RI-l4S_j_MBp4Gge5HXQT7ZuN1aoZ46nI140 [2024-08-03].

NWACHUKWU, B. C. – BABALOLA, O. O. 2022. Metagenomics: a tool for exploring key microbiome with the potentials for improving sustainable agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Online. Vol. 6. 886987. Dostupné na: https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2022.886987/full [2024-08-02].

RAJKUMAR, M. – LEE, K. J. – LEE, W. H. – BANU, J. R. 2005. Growth of Brassica juncea under chromium stress: influence of siderophores and indole 3 acetic acid producing rhizosphere bacteria. *Journal of Environmental Biology*. Online. Vol. 26, No. 4, pp. 693-699. Dostupné na: https://europepmc.org/article/med/16459559 [2024-08-05].

SHARMA, P. – MAHONGNAO, S. – AHAMAD, A. – GUPTA, R. – GOEL, A. – KUMAR, N. – NANDA, S. 2024. 16S rRNA metagenomic profiling of red amaranth grown organically with different composts and soils. *Applied Microbiology and Biotechnology*. Online. Vol. 108, No. 1, pp. 129. Dostupné na: https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-023-12982-7 [2024-08-01].

SHARMA, P. 2021. Efficiency of bacteria and bacterial assisted phytoremediation of heavy metals: an update. *Bioresource Technology*. Online. Pp. 328. 124835. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852421001747?casa_token=wxpQ1rE8HXkAAAAA:l0nWvZI7hT0cFk1Z1mmCvojBZR8ig3n9sAVG1SgqS3hMWtRsZAwAqA7hU-WBgm52H6GM0TtPfA [2024-08-05].

SCHULZ, B. - BOYLE, Ch. 2006. What are endophytes?. In: *Microbial root endophytes*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg Online. Pp. 1-13. Dostupné na: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/3-540-33526-9_1?pdf=chapter%20toc [2024-08-02].

TROGNITZ, F. – HACKL, E. – WIDHALM, S. – SESSITSCH, A. 2016. The role of plant–microbiome interactions in weed establishment and control. *FEMS Microbiology Ecology*. Online. Vol. 92, No. 10. fiw138. Dostupné na: https://academic.oup.com/femsec/article/92/10/fiw138/2197698 [2024-08-03].

ZDOR, R. E. - ALEXANDER, C. M. - KREMER, R. J. 2005. Weed suppression by deleterious rhizobacteria is affected by formulation and soil properties. *Communications in soil science and plant analysis*. Online. Vol. 36, No. 9-10, pp. 1289-1299. Dostupné na: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/CSS-200056933 [2024-08-05].

GENETICKÉ ZDROJE RASTLÍN – VÝZVY A MOŽNOSTI PRE PRAX
Plant Genetic Resources – Challenges and Opportunities for Practice

Janka NÔŽKOVÁ
Ústav rastlinných a environmentálnych vied, FAPZ, SPU v Nitre, Slovenská Republika

Genetické zdroje rastlín pre výživu a poľnohospodárstvo sú kultúrnym a prírodným dedičstvom každého národa. Sú v ňom zapísané a uchované vedomosti a práca desiatok predchádzajúcich generácii. Zanedbaním a zničením tohto cenného materiálu sa nenávratne podporí strata biodiverzity na úrovni génov. Aj napriek tomu, že sú vo svete vypracované štandardizované metodiky a manažment zberu, uchovávania, hodnotenia genetických zdrojov, je aj v súčasnosti stále rovnako nevyhnutné vytvoriť integrovaný systém, vedúci k efektívnemu využívaniu a aplikovaniu genetických zdrojov do praxe.

Kľúčové slová: biodiverzita, genetické zdroje rastlín, klasifikácia, ľan siaty, *L. usitatissimum* L.

1 Úvod a prehľad literatúry

1.1 Biodiverzita a agrobiodiverzita

Biodiverzita je zdrojom všetkého života na Zemi. Definícia tohto pojmu sa začala vytvárať v druhej polovici 80-tych rokov 20. storočia (Jeffries, 1997). Podľa Dohovoru o biologickej diverzite (1992) biologickú diverzitu definujeme ako – „variabilitu živých organizmov zo všetkých zdrojov, okrem iného vrátane suchozemských, morských a iných vodných ekosystémov a ekologických komplexov, ktorých sú súčasťou; zahŕňa diverzitu v rámci druhov, medzi druhmi a ekosystémami“. Z tejto definícii je zrejmé, že rozmanitosť života chápeme na troch základných úrovniach, a to úrovni génov, druhov a ekosystémov. Ak však tento pojem pre nás predstavuje „Život na Zemi“, tak potom je v tomto pojme obsiahnutý rozsah života od alel, ktorých máme niekoľko triliónov, až po stupeň biosféry, ktorú máme len jednu (Perlman, Adelson, 1997).

Mimoriadne dôležitou súčasťou biodiverzity je agrobiodiverzita. Lenné a Wood (2011) uvádzajú, že súčasťou agrobiodiverzity sú všetky plodiny, hospodárske zvieratá a ich divorastúci a divožijúci príbuzní a všetky vzájomne pôsobiace druhy opeľovačov, symbiontov, škodcov, parazitov, predátorov a konkurentov. Charakterizujú ju ako biologický most. Na jednej strane mostu je genetická úroveň, reprezentovaná rôznymi adaptáciami, základom ktorých sú genetické rozdiely medzi odrodami plodín a plemenami zvierat. Na druhej strane mostu je širší koncept agrobiodiverzity, ako farmy v socio-ekonomickej a geografickej krajine. Jedným z cieľov výskumu agrobiodiverzity je predložiť alebo znovu uviesť do súčasnej poľnohospodárskej a záhradníckej praxe viac diverzity prostredníctvom génových bánk, botanických, zoologických záhrad a iných sekundárnych zdrojov diverzity (Hammer et al. 2003).

1.2 Genetické zdroje rastlín

Genetické zdroje sú súčasťou agrobiodiverzity. Predstavujú práve diverzitu života na vnútrodruhovej úrovni (podľa definícii biodiverzity – úroveň génov). Podľa Dohovoru o biologickej diverzite (1992) sú genetické zdroje definované ako genetický materiál skutočnej alebo potenciálnej hodnoty. Genetické zdroje rastlín pre výživu a poľnohospodárstvo (GZRVP) tvoria základ pre svetovú potravinovú bezpečnosť a pre rozvoj poľnohospodárstva. Sú surovým materiálom pre šľachtenie nových odrôd a sú rezervoárom genetickej diverzity (Hammer, Teklu, 2008). Môžeme ich začleniť do troch všeobecných skupín: domestikované, nedomestikované a ostatné druhy alebo rody. GZRVP majú hlavné využitie pri vytváraní nových a vylepšených odrôd v procese šľachtenia. Vychádzajúc z tejto

skutočnosti GZRVP rozdeľujeme na primárny, sekundárny, terciárny genofond a izolované gény alebo kvartálny genofond (Gladis, Hammer, 2002; Haussmann, Parzies, 2009; Acquaah, 2012). Táto kategorizácia genofondu je postavená na možnosti prenosu génov medzi druhmi.

Už asi 100 rokov je vo svete známe, že dochádza k stratám genetickej, druhovej a ekosystémovej diverzity. Čo sa zaraďuje medzi jeden z najvážnejších globálnych problémov ľudstva (Hammer, Teklu, 2008). Genetickú eróziu v kontexte s genetickými zdrojmi rastlín Haussmann a Parzies (2009) definujú ako úbytok obmien a variant v kultúrnych alebo prírodných populáciách. Môže byť spôsobená prírodnými faktormi, aktivitou pestovateľov, šľachtiteľov a inými aktivitami spoločnosti. V dôsledku tohto poznania začali šľachtitelia a vedci zbierať genetické zdroje a vytvárať národné a medzinárodné kolekcie, väčšinou uchovávané v génových bankách.

1.3 Uchovávanie a využívanie genetických zdrojov rastlín

Účinnejšie využívanie genetických zdrojov rastlín je nevyhnutným predpokladom naplnenia výziev rozvoja, potravinovej dostatočnosti a zmenšenia chudoby. V praxi sa uplatňujú dva spôsoby uchovávania GZR. Je to *ex situ* a *in situ*. Podľa Dohovoru o biologickej diverzite (1992) je *ex situ* definované ako – „ochrana zložiek biologickej diverzity mimo ich prirodzených biotopov“ a *in situ* – „ochrana ekosystémov a prirodzených biotopov a zachovanie a obnova životaschopných populácií druhov v ich prirodzenom prostredí a v prípade domestikovaných alebo pestovaných druhov v prostredí, v ktorom sa vyvinuli ich charakteristické vlastnosti“.

Nemôže sa však dopustiť, aby sa génové banky a *ex situ* kolekcie stali múzeami. V génových bankách sú nakumulované hodnotné poznatky zozbierané v predošlých rokoch, a preto by mali vytvoriť integrovaný systém, ktorý by mal akceptovať všetky nové aspekty z oblasti molekulárnych metód a výskumu biodiverzity a súčasne by mal zahŕňať klasické uchovávanie, hodnotenie a využívanie vzoriek v kolekciách. Prepojenie s *in situ* uchovávaním by celý systém a prácu zavŕšilo. Takže je dôležité aby sa zberateľské stratégie rozšírili na testovanie a hodnotenie nazbieraného materiálu. Preskúmané musia byť populácie krajových odrôd a ich potenciálne produktívne komponenty, schopnosť genetickej kombinácie, agronomická stabilita a ekologická adaptabilita. Je potrebné navrhnúť vhodné metódy alebo existujúce začať uplatňovať. Avšak takýto integrovaný systém je funkčný iba v niektorých prípadoch pretože stále pretrvávajú finančné problémy, ich krátením je dokonca ohrozené aj klasické uchovávanie a hodnotenie (Hammer, 2003; Lenné, Wood, 2011).

V článku uvádzame modelový prípad na genetických zdrojoch ľanu siateho, kedy sme základnú fenotypovú charakterizáciu a hodnotenie genetických zdrojov z *ex situ* uchovávaných kolekcií prepojili s modernými metódami hodnotenia a pre získané výsledky sme hľadali ďalšie možnosti uplatnenia v praxi prostredníctvom výskumných projektov. Na tomto modely je možné vidieť potrebu budovania integrovaného systému a komplexného multidisciplinárneho prístupu. Nie je možné aby génové banky a kurátori jednotlivých kolekcií genetických zdrojov zodpovedali za celý proces práce a využívania tak hodnotného materiálu ako sú genetické zdroje rastlín.

2 Materiál a metódy

2.1 Charakterizácia a hodnotenie genetických zdrojov ľanu siateho (Linum usistatissimum L.)

Ľan siaty sme vybrali ako modelovú plodinu. Pracovali sme s genetickými zdrojmi ľanu siateho z národných kolekcií Slovenskej a Českej republiky, ktoré sú uchovávané v génových bankách. Spolu sme mali k dispozícii 265 genotypov.

Genetické zdroje boli hodnotené v morfologických znakoch, a to v 18 kvantitatívnych a 22 kvalitatívnych znakoch. Výsledky z tohto hodnotenia sú publikované v dizertačnej práci a vo vedeckých a odborných publikáciách autorky článku (Nôžková et al., 2003; Nôžková, 2005; Nôžková et al., 2006).

2.2 Klasifikácia a katalogizácia genetických zdrojov ľanu siateho (Linum usistatissimum L.)

Pre morfologickú charakterizáciu sme použili klasifikátor, ktorý je najkomplexnejšou metodikou fenotypového hodnotenia. Avšak nejednotnosť medzi dostupnými klasifikátormi nás viedla k inovácii klasifikátora a k navrhnutiu metodického postupu tvorby deskriptorov pre kvantitatívne a kvalitatívne znaky (Nôžková et al. 2011).

Sumarizáciu všetkých získaných dát z hodnotenia a následnej klasifikácie genotypov sme zakončili návrhom informačného systému *GENOTYP*DATA LINUM, ktorý bol naprogramovaný ako databázový informačný systém tretej generácie „Relačné databázy" a štvrtej generácie „Objektovo-orientovanej databázy" (Urbanovič et al. 2005). Takto boli pripravené komplexné katalogizačné karty genotypov.

2.3 Využívanie inovatívnych metód hodnotenia fenotypu

Rozvoj informačných a komunikačných technológií v spojení so štatistickými a matematickými metódami umožnil inovatívne prístupy aj v oblasti charakterizácie a hodnotenia fenotypu genetických zdrojov. V prípade našich hodnotených genotypov ľanu siateho sme využili aplikáciu neurónových sietí pre ich identifikáciu, charakterizáciu a klasifikáciu (Nôžková, 2005).

Ďalej sme začali aplikovať nástroje obrazovej analýzy pre determináciu morfologických markerov. Tieto nástroje umožňujú získanie nových a exaktnejších dát z hodnotenia fenotypu (Nôžková et al. 2014; Kukučka et al., 2024).

3 Výsledky a diskusia

Na základe informácií v predchádzajúcich častiach článku je možné urobiť sumárny model činnosti súvisiacich z prácou s genetickými zdrojmi.

- Vytvorenie, inovácia klasifikátora ako komplexného systému hodnotenia fenotypu.
- Obrazová dokumentácia častí rastliny, potrebná pre vytvorenie katalógových kariet genotypov a pre determináciu morfologických markerov a nových znakov.
- Matematicko-štatistická analýza, nutná pre determináciu stupňa variability a zákonitostí medzi znakmi a genotypmi.
- Klasifikácia a katalogizácia genotypov, využiteľná pre vytvorenie komplexného informačného systému genetických zdrojov daného rastlinného druhu.

V našom širšom kolektíve sme sa okrem morfologickej charakteristiky venovali aj sledovaniu molekulárnych a biochemických zákonitostí na vybraných genotypoch ľanu siateho. Aj takto získané údaje významne dopĺňali a sú nevyhnutnou súčasťou integrovaného systém prístupu a hodnotenia genetických zdrojov rastlín.

Využitím hore uvedených metodických postupov sa získali hodnotné dáta, ktoré však nadobudnú svoj význam až ich ďalším využitím a aplikáciou. V našom kolektíve sme vychádzajúc z týchto údajov navrhli ďalšie možnosti využívania genetických zdrojov ľanu siateho prostredníctvom podporených vedeckých projektov.

- Podpora inovácie technológií špeciálnych výrobkov biopotravín pre zdravú výživu ľudí (ITEBIO) - OP Výskum a inovácie (2010 – 2014)
- Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny (Drive4SiFood) - OP Integrovaná infraštruktúra (2019 – 2023)
- Genetická diverzita a mikroRNA v biosyntéze slizu ľanu siateho (*Linum usitatissimum* L.): pridaná hodnota rastlinných biopolymérov a ich farmaceutické aplikácie (LUMIGEN) - APVV-23-0177 (2024 – 2028)

4 Záver

Genetické zdroje rastlín pre výživu a poľnohospodárstvo sú základom pre riešenie potravinovej dostatočnosti, pre napĺňanie ľudských potrieb, pre zdravý a hodnotný životný

štýl. Preto treba aj naďalej hľadať a rozvíjať spôsoby efektívneho využívania týchto zdrojov, a to v integrovanom systéme s výraznou podporou štátu keďže predstavujú kultúrne a prírodné dedičstvo národa.

Poďakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-23-0177.

Použitá literatúra

ACQUAAH, G. 2012. *Principles of plant genetics and breeding*. Wiley-Blackwell, 2nd edition, 740 p. ISBN 978-0-470-66475-9

Dohovor o biologickej diverzite (1992) (Oznámenie č. 34/1996 Z.z.)

GLADIS, TH. – HAMMER, K. 2002. The relevance of plant genetic resources in plant breeding. In Groeneveld, E., Glodek, P. (ed.). *Animal breeding and animal genetic esources* – proceeding of workshop 7 on sustainable animal production, Braunschweig, Landbauforschung Völkenrode Sonderheft, vol. 228(special issue), p. 3-13.

HAMMER, K. – TEKLU, Y. 2008. Plant genetic resources: Selected issues from genetic erosion to genetic engineering. In *Journal of agriculture and rural development in the tropics and subtropics*, vol. 109(1), p. 15-50.

HAMMER, K. 2003. A paradigm shift in the discipline of plant genetic resources. In *Genetic resources and crop evolution*, vol. 50, p. 3-10.

HAMMER, K. et al. 2003. Agrobiodiverzity with emphasis on plant genetic resources. In *Naturwissenchaften*, vol. 90, p. 241-250. DOI: 10.1007/s00114-003-0433-4

HAUSSMANN, B.I.G. – PARZIES, H.K. 2009. Methodologies for generating variability. Part 1: Use of genetic resources in plant breeding. In Ceccarelli, S., Guimarães, E. P., Weltzien, E. (eds.) 2009. *Plant breeding and farmer participation*. FAO; p. 107-128. ISBN 978-92-5-106382-8

JEFFRIES, M.J. 1997. *Biodiversity and conservation – routledge introductions to environment series*. Routledge : London, 201 s.

KUČKA, M. et al. 2024. Great potential of flaxseed mucilage. In *European Food Research and Technology*. ISSN 1438-2377, 2024, vol. 250, no. 3, s. 877-893. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04429-0>.

LENNÉ, J.M. – WOOD, D. 2011. Agrobiodiversity revisited. In LENNÉ, J.M – WOOD, D. (eds) 2011. *Agrobiodiversity management for food security : a critical review*. CAB International, 239 p. ISBN 978-1-84593-761-4

NÔŽKOVÁ, J. 2005. *Hospodárska významnosť a možnosti ďalšieho využitia udržiavaného genofondu ľanu siateho (Linum usitatissimum L.)* : (dizertačná práca). Nitra : [s.n.], 2005. 143 s., - SPU, Nitra, 2005. Dostupné na internete: <www.slpk.sk/eldo/autoreferaty/janka_nozkova.pdf>.

NÔŽKOVÁ, J. 2014. *Morfometrika v posudzovaní agrobiodiverzity* : (habilitačná práca). Nitra : [s.n.], 2014. 204 s. https://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioForm&sid=75B7A01F43629DD3F52501287959

NÔŽKOVÁ, J. et al. 2003. Variabilita znakov a vlastností v sústredenej kolekcii genotypov ľanu siateho (Linum usitatissimum L.). In *Nové poznatky z genetiky a šľachtenia poľnohospodárskych rastlín* : zborník z 10. odborného seminára, Piešťany 26.-27. november 2003. Piešťany : Výskumný ústav rastlinnej výroby, 2003. ISBN 80-88790-29-8. , s. 75-78.

NÔŽKOVÁ, J. et al. 2006. Importance of collected flax germplasm (Linum usitatissimus L.) characterization. In *The Journal of Natural Fibers*. ISSN 1544-0478. ISSN 1544-046X elektronické, 2006, vol. 3, no. 1, 1-16.

NÔŽKOVÁ, J. et al. 2011. *Descriptor list for flax (Linum usitatissimum L.)*. 1. vyd. Nitra : Slovak University of Agriculture, 2011. 102 s. ISBN 978-80-552-0671-4. DOI: 10.15414/2016.9788055214849

PERLMAN, L. D. – ADELSON, G. 1997. *Biodiversity – Exploring Values and Priorities in Conservation*. USA, 1997, 182 s.. ISBN 0-86542-439-X

URBANOVIČ, A. et al. 2005. Využitie informačného systému GenotypDATA pre štúdium variability v znakoch kolekcie ľanu siateho (Linum usitatissimum L.). In *Introdukce a genetické zdroje rostlin Botanické záhrady v novém tisíciletí* : sborník s konference, konaného 5.-9., září 2005 v České zemědělské universitě v Praze -Suchdole. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2005. ISBN 80-903697-0-7. , s. 225-229.

Kontaktné údaje: Janka Nôžková, Ústav rastlinných a environmentálnych vied, FAPZ, SPU v Nitre, Slovenská Republika, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, janka.nozkova@uniag.sk

PODPORA BIOLOGICKÝCH PROCESOV V UDRŽATEĽNOM POĽNOHOSPODÁRSTVE APLIKÁCIOU NOVÝCH PESTOVATEĽSKÝCH TECHNOLÓGIÍ
Support of biological processes in sustainable agriculture by applying new cultivation technologies

Katarína OLŠOVSKÁ, Štefan TÝR, Krisztína MAJTÁN
Ústav agronomických vied, FAPZ, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

„Zelená revolúcia“ v polovici dvadsiateho storočia pozostávala z vylepšení genetiky plodín; biotechnológie; v rozšírení zavlažovacej infraštruktúry; používaní syntetických hnojív, herbicídov a pesticídov v a zlepšení postupov riadenia poľnohospodárskych podnikov. To sa podpísalo pod viac ako zdvojnásobenie úrod plodín. Teraz si uvedomujeme, že tieto vylepšenia si aj niečo vyžiadali. Vo vyspelom svete teraz dominuje konvenčné chemické poľnohospodárstvo, ktoré sa príliš spolieha na monopestovanie niekoľkých hlavných plodín, na hnojivá na báze fosílnych palív a intenzívne používanie chemikálií na ochranu plodín. Nielenže sú tieto metódy, ak sa používajú v nadmernom množstve, drahé a poškodzujú životné prostredie, ale poškodzujú najmä mikrobiálny pôdny život. Tým obmedzujú dlhodobú úrodnosť pôdy a služby, ktoré môže biológia poskytnúť. Nárast populácie ľudí čerpá prírodné zdroje z budúcnosti, čo môže ohroziť právo budúcej generácie na výživné potraviny a čistý vzduch. Príčiny tohto problému je možné dlho menovať, ale dajú sa zjednodušene pomenovať ako nedostatok a/alebo slabú implementáciu nových prístupov a postupov pre trvalo udržateľné poľnohospodárstvo.

Kľúčové slová: udržateľné poľnohospodárstvo, pôdna štruktúra, pôdny mikrobióm, minimálne obrábanie pôdy

1 Úvod a prehľad literatúry

Život na Zemi je výsledkom interakcie kozmických a terestriálnych procesov. Primárnym zdrojom energie pre biologické procesy je slnečná energia. Táto „čistá energia fotónov“ je transformovaná pomocou základného prvku pre tvorbu organického života na Zemi – uhlíka (vo forme CO_2 z atmosféry) – do organických molekúl v kaskáde začínajúcej sa 3-PGA (kyselina 3-fosfoglycerová) a prebiehajúcej v zelených rastlinách v procese fotosyntézy za spoluúčasti kyslíka pochádzajúceho z molekuly vody v Hillovej reakcii. Výsledkom je tvorba nadzemnej a podzemnej biomasy, ktorá po zbere jej hospodárskej časti vo forme nadzemných rastlinných zvyškov a koreňov tvorí pôdnu organickú hmotu. Táto v pôde podlieha ďalším transformáciám, ktoré vedú buď k jej uloženiu v pôde vo forme organickej hmoty rôzne odolnej voči dekompozícii (sekvestrácia), alebo dochádza k jej dekompozícii (rozkladu) v konečnom dôsledku až na CO_2, ktorý ako skleníkový plyn uniká do atmosféry a prispieva ku klimatickej zmene. Dekompozícia však nemusí prebehnúť úplne, ale môže byť čiastočne realizovaná aj ako resyntéza kvalitatívne novej organickej hmoty za prispenia rizodepozitu (nízkomolekulárneho exudátu koreňov rastlín) a produktov metabolizmu mikroorganizmov (nekromasy), čoho výsledkom je tvorba foriem organickej hmoty odolnejších voči ďalšej dekompozícii.

1.1 Úloha mikrobiómu pôdy v transformačných procesoch pôdnej organickej hmoty

Transformáciu uhlíkatých zlúčenín v pôde zabezpečujú mikroorganizmy, ktoré reprezentujú najdiverzifikovanejšiu skupinu živých organizmov na Zemi čo sa týka druhovej početnosti, ale aj ich vitálnej a komplexnej funkcie v kolobehu C. Ich význam dokumentuje aj fakt, že zemský mikrobióm tvorí takmer polovicu biomasy na zemeguli (Xiong et al., 2021). Výmena C medzi rastlinou, atmosférou a pôdou prebieha vo forme CO_2, t.j. vo forme C, ktorého dynamika a koncentrácia v tomto kolobehu určuje v konečnom dôsledku úroveň rastlinnej

produkcie, determinuje pôdnu úrodnosť, ovplyvňuje globálnu klimatickú zmenu a celkovú udržateľnosť poľnohospodárskeho produkčného systému.

1.2 Nové technológie a obrábanie pôdy

Nové moderné technológie v poľnohospodárskej výrobe sú orientované viac ekologicky, a hoci môžu byť uplatňované v rôznych produkčných koncepciách (konvenčné, konzervačné, integrovaná produkcia, ekologické, alebo regeneratívne poľnohospodárstvo), vždy by mali smerovať k dosiahnutiu vyššieho stupňa udržateľnosti poľnohospodárskej sústavy. Základnými princípmi udržateľnosti poľnohospodárstva a udržateľnej intenzifikácie produkčného systému obsiahnutými a realizovanými pomocou nových technológií sú:

1. žiadne alebo len minimálne narušenie pôdy,
2. permanentný pokryv povrchu pôdy zanechaním pozberových zvyškov alebo sejbou medziplodín,
3. zvýšenie diverzity a vyváženosti hlavných plodín v osevnom postupe.

Koncepcia minimálneho, resp. nulového obrábania pôdy nie je nová. Klasické obrábanie pôdy a užitočnosť orby boli prvýkrát spochybnené už v 30-tych rokoch 20. storočia pokrokovým agronómom Edwardom H. Faulknerom. V predslove jeho knihy „Ploughmans folly and a second look“ (Oráčovo bláznovstvo a druhý pohľad) Paul Sears poznamenáva: „Faulknerov génius spočíva v spochybnení samotného základu poľnohospodárstva – pluhu. On pochopil, že namiesto toho, aby organickú hmotu do pôdy zapracovávali dážďovky a iné organizmy, pochováva zakrivená odhrňovačka moderného pluhu tento cenný materiál do podorničia, kde zostáva ako zátka z nestráveného ťažkého jedla v ľudskom žalúdku“. Tragická prachová búrka na Stredozápade USA v tom istom období bola výstražným varovaním pred tým, že ľudské intervencie v obhospodarovaní pôdy orbou vedú k nestabilným poľnohospodárskym systémom. Odhaduje sa, že v uvedených 30 rokoch minulého storočia bolo v USA v dôsledku silnej pôdnej erózie degradovaných 91 mil. ha pôdy (Utz et al., 1938).

1.3 Vplyv spracovania pôdy na pôdnu štruktúru a mikrobióm

Výkyvy pôdnej štruktúry v dôsledku radikálneho spracovania pôdy orbou majú ďalekosiahle dopady na prežitie a metabolizmus pôdnych mikroorganizmov, v dôsledku čoho ovplyvňujú pôdnu organickú hmotu a kolobeh (obrat) živín. Narušenie pôdy vzrastajúcou mechanizáciou a intenzifikáciou poľnohospodárstva je najväčším rizikom pre pôdne zdravie a jej funkcie a jej funkcie, pretože indikuje výrazné zmeny pôdne štruktúry a zapríčiňuje jej podstatné a trvalé poškodenie, ktoré v konečnom dôsledku redukuje produktivitu pôdy a zdravie ekosystému.

Dekompozícia biomasy pôdnymi mikroorganizmami vedie k stratám CO_2 ako výsledku mikrobiálnej respirácie (dýchanie pôdy). Prostredníctvom tvorby humusu (resp. odolných stabilných foriem pôdnej organickej hmoty) – materiálu, ktorý dáva pôdam bohatým na C typické čierne sfarbenie, sa len malá časť uhlíka dodaného do pôdy v nej udrží. Rôzne formy pôdneho organického C sa líšia v ich rekalcitrancii, t.j. rezistencii voči dekompozícii. Napríklad humus je vysoko odolný a trvá veľmi dlho, pokým sa v pôde rozloží. Naopak rastlinné zvyšky sú málo odolné, rýchlo podliehajú rozkladu a zostávajú v pôde len krátku dobu. Z uvedeného vyplýva, že rýchla dotácia C a zvýšenie jeho obsahu v pôde (maštaľný hnoj, slama a pod.) nie je celkom také jednoduché opatrenie ako by sa zdalo (Darenová et al., 2023). V momente dodania organickej hmoty do pôdy sa síce obsah C v pôde zvýši, ale len krátkodobo, pretože následne sa tento tzv. častícový uhlík rýchlo rozloží činnosťou mikroorganizmov. Uhlík, ktorý nám v pôde chýba, je trvalý C odolný voči rozkladu, pútaný na minerálne častice pôdy (rekalcitrantný C).

Z praktického hľadiska potrebujeme v pôde všetky formy uhlíka. Odolné (rezistentné) formy C sa vytvárajú dlhodobo a formujú typickú mikroagregátovú štruktúru pôdy osídľovanú skupinou tzv. oligotrofných mikroorganizmov. Takýmto spôsobom teda formujú fyzikálno-chemické vlastnosti pôdy a rezistentnú časť pôdneho mikrobiómu. Labilnejšie formy uhlíka podliehajúce rýchlemu rozkladu zasa poskytujú rastlinám predovšetkým pohotovostné živiny potrebné pre produkciu biomasy a formovanie hospodárskej úrody. V podmienkach prechodu na udržateľnejšie formy hospodárenia na pôde, kedy sa snažíme o redukciu

externých vkladov energie v podobe syntetických minerálnych hnojív a ochranných prostriedkov, je to dôležitá cesta, ako pri intenzívnom pestovaní plodín doplniť pohotovostné živiny cez input organickej hmoty do pôdy.

Pri komplikovanom kolobehu C v biosfére možno rozoznať viacero rovnovážnych stavov medzi jednotlivými poolmi C. Či bude pôda sinkom alebo zdrojom C závisí od rovnováhy medzi jeho sekvestráciou a úplnou dekompozíciou v pôde až po jeho exhaláciu tokom do atmosféry vo forme CO_2. Pri rovnovážnom stave je obsah C v pôde konštantný. Ak prevláda proces sekvestrácie, obsah C v pôde sa zvyšuje a exhalácia do atmosféry klesá. Pôda sa stáva sinkom. Naopak, pri prevahe dekompozičných procesov nad sekvestračnými sa obsah C v pôde znižuje, zvyšuje sa jeho únik do atmosféry ako CO2, pôda sa stáva zdrojom C pre jeho výdaj do atmosféry. Rovnako dôležitá je však aj rovnováha medzi labilnými a odolnými (rekalcitrantnými) formami C v pôde. Ak prevládajú labilné formy organickej hmoty v pôde (opad, zvyšky rastlín, zelené hnojenie, organické hnojivá) dochádza k jej rýchlej mineralizácii a sprístupneniu živín pre rast rastlín. Na druhej strane však dochádza k zhoršeniu pôdnej štruktúry v dôsledku deficitu stabilnej organickej hmoty potrebnej na výstavbu štrukturálnych pôdnych makro- a mikroagregátov. Pri prevahe stabilných foriem nad labilnými je to naopak. Podmienky pre tvorbu optimálnej štruktúry pôdy sa zlepšujú, avšak uvoľňovanie minerálnych živín z organického zdroja je limitované. Preto je pre naplnenie živinových požiadaviek plodín potrebný vklad živín formou priemyselných hnojív, čo v konečnom dôsledku tiež degraduje štruktúru pôdy a nahrádza prirodzený spôsob uvoľňovania a sprístupňovania živín z organickej hmoty.

1.4 Minimálne obrábanie a pôdna štruktúra

Pôda pozostáva z minerálnych častíc a organických látok, ktoré sú rôznym spôsobom asociované do veľkostne rôznorodých agregátov organizovaných ako trojrozmerné pórovité štruktúry. V princípe sa ako prvé formujú makroagregáty (> 250 µm), ktoré sú udržiavané pokope komplexom korienkov a fungálnych hýf. V centrálnej časti makroagregátov sa vytvárajú podmienky pre tvorbu mikroagregátov. Rozložená rastlinná organická hmota a fungálny materiál je postupne inkrustovaný ílovitými časticami a mikrobiálnymi produktmi a formuje jadro stabilných mikroagregátov a agregátov o veľkosti sprašových častíc.

Keď je raz organická hmota z tohto jadra vyčerpaná, mikrobiálna aktivita a produkcia metabolitov sú zastavené, čo vedie k strate stability agregátov a príp. až k ich rozpadu. Z tohto dôvodu primárne častice štruktúrované ako pôdne agregáty oddelené prázdnymi priestormi predstavujú relevantné mikrohabitaty pre pôdne mikroorganizmy. Väčšina mikroorganizmov v pôde existuje vo forme vzájomne prepojených súborov s týmito časticami, takže pôdna štruktúra nakoniec určuje dostupnosť ich zdrojov prostredníctvom difúzie O2, toku vody a dostupnosti organickej hmoty a živín (Hartmann, Six, 2023).

Z praktického pestovateľského hľadiska preto nestačí dotovať pôdu len ľahko a rýchlo rozložiteľnou organickou hmotou, ale je nevyhnutný aj vklad takej formy organickej hmoty, ktorá podporí tvorbu optimálnej pôdnej štruktúry. Takou formou organickej hmoty, resp. zdrojom jej tvorby je tzv. rizodepozit, t.j. koreňový exsudáte rastlín v spolupôsobení s odumretou a transformovanou mikrobiálnou hmotou (nekromasa). Rizodepozit dostaneme do pôdy len pestovaním zelených rastlín v čo najväčšej miere, ak sa dá, tak počas celého roka. V tomto smere nám v rámci nových pestovateľských technológií veľmi dobre poslúžia medziplodiny. Medziplodiny nám zabezpečia prostredníctvom pozberových zvyškov input labilnej organickej hmoty a cez svoj koreňový exsudátu prinesú potenciál pre tvorbu stabilnejších foriem pôdnej organickej hmoty. Uvedenou stratégiou môžeme dosiahnuť rovnováhu medzi kvalitnou pôdnou štruktúrou a súčasne uvoľňovaním prístupných živín pre rast a vývoj plodín z organického zdroja.

2 Záver

Dynamické procesy, ktoré ovplyvňujú kvalitu pôdy, sú komplexné a pôsobia v čase lokalizované na rôznych miestach pôdneho profilu pri väčšej rôznorodosti konkrétnych situácií. Pôdna organická hmota je súčasne zdrojom C uvoľňovaného do atmosféry a aj

sinkom pre jeho sekvestráciu v pôde. Intenzívne mechanické spracovanie pôdy vykazuje významne negatívny vplyv na distribúciu pôdneho organického C (POC). Vhodná rotácia plodín v širokom osevnom postupe, naopak, zvyšuje množstvo a kvalitu pôdnej organickej hmoty a tým zlepšuje fyzikálno-chemické vlastnosti a biologickú aktivitu pôdy. Zanechanie pozberových zvyškov na povrchu pôdy a zavedenie pestovania medziplodín prispieva k zvýšeniu POC a prístupných minerálnych živín. Pri dynamických transformáciách organickej hmoty v pôde rozhodujúcu úlohu zohráva pôdny mikrobióm. Efekty pôdnych ochranných technológií sa zosilňujú, ak:

a) sú realizované v súlade s charakterom krajinného priestoru,
b) prispievajú k udržateľnosti produkčného poľnohospodárskeho systému komplexne, t. j. ekonomicky, environmentálne i sociálne,
c) ich možno merateľne monitorovať pomocou vhodných ekonomicky a technicky dostupných indikátorov.

Poďakovanie

Poďakovanie za finančnú podporu projektu: Potravinové produkčné systémy – vplyv na emisie GHG, ekologickú stopu, produktivitu a kvalitu. Číslo: VEGA 1/0218/20.

Použitá literatúra

HARTMANN, M. - SIX, J. 2023. Soil structure and microbiome functions in agroecosystems. Nature Reviews Earth & Environment. Online. Vol. 4(1), s. 1-15. DOI:10.1038/s43017-022-00366-w.

DARENOVA, E. et al. 2023. Responses of soil CO2 efflux and microbial activity to water deficit under conventional and adaptation technology. *Soil and Tillage Research*, Online. No. 234, s.105856. https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105856.

UTZ, E. J. et al. 1938. The problem: the nation as a whole. *Soils and men. Yearbook of agriculture*, Online. s. 84-140.

XIONG, W., et al. 2021. A global overview of the trophic structure within microbiomes across ecosystems. *Environment International*, Online. Vol. 151, s. 106438. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106438.

Kontaktné údaje: doc. Ing. Katarína Olšovská, PhD., Ústav agronomických vied, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SVK.

VYUŽITÍ DIGESTÁTU PŘI PĚSTOVÁNÍ OZIMÉHO ŽITA NA SILÁŽ A NÁSLEDNÉ PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE SETÉ TECHNOLOGIÍ STRIP-TILL
Use of Digestate in the Production of Winter Rye for Silage and Subsequent Cultivation of Maize Using the Strip-Till Method

Jan PAZDERA[1,2], Ladislav VARGA[2]
[1] *KWS OSIVA, s.r.o., Velké Meziříčí, Czech Republic*
[2] *Institute of Agronomical Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovak Republic*

In a semi-operational trial (harvest 2023), the possibilities of a dual cropping system of winter rye and maize sown in the same year were evaluated in terms of yield, silage quality and other parameters. The experiments took place in the Agricultural Cooperative Nové Město na Moravě, 613 m above sea level (Czech Republic). When growing winter rye of the KWS Progas variety, the interannual effect of digestate fertilization (30 t.ha^{-1} before sowing; 0.5% N in FM) was assessed. The above-ground biomass yield of rye was (2023) both in fresh matter (FM): 23.43 t.ha-1, and in dry matter: 3.75 t.ha-1, as well as in dry matter content: 16.09%. Silage quality (N_{tot}, nitrogenous substances, ash, ADF, NDF) was adequate. The residual soil N_{min} after harvesting rye will be used by subsequent maize. For the subsequent KWS Kampinos seeded maize hybrid (FAO 200), the influence of strip-till technology vs. no-till, as well as a combination of fertilizers were assessed. Variants: 1) unfertilized no-till; 2) no-till + Urea^{stabil}; 3) unfertilized strip-till; 4) strip-till + Urea^{stabil}; 5) strip-till + Urea^{stabil} + digestate; 6) strip-till + digestate. The total spring dose of N in var. 2, 4-6 was the same, 120 t.ha^{-1}. The silage dry matter yield was higher in 2023 for Option 3 (strip-tillage) compared to Option 1 (no-tillage, 100%): an increase of 24%. Variants 4-5-6 significantly increased the yield of dry matter of silage compared to var. 3 (100%) as follows (%): 113-112-128 (2023). The quality of the maize silage met the required parameters and fluctuated both according to the fertilization variants in year 2023: dry matter content: 36.8%; nitrogenous substances: 7.3%; ADF: 19.6%, NDF: 45.9%; starch: 37.8%. Soil reaction (pH/$CaCl_2$), content of N_{min} and C_{ox} did not change significantly after maize harvest. The contents of P, K, Ca, Mg and S in the silage and in the soil fluctuated irregularly, mostly insignificantly among the variants. Variants 5 and 6 were profitable in all years. Economically, a single operation system (digestate application + strip-till + maize sowing) is more suitable, but separate sowing is also possible. The dual system can be recommended especially when using strip-till soil protection technology with joint digestate application. However, the influence of the year (temperature, precipitation – sum and distribution) is essential.

Key words: winter rye, maize, silage, yield, quality, dual system, digestate, strip-till

1 Úvod

1.1 Význam pěstování kukuřice seté a ozimého žita v ČR

Kukuřici setou řadíme v ČR a SR mezi jednu z nejvýznamnějších krmných plodin, a to jak ve formě na siláž, tak i na zrno. Jedná se o nejvýznamnější jednoletou pícninu v České republice. Na našem území dosud převažují dva užitkové směry pěstování kukuřice, a to na siláž a na zrno [1]. Využití nachází zrno např. v potravinářském průmyslu. V posledních letech slouží kukuřice také k účelům výroby obnovitelných zdrojů energie (bioetanol, bioplyn, biomasa) [2]. V krmné dávce pro dojnice je kukuřičná siláž, v podmínkách ČR, hlavním nositelem energie.

Třetí, nejvíce pěstovanou obilninou na zelenou píci, bylo dříve po kukuřici a ovsu právě žito seté (*Secale cereale* L.). Výnosová jistota a časná sklizeň bezpochyby patří mezi jeho největší přednosti [3]. V dnešní době je žito v ozimé formě využíváno zejména jako meziplodina, kterou sklízíme na senáž na konci sloupkování či na začátku metání [4]. Poté je

možné vyset kukuřici. Zde je však nezbytně nutné striktně dodržet výběr správného hybridu s příslušným číslem FAO.

Kukuřice, jako širokořádková plodina, zastoupená v osevních postupech ve vyšší koncentraci, je „erozně ohrožující plodinou“. Redukovat riziko vodní i větrné eroze můžeme pomocí půdoochranných technologií. Jednou z technologií je i metoda strip-till, tzv. pásové zpracování půdy. Za obecný princip této technologie je považováno pásové zpracování půdy v místě setí následné plodiny (po předplodině) s možností cílené aplikace živin (kejda, digestát, minerální hnojiva) [5]. K rychlejšímu prohřívání půdy dochází v nakypřeném pásu, kde je povrch půdy bez rostlinného pokryvu, což je důležité především u teplomilných plodin pro jejich počáteční růst. Posklizňové zbytky v meziřádku snižují zejména rizika vodní eroze [6].

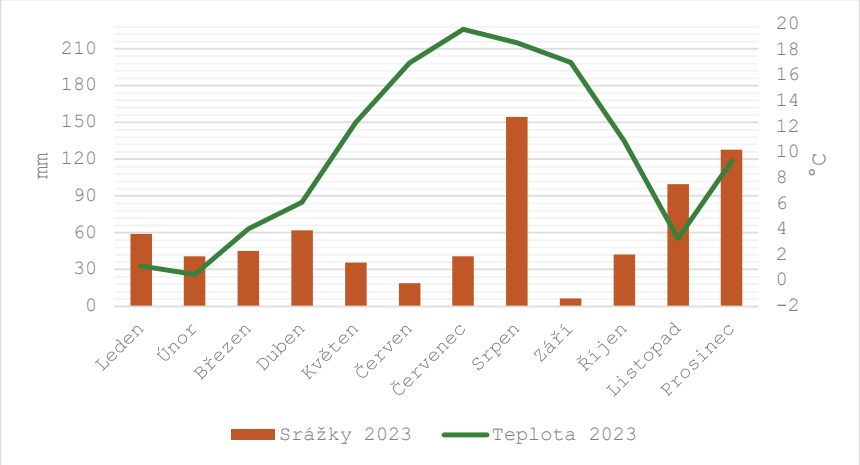
1.2 Výhody i rizika pěstování dvou plodin v jednom roce (žito – kukuřice)

[7] uvádí, že když bylo ozimé žito sklizeno jako předplodina před výsevem silážní kukuřice, došlo ke snížení výnosu silážní kukuřice ve srovnání s přímým výsevem silážní kukuřice. Avšak při součtu výnosů obou plodin byl ekonomický přínos celkově vyšší než u samotné kukuřičné siláže. Pro životní prostředí je např. tato technologie (pěstování dvou plodin na jednom pozemku v daném roce) velmi příznivá. V případě použití žita jako meziplodiny jsou environmentální přínosy okamžité a dlouhodobý ekonomický přínos je dosažen zachováním úrodnosti půdy [8]. Za nadměrně vlhkých podmínek na jaře může žito jako krycí plodina pravděpodobně zlepšit podmínky pro výsev a založení porostu tím, že zvýší evapotranspiraci nadměrné půdní vlhkosti. Ukončení sklizně krycí plodiny ponechává veškerou biomasu na povrchu půdy, což potenciálně brání vysychání a oteplování půdy [9] a přispívá k imobilizaci živin.

2 Materiál a metodika

2.1 Charakteristika pokusné lokality

Polní pokus byl založen v roce 2023 formou poloprovozního experimentu na pozemku Zemědělského družstva Nové Město na Moravě v okr. Žďár nad Sázavou. Podnik se nachází v bramborářské výrobní oblasti s nadmořskou výškou 613 m.



Graf 2 Průměrné měsíční teploty (°C) a srážky (mm) v roce 2023 / Average monthly temperatures (°C) and precipitation (mm) in 2023

Průměrná roční teplota vzduchu byla 9,99 °C a průměrný roční úhrn srážek v této oblasti byl 732,5 mm. Pro získání dat o teplotách a srážkách byla data měřena a zapisována denně,

ze záznamů byly vypočteny průměrné hodnoty. Pokus byl veden v roce 2022 na DPB 1701/3 (Padělky).

2.2 Varianty pokusu

Pokus byl založen vždy po předplodině pšenici ozimé a zahrnoval celkem 6 variant. Jednotlivé varianty (parcely) byly dlouhé 150 m a široké 6 m, velikost pokusných parcel byla tedy 900 m^2 (0,09 ha). Digestát byl vždy plošně aplikován před setím žita (8. 9. 2022), a to v dávce 30 $t.ha^{-1}$ na povrch půdy hadicovým aplikátorem a poté byl zaorán (hloubka orby 30 cm).

Tabulka 1 Druhy a dávky hnojiv a dávky N u jednotlivých variant a způsobů zpracování půdy / Types and rates of fertilisers and N rates for each variant and tillage method

Varianta 1-6	Podzimní aplikace k ozimému žitu		Jarní aplikace ke kukuřici seté			
	Podzimní dávka digestátu ($t.ha^{-1}$)	Dávka dusíku z digestátu ($kg.ha^{-1}$)	Druh hnojiva/jarní dávka hnojiva	Agrotechnika		Celková dávka dusíku z jarní aplikace ($kg.ha^{-1}$)
				No-till	Strip-till	
K-NT	30	90	-	ano	ne	0
NT+MH	30	90	$Urea^{stabil}$/260 $kg.ha^{-1}$	ano	ne	120
K-ST	30	90	-	ne	ano	0
ST+MH	30	90	$Urea^{stabil}$/260 $kg.ha^{-1}$	ne	ano	120
ST+MH+D	30	90	Digestát/20 $t.ha^{-1}$ $Urea^{stabil}$/130 $kg.ha^{-1}$	ne	ano	120
ST+D	30	90	Digestát/ 40 $t.ha^{-1}$	ne	ano	120

K-NT – kontrola-No-till, NT+MH – No-till+minerální hnojivo, K-ST – kontrola-Strip-till, ST+MH – Strip-till+minerální hnojivo, ST+MH+D – Strip-till+minerální hnojivo+digestát, ST+D – Strip-till+digestát

3 Výsledky a závěr

3.1 Žito – nadzemní biomasa

Dle Tukeyova testu byl výnos ($t.ha^{-1}$) suché hmoty (SH) ozimého žita na siláž (nadzemní biomasa) následující: rok 2023 – 3,75 (a). Z výsledků výnosu sušiny ozimého žita vyplývá, že se projevil vliv ročníku, což je naprosto běžný a očekávaný jev daný zejména úrovní a rozvržením dešťových srážek a teplot vzduchu během roku.

3.2 Kukuřice (silážní zralost - BBCH 83) – výnos ($t.ha^{-1}$)

Výnos kukuřice v silážní zralosti v $t.ha^{-1}$ v roce 2023 v jednotlivých variantách byl následující: varianta 1 – 9,27 (a), varianta 2 – 9,41 (a), varianta 3 – 11,52 (b), varianta 4 – 13,01 (c), varianta 5 – 12,95 (c), varianta 6 – 14,74 (d). Rozdílná písmena (a, b) signalizují signifikantní diference mezi roky ($p < 0,05$).

3.3 Závěr

Po aplikaci digestátu před setím žita ozimého (30 $t.ha^{-1}$ při obsahu 0,5 % N v č. h.) vykazoval výnos nadzemní biomasy signifikantní meziroční diference jak v čerstvé hmotě, tak i v suché hmotě i v obsahu sušiny. Obsahy živin v půdě před aplikací digestátu a po sklizni žita kolísaly nepravidelně dle roku, hloubky odběru a živiny. Přibližně v polovině případů byl zjištěn vyšší obsah těchto živin v půdě po sklizni, což byl i důsledek hnojení digestátem.

U následně pěstovaného silážního hybridu kukuřice seté KWS Kampinos (FAO 200) byl výnos suché hmoty siláže signifikantně vyšší v roce 2023 u var. 3 (strip-till) oproti var. 1 (no-till, 100 %), a to o 24 %. Hnojené var. 4 (strip-till + $Urea^{stabil}$) – var. 5 (strip-till + $Urea^{stabil}$ +

digestát) – var. 6 (strip-till + digestát) zvýšily (při shodné celkové dávce N – 120 kg.ha^{-1}) signifikantně výnos suché hmoty kukuřičné siláže oproti nehnojené var. 3 (strip-till; 100 %). V roce 2023 následovně: 113-112-128 %.

Kvalita kukuřičné siláže splňovala požadované parametry a kolísala jak dle variant hnojení, tak i meziročně. U digestátem hnojených variant (5-6) byl zjištěn vyšší obsah N_{min} v řádku oproti meziřadí v porovnání s variantou nehnojenou (var. 3). Byl to důsledek aplikace digestátu do řádku při metodě strip-till (kdy vyšší dávka N stimulovala výnos u var. 5 a 6, čímž se zákonitě odebralo i více N_{min} z půdy na tvorbu výnosu).

Varianty 5 a 6 byly ziskové, a to v roce 2023 následovně (zisk v Kč.ha^{-1} u var. 5 a 6): 846 a 5 029 Kč.ha^{-1}.

Duální systém pěstování silážního žita ozimého a kukuřice seté je možno doporučit zejména při použití půdoochranné technologie strip-till společně s aplikací digestátu. Vliv ročníku (především teplota, srážky – suma a rozložení) byl ovšem zásadní.

Použitá literatura

1 NEUBAUER, K. et al. (1989): *Stroje pro rostlinnou výrobu*, SZN Praha, 716 s.

2 MOUDRÝ, J. & STRAŠIL, Z. (1999): *Pěstování alternativních plodin*, ZF JU České Budějovice, 165 s.

3 PETR, J. (1995): *Základy pěstování žita*. IVV Mze ČR Praha, 30 s.

4 PETR, J. et al. (2008): *Žito a tritikale*, 1. vydání, Profi Press s.r.o., 192 s.

5 BRANT, J. et al. (2016): *Pásové zpracování půdy*, Profi Press s.r.o., 1. vydání, 135 pp., ISBN 978-80-867-26-76-2.

6 BRANT V., KROULÍK, M., PIVEC, J., ZÁBRANSKÝ, P. (2011): *Eliminace vodní eroze – obecné principy*. Farmář, 17 (12): 21-23.

7 SMITH, M. (2019): Hyb*rid Rye Improves Double Cropping Potential with Corn*. American Dairyman. [online]. 17.07.2019 [cit. 2020-09-30]. Dostupné z www: <https://www.americandairymen.com/articles/hybrid-rye-improves-double-cropping-potential-corn>.

8 REICOSKY, D. C. & FORCELLA, F. (1998): *Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems*. Journal of Soil and Water Conservation, 53, pp. 224-229.

9 BLANCO-CANQUI, H., SHAVER, T. M., LINDQUIST, J. L. et al. (2015): *Cover crops and ecosystem services: insights from studies in temperate soils*. Agronomy Journal 107:2449–2474.

Kontaktné údaje: Jan Pazdera, KWS OSIVA, s.r.o., Pod Hradbami 2004/5, 594 01 Velké Meziříčí, Czech Republic, jan.pazdera@kws.com; Institute of Agronomical Sciences, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovak Republic, xpazdera@uniag.sk

TREND V ZMENÁCH VYBRANÝCH FYZIKÁLNYCH PARAMETROV ZRNITOSTNE STREDNEJ A ŤAŽKEJ ČIERNICE SPÔSOBENÝCH KONVERZIOU KONVENČNÉHO OBRÁBANIA PÔDY NA REDUKOVANÝ

Trend in changes in selected physical parameters of medium and heavy textured Mollic Fluvisol caused by conversion of conventional tillage to reduced tillage

Nora POLLÁKOVÁ, Barbara CHMELÁROVÁ, Samuel HALMO
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav agronomických vied, Slovenská republika

Cieľom štúdie bolo zistiť trend v zmenách vybraných fyzikálnych parametrov čiernice spôsobených konverziou konvenčného spôsobu obrábania pôdy na redukovaný. Štúdia nadväzuje na výskum urobený v roku 2015 Halmom, kde na rovnakých miestach odberu v lokalitách Selice a Močenok bolo zisťované, ako sa zmenili hodnoty sledovaných parametrov po ďalších ôsmych rokoch používania redukovaného a konvenčného obrábania. Zo získaných výsledkov vyplýva, že čiernica obrábaná redukovane mala vo vrstve 0,0–0,1 m ideálne fyzikálne parametre, ktoré sa však od hĺbky 0,1 m výrazne zhoršili a prejavili sa znaky silného zhutnenia. Čiernica obrábaná konvenčne bola zhutnená vo vrstve 0,2/0,3–0,4 m, teda fyzikálne parametre boli značne ovplyvnené hĺbkou obrábania a zaprávania organickej hmoty. V čiernici obrábanej redukovane došlo za osem rokov pokračovania tejto technológie k nárastu zhutnenia, a vyžaduje sa urýchlené vykonanie opatrení na zlepšenie fyzikálneho stavu pôd obrábaných redukovane ale tiež pôd obrábaných konvenčne.

Kľúčové slová: konvenčné obrábanie, minimálna vzdušná kapacita, objemová hmotnosť, pórovitosť, redukované obrábanie

1 Úvod a prehľad literatúry

Obrábaním dochádza k významnému ovplyvňovaniu fyzikálnych, chemických ako i biologických vlastností pôdy. Dôvodmi rozširovania redukovaných systémov obrábania sú najmä ich priaznivý vplyv na štruktúrny stav pôdy, lepšie hospodárenie s pôdnou vlahou (nárast vododržnosti pôdy, obmedzenie neproduktívneho výparu vody z pôdy mulčom z rastlinných zvyškov na povrchu pôdy), redukcia vodnej a veternej erózie, a i. (Vach a Javůrek, 2011; Büchi et al. (2017).

Na druhej strane, konverzia konvenčného na redukované obrábanie pôdy môže ovplyvniť rast a výnos plodín prostredníctvom zvýšenej objemovej hmotnosti a zníženej pórovitosti (Rasmussen, 1999). Následne dochádza k zmenám v rozmiestnení a zdravotnom stave koreňov ale tiež k efektívnosti využívania vody z pôdy (Ali et al., 2017).

Cieľom práce bolo zistiť trend v zmenách vybraných fyzikálnych parametrov zrnitostne strednej a ťažkej čiernice spôsobených konverziou konvenčného spôsobu obrábania pôdy na redukovaný. Keďže vlastnosti pôdy boli sledované na pôde obrábanej konvenčne a redukovane na rovnakých miestach odberu ako pred ôsmimi rokmi, zo získaných výsledkov je možné naznačiť tendenciu ich vývoja.

2 Materiál a metódy

2.1 Lokality odberu pôdnych vzoriek a ich charakteristika

Experiment bol zrealizovaný v poľnohospodárskych podnikoch Selice a Močenok, ktoré dlhodobo využívajú redukované technológie (31 a 24 rokov). Na každom z troch stanovíšť sa na rovnakej BPEJ (Bonitovanej pôdno-ekologickej jednotke), konvenčne obrábaná pôda nachádzala v bezprostrednom susedstve s pôdou obrábanou redukovane. Keďže PD Močenok dlhodobo aplikuje len redukované technológie, oraná parcela bola na farme Jatov.

Štúdia nadväzuje na výskum urobený v roku 2015 Halmom, kde na rovnakých miestach odberu bolo zisťované, do akej miery sa zmenili hodnoty sledovaných parametrov po ďalších ôsmych rokoch používania redukovanej a konvenčnej technológie obrábania. Pôdne pomery umožnili aj výskum zmeny vybraných parametrov v závislosti od zrnitostného zloženia čiernice kultizemnej (zastúpená bola pôda ílovitá – stanovište S1, ílovito-hlinitá – S2 a piesočnato-hlinitá – S3).

Selice, Močenok a Jatov sa nachádzajú v Podunajskej nížine na oboch brehoch rieky Váh v nadmorskej výške 113–130 m. Dlhodobá priemerná ročná teplota v lokalite bola 9,7–10,4 °C a priemerné zrážky 560–580 mm.

Farma Jatov a vybrané parcely v Seliciach dlhodobo využívajú konvenčné, orbové spracovanie pôdy (pluh, radlicový podmietač, kompaktor), kým väčšina PD Selice a PD Močenok aplikujú bezorbovú technológiu (tanierový, radlicový, prútový podmietač, kompaktor). Kontrola je v štúdii konvenčný systém, pretože orba bola stáročia bežne používaná na obrábanie pôdy, kým redukované technológie sa využívajú len niekoľko rokov. Na stanovišti S1 v čase odberu pôdnych vzoriek nebola zasiata žiadna plodina; na stanovišti S2 bola na parcele obrábanej redukovane pšenica letná f. ozimná, na parcele obrábanej konvenčne boli zaorané pozberové zvyšky kukurice; na stanovišti S3 bola na parcele obrábanej redukovane pšenica letná f. ozimná, na oranej parcele farmy Jatov bol jačmeň jarný.

2.2 Odber a analýzy pôdnych vzoriek

Na každom z troch stanovíšť pôdy obrábanej redukovane boli vykopané dve sondy a rovnako aj na pôde obrábanej konvenčne. Odbery vzoriek a analýzy čiernice kultizemnej boli urobené na jar 2023 do hĺbky 0,4 m po 0,1 m vrstvách.

Fyzikálne vlastnosti – merná hmotnosť (ς_s), objemová hmotnosť (ς_d), pórovitosť (P) a minimálna vzdušná kapacita (V_A), boli stanovené v neporušených pôdnych vzorkách odobratých do Kopeckého valčekov v troch opakovaniach a analyzované podľa metód uvádzaných Hrivňákovou et al. (2011).

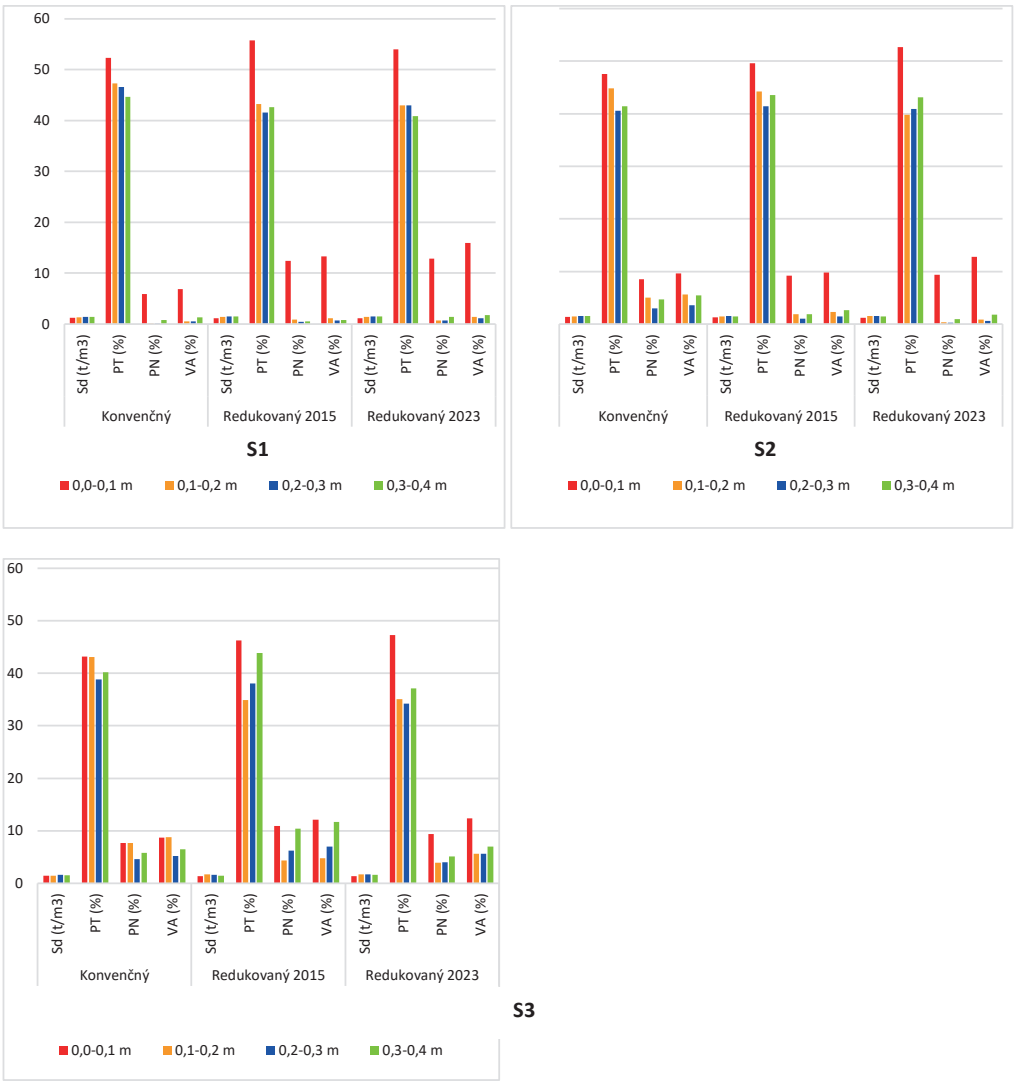
3 Výsledky a diskusia

Zisťovanie trendov vo fyzikálnych vlastnostiach pôdy je veľmi dôležité, lebo ovplyvňujú mnohé chemické a biologické pôdne vlastnosti. Fyzikálne vlastnosti pôdy boli hodnotené a porovnávané v pôde obrábanej redukovane a konvenčne, keď konvenčné obrábanie predstavuje kontrolu. Štúdia nadväzuje na výskum urobený v roku 2015 Halmom (2017), kde na rovnakých miestach odberu ako Halmo bolo zisťované, do akej miery sa zmenili hodnoty fyzikálnych parametrov po ďalších ôsmych rokoch používania redukovanej a konvenčnej technológie obrábania pôdy.

Zistené hodnoty ukázali v povrchovej, 0,0–0,1 m vrstve dobrý fyzikálny stav vo všetkých sledovaných čierniciach, keď výrazne priaznivejšie hodnoty boli v pôde obrábanej redukovane (Graf 1). Žiaľ, už od hĺbky 0,1 m, všetky čiernice obrábané redukovane boli zhutnené, teda mali zreteľne prekročené medzné kritické hodnoty uľahnutosti pôdy uvádzané Fulajtárom (2006), najmä vysokú objemovú hmotnosť (ς_d), nízku celkovú pórovitosť (P_T) a tiež minimálnu vzdušnú kapacitu (V_A) (Graf 1). Objem hrubých, nekapilárnych makropórov (P_N) bol iba 0,2–5,1 %, čo predstavuje len 0,5–13,7 % z celkovej pórovitosti (P_T) namiesto optimálnych 33 %.

Pôdy obrábané konvenčne na príslušných stanovištiach boli tiež zhutnené ale až vo väčšej hĺbke (0,2/0,3–0,4 m). Nekapilárne póry boli taktiež veľmi málo zastúpené, a od hĺbky 0,1 m P_N bola iba 0,1–7,7 %, čo predstavuje len 0,2–17,9 % z P_T. Z uvedeného vyplýva, že rozdiely medzi porovnávanými dvojicami pôd obrábaných redukovane a konvenčne boli najmä v hĺbke a hrúbke zhutnenej vrstvy, ako i v hodnotách objemovej hmotnosti a pórovitosti keď celkovo, pôda obrábaná konvenčne bola zhutnená menej, resp. zhutnenie nastalo vo väčšej hĺbke. Podobne Sağlam et al. (2015) v zhode s našimi zisteniami uviedli, že hodnoty fyzikálnych vlastností (objemová hmotnosť, pórovitosť a najmä objem makropórov, zastúpenie vodoodolných makroagregátov), boli priaznivejšie v pôde obrábanej

konvenčne. K podobným zisteniam dospela aj Kotorová (2007) a konštatovala, že v zrnitostne ťažkej pôde bola pôda obrábaná konvenčne zhutnená menej.



Graf 1 Objemová hmotnosť (ς_d), celková pórovitosť (P_T), nekapilárne póry (P_N) minimálna vzdušná kapacita (V_A) v pôde obrábanej konvenčne a redukovane v roku 2015 a 2023 na stanovištiach S1, S2 a S3
Graph 1 Bulk density (ς_d), total porosity (P_T), non-capillary pores (P_N), minimum air capacity (V_A) in soil cultivated conventionally and reduced in 2015 and 2023 at sites S1, S2 and S3

Ďalším nepriaznivým konštatovaním vyplývajúcim z tejto štúdie je trend vo vývoji fyzikálnych vlastností v pôdach dlhodobo obrábaných redukovane. Počas ôsmych rokov pokračovania redukovanej technológie nastal mierny nárast zhutnenia oproti výsledkom uvádzaným Halmom (2017).

4 Záver

V pôde obrábanej redukovane došlo počas ôsmych rokov k nárastu zhutnenia, ktoré sa prejavilo prekročením kritických hodnôt objemovej hmotnosti, pórovitosti, minimálnej vzdušnej kapacity čo je nepriaznivý trend, a vyžaduje sa urýchlené vykonanie opatrení na zlepšenie fyzikálneho stavu pôd obrábaných redukovane ale tiež pôd obrábaných konvenčne.

Poďakovanie

Práca vznikla s podporou projektu VEGA 1/0532/24 MŠVVŠ SR.

Použitá literatúra

ALI, A.B. – ELSHAIKH, N.A. – HONG, L. – ADAM, A.B. – HAOFANG, Y. 2017. Conservation tillage as an approach to enhance crops water use efficiency. In *Acta Agric. Scandinavica, Section B – Soil Plant Sci.,* 67: 252-262.

BÜCHI, L. – WENDLING, M. – AMOSSÉ, C. – JEANGROS, B. – SINAJ, S. – CHARLES, R. 2017. Long and short term changes in crop yield and soil properties induced by the reduction of soil tillage in a long term experiment in Switzerland. In *Soil & Tillage Research*, vol. 174, pp. 120–129. Dostupné na: http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2017.07.002 [dátum citoov. 23-01-24].

FULAJTÁR, E. 2006. *Fyzikálne vlastnosti pôdy*. Bratislava: VÚPOP. 142 s.

HALMO, S. 2017. *Účinok pôdoochranných a konvenčných technológií obrábania pôdy na vybrané fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti pôdy rôznych regiónov Slovenska*: dizertačná práca. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita. 152 s.

HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – BEZÁK, P. – BEZÁKOVÁ, Z. – DODOK, R. – GREČO, V. – CHLPÍK, J. – KOBZA, J. – LIŠTJAK, M. – MALIŠ, J. – PÍŠ, V. –SCHLOSSEROVÁ, J. – SLÁVIK, O. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. Bratislava: VÚPOP, 2011. 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.

CHMELÁROVÁ, B. 2024. *Vplyv orbových a bezorbových technológií na chemické vlastnosti pôdy v lokalite Selice:* diplomová práca. Nitra: SPU. 54 s.

KOTOROVÁ, D. 2007. The changes of clay loamy soil properties at its different tillage. In *Agriculture (Poľnohospodárstvo),* vol. 53, no. 4, pp. 183–190.

RASMUSSEN, K.J. 1999. *Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review.* Soil Till Res., 53: 3-14.

SAĞLAM, M. – SELVI, K.Ç. – DENGIZ, O. – GÜRSOY, F.E. 2015. Affects of different tillage managements on soil physical quality in a clayey soil [online]. In *Environ Monit Assess,* vol. 187, pp. 4185. [cit. 2017-05-24]. Dostupné na: http://dx.doi.org/10.1007/s10661-014-4185-8 [dátum citovania.2024-07-22].

VACH, M. – JAVŮREK, M. 2011. *Efektivní technologie obdělávání půdy a zakládání porostů polních plodin (metodika pro praxi).* Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. 26 s. ISBN 978-80-7427-079-6.

Kontaktné údaje: Nora Polláková, Barbara Chmelárová, Samuel Halmo, Slovenská poľnohospodárska univerzita, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav agronomických vied, Tr. A Hlinku 2, 949 76 Nitra; nora.pollakova@uniag.sk

MOŽNOSTI ZAKLÁDÁNÍ POROSTŮ SÓJI S VYUŽITÍM POMOCNÝCH PLODIN
Options for the establishment of soybean crops with the use of cover crops

Pavel PROCHÁZKA[1], Václav BRANT[1], Mojmír MIČKA[2], Milan ŠTEFEK[1]
[1]*Katedra agroekologie a rostlinné produkce, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů Česká zemědělská univerzita v Praze*
[2]*Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, Česká Republika*

S rozšiřováním ploch pěstování sóji, ale zároveň neustále vyšším tlakem na snižování vstupů (zejména přípravků na ochranu rostlin) se zachováním vysoké a efektivní produkce je nutné ověřit mimo jiné možnosti pěstování sóji v našich podmínkách na širších řádcích, což dává prostor například porost mechanicky kultivovat během vegetace. Dále je u sóji potřeba hledat možnosti protierozních opatření včetně tzv. kapkové eroze. Dalším aspektem je možnost úspory osiva při zachování produkčního potenciálu porostů, což vede k otázce zakládat porosty sóji pomocí přesného setí a zároveň sníženého výsevku, než je u sóji v našich podmínkách obvyklé, tedy 650 tisíc semen na hektar, za předpokladu práce s vitálním osivem. Cílem tohoto pokusu bylo ověřit možnosti pěstování sóji technologií přesného setí na široké řádky (37,5 – 45 cm) a s využitím pomocných plodin. Z výsledků vyplývá, že sóju lze s úspěchem pěstovat i při širokých řádcích bez negativního vlivu na produkční parametry porostu a dále lze konstatovat, že využití pomocných plodin (vegetační pokryv v počátečních fázích růstu, kdy je sója erozně nejzranitelnější) umožní sóju pěstovat i na pozemcích, na kterých by to při standardních technologiích nebylo možné.

Kľúčové slová: pomocné plodiny, sója, zakládání porostů, eroze

1 Úvod do problematiky

Sója je z hlediska eroze nejzranitelnější v období od výsevu do zapojení porostu. Jak ukazují například poznatky Procházky a kol (2023), kde 28 dní po zasetí sóji se přes vzcházející porost sóji s takřka nulovou sklonitostí terénu přehnala bouřka s úhrnem srážek 35 mm během 30 minut a voda vytvořila na pozemku výrazné odtokové rýhy, je evidentní, že je nutné se problematikou eroze zabývat. Při využití pomocné plodiny pro pomalu vzcházející plodiny, kterým trvá relativně dlouho, než plně zakryjí půdu, oředstavují pomocné plodiny vhodnou alternativu pro pozemky, kde je třeba zvláště dbát na ochranu půdy před erozí (Brant a kol., 2020)Z hlediska regulace pomocných plodin je vhodné využít rychle rostoucí obilniny, které na rozdíl od například hojně využívaných brukvovitých meziplodin lze snadno v sóje regulovat (Procházka a kol., 2023; Brant a kol., 2019). Technologie založení porostů s pomocnou plodinou s sebou nese náklady na založení porostů právě pomocné plodiny, avšak je třeba brát v úvahu benefity, které s sebou nese rychle vytvořený vegetační pokryv ve vztahu k půdě (Procházka a kol., 2024; Brant a kol., 2019). Pěstování sóji s pomocnou plodinou ve srovnání s ostatními plodinami, zejména s ozimými obilninami, ozimou řepkou a kukuřicí setou, je spojeno s uplatněním odlišných přístupů k technologii. Na rozdíl od většiny plodin je herbicidní regulace v porostech sóji po vzejití omezená a vykazuje vysoká rizika pro vývoj sóji. Z tohoto důvodu je pro systém pomocných plodin určující dostupnost prostředků pro pásovou aplikaci herbicidů, které zajistí cílenou aplikaci herbicidů na řádek rostlin sóji, včetně podlistových aplikací, či do meziřádku s omezeným dopadem herbicidu na rostliny sóji. Možnost pásových aplikací v porostech sóji je rovněž podmíněna roztečí řádků, kdy za minimální rozteč lze považovat 0,25 m, která koresponduje s roztečí trysek konvenčních postřikovačů disponujícími systémy individuálního vypínání trysek.

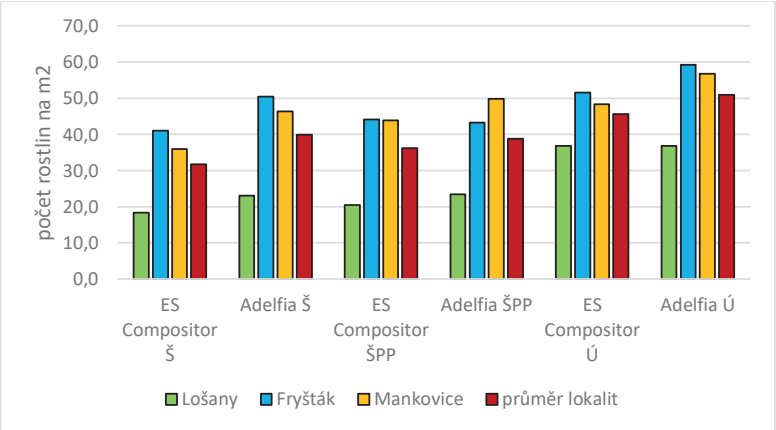
2 Metodika

V roce 2023 byly založeny provozní pokusy porostů sóji na lokalitách Mankovice (okr. Nový Jičín), Fryšták (okr. Zlín) a Lošany (okr. Kolín) za účelem ověření možnosti pěstovat sóju při širší rozteči řádků (37,5 cm, respektive 45 cm) (v grafech jako „Š“) s využitím pomocných plodin (obilniny) (v grafech jako „ŠPP“), zároveň při zachování produkčních parametrů porostů pěstovaný na těchto řádcích a dále ověřit biometrické prvky a vývoj takto pěstované sóji. Tyto varianty byly porovnávány se standardním výsevem na tzv. úzké řádky (v grafech jako „Ú“), který je stále ještě v ČR nejběžnější. Do pokusů byly zařazeny odrůdy Adelfia a ES Compositor. Výsevek sóji všech variant byl jednotný 600 tisíc semen na hektar. Na porostech jednotlivých variant bylo po úplném vzejití porostu hodnoceno jednak počet vzešlých rostlin a jednak tvorba nadzemní hmoty a kořenů pomocí hmotnosti sušiny. Na jednotlivých variantách byly před sklizní vyhodnoceny základní biometrické prvky, tedy délka rostlin, výška apikálního konce nejspodnějšího lusku od povrchu půdy, počet větví, počet lusků na větvích, celkový počet lusků na rostlině a počet plodných pater na rostlině. Při sklizni byl hodnocen výnos semen, a jejich kvalita.

U variant s pomocnou plodinou bylo na jednotlivých lokalitách v období setí jarních obilnin zaseto 70 kg/ha přesívkové pšenice (Mankovice), ječmene jarního (Lošany) a ječmene ozimého (Fryšták). Cílem této varianty pokusu je rychlé vytvoření vegetačního pokryvu v jarním období, neboť sója je relativně pozdě setá plodina a půda bez pokryvu je díky tomu velmi dlouho zranitelná z hlediska eroze.

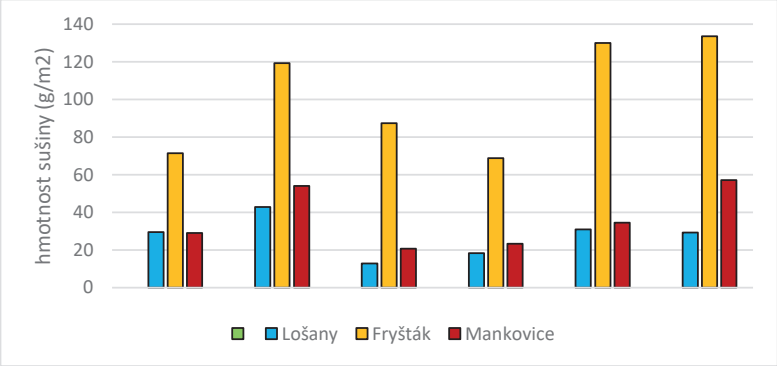
3 Výsledky

Z měření počtu vzešlých rostlin je patrné, nejvyššího počtu rostlin dosahovaly varianty seté v úzkých řádcích. Varianty seté přesným setím v širokých řádcích, respektive s pomocnou plodinou, nevykazovali významné rozdíly v počtu rostlin, což je patrné z grafu 1.

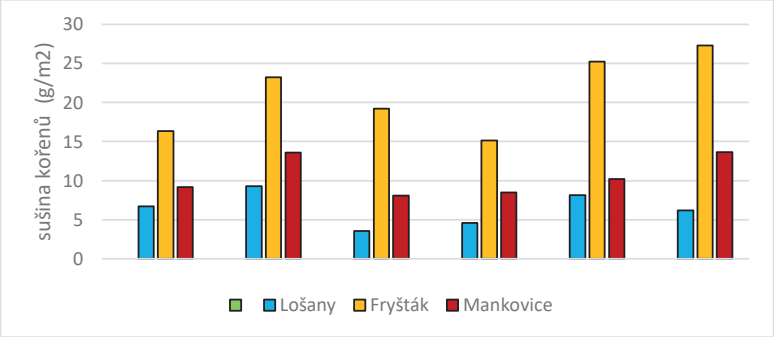


Graf 1 Průměrný počet rostlin na jednotlivých lokalitách po vzejití porostu
„Š“ – široké řádky přesné setí; „ŠPP“ – široké řádky přesné setí s pomocnou plodinou;
„Ú“ – standardní výsev na úzké řádky

Z výsledků měření sušiny nadzemní hmoty a kořenů je patrné, že u všech variant pokus o množství sušiny do značné míry rozhodl počet rostlin na jednotku plochy. Z grafů 2 a 3 je patrné, že největší množství sušiny bylo v době odběru na variantách klasického setí do úzkých řádků bez pomocné plodiny. Na variantě přesného setí do širokých řádků s pomocnou plodinou bylo v době odběru zjištěno nejmenší množství sušiny jak kořenů, tak nadzemní části rostlin. Toto měření však příliš nevypovídá o produkčních schopnostech porostu, ale vypovídá převážně o dynamice počátečních fází růstu sóji.



Graf 2 Průměrný hmotnost sušiny nadzemní hmoty u jednotlivých variant v BBCH (14 – 16).
„Š“ – široké řádky přesné setí; „ŠPP“ – široké řádky přesné setí s pomocnou plodinou;
„Ú“ – standardní výsev na úzké řádky



Graf 3 Průměrná hmotnost sušiny kořenů u jednotlivých variant v BBCH (14 – 16)
„Š“ – široké řádky přesné setí; „ŠPP“ – široké řádky přesné setí s pomocnou plodinou;
„Ú“ – standardní výsev na úzké řádky

Z hodnocení biometrických prvků je patrné, že počet rostlin na jednotku plochy je mírně vyšší u řádků se širokou roztečí (tab. 1), a to včetně varianty s pomocnou plodinou (při stejném výsevku na všech variantách). Dále je patrné, že vliv na délku rostlin měla spíše daná odrůda než rozteč řádků. Výjimkou byl pouze porost sóji s pomocnou plodinou, která byla umrtvena až v průběhu vegetace sóji. U tohoto porostu se projevila konkurence sóji a pomocné plodiny, což vedlo ke zkrácení internodií, avšak nevedlo to k výraznému snížení počtu plodných pater, ani nasazení lusků na rostlině. U této varianty byla průměrná délka rostlin o přibližně 10 cm menší než u varianty bez pomocné plodiny (tab. 1). Je vhodné dále poznamenat, že u ani jedné varianty nebylo zaznamenám poléhání rostlin.

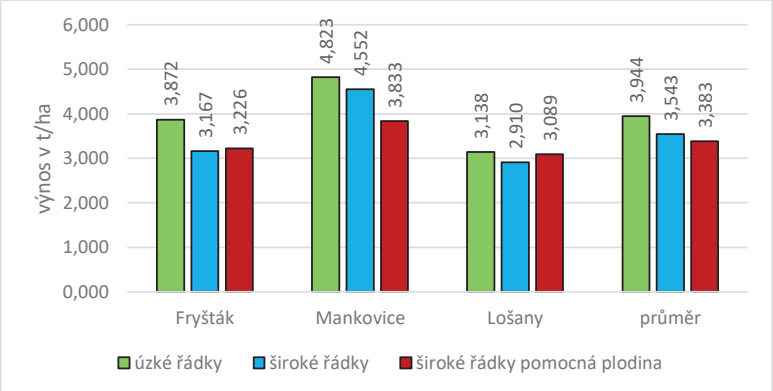
Výška apikálního konce nejspodnějšího lusku od povrchu půdy je parametr, který je rozhodující zejména pro sklizňové ztráty vlivem výšky strniště a možností adaptéru sklízecí mlátičky. Z výsledků měření je zřejmé, že rostliny pěstované na rozteči řádků 45 cm měly mírně větší výšku spodních lusků oproti úzkým řádků a lze konstatovat, že využití pomocné

Tabulka 1 Biometrické prvky porostů jednotlivých variant před sklizní (průměr lokalit).

varianta	hustota porostu před sklizní (ks/m^2)	výška porostu před sklizní (cm)	spodní lusk (cm)*	počet větví na rostlině (ks)	počet lusků na větvích (ks)	Počet lusků na rostlině celkem (ks)	počet plodných pater
ES Compositor Š	37,9	76,7	7,7	1,4	12,2	35,5	9,4
Adelfia Š	44,7	62,9	6,5	1,4	7,8	30,2	8,8
ES Compositor ŠPP	29,4	67,5	8,0	1,7	8,9	32,6	10,4
Adelfia ŠPP	38,3	56,1	7,1	1,3	9,8	34,5	8,5
ES Compositor Ú	32,4	82,5	7,8	1,6	9,6	31,0	9,5
Adelfia Ú	33,8	69,9	4,7	1,5	9,4	30,1	8,7

„Š“ – široké řádky přesné setí; „ŠPP“ – široké řádky přesné setí s pomocnou plodinou;
„Ú“ – standardní výsev na úzké řádky; *spodní lusk = výška apikální části nejsppodnějšího lusku od povrchu půdy.

Z výsledků sklizně (graf 4) je patrné, že v roce 2023 na všech lokalitách dosáhla nejvyššího výnosu varianta setá v úzkých řádcích. Porovnáme-li mezi sebou varianty přesného setí s pomocnou plodinou a bez ní, je patrné, že mezi nimi není prakticky žádný rozdíl. Rozdíl průměrného výnosu těchto variant je dán zejména faktem, že na lokalitě Mankovice, byla pomocná plodina ponechána příliš dlouho a došlo tak relativně velkému stresu pro rostliny sóji (konkurence o vodu a světlo), což v konečném důsledku vedlo k značné výnosové depresi.



Graf 4 Průměrný výnose semen u jednotlivých technologií – průměr odrůd a lokalit.

4 Závěr

Závěrem připomínáme, že výše popsané výsledky pokusu je třeba chápat, jako jednoleté. V parametrech zejména sklizně (výnos) jsou patrné rozdíly spíše mezi lokalitami než mezi variantami. Výjimkou byla pouze varianta s pomocnou plodinou na lokalitě Mankovice, kde došlo k velmi pozdnímu umrtvení porostu pomocné plodiny. Cílem tohoto pokusu bylo ověřit možnosti pěstování sóji technologií přesného setí na široké řádky (37,5 – 45 cm) a s využitím pomocných plodin v kontextu skutečnosti, že sója patří mezi erozně problematické plodiny. Využití technologie širokých řádků dále umožňuje mechanickou kultivaci meziřádků, což dává prostor úspoře přípravků na ochranu rostlin, ale také možnost odplevelení meziřádku v době, kdy již není možné sóju ošetřit postemergentně. Tento jev byl pozorován zejména v roce 2023, kdy pozdně jarní plevele vzcházely v době počátku květu sóji a nebylo již možné je chemicky likvidovat. Porosty sóji založené na meziřádkovou vzdálenost bylo ovšem

v tuto dobu ještě bez poškození možno plečkovat a eliminovat vzešlé plevele alespoň v meziřádku. Závěrem lze ještě konstatovat, že využití pomocných plodin (vegetační pokryv v počátečních fázích růstu, kdy je sója erozně nejzranitelnější) umožní sóju pěstovat i na pozemcích, na kterých by to při standardních technologiích nebylo možné.

Použitá literatúra

BRANT V., - SMÖGER J., - ČEJKA J., - KROULÍK M., - RYČL D., - KUNTE J. 2020 Pěstování máku s pomocnou plodinou, Kurent, České Budějovice, 32 s.

BRANT V.,- HAMOUZ P.,- KROULÍK M.,- ŠKEŘÍKOVÁ M.,- SMÖGER J.,- TYŠER L.,- ZÁBRANSKÝ P. 2019, Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin, Agrární komora ČR, Praha, 162 s.

PROCHÁZKA P.,-, BRANT V.,-HOLEC J.,- PROCHÁZKA A.,- HAKL J.,- , CHÁRA J.,- ŠVARC V.,- KROULÍK M.,- JENČEK A.,- ŠMÖGER J.,- NETRVAL P.,- DVOŘÁK P. 2023 Sója Luštinatá, Agrární komora ČR, Praha, 108 s.

PROCHÁZKA P.,- BRANT V.,- MIČKA M.,- ŠTEFEK M. 2024 Pěstování sóji s v širších řádcích s využitím pomocných plodin, Agromanuál, Kurent České Budějovice, č. 3, s. 142 – 143.

Kontaktné údaje: Ing. Pavel Procházka Ph.D.**,** Katedra agroekologie a rostlinné produkce, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, tel.: +420604680064, pavelprochazka@af.czu.cz

INOVACE V PĚSTITELSKÉ TECHNOLOGII CUKROVÉ ŘEPY

Innovation in sugar beet cultivation technology

Josef PULKRÁBEK, Lucie BEČKOVÁ
Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká republika

Cukrová řepa je v našich podmínkách neopominutelnou zlepšující plodinou osevního sledu s pozitivním vlivem na životní prostředí. Patří mezi jednu z nejnáročnějších plodin z hlediska pěstování, proto si zaslouží naši vysokou pozornost. V České republice ji pěstujeme v roce 2024 na ploše 65 085 ha (její bulvy se budou zpracovávat z 68 275 ha včetně dovezené ze zahraniční). Po několika méně příznivých letech očekáváme v roce 2024 relativně pěkné výnosy bulev s dobrou cukernatostí v Čechách i na Moravě.

Obstát v silné světové konkurenci třtinového cukru a v tlaku evropských zpracovatelů cukrové řepy vyžaduje trvalé zvyšování jejího výnosu a optimalizaci pěstitelských nákladů. Jednou z cest při snižování nákladů na pěstování cukrové řepy je uplatňování principů precizního zemědělství. Precizní zemědělství je synonymem pro moderní přístupy k hospodaření v rostlinné výrobě, které respektují přirozenou variabilitu krajinného prostoru a pracují s jeho konzervativními a progresivními prvky s cílem využít jeho produkční potenciál. Je to cesta k dosažení požadované rentabilní produkce zemědělských plodin, tedy i cukrové řepy, při zachování setrvalého fungování krajiny. Je to postupné naplňování vize Zemědělství 4.0.

Cukrová řepa je výkonná „sluneční elektrárna“. Její dlouhá vegetační doba a mohutný listový aparát ji favorizují mezi plodinami s vysokou produkcí O_2 (cca 14 t/ha), což předpokládá i vysokou fixaci CO_2 (cca 40 t/ha). Lze ji tedy zařadit mezi plodiny s velmi příznivým vlivem na životní prostředí a udržitelnost. Pro přiblížení lze uvést, že vyprodukovaný kyslík jedním hektarem cukrové řepy může dýchat 62 lidí celý rok.

Půdu, její kvalitu a zpracování řadíme mezi rozhodující faktory tvorby hospodářského výnosu bulev cukrové řepy. Současné alternativy podzimního zpracování půdy pro tuto plodinu jsou velmi rozmanité, vychází z orebného systému nebo hlubokého kypření s využitím řady minimalizačních opatření (především spojení několika pracovních operací do jedné, použití jednoho stroje). Ukazuje se, že rozhodující roli hraje spíše ročník než způsob zpracování půdy. V našich pokusech například cukrová řepa sklizená v roce 2013 byla výnosnější na variantě s hlubokou orbou. Naopak v roce 2014 poskytlo hluboké kypření pro cukrovou řepu lepší podmínky a výnos byl vyšší než na půdě orané. V cukernatosti byly rozdíly mezi sledovanými způsoby podzimního zpracování půdy velmi malé, nejpříznivější byla na variantě hluboce kypřené. K obdobným závěrům dospěli i Badalíková a kol. (2008, 2009.

Významným faktorem, zvyšujícím produktivitu rostlinné výroby, je vývoj nových strojů, rozvoj nových technologických řešení a postupů, které se ale mnohdy rozvíjí mnohem rychleji než naše znalosti biologických principů pěstovaných rostlin.

Materiál a metody

V letech 2018 až 2022 jsme v rámci Programu rozvoje venkova v několika zemědělských podnicích ověřovali některé inovace pěstitelské technologie cukrové řepy. Inovace byly zaměřeny na využití moderních technologických postupů, hnojiv včetně způsobu hnojení, strojů a pěstování meziplodin v precizním zemědělství. Ověřované inovace navazovaly na hluboké kypření dlátovým kypřičem (Terrastrip) v ose budoucích řádků cukrové řepy s roztečí dlát 45 cm.

V příspěvku shrnujeme výsledky z pokusů v ZS Sloveč a.s., ZD Unčovice, ZD Haná a na farmě Bc. Ondřeje Bačiny. V každém z nich byly ale varianty nepatrně odlišné. Sestaveny byly tak, aby odpovídaly potřebám podniku a podmínkám konkrétního stanoviště (např. výsevu zeleného hnojení do meziřádků, zapravení meziplodin či tvorbě hrůbků). Ve všech

případech však byla varianta klasického zpracování půdy orbou nebo hlubokým kypřením (kontrola) a různé varianty hlubokého kypření Terrastripem s roztečí dlát 45 cm a uložením hnojiva do hloubky 15–25 cm ve zpracovávaném půdním profilu. Na jaře na toto hluboké kypření navazoval výsev s uložením osiva cukrové řepy co nejpřesněji do míst (linií) hlubokého podzimního kypření. V některých podnicích s následným meziřádkovým kypřením s přihnojením dusíkem za vegetace.

Půda byla na podzim kypřena dláty s roztečí 45 cm do hloubky půdy 35–40 cm, při čemž došlo k významnému snížení zhutnění v hloubce kolem 30 cm a zvýšení pórovitosti, což potvrdila podzimní a jarní penetrometrická měření. Současně bylo uloženo hnojivo do půdy (např. 100 kg/ha trojitého superfosfátu či 250 kg amofosu do depa v hloubce 15 a 25 cm) a následný příjem živin byl vyhodnocen rozbory rostlin. Při zpracování půdy Terrastripem bylo využito GPS signálu s vysokou přesností (2–3 cm) na stroji i traktoru. Linie pojezdů byly uloženy pro následné využití při setí a v Unčovicích a Slovči i pro plečkování.

K pokusům byl používán hloubkový kypřič pro lokální zpracování půdy pro cukrovou řepu s roztečí řádků 45 cm a s uložením granulovaných hnojiv do kypřených pásů (Terrastrip - 9 slupic s aktivním mísením, pracovní záběr 4,05 m, tj. 9 řádků pro následné setí). Součástí pracovní linky byl zpravidla dvoukomorový zásobník s pneumatickou distribucí granulovaných hnojiv do rozvodné soustavy.

Kypřič byl používán samostatně, případně agregován s jiným nářadím upravujícím povrch zpracovávané půdy. V závislosti na použitém doplňkovém vybavení se lišil také povrch půdy po provedeném hlubokém kypření. Cílem bylo vytvořit optimální podmínky pro růst kořene cukrové řepy, hluboké kypření půdy vést ve stejných drahách tak, aby rostlina cukrové řepy měla v místě budoucí bulvy dobře prokypřený půdní profil (s dostatkem vzduchu), kterým snáze zasakuje voda s dostatkem dostupných živin.

Výsledky a diskuse

Vliv hlubokého kypření na produkční ukazatele a obsah fosforu v rostlině

Hluboké podzimní kypření ve Slovči Terrastripem s následnou tvorbou hrůbků přispělo v roce 2019 ke zvýšení výnosu bulev i výnosu cukru (Tabulka 1). Výnos bulev se zvýšil novou technologií zpracování půdy o 13,7 %. Zůstatek cukru v melase, který je dán technologickou jakostí sklizených bulev, byl ovlivněn velmi málo. Výnos byl pozitivně ovlivněn nejen výsevem na vrchol hrůbků, ale i uložením hnojiva (150 kg/ha amofosu) do hloubky 15-20 cm při hlubokém kypření půdního profilu. Přínos hnojení amofosem byl ve výnosu bulev 2,3 %. Ve Slovči se ověřovaná technologie zpracování půdy s hnojením amofosem projevila zvýšeným příjmem a následným vyšším obsahem fosforu, méně u dusíku a některých dalších živin v rostlině cukrové řepy. Hluboké zpracování půdy a hnojení do depa amofosem mělo malý vliv na obsah chlorofylu v listech řepy cukrové.

V ZD Unčovice podzimní hluboké kypření půdy do hloubky 35 cm s uložením hnojiva do depa v hloubce 25 cm vykazovalo největší účinek ve výnosu bulev, který činil 81,6 t/ha (103,5 %) a z toho bílého cukru 13,3 t/ha (105,5 %). Porost cukrové řepy založený po hlubokém lokálním kypření půdy se zvýšenou dávkou fosforu (150 % normativu) poskytl srovnatelný výnos bulev 80,9 t/ha (103,4 %), z toho výnos bílého cukru činil 13,0 t/ha (103,4%). Doposud využívaná technologie celoplošného zpracování půdy s plošnou aplikací hnojiva rozmetadlem (zapravení mísením, kontrolní varianta) měla výnos bulev 78,9 t/ha a z toho výnos finálního bílého cukru 12,6 t/ha. Cukernatost bulev ve sklizni byla mezi variantami vyrovnaná v rozpětí 17,5–17,9 %.

Hluboké podzimní kypření Terrastripem s hnojením do depa do dvou hloubek pro cukrovku v Senici na Hané ovlivnilo produkci cukru v roce 2020 velmi málo. Výnos bulev byl nejvyšší u varianty, u které byl ještě na jaře při setí aplikován mikrogranulát NutriBOOST v dávce 30 kg/ha. U varianty s uložením trojitého superfosfátu do hloubky 25 cm (15 cm) dosáhl 75,5 t/ha (73 t/ha), což představovalo proti tradiční technologii zvýšení výnosu o 5,1 % (1,6 %). Cukernatost byla také velmi vyrovnaná, nejvyšší 17,2 % byla u varianty kypřené Terrastripem, hnojené do depa trojitým superfosfátem do hloubky 15 cm a při setí aplikovaným mikrogranulátem NutriBOOST. U ověřované technologie zpracování půdy a

hnojení trojitým superfosfátem byl nepatrně vyšší příjem fosforu v průběhu vegetace cukrové řepy.

Vliv hlubokého kypření na hodnoty penetračního odporu půdy

V Unčovicích naměřené hodnoty penetračního odporu půdy měřené v řádku a meziřádku po zpracování půdy na podzim a po založení porostu cukrové řepy na jaře ukázaly minimální rozdíl. Zhutnění půdy v řádcích po zpracování bylo významně sníženo a ve velmi podobném stavu se nacházel půdní profil až do hloubky 30 cm také na jaře po zasetí porostu. Rozdíl odporu vlivem slehnutí půdního profilu v řádcích a zvýšení penetračního odporu bylo zjištěno v hloubce 30–45 cm (odpor však byl do 2 MPa). Zvýšení odporu nad limitní mez pro optimální vývoj kořenu a bulvy cukrové řepy (nad 2,5 MPa) bylo zpravidla až v hloubce přes 40-50 cm. Je patrné, že lokální zpracování půdy slupicí s dlátem o parabolickém elevačním úhlu při hustší rozteči 45 cm nepodléhá takovému slehnutí a zpětnému spojení a utužení půdního profilu. Půda po podzimním kypření poskytla na jaře strukturní profil pro setí a následný příznivý vývoj kořenů a bulev řepy.

Výsledky získané celoplošným měřením v ZD Haná na podzim a na jaře pěstitelského roku 2019/2020 (rozestup měření 5 cm) v celém záběru kypřiče potvrdily naše zkušenosti z předchozích let a dalších podniků, že dláta vzdálená od sebe 45 cm půdu nakypří v linii řádků i mimo ni. Toto je dáno především nastavenou hloubkou kypření (35 až 40 cm) a relativně menší roztečí dlát. Rozdrobení nakypřené půdy v řádku a meziřádku je také velmi výrazně ovlivněno vlhkostí půdy v době hlubokého kypření. Měření prokázala minimální rozdíl ve zhutnění v linii práce dláta a v meziprostoru budoucího řádku řepy.

V porovnání se současnými postupy předpokládáme, že při využití dlátového kypřiče s hnojením do depa, dojde k omezení počtu pracovních operací (o 2–3 operace běžně prováděné při celoplošném zpracování a hnojení půdy) a společně s řízeným pohybem strojů pomocí satelitní navigace dojde ke snižování počtu přejezdů, a tím snižování důsledků zhutnění půdy. Věříme i ve snížení nákladů na pracovní operace a naftu podle druhu půdy a vlhkostních podmínek v době zpracování.

V rámci ověřované technologie ve Slovči bylo na jaře sledováno utužení půdy a vlhkost půdy na variantách s hrůbky a na tradičním zpracování půdy. Z výsledků je parné, že v hrůbcích půda více vyschla především v hloubce půdy 3-8 cm. Vzešlost porostu i počty rostlin po vzejití cukrové řepy byly velmi vyrovnané, nepatrně vyšší u variant založených do hrůbků. Ke snížení počtu přejezdů zejména při jarní předseťové přípravě a ke snížení zhutnění především při setí a kypření za vegetace významně přispěla i agregace secího stroje a plečky (meziřádkového kypřiče) s lehkým pásovým tahačem (lehký čtyřpásový tahač John Deere 6145 R).

Další sledované inovace

Řízené přihnojení porostu cukrové řepy dusíkem s integrovaným senzorem Yara N-Sensor ALS spojené inovativně s meziřádkovým kypřičem Row master RN 9000 S vybaveným aplikačním zařízením pro granulovaná hnojiva. Ekonomický přínos nebyl jednoznačně kalkulovatelný, protože rozdíly ve výnosu mezi uniformní a řízenou variabilní dávkou byly malé, ale s ohledem na rozsah pěstované cukrové řepy v podniku, je u variabilní aplikace očekáváno snížení nákladů na spotřebovaná dusíkatá hnojiva. Hlavním přínosem variabilní aplikace dusíku (dusíku se sírou) bylo rovnoměrnější rozmístění dusíku na půdním bloku a to cíleně s ohledem na prostorovou variabilitu výživného stavu porostu a obsah N_{min} v půdě, což přispělo ke snížení zátěže životního prostředí především prokázaným snížením posklizňového zbytkového dusíku v půdě.

Souběžné setí vybraných vhodných meziplodin při hlubokém kypření a zonálním ukládání hnojiv do půdy. Meziplodina je vhodnou tzv. doběrnou plodinou reziduí dusíku a ostatních živin po pěstování hlavních plodin (předplodin cukrovky) před zimním obdobím, kdy bývají častější atmosférické srážky, půda méně promrzlá a často převládá promyvný režim živin.

V ZD Haná byla ověřována startovací výživa aplikací mikrogranulovaných hnojiv při setí (Tabulka 2). Aplikace mikrogranutátu při setí ani v jednom ze sledovaných let (2020 a 2021) neovlivnila vzcházivost porostu cukrové řepy. V průběhu vegetace odebrané rostliny měly u

variant s aplikací mikrogranulovaného hnojiva (Microstar PMX a OptiBOOST) při setí statisticky nevýznamně vyšší produkci biomasy než rostliny na nehnojené kontrole. Rámcově lze uvést, že rostliny, u kterých byl aplikován mikrogranulát při setí, měly nepatrně vyšší obsahy sledovaných živin, tyto trendy zvýšeného příjmu nebyly statisticky potvrzeny. V průměru dvou sledovaných let byl výnos bulev přepočítaný na 16 % cukernatost vyšší u variant hnojených při setí hnojivem Microstar PMX v dávce 20 kg/ha o 11 % a u varianty s mikrogranulátem OptiBOOST v dávce 30 kg/ha o 4 % nehnojené kontroly.

Závěr

Technologie hlubokého kypření Terrastripem s roztečí dlát 45 cm, s uložením hnojiva do půdního profilu v hloubce 15–25 cm včetně následného jarního setí cukrové řepy v liniích, kde na podzim byla půda hluboko nakypřena, je pro cukrovou řepu jednou z perspektivních. Při zobecnění výsledků pokusů ve Slovči, v Unčovicích, v Senici na Hané a na dalších lokalitách předpokládáme zvýšení produkce cukru a cukrové řepy o 3–5 %. Domníváme se, že dávku hnojiva aplikovanou při hlubokém kypření do depa je možné ekvivalentně snížit až na 70–80 % vypočítaného normativu při cíleném uložení pro budoucí výsev v zóně kypřených pásů, a tím snížit náklady na hnojivo v průměru o 700–1 000 Kč/ha.

Tabulka 1 Vliv zpracování půdy a hnojení do depa na produkční ukazatele sklizené cukrové řepy (Sloveč, 2019)

Varianta	Výnos bulev (t/ha)	Cukernatost (%)	Výnos polarizačního cukru (t/ha)	Zůstatek cukru v melase (%)	Výnos bílého cukru (t/ha)	Výnos bulev přepočítaný na 16 % cukernatost (t/ha)
1 Bednar FMT Terrastrip*, hrůbky	98,4	19,10	18,8	2,91	15,9	121,8
2 Horsch Tiger 5AS, amofos, rovina	88,7	18,90	16,8	2,88	14,2	108,5
3 Horsch Tiger 5AS, rovina	84,9	19,50	16,6	2,84	14,1	107,7
4 Bednar FMT Terrastrip*, amofos, hrůbky	100,3	19,60	19,7	2,79	16,9	128,1

Poznámka* Bednar FMT Terrastrip ZN 9R/45 Profi + Bednar FMT Ferti–cart FC 3500 (150 kg amofosu/ha)

Tabulka 2 Vliv aplikace mikrogranulovaných hnojiv při setí na produkci bulev cukrové řepy (Senice, 2020 a 2021)

	Varianta	Výnos bulev ($t.ha^{-1}$)	Cukernatost (%)	Výnos polarizačního cukru ($t.ha^{-1}$)	Zůstatek cukru v melase (%)	Výnos bílého cukru ($t.ha^{-1}$)	Výnos bulev přepočítaný na 16 % ($t.ha^{-1}$)
V roce 2020							
1	MICROSTAR PMX NG 20 kg/ha	86,9	15,30	13,3	1,43	7,6	82,2
2	NutriBOOST, 30 kg/ha	83,9	15,10	12,7	1,59	7,1	78,1
3	Kontrola	80,6	14,70	11,9	1,57	6,6	72,6
V roce 2021							
1	MICROSTAR PMX NG 20 kg/ha	95,7	19,37	18,5	2,28	16,36	120,5
2	OptiBOOST 30 kg/ha	89,4	19,17	17,1	2,22	15,15	111,2
3	Kontrola	86,5	19,33	16,7	2,07	14,94	108,7

Poznámka: Mikrostar PMX NG (N 10 %, P_2O_5 40 %, MgO 3 %, SO3 11 %, B 0,03 %, Cu 0,01 %, Mo 0,005 % a Zn 0,03%)
NutriBOOST (N 10%, P_2O_5 45%, 5% S a 1% Zn); OptiBOOST (N 10%, P_2O_5 45%, S 5 % a 1 % Zn)

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory Programu rozvoje venkova, operace 16.2.1 Podpora vývoje nových produktů, postupů a technologií v zemědělské prvovýrobě, při řešení několika projektů Spolupráce (č. 18/006/16210/671/000055; č. 17/004/16210/120/000006; č. 18/006/16210/671/000054; č. 17/004/16210/120/000014.

POTENCIÁL DIVERZITY ĽANU SIATEHO PRE VYUŽITEĽNOSŤ VLASTNOSTÍ SLIZOV
The potential of linseed diversity to exploit the properties of mucilages

Katarína RAŽNÁ[1], Matúš KUČKA[1], Janka NÔŽKOVÁ[1], Ľubomír HARENČÁR[1,2], Ján GAŽO[1], Miroslava KAČÁNIOVÁ[1], Eva IVANIŠOVÁ[1], Przemysław Łukasz KOWALCZEWSKI[3]
[1]Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika
[2]Ústav genetiky a biotechnológii rastlín, Slovenská akadémia vied, Nitra, Slovenská republika
[3]Poznań University of Life Sciences, Poznań, Poland

Dopyt po bezpečných a ekologických biopolyméroch narastá. Množstvo produkovaného slizu, jeho kvalita a spôsob využitia závisia od sezónnych a environmentálnych podmienok a od genotypu. Bola potvrdená genotypovo podmienená variabilita nutričných, biochemických, antioxidačných a antibakteriálnych vlastností slizu. Stanovené korelácie medzi jednotlivými parametrami v závislosti od genotypu, poskytujú prospešné informácie pre potenciálne využitie slizu v potravinárskom a farmaceutickom priemysle. Uvedené výsledky sú vhodné pre ďalší nutričný výskum, z hľadiska podpory využitia slizu ako funkčnej potraviny alebo potravinového doplnku, vzhľadom na identifikáciu antimikrobiálnych a prebiotických vlastností slizu.

Kľúčové slová: ľan olejný, genotyp, sliz

1 Úvod a prehľad literatúry

Sliz je rastlinný biopolymér bez zápachu, farby, chuti, je netoxický, biologicky odbúrateľný s vysokými termostabilnými vlastnosťami (Tosif et al., 2021). Má významný komerčný potenciál v poľnohospodárstve, potravinárstve, kozmetike a farmácii. Je ho možné použiť ako prírodné zahusťovadlo alebo emulgátor, alternatívu k syntetickým polymérom a prísadám, ako aj obalový materiál na predĺženie trvanlivosti čerstvej zeleniny, ovocia, a iných potravinárskych výrobkov (Beikzadeh et al., 2020; Yang et al., 2023). Pre jeho funkčné vlastnosti je možné sliz použiť aj na výrobu nanonosičov, enkapsuláciu semien, obaľovanie nanočastíc a odstraňovanie kontaminácie z vody. Biochemické zloženie a vlastnosti slizu závisia od genotypu, ročníka, podmienok extrakcie a skladovania semien (Prajapati et al., 2013; Beikzadeh et al., 2020; Dybka-Stępień 2021; Yang et al., 2023). Elastické a viskoelastické vlastnosti slizu sú podmienené heterogenitou polysacharidov rôznych odrôd (Troschynska et al., 2022). Významnou mierou môže vlastnosti slizu ovplyvniť aj prítomnosť bielkovín, polyfenolov a minerálov. Rozmanitosť fytochemického zloženie slizu určuje aj jeho biologické účinky, najmä antioxidačné a cytotoxické, uplatniteľné pre prípravu hydrogélov na hojenie rán a mukoadhezív (Amiri et al., 2021; Tosif et al., 2021; Cakmak et al., 2023).

2 Materiál a metódy

2.1 Biologický materiál a použité metódy

Výber genotypov ľanu siateho (*Linum usitatissimum* L.) olejného typu, bol realizovaný v rámci spolupráce so spoločnosťou AGRITEC výzkum, šlechtení a služby, s.r.o. Šumperk, Česká republika (Tabuľka 1). Sliz sa extrahoval zo semien podľa metodiky Kučka et al. (2023a) (Obrázok 1). Stanovili sa nasledovné parametre slizu: množstvo uvoľneného slizu, cukornatosť, množstvo vlákniny, obsah minerálnych látok, celkový obsah fenolových kyselín, profil hydroxyškoricových kyselín, antioxidačné a antibakteriálne vlastnosti (Kučka et al., 2023b).

3 Výsledky a diskusia

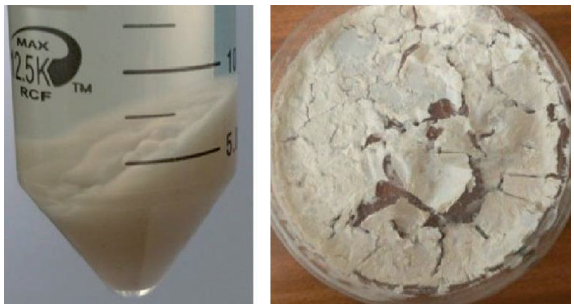
3.1 Genotypové rozdiely v množstve produkovaného slizu

Najvyšší index napučania semie bol pozorovaný pri genotype Astella (2,10 ml) a najnižiu hodnotu mal Agriol (0,53 ml). Metódou TBO-Agarose bolo najviac uvoľneného slizu zaznamenané pri genotypoch Lola, Agriol (1,38 cm), Flanders (1,12 cm) a Agram (1,11 cm). Najmenej slizu uvoľňoval genotyp Raciol (0,83 cm).

Tabuľka 1 Zoznam analyzovaných odrôd ľanu siateho s vybranými genotypovými odlišnosťami. / List of analysed linseed varieties with selected genotypic differences.

Genotyp	Pôvod	Farba semena	Farba kvetu	Dĺžka vegetačného obdobia	Lignany-SEKO ($mg.kg^{-1}$)	KNG ($mg.kg^{-1}$)	ALA (%)
Agram	CZ	hnedá	modrá	stredne dlhá	6248,0	3147,0	39,5
Agriol	CZ	žltá	stredne modrá	neskorá	4591,4	2420,8	3,4
Astella	CZ	hnedá	biela	stredne dlhá	1352,0	2531,0	62,2
CDC Bethune	CAN	hnedá	bledo modrá	stredne dlhá	2531,8	3201,8	55,0
Flanders	NL	hnedá	modrá až fialová	stredne dlhá	3144,9	5519,5	57,4
Libra	NL	hnedá	bledo modrá	poloskorá	2834,4	2770,0	58,9
Lola	NL	hnedá	modrá	stredne dlhá	4586,9	4549,0	3,9
Natural	FR	hnedá	modrá	stredne dlhá	3513,7	2724,3	59,0
Raciol	CZ	žltá	modrá	stredne dlhá	4297,2	1868,5	33,4

Vysvetlivky: CZ - Česká republika, CAN - Kanada, NL - Holandsko, FR - Francúzsko, SEKO - sekoisolariciresinol, KNG – kyanogénne glykozidy, ALA - kyselina α-linolénová
Notes: CZ - Czech Republic, CAN - Canada, NL - Netherlands, FR - France, SECO - secoisolariciresinol, CNG - cyanogenic glycosides, ALA - α-linolenic acid



Obrázok 1 Slizovitá hmota získaná odstredením (vľavo) a následnou lyofilizáciou (vpravo). / Mucilage mass obtained by centrifugation (left) followed by lyophilization (right). Foto: M. Kučka

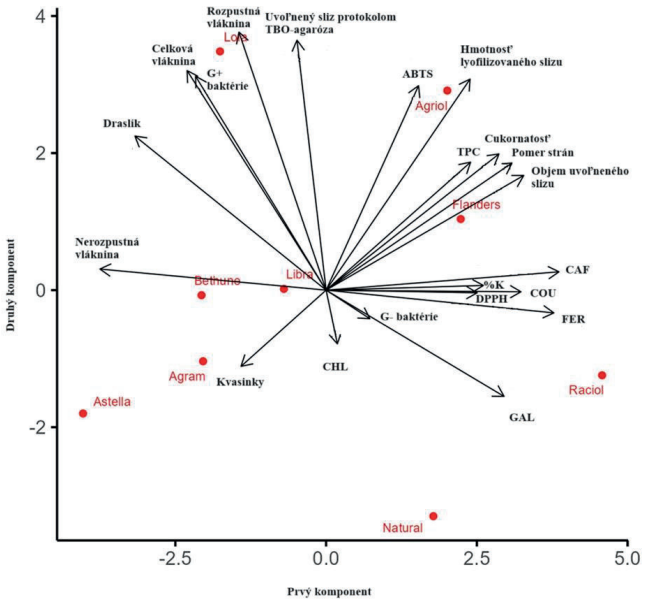
3.2 Genotypové rozdiely v biochemických parametroch slizu

Najvyššiu cukornatosť dosahovali genotypy Agriol (2,86 %; °Brix), Flanders (2,4 %; °Brix) a Raciol (2,28 %; Brix). Obsah rozpustnej vlákniny v slizoch sa pohyboval od 40,49 % (Natural) do 63,00 % (Lola). Najvyšší obsah draslíka bol zaznamenaný v slizoch genotypov Flanders (47,25 %), Raciol (47,10 %), Natural (46,57 %) a Lola (46,28 %).

Kým antioxidačné vlastnosti slizu voči DPPH ovplyvňuje najmä obsah hydroxyškoricových kyselín (najmä kyseliny p-kumarovej), voči ABTS sú aktívne iné fenolové zlúčeniny, ktoré najsilnejšie korelujú s celkovým obsahom fenolov. V celkovom obsahu fenolových látok v semenách boli minimálne rozdiely. Tieto látky sa do slizu uvoľňujú v rôznom množstve, najmä v závislosti od obsahu cukru v slize. Najvyššia antioxidačná aktivita slizov voči DPPH bola pri genotypoch Lola (70 %), Natural (66 %) a Agram (65 %). Najvyššiu antioxidačnú aktivitu voči ABTS, pred hydrolýzou s HCl, mal genotyp Agriol, a po hydrolýze to boli genotypy Lola a Flanders.

Najvyšší podiel slizovitých látok je tvorený vlákninou rozpustnou vo vode, ktorej množstvo sa v závislosti od genotypu mierne líši. Z minerálnych látok je sliz najbohatší na draslík, ktorého uvoľňovanie zo semien závisí najmä od množstva celkovej vlákniny. Množstvo vlákniny s obsahom draslíka pozitívne ovplyvňuje antimikrobiálne vlastnosti slizu proti grampozitívnym baktériám. Naopak, voči gramnegatívnym baktériám bola najúčinnejšia kyselina chlorogenová. Antimikrobiálne vlastnosti slizov sa, v závislosti od genotypu, pri niektorých druhoch výrazne líšili (*E. faecalis, Y. enterocolitica* a *S. enterica*), v prípade iných boli rozdiely minimálne (*S. aureus, B. subtilis* a *P. aeroginosa*).

Štatistickou analýzou sa zistila silná korelácia medzi DPPH a hydroxyškoricovými kyselinami, ako aj s obsahom cukru (Obrázok 2). Vysoká korelácia sa zistila medzi ABTS a celkovým obsahom fenolových látok. Antimikrobiálna aktivita voči grampozitívnym baktériám bola pravdepodobne ovplyvnená obsahom vlákniny, najmä rozpustnej, a tiež obsahom draslíka. Kyselina chlorogénová sa ukázala byť účinná proti gramnegatívnym baktériám.



Obrázok 2 Analýza hlavných komponentov v rámci biochemických vlastností slizu získaného z deviatich genotypov ľanu siateho.

Vysvetlivky skratiek: TPC – celkový obsah polyfenolov, CAF – kyselina kávová, Fer – kyselina ferulová, Cou – kyselina kumárová, GAL – kyselina gálová, CHL – kyselina chlorogénová, % K – množstvo uvoľneného draslíka do slizov, G+ – grampozitívne baktérie, G- – gramnegatívne baktérie. / Principal component analysis of the biochemical properties of mucilage obtained for nine linseed genotypes. Abbreviations: TPC - total polyphenol content, CAF - caffeic acid, Fer - ferulic acid, Cou - coumaric acid, GAL - gallic acid, CHL - chlorogenic acid, % K - amount of potassium released into the mucilage, G+ - gram-positive bacteria, G- - gram-negative bacteria.

4 Záver

Pri voľbe genotypov olejného typu ľanu pre funkčné potraviny, mal najviac univerzálne vlastnosti sliz genotypu Agriol, ktorý vykazoval najlepšie hodnoty až v 8 parametroch: množstvo uvoľneného slizu, celková vláknina, celkový obsah fenolických kyselín, obsah kyseliny ferulovej, obsah kyseliny fumárovej, antioxidačná aktivita voči ABTS a antimikrobiálna aktivita voči *E. faecalis* a *C. albicans*. Dostatočné vlastnosti vykazovali aj slizy genotypov Flanders a Lola, ktoré patrili medzi najlepšie v 6 parametroch. Genotypy Agram a Astella vykazovali najlepšie vlastnosti v 4 a odroda Libra v 3 parametroch.

Poďakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci OP Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, (45 %) a ITMS 313011V344 Dopytovo-orientovaný výskum - Dlhodobý strategický výskum prevencie, intervencie a mechanizmov obezity a jej komorbidít, spolufinancovaných zo zdrojov EFRR (45 %). Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-23-0177 (10 %).

Použitá literatúra

AMIRI, M.S. - MOHAMMADZADEH, V. - YAZDI, M.E.T. - BARANI, M. - RAHDAR, A. - KYZAS, G.Z. 2021. Plant-Based Gums and Mucilages Applications in Pharmacology and Nanomedicine: A Review. In *Molecules.* Online. Vol. 26, 1770. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/molecules26061770

BEIKZADEH, S. – KHEZERLOU, A. – JAFARI, S.M. – PILEVAR, Z. – MORTAZAVIAN, A.M. 2020. Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry. Online. In *Adv Colloid Interface Sci.* Vol. 280:102164. Dostupné na: doi: 10.1016/j.cis.2020.102164.

CAKMAK, H. - ILYASOGLU-BUYUKKESTELLI, H. - SOGUT, E. - HAZAL OZYURT, V. - GUMUS-BONACINA, C.E. - SIMSEK, S. 2023. A review on recent advances of plant mucilages and their applications in food industry: Extraction, functional properties and health benefits. In *Food Hydrocolloids for Health.* Online. Vol. 3, 100131. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2023.100131.

DYBKA-STĘPIEŃ, K. – OTLEWSKA, A. – GÓŹDŹ, P. – PIOTROWSKA, M. 2021. The Renaissance of Plant Mucilage in Health Promotion and Industrial Applications: A Review. In *Nutrients*. Online. Vol.13, No. 10:3354. Dostupné na: doi: 10.3390/nu13103354

KUČKA, M., HARENČÁR, Ľ., RAŽNÁ, K., NÔŽKOVÁ, J., KOWALCZEWSKI, P. Ł., DEYHOLOS, M., ... & TOMKA, M. 2023b. Great potential of flaxseed mucilage. In *European Food Research and Technology.* Online. Vol. 250, No. 3, 877-893. Dostupné na: DOI:10.1007/s00217-023-04429-0

KUČKA, M., RAŽNÁ, K., NÔŽKOVÁ, J. 2023a. Linseed mucilage - optimized extraction procedure for genomic research and nutraceutical applications. In *Acta fytotechnica et zootechnica*. Online. Vol. 26, No. 4, 377-383. Dostupné na: https://doi.org/10.15414/afz.2023.26.04.377-383

PRAJAPATI, V.D. - JANI, G.K. - MORADIYA, H.G. - RANDERIA, N.P. 2013. Pharmaceutical applications of various natural gums, mucilages and their modified forms. In *Carbohydrate Polymers.* Online. Vol. 92, Issue 2, 1685-1699. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.11.021.

TOSIF, M.M. - NAJDA, A. - BAINS, A. - KAUSHIK, R. - DHULL, S.B. - CHAWLA, P. - WALASEK-JANUSZ, M. 2021. A Comprehensive Review on Plant-Derived Mucilage: Characterization, Functional Properties, Applications, and Its Utilization for Nanocarrier Fabrication. In *Polymers.* Online. Vol. 13, 1066. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/polym13071066

TROSHCHYNSKA, Y. - BLEHA, R. - SYNYTSYA, A. - ŠTĚTINA, J. 2022. Chemical Composition and Rheological Properties of Seed Mucilages of Various Yellow- and Brown-Seeded Flax (*Linum usitatissimum* L.) Cultivars. In *Polymers*. Online. Vol. 14, 2040. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/polym14102040

YANG, Y. – GUPTA, V.K. – DU, Y. – AGHBASHLO, M. – SHOW, P.L. – PAN, J. – TABATABAEI, M. – RAJAEI, A. 2023. Potential application of polysaccharide mucilages as a substitute for emulsifiers: A review. In *Int J Biol Macromol*. Vol. 1; 242(Pt 2):124800. Dostupné na: doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.124800.

Kontaktné údaje: Katarína Ražná, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav rastlinných a environmentálnych vied, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, katarina.razna@uniag.sk.

VÝZNAM BIOPÁSOV Z HĽADISKA BIODIVERZITY
Significance of biobelts from the point of view of biodiversity

Peter SCHULZ[1], Jana IVANIČ PORHAJAŠOVÁ[2], Mária BABOŠOVÁ[2]
[1]*PD Mojmírovce, Slovenská republika*
[2]*Slovenská poľnohopsodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika*

Strata biodiverzity je jednou z najväčších výziev, ktorým musí naša civilizácia čeliť v dnešnej dobe. Reakciou na znižujúcu sa biodiverzitu v poľnohospodárskej krajine sú rôzne opatrenia, ktoré podporujú prítomnosť voľne žijúcich organizmov. Štúdia sa zaoberá početnosťou a štruktúrou výskytu epigeických skupín v rámci populárnych biopásov, ktoré nie sú iba úkrytom pre voľne žijúcu faunu, ale plnia mnohé pozitívne funkcie v ekosystémoch. Metódou zemných pascí bolo získaných 18 zoologických taxonomických skupín, s dominantným výskytom Coleoptera, Collembola, Acarina, Formicoidae a ďalších. Význam biopásov potvrdzuje aj stúpajúca tendencia početnosti prítomných epigeických skupín z 2 888 jedincov v 1. roku na 3 433 jedincov v 2. roku. Pozitívom biopásov je, že krajina získa biodiverzitu a na svahovitých lokalitách je zabezpečená ochrana pred eróziou pôdy.

Kľúčové slová: biodiverzita, biopásy, fauna, flóra

1 Úvod a prehľad literatúry

Strata biodiverzity predstavuje v súčasnosti jednu z najväčších výziev, ktorej čelíme v súčasnosti. Reakciou na pokles biodiverzity agrárnej krajiny sú rôzne opatrenia podporujúce voľne žijúce organizmy. Zameranie výskumu je preto orientované na populárne biopásy, ktoré nepredstavujú iba útočisko pre voľne žijúce zvieratá, ale môžu byť aj bohatým zdrojom potravnej ponuky, v období od zberu hlavných plodín až do zimy. Vďaka biopásom je v krajine podporená biodiverzita a pôda je chránená pred eróziou. Riziká spojené s realizáciou kŕmnych biopásov vyskytujúcich sa na ornej pôde sú zanedbateľné. Vegetácia biopásov má vďaka svojmu zloženiu potenciál rozšíriť ponuku potravy pre zvieratá (Hanusová et al., 2022). Pokles resp. strata biologickej diverzity je v súčasnosti podmienená hlavne ľudskou aktivitou. Straty v biodiverzite spôsobujú negatívne účinky v ďalších trofických úrovniach ekosystémov (Lomba et al., 2022). Poľnohospodárska krajina predstavuje konflikt dvoch smerov. Jedným je ochrana výskytu živých organizmov a druhým je ochrana pred škodlivými organizmami v poľnohospodárstve. Buriny na ornej pôde zohrávajú významné postavenie v tomto konflikte, keďže sú problematické ako konkurenti poľných plodín znižujúcich ich výnosy avšak predstavujú zdroj potravy pre mnohé ďalšie taxóny v agrosystémoch (Bianchi et al., 2006; Rusch et al., 2010). Hanusová et al. (2022) sú názoru, že biopásy ako agroenvironmentálne-klimatické opatrenia zvyšujú druhovú diverzitu vegetácie v poľnohospodárskej krajine, vegetácia biopásov má potenciál zlepšiť ponuku potravy a zlepšiť priestorovú a časovú dostupnosť zdrojov potravy pre zvieratá a zároveň vytvoriť priestor na ich úkryt. Brygadyrenko a Nazimov (2015) uvádzajú, že poloprírodné biotopy v podobe biopásov, živých plotovy, pásov na výsadbu lúčnych kvetov je potrebné vytvárať, pretože sú vhodným prostredím pre podporu biodiverzity. Tieto poloprírodné biotopy s vysokou diverzitou rastlín poskytujú útočiská pre prezimovanie epigeickej fauny (Porhajašová Ivanič et al., 2018). Kľúčovú úlohu pri ochrane a stabilizácii ekosystémov je ochrana biodiverzity (Porhajašová a Babošová, 2022; Putchkov a Brygadyrenko 2022; Langraf et al., 2024).

2 Materiál a metódy

Zbery epigeického materiálu boli realizované metódou zemných pascí, ktoré boli exponované počas vegetačného obdobia roku 2023, v juhozápadnej časti Slovenska, v rámci dvoch variantov. 1. variant – 2 opakovania (biopásy v 1. roku) a 2. variant – 2 opakovania (biopásy v 2. roku). Zozbieraný biologický materiál bol v mesačných intervaloch odoberaný, zemné pasce boli následne obnovované a v podmienkach Ústavu rastlinných a environmentálnych vied bol determinovaný a štatisticky vyhodnotený.

3 Výsledky a diskusia

Cieľom preloženej práce je poukázať na význam biopásov v poľnohopsodárskej krajine, z hľadiska podpory biodiverzity. V nadväznosti na „Prehľad literatúry“ možno hodnotiť význam biopásov s veľkým potenciálom, nakoľko zlepšujú trofické vzťahy, podporujú priestorovú a časovú dostupnosť zdrojov potravy pre zvieratá a vytvárajú priestor na ich úkryt **(**Hanusová et al., 2022). Počas výskumného obdobia bolo získaných v rámci variantov 6 321 exemplárov /ex/ epigeickej zložky živočíchov, patriacich do 18 taxonomických skupín, ktoré sú predovšetkým súčasťou taxonomickej jednotky Arthropoda (okrem Lumbricidae, Muridae a Larvae - bližšie taxonomicky nezaradené vývinové štádiá prítomných epigeických skupín). Možno konštatovať, že zastúpenie prítomných epigeických skupín zodpovedá použitej metóde zberu, ako aj ich topickým a trofickým nárokom vo vzťahu k pôdnym a klimatickým pomerom na monitorovanej lokalite. Tabuľka 1 prezentuje abundanciu a dominanciu prítomných epigeických skupín. Výrazne eudominantné zastúpenie (>10%) vykazovali v rámci oboch variantov Coleoptera (2 096 ex, D=33,16%), Collembola (882ex, D=13,95%), Acarina (790ex, D=12,49%), Formicoidae (712ex, D=11,37 %). Porhajašová (2012) je názoru, že vysoká abundancia dominantných skupín v ekosystémoch súvisí s ich trofickou preferenciou a toleranciou na pôdne prostredie. Uvedené skupiny dosiahli eudominantné zastúpenie, čo súvisí s koincidenciou prítomných faktorov prostredia, ako sú klimatické podmienky, prítomná vegetácia a existencia vnútrodruhových a medzidruhových vzťahov. Z hľadiska hodnotenia ekologických nárokov prítomných taxonomických skupín možno konštatovať, že sa jedná o druhy typické pre poľné ekosystémy, ktoré sa vyskytujú v súlade s ich rozmnožovacím cyklom, následne ich výskyt ovplyvňujú miestne pôdne alebo vlhkostné podmienky prostredia a trofický reťazec. Porhajašová Ivanič a Babošová (2022) uvádzajú, že Coleoptera sú v pôde zastúpené širokým spektrom druhov, okrem dospelých jedincov sa prítomné aj ich vývinové štádiá, vajíčka, larvy a nymfy, ktorých početnosť súvisí predovšetkým s vhodnosťou podmienok monitorovaného prostredia. Na úrovni dominancie (5-10%) zaznamenali svoj výskyt Araneida (394ex, D=6,23%) a Opilionida (354ex, D=5,61%). Subdominantne sa vyskytovali bližšie nedetrminované Larvae (293ex, D=4,64%), Orthoptera (233ex, D=3,68%) a Diptera (135ex, D=2,14%), ktoré nie sú súčasťou edafických skupín, no i napriek tomu sú významnou súčasťou ekosystémov. Skupiny zastúpené dominanciou nižšou ako 2% vykazovali recedentné, resp. subrecedentné zastúpenie (Auchenorrhyncha, Dermaptera, Diplopoda, Dermaptera, Heteroptera, Chilopoda, Hymenoptera, Isopoda, Lumbricidae, Muridae). Napriek ich nízkej početnosti podporujú biodiverzitu stanovišťa a svojou aktivitou zohrávajú kľúčové úlohy pri zachovaní homeostázy ekosystémov. Tabuľka 1 prezentuje aj prehľad stúpajúcej tendencie a významu existencie biopásov, kým v 1. roku bolo v rámci dvoch opakovaní získaných 2 888 ex, v porovnaní s 2. rokom dosiahla hodnota získaných jedincov 3 433, čo potvrdzuje opodstatnenie významu biopásov. Prítomné taxonomické skupiny zostali nezmenené. Podľa Lazzeriniho et al. (2007) je úroveň biodiverzity v ekosystémoch výrazne závislá od vegetačného pokryvu, striedania plodín, intenzity hospodárenia, priľahlej poľnohospodárskej pôdy, avšak vo vysoko narušenom prostredí sa početnosť a rozmanitosť pôdnych organizmov znižuje, čo zjednodušuje aj trofické reťazce daného ekosystému. Uvedené jednoznačne potvrdzuje naše výsledky a zistenia.

Tabuľka 1 Kumulatívna abundancia a dominancia epigeických skupín, lokalita juhozápadná časť Slovenskej republiky, s variantmi – biopás v 1. a 2. roku, rok 2023 / Cumulative abundance and dominance of epigeic groups, location south-western part of the Slovak Republic, with variants – biobelt in the 1st and 2nd year, year 2023

Epigeická skupina	Biopás 1.opak.-1.rok	Biopás 2.opak.-1.rok	∑ S_1	Biopás 1.opak.-2.rok	Biopás 2.opak-2.rok	∑ S_2	∑ S_1+S_2	D /%/
Acarina	185	164	349	244	197	441	790	12,49
Araneida	83	79	162	106	126	232	394	6,23
Auchenorrhyncha	1		1		1	1	2	0,03
Coleoptera	369	530	899	541	656	1 197	2 096	33,16
Collembola	179	254	433	289	160	449	882	13,95
Dermaptera	5	13	18		36	36	54	0,85
Diplopoda	22	17	39	33	18	51	90	1,42
Diptera	36	42	78	29	28	57	135	2,14
Formicoidae	198	180	378	170	164	334	712	11,37
Heteroptera	14	16	30	17	13	30	60	0,94
Hymenoptera	15	16	31	16	16	32	63	0,99
Chilopoda	7	8	15	13	17	30	40	0,63
Isopoda	23	12	35	31	29	60	95	1,51
Larvae	64	60	124	78	91	169	293	4,64
Lumbricidae	7	5	12	3	4	7	19	0,30
Muridae	1	1	2	1	1	2	4	0,06
Opilionida	88	78	166	97	91	188	354	5,61
Orthoptera	59	57	116	87	30	117	233	3,68
∑	**1 356**	**1 532**	**2 888**	**1755**	**1 678**	**3 433**	**6 321**	**100**

D- dominancia /%/ (D-Dominance /%/)

Brygadyrenko a Nazimov (2015) uvádzajú, že poloprirodzené biotopy, akými sú okraje polí, poloprírodné biotopy v podobe biopásov, živých plotov, pásov na výsadbu lúčnych kvetov je potrebné vytvárať, nakoľko sú vhodným prostredím pre podporu biodiverzity. Tieto poloprírodné biotopy s vysokou diverzitou rastlín poskytujú útočiská pre prezimovanie epigeickej fauny. Kľúčovú úlohu pri ochrane a stabilizácii ekosystémov predstavuje ochrana biodiverzity. Porhajašová Ivanič et al. (2018) je názoru, že výskyt a štruktúra populácií indikuje stav biotopu, zároveň prispieva k jeho biodiverzite a tiež ekologickej rovnováhe a tým ovplyvňuje ekosozologickú hodnotu ekosystémov a funkcie prebiehajúce v nich. Vo vzťahu k človeku a jeho udržateľnému rozvoju zohráva zásadný význam. Prítomnosť jednotlivých skupín epigeónu v ekosystémoch svojim kvantitatívnym, ale hlavne kvalitatívnym zastúpením bezprostredne odráža a charakterizuje základné topické a trofické vzťahy v danom prostredí.

4 Záver

Biopásy ako agroenvironmentálne-klimatické opatrenia sa podieľajú na zvyšovaní biodiverzity v poľnohospodárskej krajine. Vegetácia biopásov má potenciál zlepšiť ponuku potravy a zlepšiť priestorovú a časovú dostupnosť zdrojov potravy pre prítomnú faunu, na strane druhej biopásy predstavujú aj určité riziká obohacovania pôdy burinami, čo sa môže neskôr prejaviť keď sa následne plocha biopásu vráti do praktického užívania. Dôležitý je preto fakt výberu vhodného druhového zloženia zmesi semien, ktorá sa používa na siatie biopásov. Podmienky a všetky potrebné faktory biopásov budú však ďalšou oblasťou výskumu, ktorej cieľom bude jednoznačne podpora biodiverzity a zníženie rizík pre poľnohospodársku výrobu. Vegetácia biopásov je vítaným príspevkom k udržaniu a podpore biodiverzity v rámci intenzívneho využívania poľnohospodárskej krajiny. Záverom možno

konštatovať, že prezencia a samotná početnosť epigeickej zložky živočíchov je podmienená mnohými faktormi ako sú prítomná vegetácia, mikroklimatické podmienky ekosystému, vnútrodruhové a medzidruhové vzťahy, ktoré sú charakteristické pre homeostázu ekosystémov. Výskyt a štruktúra populácií indikuje stav biotopu, zároveň prispieva k jeho biodiverzite a tiež ekologickej rovnováhe a tým ovplyvňuje ekosozologickú hodnotu ekosystémov a funkcie prebiehajúce v nich.

Poďakovanie

Príspevok vznikol za podpory projektov KEGA 037SPU-4/2024, KEGA 023SPU-4/2024.

Použitá literatúra

BIANCHI, F.J. – BOOIJAND, C.J. – TSCHARNTKE, T. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. In *Proc R Soc B*. Vol. 273, s. 1715–1727. Dostupné na: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16790403/[dátum citovania 2024-07-28].

BRYGADYRENKO, V. V. - NAZIMOV, S. S. 2015. Trophic relations of Opatrum sabulosum (Coleoptera, Tenebrionidae) with leaves of cultivated and uncultivated species of herbaceous plants under laboratory conditions. In *Zookeys*. Vol. 481, s. 57–68. Dostupné na: https://zookeys.pensoft.net/article/4659/[dátum citovania 2024-07-28].

HANUSOVÁ, H. – JUŘENOVÁ, K. – HURAJOVÁ, E. – VAVERKOVÁ, M.D. – WINKLER, J. 2022. Vegetation structure of bio-belts as agro-environmentally-climatic measures to support biodiversity on arable land: A case study. In *AIMS Agriculture and Food.* Online. Vol. 7, No. 4, s. 883–896. Dostupné na: https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/agrfood.2022054 [dátum citovania 2024-07-28].

LANGRAF, V. – PETROVIČOVÁ, K. – DAVID, S. – BRYGADYRENKO, V. 2024. Comparison of spatial dispersion of epigeic fauna between alluvial forests in an agrarian and Dunajské luhy protected landscape area, southern Slovakia. In *Cent. Eur. For. J.* Vol. 70, s. 3-10. Dostupné na: https://web.nlcsk.org/wp-content/uploads/2024/02/Langraf_et-al.pdf[dátum citovania 2024-07-28].

LAZZERINI, G. – CAMERA, A. – BENEDETTELLI, S. – VAZZANA, C. 2007. The role of field margins in agro-biodiversity management at the farm level. In *Italian Journal of Agronomy*. Vol. 2. No. 2, s. 127-134. Dostupné na: https://doi.org/10.4081/ija.2007.127[dátum citovania 2024-08-02].

LOMBA, A. - DA COSTA, J.F. - RAMIL-REGO, P. ET AL. 2022. Assessing the link between farming systems and biodiversity in agricultural landscapes: Insights from Galicia (Spain). *In J. Environ. Manage*. Vol. 317, s. 115335. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147972200908[dátum citovania 2024-07-28].

PORHAJAŠOVÁ, J. 2012. *Vplyv aplikácie organických hnojív na priestorovú štruktúru bezstavovcov s dôrazom na čeľaď Carabidae*. Habilitačná práca. 98 s.

PORHAJAŠOVÁ IVANIČ, J. - BABOŠOVÁ, M. - NOSKOVIČ, J. - ONDRIŠÍK, P. 2018. Long-term developments and biodiversity in carabid and staphylinid (Coleoptera: Carabidae and Staphylinidae) fauna during the application of organic fertilizers under agroecosystem conditions. In *Polish Journal of Environmental Studies.* Vol. 27, s. 2229– 2235. Dostupné na: https://www.pjoes.com/pdf-77072-26126?filename=Long_Term%20Developments.pdf. [dátum citovania 2024-07-28].

PORHAJAŠOVÁ IVANIČ, J. - BABOŠOVÁ, M., 2022. Impact of arable farming management on the biodiversity of Carabidae (Coleoptera). In *Saudi Journal of Biological Sciences*. Vol. 29, s.103371.Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X2200287X?via%3Dihub [dátum citovania 2024-07-28].

PUTCHKOV, A. V. - BRYGADYRENKO, V. V. 2022. Rare species of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of Dnipropetrovsk Region (Ukraine). In *Biosystems Diversity*. Vol. 30, s. 310–337. Dostupné na: https://core.ac.uk/download/544179175.pdf [dátum citovania 2024-07-28].

RUSCH, A. - VALANTIN-MORISON, M. – SARTHOU, J.P. et al. 2010. Biological control of insect pests in agroecosystems: Effects of crop management, farming systems, and semi-natural habitats at the landscape scale: A review. In *Adv Agric*. Vol. 109, s. 19–259. Dostupné na: https://www.uvm.edu/~fmagdoff/employment%20Jan.12.11/Biological%20Control%20of%20Insect%20Pests%20in%20Agroecosystems-.pdf [dátum citovania 2024-07-28].

Kontaktné údaje: doc. Ing. Jana Ivanič Porhajašová, PhD., Ústav rastlinných a environmnetálnych vied, FAPZ SPU, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Jana.Porhajasova@uniag.sk

FYZIOLOGICKÝ ÚČINOK SÓJE FAZUĽOVEJ PO PRVOTNEJ APLIKÁCII KONVENČNÝCH PRÍPRAVKOV A NANOHNOJÍV

Physiological Effect of Soybean after Initial Application of Conventional Preparations and Nanofertilizers

Viktor STRAKA, Marek KOLENČÍK, Dávid ERNST, Ján GAŽO, Kamil HUDEC, Tomáš VICIAN, Veronika ŽITNIAK ČURNÁ
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

V súčasnosti si neustále zvyšujúca sa rastlinná produkcia vo svete vyžaduje nové inovatívne riešenia výživy rastlín. Jedným z možných riešení sú hnojivá vo forme nanočastíc (NČ), ktoré sa vďaka svojim špecifickým chemickým, fyzikálnym i biologickým vlastnostiam vyznačujú vyššou dostupnosťou živín, mobilitou a postupným riadeným uvoľňovaním. Efektivitu aplikovaných hnojív okrem finálneho výnosu a kvality produkcie odráža aj celkový zdravotný stav porastu, hodnotený na základe fyziologických parametrov. Predmetom našej štúdie boli účinky zinočnatých a fosforečných hnojív vo forme NČ (ZnO, bio-apatit a ich kombinácie) a v iónových formách ($ZnSO_4$, KH_2PO_4) v dvoch koncentráciách (15 mg.kg^{-1}, 150 mg.kg^{-1}) v porovnaní s kontrolným variantom (bez aplikácie hnojív) na vybrané fyziologické parametre porastu sóje fazuľovej, *Glycine max* (L.) Merrill., v reálnych poľných podmienkach. Sledované parametre boli NDVI (normalizovaný rozdielový vegetačný index), PRI (index fotochemickej odrazivosti) a nárastu listovej fytomasy prostredníctvom LAI (index listovej plochy). Z výsledkov je zrejmé, že nanohnojivá (NH) a konvenčné prípravky nepôsobili negatívne. Z hľadiska iniciálnych fyziologických účinkov boli najreprezentatívnejšie hodnoty kvantifikované pri hodnotách PRI po aplikácii kombinácie NČ Zn a P a to v oboch koncentráciách.

Kľúčové slová: sója, foliárna aplikácia, NČ, LAI, NDVI, PRI

1 Úvod a prehľad literatúry

Aktuálne NH predstavujú novú generáciou inteligentných riešení vo výžive rastlín. Systém riadeného uvoľňovania je v porovnaní s konvenčnými hnojivami účinnejší, nakoľko znižuje potrebu častej aplikácie a množstvo hnojiva najmä prostredníctvom foliárnej (disperznej) aplikácie (Mahil a Kumar, 2019).

Spomedzi základných mikroelementov je zinok vo forme NČ jednou z najčastejšie dodávaných foriem hlavne pri jeho deficite v pôdnom systéme. Vyššie rastliny ho absorbujú ako geochemickú špéciu Zn^{2+}. Takto sa zapája do tvorby chlorofylu, náraste biomasy a má výrazný vplyv na zdravotný stav a zapojenie porastu (Marschner 2011; Cakmak 2008; Mahdieh et al., 2018). Fosfor (P), základná makroživina, je dôležitá pre fotosyntézu, dýchanie, prenos energie, expanziu buniek a ďalšie metabolické funkcie potrebné pre rast, zrelosť rastlín atď. (Amanullah et al. 2012). V agronomických systémoch však tieto dva prvky vykazujú určitý stupeň kompetície, resp. ich vzájomný vzťah z hľadiska antagonizmu či synergie je nedoriešenou akademickou otázkou (Sánchez-Rodríguez et al., 2021) najmä z pohľadu plodín ako je sója fazuľová. Tú zaraďujeme do čeľade *Fabaceae* (bôbovité) - čeľaď dvojklíčnolistových rastlín z podtriedy ružové (*Rosidae*) (Specht et al., 2014). Sledovanie vývoja porastu sóje nebolo doteraz v centre záujmu po sprejovej depozícií NH na listy ako fyziologicko-kinetickej reakcie, ktoré sa dajú sledovať metódami infračervenej spektroskopie. V nich je najpoužívanejší normalizovaný rozdielový vegetačný index (NDVI) zohľadňujúci „zdravie“ a hustoty porastu; index fotochemickej odrazivosti (PRI) vyjadrujúci fotosyntetickú účinnosť svetla, rýchlosť absorpcie CO_2 listami či indikátor zmien stavu pigmentov xantofylového cyklu. Index listovej plochy (LAI), indikuje schopnosť nárastu

fytomasy či fyziologický stav porastu, ovplyvnený najmä stupňom vodného stresu, nesprávneho hnojenia či nedostatku živín (Shrestha et al., 2012).

Z toho dôvodu bolo cieľom predkladanej práce zhodnotiť vplyv aplikovaných komerčných prípravkov a NH na báze Zn a P alebo ich kombinácie na vybrané fyziologické parametre sóje fazuľovej po ich prvotnej aplikácií.

2 Materiál a metódy

Poľný pokus je realizovaný na černozemi v obci Rastislavice, okres Nové Zámky (123 m n.m., KVO), vo firme Blumeria Consulting s.r.o., rešpektujúci konvenčné agrotechnické pravidlá zodpovedajúce mikroparcelovému pokusu publikované v Duflo a Banerjee (2017).
Za pokusnú plodinu bola vybraná sója fazuľová, *Glycine max* (L.) Merrill., odroda Teria, charakteristická veľmi vysokým výnosom a obsahom proteínov na úrovni 40,8 % (pri 12 % vlhkosti). Odroda je stredne vysoká so stredným nasadením prvých strukov, odolná voči praskaniu strukov (IPK AGRO).

Foliárna aplikácia konvenčných prípravkov a NH sa uskutočnila tesne pred fázou kvitnutia pomocou ručného postrekovača. Aplikované prípravky a jednotlivé varianty ošetrenia sumarizuje Tabuľka 1. Fyziologické merania sa uskutočnili 14 dní po aplikácií prípravkov, vo fáze kvitnutia. V priebehu tohto intervalu bol súčet zrážok 11,18 mm a priemer teplôt bol 24,879°C.

Tabuľka 1 Aplikované prípravky a varianty ošetrenia / Applied preparations and variants of treatment

Aplikovaný prípravok	Variant ošetrenia koncentrácia 15 mg.kg^{-1}	Variant ošetrenia koncentrácia 150 mg.kg^{-1}
$ZnSO_4$	S10	S9
KH_2PO_4	S8	S7
ZnO – NČ	S6	S5
P – NČ	S4	S3
ZnO+P – NČ	S2	S1
H_2O – kontrola	K	K

Na vyhodnotenie NDVI a PRI boli použité zariadenia PlantPens NDVI 300 a PRI 200 (Photon Systems Instruments, Brno, Česká republika). Princíp analýzy je založený na absorpcii odrazených vlnových dĺžok od povrchu listu (pri 740 nm a 660 nm pre NDVI a pri 531 a 570 nm pre PRI). Indexy pre NDVI a PRI boli vypočítané podľa vzorca:

NDVI = (R740 − R660)/(R740 + R660),

PRI = (R531 − R570)/(R531 + R570), kde R531, R570, R660 a R740 zodpovedajú vlnovým dĺžkam odrážajúcim sa od povrchu listu.

Index listovej plochy (LAI), ktorý charakterizuje zapojenie porastu bol vypočítaný podľa vzorca: LAI = plocha listov / plocha pôdy, m^2.

Získané údaje boli štatisticky vyhodnotené pomocou softvéru Statistica 10 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA), využitím viacfaktorovej analýzy rozptylu – ANOVA. Na testovanie kontrastov bol použitý Fisherov LSD test na hladine významnosti α = 0,05 (StatSoft, 2011).

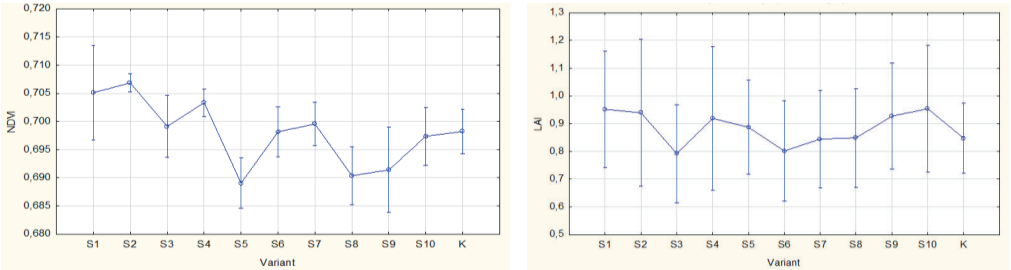
$ZnSO_4$ a KH_2PO_4 bola aplikovaná disperzne na povrch listu ako konvenčná agrochemická „iónová“ forma zinku, respektíve fosforu v porovnaní s nanoformami zinku v podobe ZnO NČ a fosforu aplikovaného ako bio-apatit ($Ca_5(PO_4)_3$.

3 Výsledky a diskusia

Na variantoch, kde boli aplikované iónové formy Zn a P hnojiva boli zaznamenané výrazne nižšie hodnoty NDVI (Obrázok 1), naopak najvyššie hodnoty NDVI boli namerané na variantoch s kombináciou Zn a P NČ v oboch koncentráciách, čo je pravdepodobne spôsobené rýchlou reakciou rastlín na tieto dôležité živiny vďaka foliárnej aplikácii. Taktiež

na variantoch, kde boli aplikované len NČ na báze fosforečnanov boli zaznamenané vyššie hodnoty NDVI v porovnaní s kontrolou. Poľný experiment Sucharita et al. (2023), ktorý skúmal vplyv aplikácie zinočnatých hnojív na rast ryže dokázal, že po foliárnej aplikácii Zn bol porast lepšie zapojený a došlo aj k zvýšeniu NDVI. Guan et al. (2019) skúmali vzťah hnojenia a NDVI na porastoch pšenice (*Triticum aestivum* L.) a ryže (*Oryza sativa* L.), pomocou hodnôt NDVI bolo možné rozlíšiť úrovne aplikácie hnojív.

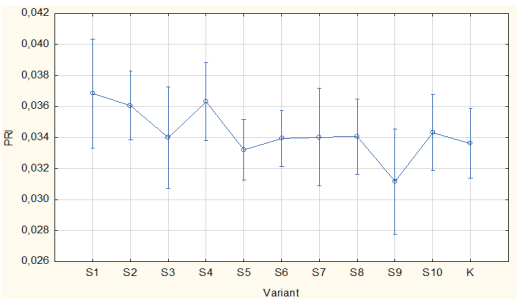
Z našich nameraných výsledkov môžeme konštatovať, že hnojivá v NČ-forme nepôsobili negatívne na LAI v porovnaní s iónovými formami hnojív ani v porovnaní s kontrolou (Obrázok 2). Na základe LSD testu nebol zaznamenaný žiaden štatisticky preukazný rozdiel medzi variantmi. Môžeme predpokladať, že zapojený porast v dobrom zdravotnom stave pri všetkých variantoch bol z dôvodu vhodných agrotechnických opatrení a agroekologických podmienok pre pestovanie sóje, čoho výsledkom sú aj namerané hodnoty NDVI a LAI, ktoré sú vo vzájomnom vzťahu (Pettorelli et al., 2005).



Obrázok 1 a 2 Grafické zobrazenie NDVI a LAI na skúmaných variantoch / NDVI and LAI on the studied variants

Štatisticky preukazne nižšie hodnoty v nameraných hodnotách PRI boli zaznamenané len na variantoch, kde boli aplikované iónové formy Zn v koncentrácii 150 mg.kg^{-1} (Obrázok 3). Najvyššie hodnoty PRI dosiahli varianty, kde bola aplikovaná kombinácia NČ Zn a P a to v oboch koncentráciách. Na základe nameraných výsledkov môžeme konštatovať, že kombinácia NČ Zn a P pôsobila pozitívne na PRI v porovnaní s ostatnými aplikovanými prípravkami. Ostatné namerané hodnoty boli vyrovnané, žiadne z aplikovaných forme NČ nepôsobili inhibične.

Taliman et al. (2019) uvádzajú, že existuje len málo dostupných informácií o účinkoch hnojenia P na fyziologické vlastnosti sóje fazuľovej pričom výsledky Kolenčík et al. (2020) a Ernst et al. (2023) po aplikácii ZnO-NČ na slnečnicu ročnú (*Helianthus annus* L.) sledovali výrazne vyššie hodnoty NDVI a PRI v porovnaní s kontrolou a to práve po prvej aplikácii.



Obrázok 3 Grafické zobrazenie PRI na skúmaných variantoch / PRI on the studied variants

4 Záver

Na pokusných variantoch po aplikácii uvedených zinočnatých a fosforečných hnojív nebol zaznamenaný rozdiel v nameranom indexe listovej plochy. Pri meraní indexu fotochemickej odrazivosti a normalizovaného rozdielového vegetačného indexu dosiahli najlepšie výsledky varianty s kombináciou zinočnatých a fosforečných NH, naopak najnižšie boli pri iónových formách. Hnojivá v nanoformách nepôsobili negatívne na žiaden z meraných fyziologických parametrov a do budúcna predstavujú jedno z riešení pre zefektívňovanie výživy rastlín.

Poďakovanie

Práca bola podporená projektom VEGA 1/0655/23. Výskumné aktivity boli financované riešením projektu Grantovej agentúry FAPZ, SPU v Nitre „GAFAPZ 08/2023 – Zhodnotenie kvality poľných plodín účinkom aplikácie anorganických NČ ako listovej výživy novej generácie“ a „GA FAPZ 09/2023 – Výskum vplyvu listovej aplikácie NH na vybrané ukazovatele produkcie poľných plodín“.

Použitá literatúra

AMANULLAH, A. - ZAKIRULLAH, M. 2010. Timing and rate of phosphorus application influence maize phenology, yield and profitability in Northwest Pakistan. In *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, H. Botany*, Online. Vol. 1, No. 1, s. 29-39. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/289151070_Timing_and_Rate_of_Phosphorus_Application_Influence_Maize_Phenology_Yield_and_Profitability_in_Northwest_Pakistan [dátum citovania 2024-08-15].

BASAVEGOWDA, N. - BAEK, K. H. 2021. Current and future perspectives on the use of nanofertilizers for sustainable agriculture: the case of phosphorus nanofertilizer. In *3 Biotech*, Online. Vol. 11, No. 7, s. 357. Dostupné na: https://link.springer.com/article/10.1007/S13205-021-02907-4 [dátum citovania 2024-08-15].

CAKMAK, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? In *Plant and soil*, Online. Vol. 302, s. 1-17. Dostupné na https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-007-9466-3 [dátum citovania 2024-08-16].

CONLEY, D. J. - PAERL, H. W. - HOWARTH, R. W. - BOESCH, D. F. - SEITZINGER, S. P. - HAVENS, K. E. - LIKENS, G. E. 2009. Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. In *Science*, Online. Vol. 323, No. 5917, s. 1014-1015. Dostupné na: https://www.science.org/doi/10.1126/science.1167755 [dátum citovania 2024-08-16].

Duflo, E., & Banerjee, A. (Eds.). (2017). *Handbook of field experiments*. Elsevier. [dátum citovania 2024-08-16].

ERNST, D. - KOLENČÍK, M. - ŠEBESTA, M. - ĎURIŠOVÁ, Ľ. - ĎÚRANOVÁ, H. - KŠIŇAN, S. - AYDIN, E. 2023. Agronomic investigation of spray dispersion of metal-based nanoparticles on sunflowers in real-world environments. In *Plants*, Online. Vol. 12, No. 9, s. 1789. Dostupné na: https://www.mdpi.com/2223-7747/12/9/1789 [dátum citovania 2024-08-16].

GUAN, S. - FUKAMI, K. - MATSUNAKA, H. - OKAMI, M. - TANAKA, R. - NAKANO, H. - TAKAHASHI, K. 2019. Assessing correlation of high-resolution NDVI with fertilizer application level and yield of rice and wheat crops using small UAVs. In *Remote Sensing*, Online. Vol. 11, No. 2, s. 112. Dostupné na: https://www.mdpi.com/2072-4292/11/2/112 [dátum citovania 2024-08-16].

KOLENČÍK, M. - ERNST, D. - URÍK, M. - ĎURIŠOVÁ, Ľ. - BUJDOŠ, M. - ŠEBESTA, M. - KRATOŠOVÁ, G. 2020. Foliar application of low concentrations of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles to the common sunflower under field conditions. Nanomaterials, 10(8), 1619. Dostupné na: https://www.mdpi.com/2079-4991/10/8/1619 [dátum cit. 2024-08-16].

MAHDIEH, M. - SANGI, M. R. - BAMDAD, F. - GHANEM, A. 2018. Effect of seed and foliar application of nano-zinc oxide, zinc chelate, and zinc sulphate rates on yield and

growth of pinto bean (Phaseolus vulgaris) cultivars. In *Journal of Plant Nutrition*, Online. Vol. 41, No. 18, s. 2401-2412. Dostupné na: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904167.2018.1510517 [dátum citovania 2024-08-16].

MAHIL, E. I. T. - KUMAR, B. A. 2019. Foliar application of nanofertilizers in agricultural crops–A review. In *Journal of. Farm Sciences,* Online. Vol. 32, No. 3, s. 239-249. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/336669474_Foliar_application_of_nanofertilizers_in_agricultural_crops_-A_review [dátum citovania 2024-08-15].

MARSCHNER, H. (Ed.). 2011. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants

OLAD, A. - ZEBHI, H. - SALARI, D. - MIRMOHSENI, A. - TABAR, A. R. 2018. Slow-release NPK fertilizer encapsulated by carboxymethyl cellulose-based nanocomposite with the function of water retention in soil. In *Materials Science and Engineering*, Online. Vol. 90, s. 333-340. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928493117325535 [dátum citovania 2024-08-15].

PETTORELLI, N. - VIK, J. O. - MYSTERUD, A. - GAILLARD, J. M. - TUCKER, C. J. - STENSETH, N. C. 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. In *Trends in Ecology & Evolution*, Online. Vol. 20, No.9, s. 503-510. Dostupné na: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16701427/ [dátum citovania 2024-08-15].

SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, A. R. - REY, M. D. - NECHATE-DRIF, H. - CASTILLEJO, M. Á. - JORRÍN-NOVO, J. V. - TORRENT, J. - SACRISTÁN, D. 2021. Combining P and Zn fertilization to enhance yield and grain quality in maize grown on Mediterranean soils. *Scientific reports*, *11*(1), 7427. Dostupné na: https://www.nature.com/articles/s41598-021-86766-2 [dátum citovania 2024-08-16].

SHRESTHA, S. - BRUECK, H. - ASCH, F. 2012. Chlorophyll index, photochemical reflectance index and chlorophyll fluorescence measurements of rice leaves supplied with different N levels. In *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, Online. Vol. 113, s. 7-13. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1011134412000826 [dátum citovania 2024-08-15].

SPECHT, J. E. - DIERS, B. W. - NELSON, R. L. - DE TOLEDO, J. F. F. - TORRION, J. A. -GRASSINI, P. 2014. Soybean. *Yield gains in major US field crops*, *33*, 311-355. Dostupné na: https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cssaspecpub33.c12 [dátum citovania 2024-08-16].

StatSoft., I. STATISTICA, Data Analysis Software System, Version 10. Dostupné na: www.statsoft.com [dátum citovania 2024-08-15].

SUCHARITA, S. - RAUTARAY, S. K. - SATAPATHY, M. R. - NAYAK, R. K. 2023. Zinc fertilizer application improves growth, yield and profit of paddy (Oryza sativa L.) in a zinc deficient inceptisol. In *ORYZA- An International Journal on Rice.* Online. Vol. 60, No. 1, s. 196-202. Dostupné na: https://epubs.icar.org.in/index.php/OIJR/article/view/134859 [dátum citovania 2024-08-16].

TALIMAN, N. A. - DONG, Q. - ECHIGO, K. - RABOY, V. - SANEOKA, H. 2019. Effect of phosphorus fertilization on the growth, photosynthesis, nitrogen fixation, mineral accumulation, seed yield, and seed quality of a soybean low-phytate line. In *Plants*, Vol. 8, No. 5, s. 119. Dostupné na: https://www.mdpi.com/2223-7747/8/5/119 [dátum citovania 2024-08-16].

VASEEM, M. - UMAR, A. - HAHN, Y. B. 2010. ZnO nanoparticles: growth, properties, and applications. *Metal oxide nanostructures and their applications*, *5*(1), 10-20. D [dátum citovania 2024-08-16].

YADAV, A. - YADAV, K. - ABD-ELSALAM, K. A. 2023. Nanofertilizers: types, delivery and advantages in agricultural sustainability. In *Agrochemicals*, Online. Vol. *2,* No. 2, s. 296-336. Dostupné na: https://www.mdpi.com/2813-3145/2/2/19 [dátum citovania 2024-08-16].

VYUŽITIE MOLEKULÁRNYCH MARKÉROV V ANALÝZE SLNEČNICE
The use of molecular markers in sunflower analysis

Veronika ŠTEFÚNOVÁ, Jana ŽIAROVSKÁ
ÚREV FAPZ SPU v Nitre, Slovenská republika

Skúmanie rastlinných genómov z pohľadu populačnej genetiky, fylogenézy, evolučných vzťahov, identifikácie druhov, markérmi podporovaného šľachtenia, porovnávacieho mapovania sú molekulárne markéry jedinečnými nástrojmi. Pre zistenie, prípadne odlíšenie genotypov slnečnice ročnej, jej vysokoolejných mutantov, je možné použiť markerovací systém ktorý prítomnosťou alebo neprítomnosťou PCR produktu spoľahlivo určí tamdemové *FAD2-1* opakovania.

Kľúčové slová: molekulárne markéry, *FAD2-1*, slnečnica

1 Markerovacie systémy

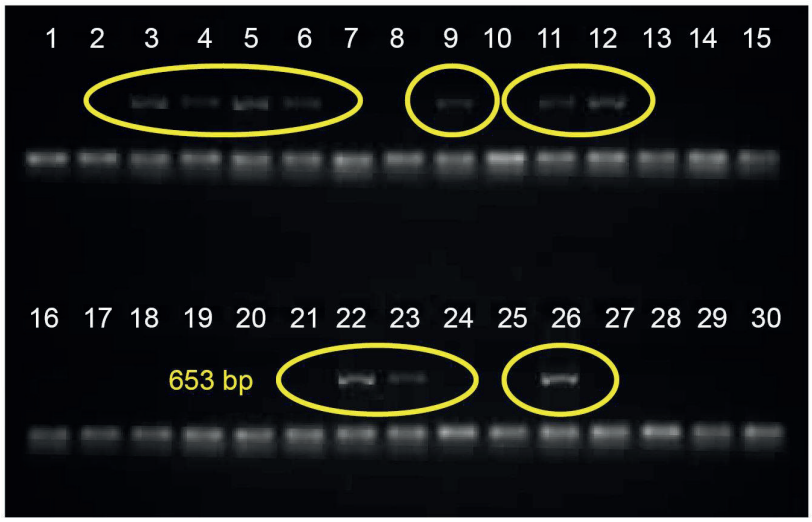
Pre lepšie pochopenie fenotypovej variability, pre využitie v šľachtiteľských programoch, ako aj pre využitie rozmanitosti genetických zdrojov rastlín je jedinečným nástrojom skúmanie genómov na molekulárnej úrovni (Amiteye, 2021).

Pred technológiou molekulárnych markérov, umožňujúcou sledovanie zmien na úrovni jednotlivých nukleotidov, boli využívané morfologické a biochemické markéry. Morfologické markéry sú zamerané na popis morfologických znakov s prihliadnutím na agronomicky významné vlastnosti. Popis fenotypu má svoje obmedzenia, relatívne malú variabilitu prejavu znaku, vplyv vonkajších podmienok na variabilitu znaku a nepriame hodnotenie genetickej informácie (Bežo et al., 2001). Pre určovanie genetickej rozmanitosti pomocou biochemických markérov je možné využiť analýzu zásobných bielkovín semien, ako aj analýzu izoenzýmov (Ford-Lloyd, Painting, 1996). Molekulárne markéry sú vhodné pre zisťovanie genetických odtlačkov genotypov, fylogenetické štúdie, zisťovanie príbuznosti druhov v rámci čeľade, evolučných zmien v poradí nukleotidov DNA, určovanie zhody medzi inbrédnymi líniami (z hľadiska maximalizácie heterózy u hybridov), mapovanie rastlinných genómov atď (Fu Yu et al., 1993; McClean, 1998). Ich éra siaha do 80tych rokov a súvisí s objavom polymerázovej reťazovej reakcie. Polymerázová reťazová reakcia (PCR) je metóda pre *in vitro* zmnoženie špecifických poradí nukleotidov DNA polymerizáciou komplementárnych vláken DNA. Na jej princípe bolo rozvinutých veľké množstvo rôznych metód (RAPD, SCAR, AFLP, SSR, CpSSR, ISSR, RAMP, SAMPL, SRAP, SSCP, CAPS, SNP, DArT, EST, STS, IRAP, REMAP, RBIP, a IPBS) analýzy genómov prostredíctvom molekulárnych markérov.

Olej semien slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) je prirozdeným zdrojom kyseliny linolovej. Divorastúce genotypy produkujú 120–360 $g.kg^{-1}$ kyseliny olejovej a 540-820 $g.kg^{-1}$ kyseliny linolovej. Prvý vysokoolejný genotyp bol získaný ošetrením divorastúcej populácie dimetylsulfátom a následnou selekciou pre zvýšený obsah kyseliny olejovej. Nekompletná dominantná mutácia (*Ol*) je zodpovedná za zvýšenie kyseliny olejovej a koreluje so značnou redukciou expresie fosfatidyl cholín desaturázy (*FAD2-1*) v dozrievajúcich semenách slnečnice ročnej. *FAD2-1* je v genotypoch, označovaných ako vysokoolejnaté mutanty, duplikovaný. Pre diagnostiku prítomnosti alebo neprítomnosti *Ol* mutácie bol vyvinutý systém analýzy s použitím forward prajmera komplementárneho k vnútrogénovej sekvencii mutantného génu a reverse prajmera ktorý je komplementárny ku kódujúcej alebo nekódujúcej 3´UTR sekvencii DNA (Schuppert et al., 2006).

2 Diagnostika *FAD2-1*

Pre diagnostiku prítomnosti tandemových opakovaní *FAD2-1*, pre semená špecifickú fosfatidyl cholín desaturázu u vysokoolejných *Ol* mutantnov genotypov slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) je možné použiť špecifické prajmery v polmerázovej reťazovej reakcii, ktoré sú komplementárne k vnútrogénovej sekvencii mutantného génu (5 GTAACGTCTGCGCGCTTGCAGACATCA 3´) a kódujúcej DNA sekvencii (5´ GGTTTTGCATGAGGGACTCGATCGAGTG 3´). Očakávaným výsledkom v príade prítomnosti *Ol* mutácie je produkt – nasyntetizovaný fragment s dĺžkou 653 bp (Obrázok 1). Týmto spôsobom je možné spoľahlivo identifikovať



Obrázok 1 Elektroforeogram znázorňujúci nasyntetizované fragmenty DNA u vysokoolejných genotypov slnečnice ročnej v polymerázovej reťazovej reakcii so špecifickými prajmermi, diagnostikujúcimi prítomnosť alebo neprítomnosť *Ol* mutácie tandemových *FAD2-1* opakovaní. Dĺžka nasyntetizovaného produktu je 653 bp. / Electrophorogram of DNA fragments in high-oil genotypes of sunflower sythesized in polymerase chain reaction with specific primers, revealing the presence or absence of *Ol* mutation of tandem *FAD2-1* repeats. The length of the synthesized product is 653 bp.

4 Záver

Aplikácia molekulárnych markérov je širokospektrálna. V šľachtiteľskom procese je možné ich využiť v monitorovaní genetickej variability genetických zdrojov, môžu poskytovať relevantné molekulárne údaje pre výber komplementárnych rodičovských genotypov, tiež pre predikciu, selekciu a hodnotenie hybridov (Lübberstedt, Suza; 2023).

Jačmeň siaty (*Hordeum vulgare* L.) je príkladom multifunkčnej agronomickej plodiny (zdroj sladu, potravina, krmivo). Na základe údajov odvodených z analýz molekulárnych a cytogenetických analýz, pre rod *Hordeum* boli navrhnuté tri hlavné genetické zdroje. Ako primárne zdroje sú *H. vulgare ssp vulgare* a *H. vulgare spp. spontaneum*. Ako sekundárny zdroj *H. bulbosum*, ako divorastúci druh. Každý z týchto genetických zdrojov je tiež zdrojom užitočných agronomických ako aj kvalitatívnych vlastností, berúc do úvahy kompatibilitu, schopnosť medzidruhového kríženia v rámci rodu *Hordeum*. Moderné odrody môžu byť ochudobnené o znaky a vlastnosti, napríklad rezistencia k chorobám, environmentálny stres,

preto štúdie zamerané na genetickú diverzitu kultúrnych druhov a ich divorastúcich príbuzných sú základom pre šľachtenie (Struss, Plieske; 1998).

Poďakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Použitá literatúra

AMITEYE, S. 2021. Basic concepts and methodologies of DNA marker systems in plant molecular breeding. Heliyon, 2021 Sep 30;7(10):e08093. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08093. PMID: 34765757; PMCID: PMC8569399.

BEŽO, M. – ŠTEFÚNOVÁ, V. – BEŽOVÁ, K. – KUTIŠOVÁ, J. 2001. Techniky molekulárnej biológie pri práci s genetickými zdrojmi rastlín. In: Nové poznatky z genetiky a šľachtenia poľnohospodárskych rastlín. Piešťany: Výskumný ústav rastlinnej výroby, 2001, s. 11–15. ISBN 80-88790-19-0

FORD-LLOYD, B. – PAINTING, K. 1996. Measuring Genetic Variation Using Molecular Markers. In: http://www.cgiar.org/ipgri (20-08-2020).

FU YU, K. – DEYNZE, A. D. – PAULS, K. P. 1993. Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Analysis. In: GLICK, Breeding material R. – THOMPSON, J. E.: Methods in Plant Molecular Biology and Biotechnology. Boca Raton: CRC Press, 1993, p. 287–301. ISBN 0-8493-5164-2

KOEBNER, R. M. D. – DEVOS, K. M. – GALE, M. D. 1994. Advances in the Application of Genetic Markers in Plant Breeding. In: Asian Seed ’94, Chiang Mai, Thailand, 27.–29. September 1994. Chiang Mai, 1994, p. 1–13.

LÜBBERSTEDT, T. – SUZA, W. 2023. Marker Based Management of Plant Genetic Resources. In W. P. Suza, & K. R. Lamkey (Eds.), Molecular Plant Breeding. Iowa State University Digital Press.

McCLEAN, P. 1998. Analysis of Plant Genomes with Molecular Markers. In: http://www.cc.ndsu.nodak.edu/instruct/mcclean/plsc731/analysis/analysis1.htm (2001-02-14).

SCHUPPERT, G.F. – TANG, S. – SLABAUGH, M.B. et al. 2006. The Sunflower High-oleic Mutant OI Carries Variable Tandem Repeats of FAD2-1, a Seed-specific Oleoyl-phosphatidyl Choline Desaturase. In: Mol Breeding 17, 241–256 (2006). https://doi.org/10.1007/s11032-005-5680-y

STRUSS, D. – PLIESKE, J, 1998. The use of microsatellite markers for detection of genetic diversity in barley populations. Theor. Appl. Genet. 97: 308-315.

Kontaktné údaje: Veronika Štefúnová, ÚREV FAPZ SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, stefunova@uniag.sk

PÔDNA ŠTRUKTÚRA JE DO ZNAČNEJ MIERY VÝSLEDKOM ANTROPOGÉNNYCH ZÁSAHOV V PÔDE

The soil structure is to a large extent the result of anthropogenic interventions in the soil

Vladimír ŠIMANSKÝ
Ústav agrochémie a pôdoznalectva, FAPZ, SPU Nitra

Štruktúra pôdy je významný ukazovateľ kvality pôdy. V literatúre sa uvádza, že medzi štruktúrou pôdy a viacerými pôdnymi vlastnosťami, ale i vonkajšími vplyvmi existujú úzke vzťahy a vzájomné interakcie. V rámci tohto príspevku sú uvedené predovšetkým informácie o reakciách pôdnej štruktúry na zásahy človeka pri rôznych spôsoboch a intenzitách do pôdneho prostredia. Tento prehľad kladie dôraz predovšetkým na štúdie, ktoré vznikli v rámci výskumu na SPU Nitra a spoluprácou s jej partnermi či výrobnou praxou.

Kľúčové slová: stabilita agregátov, obrábanie pôdy, hnojenie pôdy, biouhlie, riadený pohyb strojov po poli

1 Úvod

Pôdna štruktúra hovorí o tvare, veľkosti a usporiadaní pevných častíc a voľných priestorov, kontinuity pórov/priestorov, ich schopnosti zadržiavať kvapaliny a organické i anorganické látky a tak podporovať rast a rozvoj koreňovej hmoty. Pôdna štruktúra je teda kľúčovým faktorom pre pôdne funkcie, a vytváranie podmienok pre existenciu, rast rastlín a živočíchov. Ovplyvňuje fyzikálne procesy v pôde ako je pohyb vody, vzduchu a tepla, ale i kompakciu a eróziu pôdy. Súčasná situácia v rámci pôdneho fondu v SR je nasledovná: reálne je zhutnených 200 000 ha poľnohospodárskej pôdy, avšak potenciálne zhutnenie prebieha na ďalších 475 000 ha poľnohospodárskej pôdy. Čo sa týka samotnej erózie pôdy situácia v rámci územia SR je nasledovná: plochy poškodené veternou eróziou predstavujú 150 000 ha a sú podstatne nižšie ako rozloha zasiahnutá vodnou eróziou, ktorá predstavuje 2 800 000 ha územia SR, čiže celkovo 57% (Polláková et al., 2021). Preto z hľadiska udržateľného hospodárenia je veľmi dôležité zachovanie, resp. správne manažovanie priaznivého fyzikálneho stavu pôd vrátane samotnej pôdnej štruktúry nevyhnutné (Šimanský et al., 2018). Pôdnu štruktúru ako celok ovplyvňujú rôzne vonkajšie a vnútorné faktory. Samozrejme medzi jednotlivými faktormi v súvislosti s pôdnou štruktúrou existujú početné interakcie. Rozhodujúcu úlohu prostredníctvom rôznych systémov hospodárenia, resp. využívania pôdy má človek. Kvôli priestorovému obmedzeniu sú v tomto prehľade uvedené iba niektoré. Pozornosť je sústredená na tie, ktoré sú súčasťou výskumných aktivít pracovníkov z SPU Nitra.

1.1 Využívanie mechanizácie

Pre väčšinu poľnohospodárskych plodín sa vytvárajú optimálne podmienky vodného, vzdušného a tepelného režimu pri objemovej hmotnosti 1-1,3 $t.m^{-3}$ (Šimanský et al., 2018). Trvalé zvýšenie, ale aj zníženie optimálnej hodnoty spôsobuje znižovanie úrod plodín. Bolo zistené, že ak na pôdu pôsobí tlak do 100 kPa pri jej optimálnej vlhkosti, tak pôda má regeneračnú schopnosť a s takýmto zaťažením sa dokáže vysporiadať. Zodpovedným za tento proces sú kvalitné/stabilné organo-minerálne agregáty (agregát základná jednotka pôdnej štruktúry), ktoré sú zložené s ílových častíc a veľkých molekúl huminových kyselín. Pri ich stlačení nastane síce ich deformácia, ktorá však nie je zlučiteľná s rovnovážnymi elektrostatickými silami každého organo-minerálneho agregátu. Ako náhle zaťaženie ustúpi snaží sa každý organo-minerálny agregát dostať do pôvodného – rovnovážneho stavu (Váchalová et al., 2016). Horšie je to, ak na pôdu pôsobí tlak 150 kPa, navyše za zvýšenej

vlhkosti. Prejav zhutnenia/poškodenia pôdy je evidentný do hĺbky 0,35-0,4 m a kumulatívne i do 0,8 m, či dokonca 1 m. Negatívne dopady využívania ťažkých mechanizmov na zintenzívňovanie poľnohospodárskej výroby na pôde sa zásadným spôsobom prejavuje i na poškodzovaní samotnej pôdnej štruktúry. Intenzita dopadov prejazdov poľnohospodárskej techniky na mieru utlačenia a štruktúrneho stavu pôdy bola posudzovaná v rámci experimentu založenom na vysokoškolskom podniku v Kolíňanoch, kde už viac ako 15 rokov beží pokus s riadeným pohybom strojov po poli. Detaily experimentu sú uvedené v publikácií (Macák et al., 2018). Výsledky, ktoré publikovali Macák et al. (2018) ukazujú, že penetrometrický odpor sa zásadne znížil na neutlačenej pôde v porovnaní s ostatnými variantmi. Na utlačenej pôde boli agregáty stlačené, takmer bez pórov a pôdne agregáty sa tvorili/deštruovali iba mechanicky prostredníctvom stláčania. Naopak, na neutlačenej pôde mali agregáty póry, v ktorých bolo identifikované viditeľné prerastanie koreňmi rastlín a znaky po biologickom oživení (Šimanský et al., 2023).

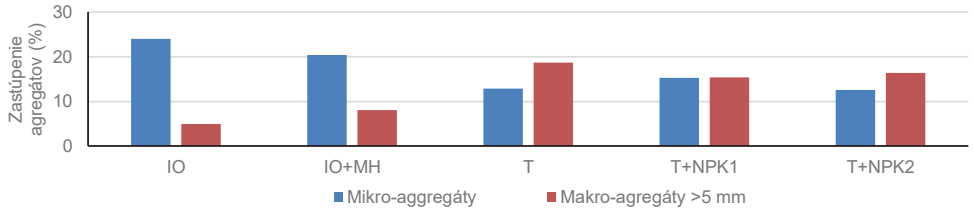
1.2 Spôsob hospodárenia na pôde

Ďalší významný efekt na pôdnu štruktúru má aj spôsob hospodárenia na pôde, čo dokazuje tiež štúdia kolektívu z SPU, kde sa porovnávalo intenzívne hospodárenie na svahu s greenig-om na svahu v reálnych výrobných podmienkach (Šimanský et al., 2019). Výsledky potvrdili pozitívny účinok greening-u na svahu na parametre pôdnej štruktúry (Tabuľka 1). V dôsledku zaradenia greenig-u sa priemerná veľkosť agregátov zvýšila o 120%, ich zraniteľnosť sa znížila o 64% a stabilita narástla o 29% v porovnaní s intenzívnym pestovaním plodín.

Tabuľka 1 Efekt spôsobu hospodárenia na pôdnu štruktúru / Effect of soil management practices on soil structure (Šimanský et al., 2019)

Spôsob hospodárenia	Ø veľkosť	Zraniteľnosť	Stabilita
Intenzívne pestovanie	0,37	6,67	0,70
Greening	0,84	2,45	0,90

Soil management practices, Size of aggregates, Vulnerability, Aggregate stability, Intensive soil management



Obrázok 1 Efekt spôsobu hospodárenia na pôdnu štruktúru / Effect of soil management practices on soil structure (Šimanský et al., 2024)
Notes: IO / Intensive tillage, IO / Tillage with farmyard manure, T / Grass strips, T+NPK1 / Grass strips with NPK in 1st level, T+NPK2 / Grass strips with NPK in 2nd level

S intenzitou zásahov do pôdneho prostredia pri pestovaní monokultúr ako sú napr. aj vinohrady sa zhoršuje štruktúrny stav pôd (Šimanský et al., 2024). Dlhodobá intenzifikácia kultivácie pôdy má za následok drobenie pôdnych agregátov a znižovanie ich stability. Narastá predovšetkým zastúpenie vodoodolných mikro-agregátov, ktoré majú slabšiu schopnosť spájať sa do väčších makro-agregátov (Obrázok 1) a tak sa zhoršuje štruktúrny stav vinohradníckych pôd.

1.3 Obrábanie pôdy

Obrábanie pôdy zintenzívňuje mineralizáciu pôdnej organickej hmoty, poškodzuje pôdne agregáty, zhutňuje pôdu a narúša rastlinné a živočíšne spoločenstvá, ktoré prispievajú k agregácii (Plante a McGill, 2002). S narastajúcou intenzitou obrábania pôdy je spájaná aj nižšia stabilita pôdnych agregátov a celkovo zhoršená pôdna štruktúra ako to dokumentujú aj výsledky získané z dlhodobého experimentu s rozdielnymi spôsobmi obrábania pôdy. Eliminovaním intenzity obrábania pôdy počas obdobia 14-tych rokov sa priemerná veľkosť pôdnych agregátov zvýšila o 11%, o 9% sa zvýšil obsah vodoodolných makro-agregátov a celkovo stabilita pôdnych agregátov sa zvýšili až o 12% v porovnaní s konvenčným obrábaním pôdy (Šimanský et al., 2008).

1.4 Hnojenie organickými hnojivami

Z pedogénnych faktorov, ktoré majú zásadný vplyv na pôdnu štruktúru je pôdna organická hmota, pretože tá sa podieľa na vytváraní organo-minerálnych komplexov, znižuje ich zmáčanlivosť a takýmto spôsobom zvyšuje ich mechanickú pevnosť. Na ornej pôde sú jej primárnym zdrojom pozberové a koreňové zvyšky rastlín. Jej negatívnu bilanciu sa odporúča nahrádzať prostredníctvom sekundárnych zdrojov ako sú rôzne hospodárske, či organické hnojivá. Keďže situácia s produkciou maštaľného hnoja nie je najpriaznivejšia, tak sa hľadajú rôzne alternatívy na zabezpečenie organickej hmoty v pôde. Jedným z viacerých riešení môže byť i aplikácia biouhlia, ako to potvrdzujú viaceré štúdie, vrátane dát, ktoré boli publikované aj pracovníkmi SPU (Šimanský et al., 2018; Šimanský et al., 2022). Ak sa biouhlie zapracuje do pôdy samostatne, resp. v kombinácii s N hnojením, tak má pozitívny efekt na zlepšovanie chemických, fyzikálnych vlastností, vrátane pôdnej štruktúry (Tabuľka 2).

Tabuľka 2 Efekt rôznych dávok biouhlia na pôdnu štruktúru / Effect of different rates of biochar on soil structure (Šimanský et al., 2018)

	Makro-agregáty	Mikro-agregáty	Stabilita	Zraniteľnosť	Ø veľkosť
B0	73,4	26,6	0,85	4,28	0,73
B10	77,9	22,1	0,90	3,22	0,89
B20	75,2	24,8	0,87	4,10	0,80
B0N0	69,9	30,1	0,81	4,66	0,68
B10N1	75,0	25,0	0,87	3,60	0,93
B20N1	78,5	22,5	0,90	3,45	0,88

Treatments, Macro-aggregates, Micro-aggregates, Aggregate stability, Vulnerability, Size of aggregates
B0 / No biochar, B10 / Biochar in 10 t/ha, B20 / Biochar in 20 t/ha, N0 / No nitrogen, N1 / Added nitrogen

1.5 Identifikácia poškodeného štruktúrneho stavu pôd

Na pôdach s poškodenou pôdnou štruktúrou ako to sumarizuje obrázok 2 je možné identifikovať:

- plošné prejavy erózie pôdy,
- hrudovitosť pôdy,
- zvýšenú tvorbu pôdneho prísušku,
- tvorbu kaluží na povrchu pôdy v prípade zrážok s nižšou výdatnosťou a intenzitou,
- slabú infiltráciu vody do pôdy,
- znížený obsah pôdnej organickej hmoty,
- zvýšenú tvrdosť vrchnej vrstvy pôdy.

Obrázok 2 Identifikátory poškodenia pôdnej štruktúry / Indicators of soil structure decline

2 Záver

Pôdna štruktúra je najdôležitejšia fyzikálna vlastnosť pôd. Jej základnou jednotkou je pôdny agregát. Pôdna štruktúra je ovplyvnená celým komplexom pedogenných faktorov ako sú: zrnitostné zloženie, obsah jednotlivých katiónov, organická hmota pôdy, ale tak tiež je podmienená, aj charakterom klímy, a spôsobom hospodárenia na pôde, pričom práve človek významne svojím konaním môže regulovať jej stav. Udržiavanie a manažovanie optimálneho stavu pôdnej štruktúry je nevyhnutné pre zachovanie úrodnosti pôd, zníženie erózie pôdy a jej degradáciu. Zlepšiť štruktúrny stav orných pôd je možné predovšetkým prostredníctvom zavedenia technológií, ktoré majú za následok zvyšovanie organickej hmoty v pôde a úpravou dynamiky transformačných procesov organickej hmoty v pôde.

Použitá literatúra

MACÁK, M. - RATAJ, V. - BARÁT, M. - GALAMBOŠOVÁ, J. 2018. Comparison of two sowing systems for CTF using commercially available machinery. In *Agronomy Research*. Vol. 16, No 2, 523-533.

PLANTE, A.F. - MCGILL, W.B. 2002. Soil aggregate dynamics and the retention of organic matter in laboratory-incubated soil with differing simulated tillage frequencies. In *Soil & Tillage Research*. Vol. 66, 79-92.

POLLÁKOVÁ, N. - SOBOCKÁ, J. - ŠIMANSKÝ, V. - CHLPÍK, J. - KOLENČÍK, M. 2021. *Antropizácia pôdy.* Nitra : SPU. 399 s.

ŠIMANSKÝ, V. - HORÁK, J. - BORDOLOI, S. 2022. Improving the soil physical properties and relationships between soil properties in arable soils of contrasting texture enhancement using biochar substrates. In *Geoderma Regional*. Vol. 28, e443.

ŠIMANSKÝ, V. - IGAZ, D. - HORÁK, J. - ŠURDA, P. - KOLENČÍK, M. - BUCHKINA, N.P. - UZAROWICZ, L. - JURIGA, M. - ŠRANK, D. - PAUKOVÁ, Ž. 2018. Response of soil organic matter and water-stable aggregates to different biochar treatments including nitrogen fertilization. In *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. Vol. 66, No 4, 429-436.

ŠIMANSKÝ, V. - JONCZAK, J. - BORDOLOI, S- HORÁK, J. 2024. A field study on the management practices in a productive vineyard for efficient C sequestration and improved water resistance of soil structure. In *Biologia*. Dostupné na: https://doi.org/10.1007/s11756-024-01676-8

ŠIMANSKÝ, V. - JURIGA, M. - MENDYK, L. 2019. Slope gradient position and management practices as factors influencing the soil structure of surface soil horizons. In *Soil Science Annual.* Vol. 70, No 2, 137-146.

ŠIMANSKÝ, V. - POLLÁKOVÁ, N. - CHLPÍK, J. - KOLENČÍK, M. 2018. *Pôdoznalectvo.* Nitra : SPU. 399 s.

ŠIMANSKÝ, V. - TOBIAŠOVÁ, E. - CHLPÍK, J. 2008. Soil tillage and fertilization of Orthic Luvisol and their influence on chemical properties, soil structure stability and carbon distribution in water-stable macro-aggregates. In *Soil & Tillage Research.* Vol. 100, No 1-2, 125-132.

ŠIMANSKÝ, V. - WÓJCIK-GRONT, E. - RUSTOWSKA, B. - JURIGA, M. - CHLPÍK, J. - MACÁK, M. 2023. Reducing machine movement intensity in the field improves soil structure. In *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. Vol. 26, No 1, 93-101.

VÁCHALOVÁ, R. - KOLÁŘ, L. - MUCHOVÁ, Z. 2016. *Primární organická pudní hmota a humus, dvě složky pudní organické hmoty*. Nitra : SPU. 122 s.

Kontaktné údaje: Vladimír Šimanský, Ústav agrochémie a pôdoznalectva, FAPZ, SPU Nitra, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, vladimir.simansky@uniag.sk.

ZMENY OBSAHOV UHLÍKA V PÔDE PO KONVERZII JEJ VYUŽÍVANIA
Changes in soil carbon content after conversion of its use

Božena ŠOLTYSOVÁ, Martin DANILOVIČ, Igor DANIELOVIČ
Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav rastlinnej výroby, Ústav agroekológie Michalovce

Zmeny obsahov pôdneho organického uhlíka a emisií oxidu uhličitého z pôdy boli sledované na fluvizemi glejovej. Poľný pokus bol založený v roku 2013 s tromi energetickými plodinami (*Miscanthus x giganteus*, *Elymus elongatus*, *Sida hermafrodita*). Vzorky pôdy boli odobraté pred založením pokusu na jeseň 2012 a na jeseň 2018 z hĺbky 0 – 0,3 m. Premena obhospodarovania pôdy z klasických jednoročných plodín na pestovanie viacročných energetických plodín ovplyvnila zmeny pôdneho organického uhlíka a emisie oxidu uhličitého z pôdy. Od založenia experimentov bolo zistené zvýšenie pôdneho organického uhlíka v sledovaných energetických plodinách. Ročný prírastok uhlíka v pôde bol 0,26 $t.ha^{-1}.rok^{-1}$ pri pestovaní ozdobnice, 0,98 $t.ha^{-1}.rok^{-1}$ pri pýre a 0,74 $t.ha^{-1}.rok^{-1}$ pri side. Sekvestrácia uhlíka v pôde predstavuje potenciál na zníženie emisií CO_2, čo potvrdila aj veľká negatívna korelácia medzi obsahom organického uhlíka v a množstvom CO_2 emitovaného do ovzdušia ($r = -0,73$).

Kľúčové slová: fluvizem glejová, energetické plodiny, organický uhlík, emisie oxidu uhličitého

1 Úvod a prehľad literatúry

Pôdna organická hmota je považovaná za hlavný indikátor pri hodnotení kvality pôdy. Využívanie pôdy človekom viedlo a vedie k znižovaniu zásob uhlíka v pedosfére jeho presunom vo forme emisií oxidu CO_2 do ovzdušia, čo prispieva k celkovému nárastu CO_2 v ovzduší (Chesworth, 2008). Prognózy vyplývajúce z modelovania vývoja obsahu pôdnej organickej hmoty pri súčasných spôsoboch hospodárenia na území Slovenska sú naďalej pesimistické (Barančíková, Šoltysová a Koco, 2010). Straty organickej hmoty z pôdy nemusia byť trvalé. Existujú nápravné opatrenia, ktorými je možné udržať organický podiel v pôde, čo môže prispieť k pozastaveniu nadmerných presunov pôdneho uhlíka do ovzdušia. Tieto nápravné opatrenia môžu dokonca vyvolať pozitívne bilancie uhlíka v pôde, čo sa zjednodušene nazýva sekvestrácia (ukladanie) uhlíka z ovzdušia do pôdy (Bielek a Jurčová, 2010). Priemerné ročné prírastky pôdnej organickej hmoty opatreniami na sekvestráciu vzdušného oxidu uhličitého sa pohybujú od 1,38 $t.ha^{-1}$ do 17,0 $t.ha^{-1}$.
Výsadba trvalých kultúr vhodných z hľadiska pôdnych podmienok patrí medzi navrhované adaptačné opatrenia pre zachovanie a zvýšenie množstva organického uhlíka v pôde. Konverzia poľnohospodárskej pôdy na porasty energetických rastlín je pozitívna z hľadiska bilancie uhlíka, pretože predstavuje potenciál zníženia emisií CO_2 ukladaním uhlíka v pôde. Sekvestrácia uhlíka pod energetickými plodinami za rok má byť aspoň 0,25 $t.ha^{-1}$ C (Volk et al., 2004).

Cieľom príspevku bolo zhodnotenie vplyvu pestovania energetických plodín, ako sú *Arundo donax*, *Miscanthus x giganteus*, *Elymus elongatus a Sida hermafrodita*, na zmeny pôdneho organického uhlíka a uvoľňovanie CO_2 z pôdy.

2 Materiál a metódy

2.1 Pôdne a klimatické podmienky monitorovanej lokality

Poľný pokus s energetickými plodinami bol založený v roku 2012 na experimentálnom pracovisku NPPV – VÚRV – Ústavu agroekológie Michalovce, ktoré sa nachádza

v Milhostove (48°40′N, 21°43′E). Dlhodobý normál (1981 – 2010) pre ročnú teplotu vzduchu v Milhostove je 9,4 ºC (16,6 ºC počas vegetačného obdobia) a dlhodobý normál zrážok je 567 mm (374 mm počas vegetačného obdobia). Monitorovaná lokalita je zaradená do klimatického regiónu T 03, ktorý je charakterizovaný ako teplý, veľmi suchý, nížinný. Vlastnosti pôdy pred založením pokusov s energetickými plodinami sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Vlastnosti pôdy pred založením pokusov / Soil properties before the establishment of experiments

Parameter	Ozdobnica	Pýr	Sida	Priemer
Zrnitostné zloženie pôdy – obsah častíc I. kat. [%] – hodnotenie pôdy	40,3 hlinitá pôda	39,6 hlinitá pôda	41,6 hlinitá pôda	40,5 hlinitá pôda
T – celková sorpčná kapacita [mmol.kg^{-1}]	323	324	312	320
V – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu [%]	96,9	96,6	97,1	96,9
C_{HK} – uhlík humínových kyselín [g.kg^{-1}]	2,05	2,03	2,07	2,05
C_{FK} – uhlík fulvokyselín [g.kg^{-1}]	2,47	2,35	2,19	2,34
C_{HK}/C_{FK} – pomer C_{HK} k C_{FK}	0,83	0,86	1,00	0,90
P – prístupný fosfor [mg.kg^{-1}]	98,4	87,5	95,3	93,7
K – prístupný draslík [mg.kg^{-1}]	231,2	227,7	237,5	232,1
Mg – prístupný horčík [mg.kg^{-1}]	294,9	315,3	328,5	312,9
pH/KCl – výmenná pôdna reakcia	6,69	6,68	6,65	6,67

kde: obsah častíc I. kategórie – častice < ako 0,01 mm

Klasifikácia pôdneho druhu bola posúdená na základe obsahu častíc I. kategórie (<0,01 mm), teda obsahu ílovitých častíc podľa Novákovej klasifikačnej stupnice. Pred založením pokusov bol priemerný obsah ílovitých častíc 40,5 %, čo znamená, že pokus s energetickými plodinami bol založený na stredne ťažkej, hlinitej fluvizemi glejovej.

Pred založením pokusov bola priemerná hodnota celkovej sorpčnej kapacity vysoká, z hľadiska stupňa nasýtenosti sorpčného komplexu je pôda plne nasýtená. Podľa Hrašku a kol. (1962) vyšší stupeň nasýtenia sorpčného komplexu majú pôdy nachádzajúce sa v suchých oblastiach a preto aj zistené hodnoty pre hlinitú fluvizem glejovú nachádzajúcu sa v Milhostove boli vysoké. Dominujúcou zložkou v pôde boli fulvokyseliny a preto humus je nižšej kvality.

Z hľadiska kritérií pre hodnotenie výsledkov chemických rozborov orných pôd (Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z.) bol v pôde pred založením pokusov s energetickými plodinami dobrý obsah prístupného fosforu a prístupného draslíka, vysoký obsah prístupného horčíka a výmenná pôdna reakcia bola neutrálna (tabuľka 1).

Zmeny obsahov pôdneho organického uhlíka a uvoľňovanie CO_2 z pôdy boli sledované pri energetických plodinách ozdobnica obrovská (*Miscanthus x giganteus*), pýr predĺžený (*Elymus elongatus*) a sida obojpohlavná (*Sida hermafrodita*). Plodiny boli každoročne hnojené fosforom v dávke 40 kg.ha^{-1}, draslíkom v dávke 60 kg.ha^{-1} a hnojenie dusíkom nebolo realizované. Veľkosť variantu pri ozdobnici a side bola 12 m^2 a pri pýre 9 m^2, pričom pokusy boli uskutočnené v trojnásobnom opakovaní.

Pôdne vzorky boli odoberané pred založením pokusov v jeseni 2012 a po šiestich rokoch v jeseni 2018 z hĺbky 0 – 0,3 m. V spracovaných vzorkách pôdy bol stanovený pôdny organický uhlík podľa Ťurina (Hraško et al., 1962).

Meranie uvoľňovania CO_2 z pôdy bolo realizované v rokoch 2016 – 2018 v štvortýždňových intervaloch od mája do septembra. Na každom variante bolo uskutočnených 5 meraní v trojminútových intervaloch pomocou prístrojov COMT 500. Zistené množstvá uvoľneného oxidu uhličitého pri energetických plodinách boli prepočítané vzhľadom na množstvo emisií na začiatku a na konci merania, inkubačnú dobu, teplotu vzduchu na začiatku a na konci merania, objem inkubačnej nádoby a meranú plochu a boli uvedené v g.m^{-2}.h^{-1}. Pri každom meraní boli sledované faktory ovplyvňujúce množstvo

uvoľňujúceho CO_2, teda teplota a vlhkosť pôdy. Odbery vzoriek a merania boli uskutočnené v troch opakovaniach.

Viacnásobnou analýzou rozptylu (Multifactor ANOVA) sa štatisticky testovali stanovené hodnoty pôdneho organického uhlíka a namerané množstvá oxidu uhličitého. Vzájomné vzťahy medzi sledovanými parametrami boli vyhodnotené pomocou regresnej analýzy.

3 Výsledky a diskusia

3.1 Pôdny organický uhlík

Medzi navrhované adaptačné opatrenia pre zachovanie a zvýšenie množstva organického uhlíka v pôde patrí výsadba trvalých kultúr, medzi ktoré patria trvalé energetické plodiny. Obsah organického uhlíka v pôde pod energetickými plodinami bol štatisticky preukazne závislý od plodiny a vysoko preukazne od ročníka (tabuľka 2).

Tabuľka 2 Zmeny obsahov a štatistické vyhodnotenie pôdneho organického uhlíka / Changes in contents and statistical evaluation of soil organic carbon

Zmeny obsahov pôdneho organického uhlíka				Štatistické vyhodnotenie		
Parameter	Energetická plodina			Zdroj variability	Faktor	$C_{ox.}$ [g.kg^{-1}]
	ozdobnica	pýr	sida			
2012 [g.kg^{-1}]	14,67	14,64	14,86	Plodina	ozdobnica	14,84 a
2018 [g.kg^{-1}]	15,01	15,95	15,84		pýr	15,30 b
Δ C (2018–2012) [g.kg^{-1}]	0,34	1,31	0,98		sida	15,35 b
Δ C (2018–2012) [t.ha^{-1}]	1,53	5,90	4,41	Rok	2012	14,72 a
ročný Δ C [t.ha^{-1}]	0,26	0,98	0,74		2018	15,60 b

kde: Δ C (2018–2012) – rozdiel hodnôt pôdneho organického uhlíka medzi rokom 2018 a 2012, Δ C (2018–2012) – rozdiel obsahu uhlíka v hĺbke do 0,3 m medzi rokmi 2018 a 2012, ročný Δ C – ročný rozdiel obsahu uhlíka v hĺbke do 0,3 m medzi rokmi 2018 a 2012, $C_{ox.}$ – pôdny organický uhlík, písmená (a, b) medzi faktormi poukazujú na štatisticky preukazné rozdiely (α = 0,05) – LSD test

Pri ozdobnici bol od založenia pokusov zistený vysoko preukazný nárast pôdneho organického uhlíka priemerne o 0,34 g.kg^{-1} (tabuľka 2), čo v prepočte na obsah v ornici do 0,3 m predstavuje za šesť rokov nárast o 1,53 t.ha^{-1} uhlíka. Vyšší nárast pôdneho organického uhlíka bol pri pýre (1,31 g.kg^{-1}) a side (0,98 g.kg^{-1}), čo v prepočte na obsah uhlíka v hĺbke do 0,3 m predstavuje priemerný nárast uhlíka na úrovni 5,90 t.ha^{-1} pri pýre a 4,41 t.ha^{-1} pri side.

Ročný nárast uhlíka v pôde, pri ozdobnici bol 0,26 t.ha^{-1}.rok^{-1}, pri pýre 0,98 t.ha^{-1}.rok^{-1} a pri side 0,74 t.ha^{-1}.rok^{-1}, prevyšuje minimálne hodnoty 0,25 t.ha^{-1}.rok^{-1} C odporúčané Volkom et al. (2004) pre sekvestráciu uhlíka.

3.2 Emisie oxidu uhličitého

Jedným z najdôležitejších plynov v pôde je oxid uhličitý. Emisie CO_2 z pôdy boli štatisticky vysoko preukazne závislé od termínu merania a ročníka a neboli štatisticky preukazne závislé od plodiny (tabuľka 3). Emisie CO_2 z energetických plodín sú porovnateľné a pohybujú sa od 0,163 g.m^{-2}.h^{-1} pri pýre, 0,170 g.m^{-2}.h^{-1} pri ozdobnici až po 0,172 g.m^{-2}.h^{-1} pri side.

Z hľadiska termínov meraní bolo najviac CO_2 uvoľneného z pôdy pri treťom meraní, ktoré bolo realizované v mesiaci júl. Sucho a vyššie teploty v uvedenom termíne boli príčinou vyššieho uvoľňovania oxidu uhličitého z pôdy. V rámci rokov sa preukazne najviac oxidu uhličitého uvoľnilo z pôdy v roku 2016 (0,196 g.m^{-2}.h^{-1}), menej v roku 2017 (0,168 g.m^{-2}.h^{-1}) a najmenej v roku 2018 (0,140 g.m^{-2}.h^{-1}), čo súvisí s prevládajúcimi redukčnými procesmi v pôde pri dlhodobom pestovaní trvalých kultúr v porovnaní s oxidačnými procesmi prebiehajúcimi pri pravidelnom spracovaní pôdy.

Prechodom z pestovania klasických jednoročných plodín na pestovanie viacročných energetických plodín bolo zistené ukladanie uhlíka v pôde. Pri ukladaní uhlíka do pôdy dochádza k zníženiu emisií CO_2, čo bolo potvrdené veľkou zápornou korelačnou závislosťou medzi obsahom organického uhlíka a množstvom emitovaného CO_2 do ovzdušia (r = -0,73).

Tabuľka 3 Obsah a štatistické vyhodnotenie uvoľneného CO_2 [$g.m^{-2}.h^{-1}$] z pôdy / Content and statistical evaluation of released CO_2 [$g\ m^{-2}\ h^{-1}$] from the soil

Obsah uvoľneného CO_2							Štatistické vyhodnotenie		
Plodina	Rok	Termín merania					Zdroj variability	Faktor	CO_2 [$g.m^{-2}.h^{-1}$]
		1.	2.	3.	4.	5.			
Ozdobnica	2016	0,279	0,132	0,228	0,200	0,204	Plodina	ozdob.	0,170 a
	2017	0,076	0,283	0,323	0,114	0,076		pýr	0,163 a
	2018	0,153	0,084	0,138	0,044	0,221		sida	0,172 a
	priemer	0,169	0,166	0,230	0,119	0,167	Rok	2016	0,196 b
Pýr	2016	0,192	0,111	0,299	0,127	0,168		2017	0,168 ab
	2017	0,075	0,282	0,318	0,113	0,076		2018	0,140 a
	2018	0,114	0,180	0,164	0,057	0,163	Meranie	1.	0,154 ab
	priemer	0,127	0,191	0,260	0,099	0,136		2.	0,180 b
Sida	2016	0,133	0,092	0,230	0,356	0,192		3.	0,229 c
	2017	0,120	0,328	0,153	0,115	0,070		4.	0,133 a
	2018	0,240	0,130	0,206	0,072	0,137		5.	0,145 ab
	priemer	0,164	0,183	0,196	0,181	0,133			

kde: CO_2 – oxid uhličitý, písmená (a, b, c) medzi faktormi poukazujú na štatisticky preukazné rozdiely (α = 0,05) – LSD test

4 Záver

Zmena vo využívaní pôdy, teda prechod z pestovania klasických jednoročných plodín na pestovanie viacročných energetických plodín ovplyvnilo obsah pôdneho organického uhlíka a emisie oxidu uhličitého z pôdy. Pri monitorovaných energetických plodinách bol od založenia pokusov zistený nárast pôdneho organického uhlíka, pričom ročný nárast uhlíka v pôde bol pri ozdobnici 0,26 $t.ha^{-1}.rok^{-1}$ C, pri pýre 0,98 $t.ha^{-1}.rok^{-1}$ C a pri side 0,74 $t.ha^{-1}.rok^{-1}$ C.

Sekvestrácia uhlíka do pôdy predstavuje potenciál zníženia emisií CO_2, čo bolo potvrdené aj veľkou zápornou korelačnou závislosťou medzi obsahom pôdneho organického uhlíka a množstvom emitovaného CO_2 do ovzdušia (r = -0,73).

Poďakovanie

Táto práca bola financovaná Ministerstvom pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR v rámci riešenia projektov výskumu a vývoja v rokoch 2013 – 2015 a 2016 – 2018.

Použitá literatúra

BARANČÍKOVÁ, G. – ŠOLTYSOVÁ, B. – KOCO, Š. 2010. Prediction of soil organic carbon stock in conditions of Eastern Slovak Lowland. In: *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, Vol. 56, No. 2, s. 35-43.

BIELEK, P. – JURČOVÁ, O. 2010. *Metodika bilancie pôdnej organickej hmoty a stanovenia potreby organického hnojenia poľnohospodárskych pôd.* 2. doplnené vyd. Bratislava : VÚPOP, 145 s. ISBN 978-80-89128-80-8

HRAŠKO, J. et al. 1962. *Rozbory pôd.* 1. vyd. Bratislava : SVPL, 342 s.

CHESWORTH, W. 2008. *The Encyclopedia of Soil Science.* Dordrecht : Springer, s. 91-97.

VOLK, T. A. et al. 2004. Growing fuel a sustainability assessment of willow biomass crops. In *Front Ecol Environ*, Vol. 2, No. 8, pp. 411-418.

Vyhláška MPRV SR č. 151/2016 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o agrochemickom skúšaní pôd a o skladovaní a používaní hnojív. 20 s.

Kontaktné údaje: Božena Šoltysová, Ing., PhD., Martin Danilovič, Ing., PhD., Igor Danielovič, Ing., PhD., Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav rastlinnej výroby, Ústav agroekológie Michalovce, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, e-mail: bozena.soltysova@nppc.sk, martin.danilovic@nppc.sk, igor.danielovic@nppc.sk

HODNOTENIE ŽIVOTASCHOPNOSTI PEĽU POĽNOHOSPODÁRSKY VÝZNAMNÝCH PLODÍN PO APLIKÁCII NANOČASTÍC ZINKU

Assessment of pollen viability of agriculturally important crops after the application of zinc nanoparticles

Lenka TOMOVIČOVÁ[1], Ľuba ĎURIŠOVÁ[1], Samuel KŠIŇAN[1], Nikola KOTLÁROVÁ[1], Marek KOLENČÍK[2], Dávid ERNST[2]

[1]Ústav rastlinných a environmentálnych vied, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra

[2]Ústav agronomických vied, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra

Hodnotená bola životaschopnosť peľu troch poľnohospodársky významných plodín slnečnica ročná ´Neostar´, sója fazuľová ´Bettina´ a proso siate ´Unikum´ po foliárnej aplikácii nanočastíc zinku v koncentráciách 1,4; 14 a 140 mg.L-1. Zistili sme, že najvhodnejším testom na zistenie vitality peľu sa ukázal TTC test, ktorý detekoval rozdiely v aktivite dehydrogenáz peľových zŕn neošetrených a ošetrených variantov nanočasticami zinku.

Kľúčové slová: peľ, sója, slnečnica, proso, nanočastice zinku

1 Úvod a prehľad literatúry

Klíčenie peľu a energia rastu peľového vrecúška je základnou podmienkou pre úspešné oplodnenie a tvorbu semien nielen poľnohospodárskych plodín (Adhikari et al., 2020). Predpokladom pre fyziologickú funkčnosť peľu je morfologická vyvinutosť a vyrovnanosť peľových zŕn (Gwata et al., 2003). Hodnotenie vitality peľu preto zahŕňa posúdenie vyvinutosti peľových zŕn a potenciálnu schopnosť peľu vyklíčiť a dorásť k vajíčkam v semeníku (Dafni, Firmage 2000). Medzi štandardné testy hodnotiace tieto parametre patria rôzne techniky farbenia peľu činidlami, ktoré detekujú v peľových zrnách množstvo zásobných komponentov potrebných pre klíčenie alebo aktivitu enzýmov potrebných k rastu peľových vrecúšok (Peterson et al., 2010).

Kvalitu peľu poľnohospodárskych plodín okrem vnútorných činiteľov (odroda) ovplyvňujú aj vstupy počas pestovania plodín, ktorými sa do rastliny dostávajú rôzne prvky. Je dokázané, že popri príjme základných živín (N, P, K), má na kvalitu peľu významný vplyv príjem niektorých mikroprvkov (B, Zn, Ca). Z mikroprvkov práve zinok dokázateľne patrí k prvkom pozitívne vplývajúcim na tvorbu kvetov a kvalitu peľu (Pandey et al., 2006). Dodávanie zinku rastlinám sa môže uskutočňovať konvenčným spôsobom ako je napr. iónová forma Zn ($ZnSO_4$) (Kolenčík et al., 2019), alebo v súčasnosti s rozvojom precízneho poľnohospodárstva a v spojení s nanotechnológiami, kde sa začína uplatňovať aplikácia zinku vo forme nanočatíc ZnO, najčastejšie formou foliárnej aplikácie na list (Ernst et al., 2023). Účinnosť použitia tejto formy výživy závisí od koncentrácie prvku v roztoku, vlastností nanočastíc a formy aplikácie. Pri zavádzaní nových technológii je však okrem efektívnosti potrebné tiež zhodnotiť environmentálnu bezpečnosť, na čo môže poslúžiť peľ ako citlivý markér rôznych zmien (Razzaq et al., 2019; Salehi et al., 2021).

2 Materiál a metódy

Na analýzu peľu boli vybrané nasledovné plodiny: slnečnica ročná ´Neostar´, sója fazuľová ´Bettina´ a proso siate ´Unikum´. Testované druhy plodín boli pestované formou maloparcelových pokusov na Experimentálnej báze Ústavu agronomických vied FAPZ SPU Nitra počas vegetačnej sezóny 2023 a 2024. Foliárna aplikácia nanočastíc zinku bola vykonaná jednorazovo pred začiatkom kvitnutia podľa aplikačných schém uvedených

v publikáciách Kolenčík et al. (2019) a Ernst et al. (2023). Použité boli tri koncentrácie nanočastíc zinku 1,4; 14 a 140 mg.L-1.
Z kvetov počas fenofázy plného kvitnutia bol odobratý peľ, ktorý bol spracovaný podľa metodiky Ďurišová (2018). Vybrané boli tri testy životaschopnosti peľu: TTC test, farbenie acetoorceínom a farbenie safranínom. Hodnotený bol podiel životaschopných peľových zŕn z minimálnej vzorky 500 peľových zŕn.

3 Výsledky a diskusia

Techniky farbenia peľu patria k nepriamym metódam stanovenia životaschopnosti peľu (Kearns, Inouye 1993). Výsledky testov farbiteľnosti nemusia byť vždy v priamej korelácii so skutočnou klíčivosťou peľu. Často sú dosiahnuté hodnoty životaschopnosti peľu získané nepriamymi metódami vyššie v porovnaní s priamymi metódami testovania životaschopnosti peľu na živných médiách (Ďurišová, 2018). Aj napriek tejto skutočnosti, slúžia techniky farbenia peľu k získaniu informácii o vyvinutosti alebo abortivite peľu, ako aj potenciálnej vitalite peľu.

Tabuľka 1 Životaschopnosť peľu slnečnice ročnej.
Table 1 Pollen viability of sunflower.

	Koncentrácia ZnO mg.L-1			
	Kontrola	1,4	14	140
Test TTC	98,26	98,32	98,51	98,31
Test Acetoorceín	98,16	98,34	97,46	99,19
Test Safranín	99,88	99,79	99,12	99,89

Tabuľka 2 Životaschopnosť peľu sóje fazuľovej.
Table 2 Pollen viability of soyebean.

	Koncentrácia ZnO mg.L-1			
	Kontrola	1,4	14	140
Test TTC	98,83	97,78	97,60	97,62
Test Acetoorceín	98,44	98,57	98,26	98,46
Test Safranín	97,60	97,94	96,18	98,00

Tabuľka 3 Životaschopnosť peľu prosa siateho.
Table 3 Pollen viability of millet.

	Koncentrácia ZnO mg.L-1			
	Kontrola	1,4	14	140
Test TTC	97,65	97,90	98,63	99,78
Test Acetoorceín	97,58	99,04	99,07	97,97
Test Safranín	98,86	99,16	99,60	98,88

Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že pri všetkých vybraných testoch boli získané vysoké hodnoty životaschopnosti peľu. Pozorovali sme však rozdiely v afinite farbenia pri jednotlivých druhoch a použitých farbivách. Najvyššiu životaschopnosť vykazol peľ slnečnice a prosa pri farbení safranínom. Safranín je však menej využívaným farbivom a nie pri všetkých druhoch môže poskytovať preukazné výsledky pre dôkaz vitality peľu (Günver-Dalkiliç, Dayi-Doğru 2011). Citlivejšie reakcie boli dosiahnuté použitím TTC testu, ktorý sa využíva častejšie pri testovaní vitality peľu širokého spektra rôznych druhov, vrátane slnečnice (Razzaq et al., 2019). Pri tomto spôsobe varianty ošetrené nanočasticami zinku vykazovali takmer vo všetkých koncentráciách vyššie hodnoty životaschopnosti peľu pri slnečnici a prose (tab. 1 a 3), avšak tento pozitívny vplyv zinku sa nepotvrdil pri sóji (tab. 2).

Obdobné výsledky s pozitívnym efektom zinkovej suplementácie pomocou nanočastíc boli dosiahnuté aj pri teste vitality peľu acetoorceínom pri všetkých plodinách,vrátane sóje. Tento výsledok potvrdzuje vhodnosť vybraného testu pre skúmanie životaschopnosti peľu bôbovitých (Coelho et al., 2012).

Ako ukázali dosiahnuté výsledky, pre každú plodinu je potrebné otestovať niekoľko rôznych techník na zistenie životaschopnosti peľu a vybrať tú, pri ktorej peľ danej plodiny najcitivejšie reaguje. Pre optimalizáciu postupov a posúdenie vhodnoti zvolenej metódy je tiež potrebné zistiť koreláciu medzi nepriamymi metódami testovania vitality peľu a skutočnou fyziologickou funkčnosťou peľu na živných médiách.

4 Záver

Zistili sme, že použité techniky farbenia rôznou mierou detekovali životaschopnosť peľu vybraných poľnohospodárskych plodín slnečnice, sóje a prosa. Najvhodnejším testom na zisťovanie vitality peľu sa javí TTC test, prípadne test farbenia peľu acetoorceínom, ktoré citlivejšie detekejú rozdiely vo vitalite peľu vybraných plodín.

Poďakovanie

Príspevok bol finančne podporený za pomoci grantovej agentúry Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre s číslom GAFAPZ 3/2023, GAFAPZ 8/2023, GAFAPZ 9/2023.

Použitá literatúra

COELHO, P. D. – MORAIS, K. P. – DAIL LAUGHINGHOUSE, H. – GIACOMINI, S. J. – TEDESCO, S. B. 2012. Pollen grain viability accessions of *Crotalaria juncea* L. (*Fabaceae*). In *Agrociencia*. Online. Vol. 46, s. 481-487. Dostupné na: https://link.springer.com/article/10.1007/s00606-011-0454-y [dátum citovania 2024-08-12].

ĎURIŠOVÁ, Ľ. *Vývin, vitalita a morfológia peľu zástupcov rodu Prunus L.* 1. vyd. Nitra : SPU v Nitre. 116 s.

ADHIKARI, P. B. – LIU, X. – KASAHARA, R. D. 2020. Mechanics of Pollen Tube elongation: A Perspective. In *Front. Plant Sci*. Online. Vol. 11, s. 589712. . Dostupné na: https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2020.589712/full [dátum citovania 2024-08-08].

DAFNI, A. – FIRMAGE, D. 2000. Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. In *Plant Syst. Evol.* Online. Vol. 222, s. 113-132. . Dostupné na: https://link.springer.com/article/10.1007/BF00984098#preview [dátum citovania 2024-08-06].

ERNST, D. - KOLENČÍK, M. - ŠEBESTA, M. – ĎURIŠOVÁ, Ľ. – ĎÚRANOVÁ, H. – KŠIŇAN, S. - RAMAKANTH, I. – SAFARIK, I. - ČERNÝ, I. - KRATOŠOVÁ, G. – ŽITNIAK ČURNÁ, V. – IVANIČ PORHAJAŠVÁ, J. – BABOŠOVÁ, M. - FENG, H. - DOBROČKA, E., BUJDOŚ, M. – POSPÍŠILOVÁ ZELENÁ, K. – AFZAL, S. – SINGH, N. K. – SWAMIAPPAN, S. – AYDIN, E. 2023. Agronomic investigation of spray dispersion of metal-based nanoparticles on sunflower in real-word environment. In *Plant-Basel*. Online. Vol. 12, No. 1789, s. 2223-7747. . Dostupné na: https://www.mdpi.com/2223-7747/12/9/1789 [dátum citovania 2024-08-06].

GÜNVER-DALKILIÇ, G. – DAYI-DOĞRU, Ö. 2011. Determination of pollen grain viability and germination level for pistachio and terebinth in Aydin/Turkey ecology. In *Pak. J. Bot.* Online. Vol. 43, No. 2, s. 841-848. . Dostupné na: https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/43(2)/PJB43(2)0841.pdf [dátum citovania 2024-08-12].

GWATA. E. T. – WOFFORD, P. L. – PHAHLER, P. L. 2003. Pollen morphology and in vitro germination characteristic of nodulating and nonnodulating soyebean (Glycine max L.) genotypes. In *Theor Appl Genet.* Online. Vol. 106, s. 837-839. . Dostupné na: https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-002-1097-8 [dátum citovania 2024-08-08].

KEARNS, C. A. – INOUYE, D. W. 1993. Techniques for pollination biologist. University

Press of Colorado, Niwot, USA, 583 s.

KOLENČÍK, M. – ERNST, D. – KOMÁR, M. – URÍK, M. – ŠEBESTA, M. – DOBROČKA, E. – ČERNÝ, I. – RAMAKANTH, I. – KANIKE, R. – QIAN, Y. – FENG, H. – KRATOŠOVÁ, G. 2019. Effect of foliar spray application of zinc nanoparticles on quantitative, nutritional, and physiological parameters of Foxtail millet (*Setaria italica* L.) under field conditions. In *Nanomaterials*. Online. Vol. 9, No. 11, s. 2019 . Dostupné na: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6915511/pdf/nanomaterials-09-01559.pdf [dátum citovania 2024-08-06].

PANDEY, N. – PATHAK, G. C. – SHARMA, C. P. 2006. Zinc criticaly required for pollen function and fertilization in lentil. In *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. Online. Vol. 20, s. 89-96. . Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0946672X06000381?via%3Dihub [dátum citovania 2024-08-06].

PETERSON, R. – SLOVIN, J. P. – CHEN, CH. 2010. A simplified method for differential staining of aborted and non-aborted pollen grains. In *International Journal of Plant Biology*. Online. Vol. 1, No. 2, s. 66-69. Dostupné na: https://www.mdpi.com/2037-0164/1/2/e13 [dátum citovania 2024-08-08].

RAZZAQ, M. K. – RAUF, S. – KHURSHID, M. – IQBAL, S. – BHAT, J. A. – FARZAND, A. – RIAZ, A. – XING, G. – GAI, J. 2019. Pollen Viability an Index Abiotic Stesses Tolerance and Methods for the Improved Pollen Viability. In *Pakistan Journal of Agricultural Research*. Online. Vol. 32, No. 4, s. 609-624. Dostupné na: http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjar/2019/32.4.609.624 [dátum citovania 2024-08-08].

SALEHI, H. – CHEHREGANI RAD, A. – RAZA, A. – CHEN, J. T. 2021. Foliar application of CeO_2 nanoparticles alters generative components fitness and seed productivity in bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.). In *Nanomaterials*. Online Vol. 11, No. 4, s. 862. Dostupné na: https://www.mdpi.com/2079-4991/11/4/862 [dátum citovania 2024-08-08].

Kontaktné údaje: Lenka Tomovičová, Ústav rastlinných a envirnmentálnych vied, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, SPU Nitra Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra – Chrenová, xtomovicova@uniag.sk

BURINY V UDRŽATEĽNÝCH SYSTÉMOCH HOSPODÁRENIA NA PÔDE
Weed in sustainable land management system

Štefan TÝR, Katarína OLŠOVSKÁ, Denis ONUFER
Ústav agronomických vied, FAPZ SPU v Nitre

Problematika zaburinenosti porastov v udržateľných systémoch na pôde má pretrvávajúcu tendenciu aj v súčasnosti. Predstavujú výrazné nebezpečenstvo pre získavanie stabilných a kvalitných úrod poľných plodín dopestovaných na pôde udržateľným spôsobom. Pri trendoch Národného akčného plánu na znižovanie pesticídov a herbicídov pri pestovaní poľných plodín je významné poznať zaburinenosť konkrétnych pozemkov, kde sa realizuje pestovanie plodín a vedieť vybrať najvhodnejší herbicíd ku konkrétnemu vyskytujúcemu sa spektru druhov burín. Najväčšou výzvou súčasnosti je vyhnúť sa vzniku a odstráneniu rezistencie burín na niektoré druhy účinných látok a ich skupiny pri súčasných trendoch realizácie regulácie zaburinenosti chemickým a nechemickým spôsobom. Významné druhy burín nezávisle od systému hospodárenia sú v súčasnosti: *Ambrosia artemisifilia* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Chenopodium* spp., *Amaranthus* spp., *Panicum mileaceum* L. a *Panicum capilare* L., *Abutilon Theophrasti* Mill., Xanthium spp., *Datura stramonium* L., *Apera spica venti* (L.) Beauv., *Avena fatua* L., *Bromus* spp., *Vulpia* spp., etc. Technológie obrábania pôdy a zakladania porastov poľných plodín, ktoré sa v praxi uplatňujú sa realizujú cielene a účelovo na zachovanie úrodnosti, stabilizácie úrod a nepriamo na sekvestráciu uhlíka. Pestovanie krycích plodín a medziplodín naberá na trende. Tieto znižujú potenciálnu a aktuálnu zaburinenosť a navyšujú biologickú aktivitu pôdy. Spotreba herbicídov sa prejavuje na kvalite úrody rôznych ukazovateľov.

Kľúčové slová: buriny, udržateľný systém hospodárenia

1 Úvod a prehľad literatúry

Udržateľná produkcia plodín je nevyhnutná na zabezpečenie globálnej potravinovej bezpečnosti a ochrany životného prostredia. Pôdoochranné poľnohospodárstvo (PP) si získava na celosvetovej obľube vďaka svojim trvalo udržateľným prístupom, ako je trvalá pokrývka pôdy, minimálne narušenie pôdy, plánované striedanie plodín a integrované regulovanie burín. Regulácia burín je najväčšou výzvou pre jeho prijatie a praktickú realizáciu. Ekológia a manažment burín je v PP iná ako v konvenčnom poľnohospodárstve. V PP sú tlak burín, stav zásoby semien, ich distribúcia, mechanizmy rozptylu, diverzifikácia, rastové vzorce a trendy konkurencie zložité a odlišujú sa od konvenčných systémov hospodárenia na pôde. Spôsobené to je zníženým obrábaním pôdy a flórou ktorá je na nej, ktorej sa v PP darí. Redukované systémy obrábania pôdy ovplyvňujú účinnosť herbicídov a mechanických opatrení na ničenie burín. Preto je dôležitou úlohou zistiť rozdiely a vytvoriť nové možnosti ich regulácie. V tomto prehľade je zarámcovaná meniaca sa dynamika burín v udržateľných systémoch hospodárenia. Novým aspektom tohto prehľadu je komplexný prehľad stratégií udržateľného manažmentu buriny vo vzťahu k PP. Ako vhodné nástroje manažmentu buriny boli identifikované modifikované operácie obrábania pôdy, zlepšené kultivačné postupy, bioherbicídy, klasické herbicídy, alelopatia medzi druhmi a výživa plodín. Žiadny z nich neponúka úplné ničenie burín, ale integrácia týchto nástrojov vo vhodných kombináciách funguje efektívne. Zvýraznené sú buriny dominujúce v PP a ich reakcie na zložky PP. Napríklad drobné semenné a trváce buriny sú v PP hojnejšieho výskytu. Zdôrazňuje sa aj úloha odolnosti voči herbicídom v burinách a plodinách tolerantných voči herbicídom v PP. Alelopatia a výživa plodín sú diskutované ako moderné nástroje manažmentu buriny pre PP. Uvádza sa aj podrobný prehľad reakcií buriny na možnosti hospodárenia s hnojivami. Integrovaný manažment burín kompatibilný s osevnými modelmi a

klimatickými podmienkami ponúka najlepšie výsledky v PP. Budúce úsilie musí smerovať k optimalizácii a integrácii týchto praktík manažmentu burín, Bajwa (2014), ako aj výživy rastlín (Olšovská, Sytar, Kováčik, 2024).

Na základe preštudovaných literárnych prameňov a dostupných informáciu vlastného výskumu a relevantných informácií z poľnohospodárskej prvovýrobe je potrebné uviesť stanoviská k týmto možnostiam regulácie zaburinenosti na Slovensku. Podľa autorov Monteiro a Santos (2022) v posledných desaťročiach vyvolal nárast svetovej populácie potrebu produkovať viac potravín, čo následne generuje väčší tlak na poľnohospodársku produkciu. Okrem toho problémy súvisiace so zmenou klímy, nedostatkom vody alebo zmenšujúcou sa plochou ornej pôdy majú vážne dôsledky na udržateľnosť poľnohospodárstva. Buriny môžu ovplyvňovať produkciu potravín v poľnohospodárskych systémoch, znižovať kvalitu produktov a produktivitu v dôsledku konkurencie o prírodné zdroje, ako to poznáme už dlhé desaťročia. Na druhej strane burinu možno tiež považovať za cenné ukazovatele biodiverzity, pretože zohrávajú úlohu pri poskytovaní ekosystémových služieb. V tomto zmysle je potrebné vykonávať efektívny a udržateľný proces ich regulácie, ktorý harmonicky integruje rôzne metódy kontroly (t.j. kultúrne, mechanické a chemické) bez poškodenia celého agroekosystému. Preto je potrebné vyhnúť sa intenzívnemu mechanickému kypreniu pôdy a nadmernému používaniu herbicídov. Odolnosť voči herbicídom v niektorých biotypoch burín (jednoklíčnolistových: *Apera* spp., *Bromus* spp., a z dvojklíčnolistových: *Abutilon*, *Ambrosia*, *Chenopodium*, *Datura*, *Fallopia*, a i.) je dnes hlavným problémom a treba ho riešiť. Na druhej strane, nedávny vývoj technológií na kontrolu burín môže podporiť vyššiu úroveň produkcie potravín, znížiť množstvo potrebných vstupov a znížiť škody na životnom prostredí, čím sa vždy priblížime k udržateľnejším poľnohospodárskym systémom. V článku je prehľad najbežnejších konvenčných a nekonvenčných stratégií regulácie zaburinenosti z hľadiska udržateľnosti pričom zdôrazňujeme aplikáciu presných a automatizovaných technológií kontroly burín spojených s presným riadením ich výskytu. Prijatie princípov neinverzného obrábania pôdy bolo široko propagované kvôli ich potenciálnym výhodám pri znižovaní spotreby energie a emisií skleníkových plynov, ako aj pri zlepšovaní úrodnosti pôdy. Chýbajúce obrábanie pôdy pluhom však zvyčajne zvyšuje zaburinenie a mení zloženie burinového spoločenstva rastlín. Regulácia buriny je stále hlavnou nevýhodou širšieho prijatia redukovaných postupov obrábania pôdy, resp. neinverzného obrábania pôdy. Nie je však celkom jasné, či tieto zmeny v spoločenstvách burín sú dôsledkom riadených opatrení regulácie zaburinenosti na funkcie jednotlivých burinových druhov a či môžu tak ovplyvniť potenciálny konkurenčný vzťah burín a pestovanej plodiny. V ich práci boli analyzované zmeny v diverzite burín, zložení spoločenstiev a funkčných atribútoch spoločenstiev burín pri redukovanom a konvenčnom obrábaní pôdy. Diskutuje sa často aj o ich potenciálnych účinkoch na konkurencieschopnosť v porovnaní s produkciou plodín pomocou údajov z dvoch plodín zo siedmich prebiehajúcich ekologických a nízko vstupných poľných pokusov (low input) v rôznych klimatických regiónoch v celej Európe. Buriny boli hodnotené po postemergentných aplikáciách ako najúspešnejšie riešenie ich výskytu, Armengot et al., (2016). Celkovo systém obrábania pôdy ovplyvnil zloženie a funkčné vlastnosti spoločenstiev burín. Zmeny v spoločenstve buriny môžu znamenať zníženie konkurencie burín a plodín v oboch systémoch obrábania pôdy. Napríklad spoločenstvá burín pri zníženom obrábaní pôdy boli potenciálne menej konkurencieschopné, pretože boli kratšie a mali menšiu afinitu k živinám. Na druhej strane burinové spoločenstvá pri konvenčnom obrábaní pôdy mali potenciálne menšiu produkciu semien a nižšiu abundanciu viacročných druhov. Výskum tak podporuje obrábanie pôdy, ako dôležitého ťahúňa funkčných atribútov burinových spoločenstiev, no oba systémy obrábania pôdy môžu mať aj svoju odvrátenú stránku. Typ plodiny bol však celkovo dôležitejší ako obrábanie pôdy pri určovaní väčšiny hodnôt vlastností burinových spoločenstiev Armengot et al., (2016); Olšovská, Sytar, Kováčik (2024). Agronomické postupy používané na obhospodarovanie pôdy zohrávajú dôležitú úlohu pri udržiavaní biologickej diverzity na poliach s poľnými plodinami. Technológia konzervačného poľnohospodárstva bola široko používaná v podmienkach suchej pôdy a suchých oblastí čo je asi aj budúcnosť našej krajiny. V týchto systémoch nebol vzťah medzi pôdnymi

vlastnosťami a hustotou burín a pôdnou zásobou semien buriny hlboko preskúmaný. Tento výskumu uskutočnili s cieľom: - preskúmať kumulatívny vplyv systémov obrábania pôdy na vzchádzanie buriny na poli; - testovať účinky rôznych systémov obrábania pôdy a plodín na hustotu a diverzitu druhov buriny Shannonov index a druhovú bohatosť v rámci prechodnej a pretrvávajúcej zásoby semien v pôde; - analyzovať vplyv dvoch pôdnych parametrov na burinách: vodostabilné agregáty a obsah organických častíc. Najvyššia hustota burín bola zaznamenaná v systémoch konzervačného obrábania pôdy niekoľko rokov po implementácii týchto systémov. Okrem toho sa zistilo, že kumulatívne účinky techník konzervačného obrábania zvýšili hustotu semien a druhovú diverzitu v pôdnej banke semien, čo bolo pravdepodobne spôsobené konkrétnymi podmienkami vytvorenými v pôde; nízka alebo zanedbateľná úroveň narušenia pôdy, ako sa očakáva pri redukovanom a bezorbovom hospodárení pravdepodobne umožnila semenám udržať sa v pôdnej banke semien a zostať nečinné, okrem iného z dôvodu zlepšených agregátov stabilných vo vode a obsahu organickej hmoty. Výsledky výskumu potvrdzujú zložitosť matrice tvorenej pôdou zo semien buriny Armengot et al., (2016); Santín-Montanyá et al., (2016); Monteiro – Santos, (2022).

Použitie herbicídov je na vrchole metód kontroly burín. Herbicídy môžu zlepšiť efektivitu výroby, uľahčiť systémy produkcie zníženej obrábania pôdy a vyžadujú menej nákladov a ľudského úsilia. Herbicídy boli zavedené v poľnohospodárstve hlavne na boj proti burine, ktorá súťaží s plodinami o živiny a slnečné svetlo. Ďalšími bežnými spôsobmi použitia na farmách je eradikácia inváznych druhov rastlín alebo nežiaducich rastlín pre chovy hospodárskych zvierat. Vyrobilo sa veľké množstvo herbicídov, ktoré sa v súčasnosti vyvíjajú pre poľné plodiny. Podobne ako iné pesticídy sú aktívne zložky herbicídov biologicky aktívne zlúčeniny. Sú navrhnuté tak, aby prechádzali cez membrány a difundovali do vnútra živých buniek, aby mali požadovaný toxický účinok. Používanie herbicídov by malo byť minimálne a čo najefektívnejšie, aby sa eliminovali negatívne vplyvy na životné prostredie, čo ich môže o krok priblížiť k udržateľnosti poľnohospodárstva. V tomto zmysle globálne zmeny a politiky v oblasti herbicídov v Európe nútia farmárov, aby znížili používanie herbicídov, ako je Smernica 2009/128/CE, s cieľom obmedziť ich vplyv na ľudské zdravie a životné prostredie. V reakcii na to musia poľnohospodári nahradiť herbicídy kombináciou viacerých, väčšinou preventívnych a čiastočne účinných postupov znižovania negatívneho dopadu na veľkosť úrody a jej kvalitu. Namiesto toho je potrebná holistická transformácia poľnohospodárskych systémov a postupov, vrátane rozsiahlej náhrady potenciálne škodlivých pesticídov udržateľnejšími postupmi ochrany proti škodcom. To si vyžaduje zásadnú prestavbu poľnohospodárskych systémov: i) znížiť tlak škodcov a chorôb, napr. diverzifikáciou poľnohospodárskej krajiny a ii) vytvárať ekonomické podmienky, ktoré podporujú poľnohospodárov vo veľkom využívaní alternatív k používaniu pesticídov. Na realizáciu tohto vývoja je potrebná kombinácia opatrení verejnej a súkromnej politiky: Zvýšené investície do výskumu a vývoja účinných a účinných alternatív pesticídov je potrebné skombinovať s legislatívnymi prístupmi, ktoré môžu zahŕňať zdaňovanie pesticídov a cielenú podporu poľnohospodárom, ktorí prijímajú nízke alebo žiadne - praktík pesticídov (Möhring et al., 2020). Na základe výskumu zaburinenosti Slovenských polí bolo preukazne matemeticko štatisticky preukázané kladné pôsobenie systémov hospodárenia plodín a obrábania pôdy ku konkrétnym druhom plodín vplyv na potenciálnu a aktuálnu zaburinenosť. Medzi významné druhy v okopaninách môžeme spomenúť druhy: *Ambrosia artemisifilia* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Chenopodium* spp., *Amaranthus* spp., *Panicum mileaceum* L. a *Panicum capilare* L., *Abutilon Theophrasti* Mill., Xanthium spp., *Datura stramonium* L. etc. V obilninách boli nasledovné druhy burín: *Apera spica venti* (L.) Beauv., *Avena fatua* L., *Bromus* spp., etc. Druh *Vulpia myuros* (L.) C.C.Gmel. je špecificky vyskytujúci sa na systéme s plytkým obrábaním pôdy vo vysokom až monokultúrnom pestovaním hustosiatych obilnín. Chemicky sa výborne redukuje jeho výskyt v kukurici siatej.

2 Záver

Problematika zaburinenosti porastov v udržateľných systémoch na pôde má pretrvávajúcu tendenciu aj v súčasnosti. Pri trendoch Národného akčného plánu na znižovanie pesticídov

(v zmysle globálne zmeny a politiky v oblasti herbicídov v Európe nútia farmárov, aby znížili používanie herbicídov (smernica 2009/128/CE, 2009) s cieľom obmedziť ich vplyv na ľudské zdravie a životné prostredie). Aplikácia herbicídov pri pestovaní poľných plodín umožňuje poznať zaburinenosť konkrétnych pozemkov, kde sa realizuje pestovanie plodín a vybrať najvhodnejší herbicíd ku konkrétnemu vyskytujúcemu sa spektru druhov burín. Najväčšou výzvou súčasnosti je vyhnúť sa vzniku a odstráneniu rezistencie burín na niektoré druhy a skupiny burín pri súčasných trendoch realizácie regulácie zaburinenosti chemickým a nechemickým spôsobom. Významné druhy burín nezávisle od systému hospodárenia sú v súčasnosti: *Ambrosia artemisifilia* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Chenopodium* spp., *Amaranthus* spp., *Panicum mileaceum* L. a *Panicum capilare* L., *Abutilon Theophrasti* Mill., Xanthium spp., *Datura stramonium* L., *Apera spica venti* (L.) Beauv., *Avena fatua* L., *Bromus* spp., *Vulpia* spp., a iné. Technológie obrábania pôdy a zakladania porastov poľných plodín, ktoré sa v praxi uplatňujú sa realizujú cielene a účelovo na zachovanie úrodnosti, stabilizácie úrod a nepriamo na sekvestráciu uhlíka. Pestovanie krycích plodín a medziplodín naberá na trende. Tieto znižujú potenciálnu a aktuálnu zaburinenosť a navyšujú biologickú aktivitu pôdy. Spotreba herbicídov sa prejavuje na kvalite úrody rôznych ukazovateľov. Ďalšími bežnými spôsobmi použitia na farmách je eradikácia inváznych druhov rastlín alebo nežiaducich rastlín. Herbicídy možno klasifikovať podľa chemickej skupiny, času aplikácie (pred výsevom, preemergentne a postemergentne), mechanizmu účinku, ich formulácie, miesta príjmu a ich selektivity. Podobne ako iné pesticídy sú aktívne zložky herbicídov biologicky aktívne zlúčeniny. Sú navrhnuté tak, aby prechádzali cez membrány a difundovali do vnútra živých buniek, aby mali požadovaný toxický účinok. Používanie herbicídov by malo byť minimálne a čo najefektívnejšie, aby sa eliminovali negatívne vplyvy na životné prostredie, čo ich môže o krok priblížiť k udržateľnosti poľnohospodárstva. V tomto zmysle globálne zmeny a politiky v oblasti herbicídov v Európe nútia farmárov, aby znížili celkovo používanie herbicídov.

Poďakovanie

Poďakovanie za finančnú podporu projektom: VEGA 1/0467/22: Biologická regulácia alergénneho peľu ambrózie obyčajnej (Ambrosia artemisiifolia) a KEGA 025SPU-4/2022: Inovácia tém udržateľného poľnohospodárstva a udržateľnej produkcie potravín vo vybraných študijných programoch.

Použitá literatúra

ARMENGOT, L. - BLANCO-MORENO, J. M. - BÀRBERI, P. - BOCCI, G. - CARLESI, S. - AENDEKERK, R. - BERNER, A. - CELETTE, F. - GROSSE, M. - HUITING, H. - KRANZLER, A. - LUIK, A. - MÄDER, P. - STOLL, J. E. - DELFOSSE, P. - SUKKEL, W. - SURBÖCK, A. - WESTAWAY, S. - SANS, F. X. 2016. Tillage as a driver of change in weed communities: a functional perspective. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Online. Vol. 222, s. 276-285, ISSN 0167-8809, Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.021 [dátum citovania 2024-07-03].

BAJWA, A. A. 2014. Sustainable weed management in conservation agriculture. *Crop protection*, Online. Vol. 65, s. 105-113. Dostupné na: https://dx.doi.org/10.1016/j.croppro.2014.07.014 [dátum citovania 2024-07-03].

MÖHRING, N., INGOLD, K., KUDSK, P., MARTIN-LAURENT, F., NIGGLI, U., SIEGRIST, M., et al., 2020. Pathways for advancing pesticide policies. Nature Food, Online. Vol. 1(9), s. 535–540. Dostupné na: https:// www.nature.com/articles/s43016-020-00141-4 [dátum citovania 2024-08-09].

MONTEIRO, A. - SANTOS, S. 2022. Sustainable approach to weed management: The role of precision weed management. *Agronomy*, Online. Vol. 12.1, s. 118. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/ [dátum citovania 2024-07-03].

OLŠOVSKÁ, K. - SYTAR, O. - KOVÁČIK, P. 2024. Optimizing nitrogen application for enhanced barley resilience: A comprehensive study on drought stress and nitrogen supply

for sustainable agriculture. In *Sustainability*. ISSN 2071-1050, Online, Vol. 16, No. 5, art. no. 2016, [14] s. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/su16052016 [dátum citovania 2024-08-09].

RESTUCCIA, A. - SCAVO, A. 2023. Sustainable weed management. *Plants*, 2023, Vol. 12.8, s. 1673. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/plants12081673 [dátum citovania 2024-07-03].

SANTÍN-MONTANYÁ, M. I. - MARTÍN-LAMMERDING, D. - ZAMBRANA, E. - TENORIO, J. L. 2016. Management of weed emergence and weed seed bank in response to different tillage, cropping systems and selected soil properties. *Soil and Tillage Research*, Online, Vol. 161, s. 38-46, ISSN 0167-1987, Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.still.2016.03.007 [dátum citovania 2024-07-03].

Kontaktné údaje: Štefan Týr, Ústav agronomických vied, FAPZ SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, SVK-949 76 Nitra, Email: stefan.tyr@uniag.sk

GENOMICKÉ PROFILOVANIE ANALÓGOV BET V 1 V ZELENINE: PRÍSTUP BBAP KU KRÍŽOVEJ REAKTIVITE

Genomic Profiling of Bet v 1 Analogs in vegetable species: A BBAP Approach to Cross-Reactivity

Lucia URBANOVÁ[1], Jana ŽIAROVSKÁ[2]
[1]*AgroBioTech, SPU v Nitre, Slovenská republika*
[2]*FAPZ, SPU v Nitre, Slovenská republika*

Najčastejším aeroalergénom z drevín v severnej a strednej Európe je breza a jej hlavným alergénom je Bet v 1 kódovaný *ypr10* génom. Homológy Bet v 1 alergénu patria medzi hlavné spúšťače krížových alergických reakcii, známejšie pre krížovú reakciu ‚peľ-potravina' sú ovocie z čeľade *Rosaceae* alebo zelenina z čeľade *Apiaceae*. Cieľom štúdie bolo stanovenie prítomnosti genomických analógov Bet v 1 alergénoch vo vybraných druhoch zeleniny pre objasnenie vzťahov medzi panalergénmi a zároveň overenie funkčnosti BBAP (Bet v 1 homologs based amplified profile) metódy v širokom spektre rastlinných druhov. BBAP analýza rozdelila druhy do 2 skupín a viacerých podskupín podľa zmien v sekvenciách *ypr10* génov v oblasti predpokladaného epitopu alergénu. Vytvorené dáta sú cenné pre prax z dôvodu zvýšenej resp. zníženej rizikovosti alergénnosti rastlinných potravinových zdrojov, rovnako ako určenie rastlinných druhov zaujímavých v budúcich štúdiách.

Kľúčové slová: BBAP, *ypr10*, zelenina

1 Úvod a prehľad literatúry

Krížové alergie sú výsledkom hypersenzibility imunitného systému pacienta – najmä v období jeho oslabenia napr. dlhodobým ochorením – na alergény s podobnou štruktúrou. Krížové alergie vytvárajú diskomfort v živote pacienta v podobe strachu z nadobudnutia ďalšej alergie a vylučovania niektorých potravín z jedálnička (Teufel et al., 2007). Zelenina a ovocie predstavujú bohaté zdroje esenciálnych látok, ich dostatočnou konzumáciou je možné predchádzať niektorým civilizačných ochoreniam (Boeing et al., 2012). A práve v dôsledku krížových alergií môže pacient prichádzať o tieto cenné zdroje. Presná príčina vytvorenia krížovej reakcie na molekulárnej úrovni je stále nejasná. V minulosti už boli potvrdené hypotézy o priamom zapojení epitopových miest v proteínovej štruktúre alergénu (Kamath et al., 2023), avšak tieto výsledky sú stále iba čiastočné, keďže nevysvetľujú, rôznu citlivosť pacienta na odrody jedného druhu alebo reakciu po degradácii proteínu. Krížové alergie sú známe v súvislosti s peľom brezy, ktorý je signifikantným alergénom v strednej a severnej Európe (prevalencia sa pohybuje od 7,9 % vo Švajčiarsku do 16,3 % v Rakúsku) (Allergen Encyclopedia, 2020). Najčastejšími krížovými alergénmi typu peľ-peľ sú breza s jelšou, bukom, hrabom, lieskou, gaštanom a dubom. Významné sú aj rastlinné alergény, ktoré spôsobujú krížové alergie peľ-potravina, najmä z čeľade ružovité (*Rosaceae*) ako jabloň domáca (*Malus domestica* Borkh.) a broskyňa obyčajná (*Prunus persica* (L.) Batsch), alebo druhy z iných čeľadí ako plod kivi aktinídie lahodnej (*Actinidia deliciosa*), plod arašid pozemnice olejnej (*Arachis hypogaea* L.), sója (*Glycine max* L.), mrkva (*Daucus carota* L.), zeler (*Apium graveolens* L.) a mnohé iné (Allergen Encyclopedia, 2020).

Pre úplné pochopenie vzťahov medzi vstupujúcimi do krížových alergických reakcií, je potrebné zaoberať sa nimi aj na genomickej úrovni. Stanovenie prítomnosti genomických analógov Bet v 1 alergénu, kódovaným génom *ypr10*, môže pomôcť objasniť potenciálnu krížovú reaktivitu medzi hlavným alergénom peľu brezy (Bet v 1) a jeho panalergénmi v rámci celej rastlinnej ríše. Za týmto účelom bola použitá metóda BBAP (Bet v 1 homologs based amplified profile) na vybraných druhoch zeleniny. Zároveň sa overila funkčnosť BBAP metódy na širokom spektre rastlinných druhov a vyšších taxonomických jednotiek.

2 Materiál a metódy

Celá štúdia sa uskutočnila v laboratóriách Výskumného Centra AgroBioTech Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre pod záštitou projektu Podpora výskumných aktivít vo VC ABT, 313011T465.

2.1 Biologický materiál a jeho izolácia

Biologický materiál pozostával z vybraných druhov a niektorých podruhov zeleniny (Tabuľka 1) bol zakúpený v obchodných sieťach na Slovensku. Výber rastlinných druhov bol zhotovený pre potvrdenie/vyvrátenie schopnosti BBAP analýzy zachytiť analógy Bet v 1 alergénu rôznych čeľadí rastlinnej ríše, rovnako ako rozdiely v genetickom kóde *ypr10* génov v rámci druhu. Po zakúpení bol biologický materiál spracovaný a uskladnený pri teplote – 20 °C až do izolácie. Celková genomická DNA bola izolovaná za pomoci izolačnej súpravy GeneJET Plant Genomic DNA PurificationMini Kit (Thermo Scientific™, USA) podľa protokolu výrobcu. Čistota a koncentrácia gDNA bola overená spektrofotometricky pomocou NanoPhotometer® P330 (Implen, Nemecko) pri absorbancii A260/280.

Tabuľka 1 Zoznam použitého biologického materiálu so zaradením do čeľade.

Č. vzorky	Druh - poddruh	Latinský názov	Čeľaď
1	kapusta biela	*Brassica oleracea* L. *var. capitata*	*Brassicaceae*
2	šalát hlávkový	*Lactuca sativa* L. *var. capitata*	*Asteraceae*
3	kapusta obyčajná - brokolica	*Brassica oleracea* L. *var. italica*	*Brassicaceae*
4	kapusta obyčajná - karfiol	*Brassica oleracea* L. *var. botrytis*	*Brassicaceae*
5	cesnak cibuľový	*Allium cepa* L.	*Amaryllidaceae*
6	kapusta modrá	*Brassica oleracea* L. *var. capitata f. rubra*	*Brassicaceae*
7	tekvica obyčajná - cuketa	*Cucurbita pepo* L. *var. giromontiina*	*Cucurbitaceae*
8	tekvica obrovská – hokkaido	*Cucurbita maxima* D. *convar. Maxima*	*Cucurbitaceae*
9	kapusta obyčajná - kaleráb	*Brassica oleracea* L. *var. gongylodes*	*Brassicaceae*
10	povojník batatový	*Ipomoea batatas* L.	*Convolvulaceae*
11	paštrnák siaty	*Pastinaca sativa* L.	*Apiaceae*
12	repa obyčajná	*Beta vulgaris* L. *subsp. vulgaris*	*Amaranthaceae*
13	hruškovec americký	*Persea americana* M.	*Lauraceae*

2.2 Polymerázové reťazové reakcie (PCR), zobrazenie výsledkov a štatistické hodnotenie

Funkčnosť gDNA bola overená v PCR za pomoci primerov z genomickej oblasti *Internal Transcribed Spacer* (ITS1 a ITS4) (White et al., 1990). Do reakcií bol použitý EliZyme HS Robust Mix (Elisabeth Pharmacon, Česká republika) a uskutočnili sa v termocykléri TProfessional Basic Thermocycler (Biometra Ltd., Nemecko). Do BBAP analýz boli použité primery navrhnuté pre gén *ypr10* do oblasti predpokladaného epitopu alergénu (Žiarovská, Zeleňáková, 2019), pričom spätný primer bol degenerovaný na 12. a 14. mieste: priamy primer 5' CCT GGA ACC ATC AAG AAG 3'; spätný primer R: 5' TTG GTG TGG TAS TKG CTG 3' (S = G/C; K = T/G). Reakcie pre BBAP analýzy okrem mixu obsahovali 400 nM primery, vodu, 200 ng templátovej gDNA. Teplotný režim PCR bol nasledovný: denaturácia na 95 °C (5 minút), 40 cyklov denaturácie na 95 °C (45 s), žihanie na 54 °C (45 s) a polymerizácia na 72 °C (35 s). Záverečnou polymerizácia na 72 °C počas 10 minút.

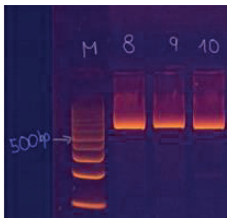
Produkty boli rozdelené v 1,5 % (ITS) a 3 % (BBAP) agarózovom géli v prostredí TBE tlmivého roztoku pomocou elektroforetickej analýzy. Zobrazené boli pod UV svetlom vďaka prídavku fluorescenčného farbiva GelRed™ do gélu. Dĺžky amplikónov boli prepočítané na základe molekulárneho rebríka GeneRuler 100 bp DNA Ladder (ThermoFisher Scientific, USA). Binárne matice boli vytvorené z fotografie zobrazeného gélu vo voľne dostupnom programe GelAnalyzer (Lazar, www.gelanalyzer.com). Dendrogramy genetickej podobnosti

boli vytvorené v programe D-UPGMA (Garcia-Vallve et al., 1999) s použitím Jaccardovho koeficientu (Jaccard, 1908).

3 Výsledky a diskusia

3.1 Výťažnosť gDNA a jej funkčnosť v PCR

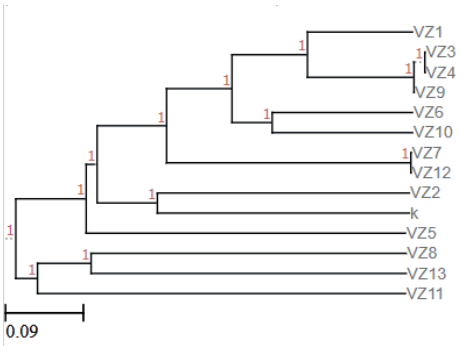
Hodnota absorbancie pri A260/280 izolovanej gDNA 1,8±0,2, ktorá sa považuje za dostatočne kvalitnú. Koncentrácia sa pohybovala od 6,5 – 53 ng/µ. Funkčnosť izolovanej gDNA v PCR bola potvrdená vďaka PCR s ITS primermi (Obrázok 1).



Obrázok 1. Vizualizácia vybraých produktov pre ITS primery na agarózovom géli.

3.2 BBAP analýza

BBAP metóda bola použitá na vzorky deviatich druhoch zeleniny a piatich podruhoch druhu *B. oleracea*. PCR s degenerovanými primermi umožňuje zachytiť viaceré variácie lokusov špecifického génu (Linhart and Shamir, 2005). Na základe binárnej matice sa vytvoril dendrogram genetických podobností vybraných druhov zeleniny (Obrázok 2).



Obrázok 2 Dendrogram genetickej podobnosti vybraných druhov zeleniny s použitím Jaccardovho koeficientu. Označenie vzoriek korešponduje s Tabuľkou 1.

Dendrogram genetických podobností sa rozdelil na dve hlavné skupiny, z ktorých skupina B obsahovala profily, ktoré boli podobné iba na 0 – 25 %. 25 % podobnosť zdieľali profily tekvice hokkaido – paštrnáku a paštrnáku – avokáda, no profily avokádo –hokkaido nezdieľali žiadnu podobnosť. Ostatné profily boli zoskupené do skupiny A, v ktorej sa najviac odlišoval profil cesnaku cibuľového. Profily brokolice, karfiolu a kalerábu boli podľa očakávaní identické, keďže patria do rovnakého druhu *B. oleracea*. Zaujímavé je, že profily kapusta bielej a modrej patriace do rovnakého druhu sa nielen nepodobajú s predchádzajúcimi poddruhmi, ich vzájomná podobnosť je iba 50 %. Najunikátnejší profil vytvoril genóm paštrnáku, ktorý sa podobal iba s profilmi kapusty bielej (16,7 %) a avokáda (25 %).

Jednotlivci s peľovou alergiou môžu mať alergické príznaky po požití určitých potravín z rastlinných zdrojov, čo sa deje u 50 – 90 % pacientov s alergiou na brezu (Zapletalová, 2014). *P. sativa* patrí do čelade *Apiaceae* v minulosti spojenou s krížovou reaktivitou s Bet v

1 (Zapletalová, 2014). Hlavný alergén *L. sativa* Lac s 1 v minulosti vykazoval široké krížovo reaktívne vlastnosti s extraktom z vlašských orechov a arašidov, alergénom Vit v 1 z hrozna a Mal d 1 z jablka, homológmi Bet v 1 (Pastorello, 2000; Pastorello, 2003).

4 Záver

Funkčnosť a využiteľnosť BBAP metódy bola pozitívne overená na 13 rastlinných druhoch a poddruhoch rôznych čeľadí zeleniny. Štúdia dokázala schopnosť BBAP metódy rozlíšiť rastlinné druhy na základe genetických podobností/rozdielností v sekvenciách *ypr10* génov v oblasti predpokladaného epitopu alergénu Bet v 1 a jeho homológov.

Poďakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a inovácie pre projekt: Podpora výskumných aktivít vo VC ABT, 313011T465, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Použitá literatúra

ALLERGEN ENCYCLOPEDIA, Phadia AB. 2020. Compiled by Turacoz Healthcare Solutions, Reviewer: Dr. Magnus Borres. Dostupné na: www.thermofisher.com/phadia [dátum citovania 2024-08-20].

BOEING, H. et al. 2012. Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. In *European journal of nutrition*. Online. Vol. 51, s. 637-63. Dostupné na: doi.org/10.1007/s00394-012-0380-y [dátum citovania 2024-08-20].

GARCIA-VALLVE, S. et al. 1999. Horizontal gene transfer in glycosyl hydrolases inferred from codon usage in Escherichia coli and Bacillus subtilis. In *Molecular Biology and Evololution*, Vol.16, No. 9, s. 1125-1134. Dostupné na: www.usuaris.tinet.cat/debb/UPGMA.

JACCARD, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. In *Bull. Soc. Vandoise des Sci. Nat.* Online. Vol. 44, No. 163, s. 223–270. Dostupné na: doi.org/10.5169/seals-268384 [dátum citovania 2024-08-20].

KAMATH, S. D., et al. 2023. Cross-reactive epitopes and their role in food allergy. In *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. Online. Vol. 151, No. 5, s. 1178-90. Dostupné na: doi.org/10.1016/j.jaci.2022.12.827 [dátum citovania 2024-08-20].

LAZAR Istvan. GelAnalyzer by Istvan Lazar Jr., PhD and Istvan Lazar Sr., PhD, CSc. Dostupné na: www.gelanalyzer.com.

LINHART,C. – SHAMIR, R. 2005. The degenerate primer disgn problem: theory and applications. In *J Comput Biol.* Online. Vol. 12, s. 431-456. Dostupné na: doi.org/10.1089/cmb.2005.12.431 [dátum citovania 2024-08-20].

PASTERELLO, E. A. et al. 2003. Identification of grape and wine allergens as an Endochitinase 4, a lipid-transfer protein, and a Thaumatin. In *J Allergy Clin Immunol*. Online. Vol. 111, No.2, s.350-9. Dostupné na: doi.org/10.1067/mai.2003.35.

TEUFEL, M. et al. 2007. Psychological burden of food allergy. In *World Journal of Gastroenterology: WJG*. Online. Vol.13, No.25, s. 3456. Dostupné na: doi.org/10.3748/wjg.v13.i25.3456 [dátum citovania 2024-08-20].

WHITE, T. J. et al. 1990. *Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics*. In *PCR protocols a guide to methods and applications*. San Diego: Academic Press, pp. 315–322.

ZAPLETALOVÁ, I. 2014. Komponentová diagnostika . In *13. setkání lékařů ČR a SR v litomyšli alergie a alergeny*. Online. s.95-119 [cit.2020-04-09]. Dostupné na: www.astmalitomysl.cz [dátum citovania 2024-08-20].

ŽIAROVSKÁ, J. - ZELEŇÁKOVÁ, L. (2016). Central and Eastern European Spring Pollen Allergens and Their Expression Analysis—State of the Art. In *Diversity*. Online. Vol. 8, No. 4, s. 1–11. Dostupné na: doi.org/10.3390/d8040019 [dátum citovania 2024-08-20].

Kontaktné údaje: Lucia Urbanová, AgroBioTech, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 1-2, 949 01 Nitra-Chrenová, lucia.urbanova@uniag.sk

DIFERENCOVANÁ INTENZITA VYUŽITIA A JEJ VPLYV NA PRODUKČNÉ A MIMOPRODUKČNÉ PARAMETRE TRÁVNEHO PORASTU

Different intensity of use and its influence on production and non-production parameters of grassland

Ľuboš VOZÁR, Peter KOVÁR, Peter HRIC
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

Cieľom práce bolo analyzovať vplyv rôznej intenzity využívania trávnych porastov na produkčnú schopnosť a rastlinnú diverzitu v kontexte klesajúcich stavov hospodárskych zvierat a potreby dočasnej alebo trvalej extenzifikácie. Výskum prebiehal v rokoch 2017 – 2020 v lokalite Žirany v okrese Nitra, ktorá sa nachádza v miernom pásme na rozhraní kontinentálnej a atlanticko-kontinentálnej oblasti. Pôvodná poloprírodná vegetácia bola dlhé roky využívaná pastvou oviec. Sledovali sme 8 experimentálnych variantov využívania/kosenia s rôznou intenzitou: var. 1 - opustený nevyužívaný, var. 2 - 3x ročne, var. 3 - 2x ročne, var. 4 - 1x ročne, var. 5 - 4x - 3x - 2x - 2x - 1x ročne, var. 6 - 1x - 2x - 3x - 4x ročne, var. 7 - 3x - 1x - 1x - 3x ročne a var. 8 - 2x - 1x - 1x - 2x ročne. Výsledky predstavujú uzavretý 4-ročný cyklus. Porovnaním súčtu úrod za celý 4-ročný cyklus sme dospeli k záveru, že s výnimkou variantu koseného 1x ročne sa všetky ostatné odlišovali od ponechaného porastu zvýšenou produkčnou schopnosťou. Ako najproduktívnejší sa ukázal porast kosený 3x ročne (variant 2, 29,07 t ha^{-1}). Druhú skupinu tvorili varianty s produkciou nižšou v súčte 4 rokov približne o 5 $t.ha^{-1}$ (varianty 3, 5 a 6). Rovnaká úroveň nižšej úrody sa potom zistila na porastoch s dočasne zníženou intenzitou využívania (varianty 7 a 8).
Pri hodnotení diverzity sme pozorovali v úvode sledovaní jej všeobecný pokles. Neskôr premenlivé stúpanie, resp. pokles hodnôt.

Kľúčové slová: trávne porasty, produkcia sušiny, rozdielna intenzita kosenia, produkčná účinnosť hnojív, diverzita

1 Úvod a prehľad literatúry

Podľa Blair et al. (2014) sú trávne porasty druhovo bohaté ekosystémy s rôznymi formami života vrátane jednoročných, dvojročných a viacročných druhov rastlín. Vymedzujúcimi druhmi rastlín sú najmä trávy.

Craven et al., 2016 preukázali, že vysoká druhová diverzita zlepšuje fungovanie ekosystémov v experimentálnych aj prirodzených porastoch. Fungovanie ekosystémov však nie je ovplyvnené iba celkovým počtom druhov ako takých, ale aj funkčnými vlastnosťami najčastejšie sa vyskytujúcich druhov (Grime, 1998).

Zásahy človeka počas vegetačného obdobia pôsobia spoločne ako systém pratotechnických operácií, ktoré sa významne odrážajú vo floristickom zložení i v produkcii vegetácie (Čunderlík, 2020). Z praktického hľadiska nás zaujíma výška a kvalita pestovanej a hospodársky využiteľnej fytomasy. Tú možno ovplyvniť vhodnou intenzitou využívania (Grzegorczyk, S. & Grabowski, K., 2007; Dugátová et al., 2015).

Cieľom práce bolo analyzovať vplyv rôznej intenzity využívania trávnych porastov na produkčnú schopnosť a rastlinnú diverzitu v kontexte klesajúcich stavov hospodárskych zvierat a potreby dočasnej alebo trvalej extenzifikácie.

2 Materiál a metódy

Výskum bol realizovaný v rokoch 2017 až 2020 v katastrálnom území obce Žirany v okrese Nitra na pozemkoch v správe Vysokoškolského poľnohospodárskeho podniku SPU, s. r. o. Predstavoval uzavretý 4-ročný cyklus.

2.1 Charakteristika stanovišťa

Experimentálna oblasť sa nachádza v miernom pásme na rozhraní kontinentálnej a atlanticko-kontinentálnej oblasti. Priemerné ročné teploty sa pohybujú okolo 9 °C a ročné zrážky dosahujú v priemere 600 mm.

Pôdny substrát sa vytvoril na zvetralinách vápencov a kremencov, ktoré dali vzniknúť prevažujúcemu pôdnemu typu fluvizeme so slabo kyslou až kyslou pôdnou reakciou. Agrochemické parametre pôdy pred založením pokusu sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Agrochemické vlastnosti pôdy pôvodného stanovišťa pred založením pokusu (2017) / Agrochemical properties of the soil of the original site before the establishment of the experiment (2017)

N_{tot}	P	K	Ca	Na	Mg	C_{ox}	pH
mg.kg^{-1}						%	
2 457,84	27,73	192,49	1 186,32	55,56	88,53	2,69	5,78

Trvalé trávne porasty experimentálneho stanovišťa sú dlhoročne využívané pasením oviec.

2.2 Organizácia experimentu

Experiment bol zostavený v bloku štyroch opakovaní. Plocha opakovania variantu bola 2 x 3 m (6 m^2). Sledovalo sa sedem variantov s rôznou intenzitou kosenia a hnojenia a porovnávalo sa s produkčným potenciálom pôvodného, ale opusteného a nehnojeného porastu. Konkrétne:

Variant 1 *(0x, 0x, 0x, 0x)*	pôvodný, nehnojený a nevyužívaný porast, odber vzoriek na produkciu sa uskutočnil v čase dozrievania semien.
Skupina variantov využívaných každý rok rovnakým spôsobom	
Variant 2 *(3x, 3x, 3x, 3x)*	kosený 3x ročne[1]
Variant 3 *(2x, 2x, 2x, 2x)*	kosený 2x ročne[2]
Variant 4 *(2x, 2x, 2x, 2x)*	kosený 1x ročne[3]
Skupina variantov využívaných v rámci cyklu diferencovaným spôsobom	
Variant 5 *(4x, 3x, 2x, 1x)*	*1. rok* – kosenie 4x[4]; 2. rok – kosenie 3x[1]; 3. rok – kosenie 2x[2]; 4. rok – kosenie 1x[3]
Variant 6 *(1x, 2x, 3x, 4x)*	*1. rok* – kosenie 1x[3]; 2. rok – kosenie 2x[2]; 3. rok – kosenie 3x[1]; 4. rok – kosenie 4x[4]
Variant 7 *(3x, 1x, 1x, 3x)*	*1. rok* – kosenie 3x[1]; 2. rok – kosenie 1x[3]; 3. rok – kosenie 1x[3]; 4. rok – kosenie 3x[1]
Variant 8 *(2x, 1x, 1x, 2x)*	*1. rok* – kosenie 2x[2]; 2. rok – kosenie 1x[3]; 3. rok – kosenie 1x[3]; 4. rok – kosenie 2x[2]

[1]kosený 3x ročne (1. kosba v čase senokosnej zrelosti, 2. kosba 60 dní po prvej kosbe, 3. kosba 60 dní po druhej kosbe). Hnojenie: N (60 kg.ha^{-1}) – na jar v čase zazelenania vegetácie + PK; [2]kosený 2x ročne (1. kosba v čase senokosnej zrelosti, 2. kosba 90 dní po prvej kosbe). Hnojenie: N (60 kg.ha^{-1}) – na jar v čase zazelenania vegetácie + PK; [3]kosenie 1x ročne (v čase dozrievania semien). Hnojenie: N (60 kg ha^{-1}) – na jar v čase zazelenania vegetácie + PK; kosenie 4x (1.x v čase steblovania, 2.x 45 dní po prvej kosbe, 3.x 45 dní po druhej kosbe, 4.x 45 dní po tretej kosbe). Hnojenie: N (120 kg.ha^{-1}) – 80 kg.ha^{-1}N na jar v čase zazelenania vegetácie, 40 kg.ha^{-1}N po prvej kosbe + PK.

Dusík sa aplikoval vo forme LAD (27 % N) v termínoch uvedených pre každý variant. Fosfor (P) – 40 kg ha^{-1} sa aplikoval vo forme granulovaného superfosfátu (8 % P) na jar v čase zazelenenia porastu, draslík (K) – 80 kg ha^{-1} rovnakým spôsobom vo forme síranu draselného (50 % K_2O) na jar v čase zazelenenia porastu v celej dávke.

Vzorky pôdy sa odoberali na začiatku pozorovania, pred založením pokusu, vždy na jeseň po skončení vegetačného obdobia z hĺbky 0 - 0,15 m. Z odobratých vzoriek sa vykonali tieto chemické stanovenia: N_{tot} – modifikovaná Kjeldahlova metóda, P – spektrofotometricky fosfomolybdénovou metódou z výluhu podľa Mehlicha 3, Mg – spektrofotometricky s

titanovou žltou z výluhu podľa Mehlicha 3, K, Ca, Na – plameňometricky z výluhu podľa Mehlicha 3, pH – výmenné v KCl, C_{ox} – podľa Tjurina v úprave Nikitina (1972).

Stanovenie primárnej produkcie z pokosených variantov vychádzalo zo stanovenia hmotnosti zelenej hmoty z pokosenej plochy (6 m^2). Na výpočet ročnej úrody sušiny na opustenom nevyužívanom variante (variant 1) sa v každom opakovaní brala hmotnosť z 1 m^2. Vzorky zelenej hmoty (0,50 kg) odobraté z každého variantu sa po vysušení a pomletí zmiešali. Z takto pripraveného rastlinného materiálu sa odobrali priemerné vzorky na stanovenie obsahu sušiny (sušenie pri 105 °C do konštantnej hmotnosti).

Diverzitu porastu sme hodnotili pomocou *Shannonovho indexu diverzity* (H) (Begon et al., 1997):

$$H = -\sum_{i=1}^{S} Pi \ln Pi$$

H – index diverzity, **S** – celkový počet druhov v snímku, **Pi** – podiel i-teho druhu v snímku

Získané údaje boli štatisticky vyhodnotené v programe STATISTICA Cz, verzia 10 (www.statsoft.com) pomocou jednofaktorovej analýzy rozptylu (ANOVA) s overením významnosti rozdielov Fisherovým LSD testom na 95 % hladine pravdepodobnosti (P = 0,05).

3 Výsledky a diskusia

Veľkosť primárnej produkcie nadzemnej fytomasy je výsledkom fotosyntetickej aktivity listovej plochy porastu za určité časové obdobie, ktorá je v interakcii nielen s podmienkami stanovišťa (pôda, vlhkosť, teplota), ale aj so vzájomnými vzťahmi medzi rastlinami v poraste (Gibson, 2009). S týmito determinantmi produkcie úzko súvisí ďalší z rozhodujúcich faktorov, od ktorých závisí úroda nadzemnej biomasy, a to frekvencia využívania (Pearson, C. J. & Ison, R. L., 1987). Vývoj produkcie sušiny nadzemnej fytomasy vidieť v tabuľke 2.

Tabuľka 2 Úroda sušiny / Dry matter yield /t.ha^{-1}/

Rok	Varianty							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2017	2,77^{ac}	3,58^{abc}	3,52^{abc}	3,74^{ab}	3,52^{abc}	2,40^{c}	3,95^{ab}	4,25^{b}
2018	3,70^{a}	8,38^{bc}	7,71^{b}	4,06^{a}	8,71^{c}	7,45^{bc}	4,09^{a}	2,97^{a}
2019	3,45^{a}	9,61^{d}	6,52^{bc}	4,67^{ab}	7,92^{cd}	8,12^{cd}	3,91^{a}	4,68^{ab}
2020	3,60^{c}	7,49^{ab}	6,21^{abd}	4,22^{c}	4,71^{cd}	6,03^{ad}	7,83^{b}	7,12^{ab}
∑ 2017 – 2020 (p = 0,000002)	13,52^{e}	29,07^{f}	23,38^{bcd}	16,69^{ae}	24,87^{df}	24,00^{cd}	19,78^{abc}	19,05^{ab}

Rozdielne písmená v riadku indikujú preukazné rozdiely / Different letters indicate significant differences in the row (Fisher's LSD test, α = 0. 05); p – significance

Porovnaním súčtu úrod za celý 4-ročný cyklus sme dospeli k záveru, že s výnimkou každoročne 1x koseného variantu sa všetky ostatné odlišovali od opusteného porastu zvýšenou produkčnou schopnosťou. Pozorovali sme tiež diferenciáciu hnojených a využívaných variantov do skupín. Ako najproduktívnejší sa ukázal porast kosený 3x ročne (variant 2, 29,07 t.ha^{-1}). Druhú skupinu tvorili varianty s produkciou nižšou v súčte 4 rokov približne o 5 t.ha^{-1} (3, 5 a 6). Rovnaká úroveň nižšej úrody sa potom zistila na porastoch s dočasne zníženou intenzitou využívania (varianty 7 a 8). Na rozdiel od našich výsledkov Kováčiková et al. (2012) v experimente s diferencovanou intenzitou využívania zistili najvyššiu produkciu v porastoch kosených dvakrát ročne.

Shannonov index diverzity (H) zohľadňuje biomasu (podiel) aj početnosť druhov (abundanciu) (Begon, Harper, Townsend, 1997). Výsledky našich experimentov prezentujeme v tabuľke 3. V prvom roku sledovania sa hodnoty pohybovali v rozmedzí od

1,23 do 2,19. Najnižšiu hodnotu indexu diverzity (1,23) sme zistili vo variante 7 (3. kosba, 2017). Najvyššia hodnota (2,19) v prvom roku sledovania bola zistená vo variante 4 (1. kosba, 2017).

Pri porovnaní prvých kosieb sledovaných variantov môžeme vidieť, že diverzita vo variante 1 klesala (1,87 – 1,46) a rovnako to bolo aj vo variante 8 (2,09 – 1,56). Vo variantoch 3 a 4 po 1. kosbe podiel od roku 2017 do 2019 klesal a v poslednom roku stúpol. Varianty 2,5,6 a 7 mali v rokoch 2017 – 2018 klesajúci podiel a v roku 2019 sa ich hodnota zvýšila. V roku 2020 sa diverzita znovu znížila.

Tabuľka 3 Shannonov index diverzity (H) / Shannon index diversity (H)

Rok	K	Variant							
		1	2	3	4	5	6	7	8
2017	1	1,874	1,943	2,008	2,189	1,899	1,999	2,156	2,096
	2		1,476	1,415		1,488		1,381	1,286
	3		1,440			1,246		1,228	
	4					1,243			
2018	1	1,600	1,706	1,637	1,561	0,805	1,309	1,894	1,909
	2		1,629	1,626		1,473	1,818		
	3		1,649			1,809			
2019	1	1,446	2,129	1,421	1,467	1,972	1,933	1,971	1,886
	2		1,356	1,694		1,825	1,695		
	3		1,523				1,605		
2020	1	1,464	1,595	1,626	1,536	1,814	1,236	1,592	1,562
	2		1,960	1,559			1,800	1,443	2,042
	3		1,638				1,862	1,401	
	4						1,644		

K – kosba/cut

4 Záver

Porovnaním súčtu úrod za celý 4-ročný cyklus sme dospeli k záveru, že s výnimkou variantu koseného 1x ročne sa všetky ostatné odlišovali od ponechaného porastu zvýšenou produkčnou schopnosťou. Diferenciáciu sme pozorovali aj medzi hnojeným a využívaným variantom do skupín. Ako najproduktívnejší sa ukázal porast kosený 3x ročne (variant 2, 29,07 $t.ha^{-1}$). Druhú skupinu tvorili varianty s produkciou nižšou v súčte 4 rokov približne o 5 $t.ha^{-1}$ (varianty 3, 5 a 6). Rovnaká úroveň nižšej úrody sa potom zistila na porastoch s dočasne zníženou intenzitou využívania (varianty 7 a 8).

Pri hodnotení diverzity sme pozorovali v úvode sledovaní jej všeobecný pokles. Neskôr premenlivé stúpanie, resp. pokles hodnôt.

Poďakovanie

Článok vznikol s podporou projektu KEGA č. 035SPU-4/2022 Vysokoškolská učebnica Lúkarstvo a pasienkarstvo

Použitá literatúra

Zoznam literatúry je dostupný u autorov.

Kontaktné údaje: Ľuboš Vozár, Ústav agronomických vied FAPZ SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2 Nitra 949 76, Lubos.Vozar@uniag.sk

HISTORICKÉ A SOUČASNÉ ODRŮDY BRAMBOR V PODMÍNKÁCH STRESU
Historical and current potato varieties under stress conditions

Josef VRŠŤALA
Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká republika

Brambor hlíznatý (*Solanum tuberosum* L.), který je pěstován pro své konzumní hlízy v mnoha oblastech světa, je každoročně vystaven nepříznivým podmínkám způsobeným nedostatkem vody a vysokými teplotami prostředí. Závažnost stresu vyvolaného těmito faktory lze zjistit pomocí změny obsahu chlorofylu v listech (SPAD) a výnosovou reakcí bramborových hlíz. V roce 2023 byl proveden výzkum současných (Adéla a Karo) a historických (Blaník, Bojar, Krasava a Norma) odrůd brambor v podmínkách cíleně navozeného stresu suchem a teplem na Výzkumné stanici v Uhříněvsi (ČZU v Praze). Z výsledků SPAD je odolnost brambor odrůdovou záležitostí. Ze zjištěných výsledků výnosu jednotlivých kultivarů je vhodné při dalším výzkumu nezapomínat na historické nebo již nepěstované odrůdy brambor, neboť právě i historická odrůda Krasava poskytla vyšší trend výnosu hlíz u stresované varianty v porovnání s kontrolními rostlinami.

Klíčová slova: sucho, teplo, hlízy, chlorofyl v listech

1 Úvod a přehled literatury

Brambor (*Solanum tuberosum* L.) stále patří mezi nejcennější polní plodiny zvláště v letech, kdy je sklizen nedostatek obilí či je zrno ve špatné kvalitě. Zároveň představuje kvalitní krmivo pro hospodářská zvířata, přičemž z jednoho hektaru podává slušné výnosy (George et al. 2017; Kovalenko et al. 2021).

Rostliny jsou během vegetační doby vystaveny abiotickým i biotickým vlivům, které způsobují stresové podmínky a ovlivňují růst a vývoj brambor. Mezi typické abiotické stresové faktory patří nedostatek či nadbytek vody a nízká nebo vysoká teplota prostředí, dále pak zasolení nebo kontaminace půdy těžkými kovy. Kořenový systém reaguje v případě stresových podmínek jako první orgán rostlin a podněcuje k reakci a vhodné adaptaci na nastávající stres (Li 2019; Zinta et al. 2022).

Sucho často předurčuje značný problém pro pěstitele a předznamenává nižší výnos pěstovaných rostlin (Aliche et al. 2020). Růst listů je u rostlin zastaven při méně než 50% nasycení půdy vodou a u brambor již při 60 % polní vodní kapacity. Sucho způsobuje pomalejší růst rostlin i listů, snižuje rychlost fotosyntézy, ovlivňuje obsah chlorofylu v listech (narušení chloroplastů) a zvyšuje teplotu rostlin (Schafleitner 2009; Monneveux et al. 2013; Aliche et al. 2020).

Ideální teplota prostředí, během které dochází k maximální rychlosti fotosyntézy a tedy i ke správnému růstu u rostlin bramboru, je kolem 20 °C. Tepelný stres negativně ovlivňuje výnos brambor z hlediska zrychleného růstu natě a dýchání, zpomalení fotosyntézy, inhibice tvorby a růstu hlíz, poruch hlíz, poklesu sušiny v hlízách a koncentrace chlorofylu v listech nebo zvýšené hladiny glykoalkaloidů (Levy & Veilleux 2007; Hancock et al. 2014; George et al. 2017).

Mnoho studií se zabývalo bojem proti nepříznivým podmínkám během vegetace brambor využitím mulčovacích materiálů (Dvořák et al. 2022) nebo šlechtěním rostlin (Aliche et al. 2020). Ve 20. století se šlechtitelé brambor v českých zemích také zabývali nepříznivými podmínkami v důsledku sucha či tepla během vegetační doby a zmiňovali ve svých publikacích i odolné odrůdy (Mejstřík 1958).

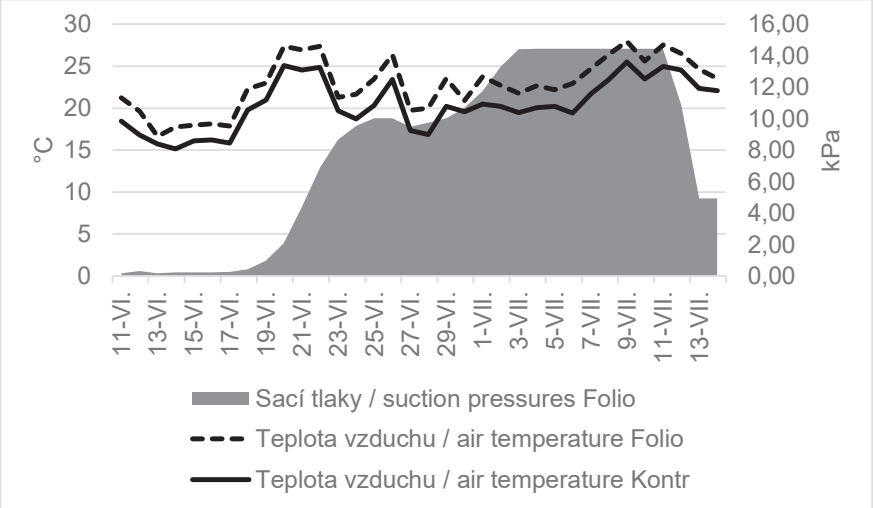
2 Materiál a metody

Reakce vybraných historických (Blaník, Bojar, Krasava a Norma) a současných (Adéla a Karo) odrůd brambor byly pozorovány ve foliovníku (varianta Folio) v porovnání s porosty v polních podmínkách (varianta Kontr). Obě varianty byly pěstovány v systému EZ. Simulace stresu nedostatkem vody a vysokou teplotou byla navozena ve foliovníku, kde byla odpojena závlaha ve fázi porostu 41 BBCH a po 28 dnech obnovena. Kontrolní rostliny byly ponechané zavlažované na poli. Během vegetační doby byly průběžně měřeny chlorofyl v listech (Chlorophyll Meter SPAD-502, Konica Minolta) a podmínky prostředí (teplota vzduchu a půdy, a půdní sací tlaky; datalogger MicroLog SP3 – Delmhorst Gypsum block a EMS 33H, Brno). Dále byla kontrolována výška rostlin před a po simulaci sucha.

Celý výzkum proběhl v roce 2023 v lokalitě Výzkumné stanice v Praze-Uhříněvsi (ČZU v Praze). Výsledky měření byly statisticky zpracovány v programu SAS, verze 9.4 (SAS Institute, Inc. Cary. NC. USA), metodou ANOVA.

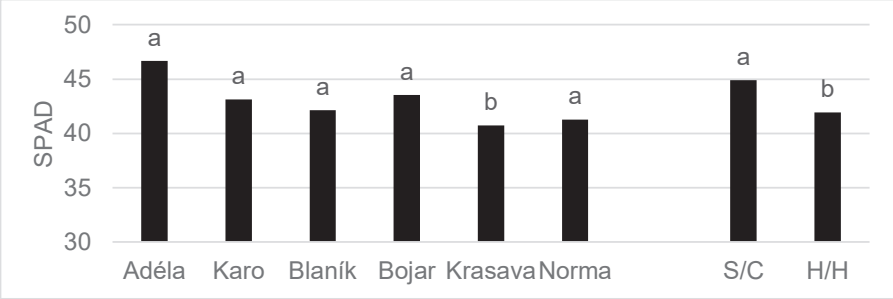
3 Výsledky a diskuze

Graf 1 zobrazuje denní teploty vzduchu u variant porostu Foliovník i Kontrola. Je patrné, že ve foliovníku byl naměřen vyšší trend teploty v porovnání s kontrolou. Sací tlaky ve variantě Folio udávají, že nejvyšší stres nedostatkem vody byl u rostlin navozen téměř po 3 týdnech od odpojení závlahy. Watkinson et al. (2006) uvádí maximální stres suchem u brambor po 4 týdnech od odpojení závlahy. Sucho negativně ovlivnilo výšku rostlin, naopak teplo množství nadzemní biomasy pozitivně podpořilo, což odpovídá výzkumu Levy & Veilleux (2007), Monneveux et al. (2013), George et al. (2017) a Aliche et al. (2020).



Graf 1 Teplota vzduchu (varianta Folio, Kontr) a sací tlaky (varianta Folio) v průběhu vegetační doby / Air temperature (variant Folio, Kontr) and suction pressures (variant Folio) during the growing season

Chlorofyl v listech (Graf 2) u stresovaných rostlin (varianta Folio) byl zjištěn nižší pouze u odrůdy Krasava (40,73) oproti ostatním. Při porovnání raných a pozdních odrůd byl naměřen chlorofyl vyšší u kultivarů současných (Adéla a Karo; 44,89) oproti historickým. Aliche et al. (2020) potvrzují vyšší chlorofyl u rostlin s omezeným zavlažováním. Hancock et al. (2014) a George et al. (2017) uvádějí nižší chlorofyl v listech brambor za vyšších teplot prostředí.



Graf 2 Chlorofyl v listech (SPAD) u rostlin ve variantě Folio (HSD = 4,96); a průměrné hodnoty chlorofylu v listech (SPAD) současných (S/C) a historických (H/H) odrůd (HSD = 2,83) / Chlorophyll in leaves (SPAD) in plants in the Folio variant (HSD = 4,96); and average chlorophyll values in leaves (SPAD) of current (S/C) and historical (H/H) cultivars (HSD = 2,83)

Při porovnání průměrných výnosů měrných trsů mezi variantami Folio a Kontr (Tabulka 1) byl zaznamenán vyšší trend u stresovaných rostlin u kultivarů Karo (0,45 a 0,27 kg) a Krasava (0,28 a 0,21 kg). U ostatních odrůd byl naměřen trend opačný. Hancock et al. (2014) a Zinta et al. (2022) uvádějí nižší výnos hlíz v důsledku omezené závlahy rostlin bramboru. Při pohledu na výnosy přepočtené na 40 tis. rostlin je dobré připomenout, že výzkum proběhl v podmínkách EZ.

Tabulka 1 Průměrné výnosy hlíz obou variant (Folio, Kontr) na trs (kg) a přepočet na 40 tis. rostlin (t) / Average yields of tubers of both variants (Folio, Kontr) per bunch (kg) and conversion to 40 thousand plants (t); HSD = 0,21

	(kg)		(t)	
Odrůda:	**Folio**	**Kontr**	**Folio**	**Kontr**
Adéla	0,26ab	0,53	10,35	21,13
Karo	0,45a	0,27	17,96	10,95
Blaník	0,06b	0,25	2,53	9,89
Bojar	0,13ab	0,18	5,29	7,11
Krasava	0,28a	0,21	11,31	8,30
Norma	0,34a	0,55	13,71	22,19

Vysvětlivky / Legend: kg = průměrný výnos na 1 trs / average yield per 1 bunch; t = výnos při přepočtu na 40 tis. rostlin / yield when converted to 40 thousand plants

4 Závěr

Vybrané současné odrůdy brambor byly zhodnoceny jako odolné nedostatku vody a vyšším teplotám prostředí z hlediska fyziologických parametrů (změny chlorofylu v listech). Na podmínky stresu výnosově nejlépe reagovala současná odrůda Karo i historická Krasava. Z těchto výsledků lze vyvodit závěr, že odolnost rostlin bramboru je záležitostí kultivaru. Bylo by tedy vhodné dále zkoumat širší množství odrůd v nepříznivých pomínkách prostředí a nepodceňovat i historické a již nepěstované kultivary.

Poděkování

Pracovníkům genové banky VÚB Havlíčkův Brod za poskytnutí historických odrůd a zaměstnancům Výzkumné stanice v Praze-Uhříněvsi za zázemí a možnost provedení výzkumu.

Použitá literatura

ALICHE, E.B. - THEEUWEN, T.P.J.M. - OORTWIJN, M. - VISSER, R.G.F. - VAN DER LINDEN, C.G. 2020. Carbon partitioning mechanisms in POTATO under drought stress. In *Plant Physiology and Biochemistry*. Online Vol. 146, s. 211-219. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.11.019 [datum citování 2024-08-18].

DVOŘÁK, P. et al. 2022. Limity při použití slaměného mulče, kompostu či směsi separátu a řezané slámy při pěstování brambor. In *Agromanuál*. Online. Dostupné z: https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/limity-pri-pouziti-slameneho-mulce-kompostu-ci-smesi-separatu-a-rezane-slamy-pri-pestovani-brambor [datum citování 2024-08-17].

GEORGE, T.S. - TAYLOR, M.A. - DODD, I.C. - WHITE, P.J. 2017. Climate change and consequences for potato production: a Review of tolerance to emerging abiotic stress. In *Potato Research*. Online. Vol. 60, No. 3-4, s. 239-268. Dostupné z: doi:10.1007/s11540-018-9366-3 [datum citování 2024-08-17].

HANCOCK, RD. - MORRIS, W.L. - DUCREUX, L.J.M.; - MORRIS, J.A. - USMAN, M. et al. 2014. Physiological, biochemical and molecular responses of the potato (S olanum tuberosum L .) plant to moderately elevated temperature. In *Plant, Cell & Environment*. Online. Vol. 37, No. 2, s. 439-450. Dostupné z: https://doi.org/10.1111/pce.12168 [datum citování 2024-08-19].

KOVALENKO, I.M. - KOVALENKO, V.M. - BUTENKO, Y.Y. - SOBRAN, V.M. – KIRUCHKO, L.V. 2021. Adaptability of Solanum tuberosum to changes of ecological growing condition. In *Modern Phytomorphology*. Online. Vol.16, No. 2, s. 29-34. Dostupné z: https://www.phytomorphology.com/articles/adaptability-of-solanum-tuberosum-to-changes-of-ecological-growing-conditions-65115.html [datum citování 2024-08-18].

LEVY, D. - VEILLEUX, R.E. 2007. Adaptation of potato to high temperatures and salinity-a review. In *American Journal of Potato Research*. Online. Vol. 84, No. 6, s. 487-506. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/BF02987885 [datum citování 2024-08-17].

LI, P.H. 2019. Effects of Pb and Cd stress on the photosynthetic physiological characters of potato in heavy metal pollution of soil. In *Applied Ecology and Environmental Research*. Online. Vol. 17, No. 5, s. 12287-12295. Dostupné z: https://doi.org/10.15666/aeer/1705_1228712295 [datum citování 2024-08-17].

MEJSTŘÍK, J. 1958. *Sadbové brambory*. 1. vyd. Praha : Státní zemědělské nakladatelství. 147 s.

MONNEVEUX, P. - RAMÍREZ, D.A. - PINO, M.-T. 2013. Drought tolerance in potato (S. tuberosum L.). In *Plant Science*. Online. Vol. 205-206, s. 76-86. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.01.011 [datum citování 2024-08-16].

SCHAFLEITNER, R. 2009. Growing More Potatoes with Less Water. In *Tropical Plant Biology*. Online. Vol. 2, No. 3-4, s. 111-121. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s12042-009-9033-6 [cit. 2024-08-17].

WATKINSON, J.I. - HENDRICKS, L. - SIOSON, A.A. - VASQUEZ-ROBINET, C. - STROMBERG, V. et al. 2006. Accessions of Solanum tuberosum ssp. andigena show differences in photosynthetic recovery after drought stress as reflected in gene expression profiles. In *Plant Science*. Online. Vol. 171, No. 6, s. 745-758. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2006.07.010 [datum citování 2024-08-18].

ZINTA, R. - TIWARI, J.K. - BUCKSETH, T. - THAKUR, K. - GOUTAM, U. et al. 2022. Root system architecture for abiotic stress tolerance in potato: Lessons from plants. In *Frontiers in Plant Science*. Online. Vol. 13, s. 1-9. Dostupné z: https://doi.org/10.3389/fpls.2022.926214 [datum citování 2024-08-18].

Kontaktní údaje: Ing. Josef Vršťala, Česká zemědělská univerzita v Praze, vrstala@af.czu.cz

ALERGÉNNA BEZPEČNOSŤ RASTLÍN
Allergenic safety of plants

Jana ŽIAROVSKÁ, Lucia URBANOVÁ, Silvia FARKASOVÁ
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

Alergie sú v súčasnosti najčastejšie sa vyskytujúcim chronickým ochorením v Európe so stúpajúcou tendenciou. So získavaním nových poznatkov o ich biológii a vlastnostiach v rastlinných potravinových zdrojoch, vzniká potreba riešiť informovanosť pacientov o alergénnej bezpečnosti nad rámec povinne značených alergénov daných legislatívou, nakoľko variabilita tvorby alergénov je aj v rámci odrôd jedného druhu veľmi široká. Spolu so základnými poznatkami o alergenicite jednotlivých odrôd je potrebné zároveň rozvíjať aj informovanosť populácie, čo spolu s dodržiavaním antialergénnych prevenčných plánov umožní v budúcnosti účinný manažment pacientov s potravinovými alergiami vo vlastnej réžii pre všetky klinicky významné potravinové alergie.

Kľúčové slová: potravinová alergia, alergén, rastliny

1 Úvod

Alergie sú aktuálne prevládajúce chronické ochorenie v Európe, ktoré postihuje viac ako 20% populácie, pričom do roku 2040 sa predpokladá nárast na 40%. Potravinovými alergiami trpí 17 miliónov európanov, pričom 3,5 milióna z nich sú pacienti mladší ako 25 rokov. Nateraz pri alergiách neexistuje proaktívna liečba a všetko, čo môže byť pacientom s klasickou IgE-sprostredkovanou alergiou ponúknuté, je vyvarovať sa úplne všetkých potravín, ktoré obsahujú pre nich nebezpečný alergén a medicínsky manažment závažných alergických reakcií. Praktická implementácia takéhoto prístupu znamená, že spotrebitelia alergickí na potraviny spolu s ich rodinami musia prijať životný štýl založený na opatrnosti a informovaní sa tak, aby si boli istí, že potraviny, ktoré kupujú a konzumujú, neobsahujú príslušné problémové alergény (Žiarovská a Zeleňáková, 2017).

Potravinárska legislatíva žiada bezpečnosť všetkých zložiek potravín a zodpovednosť za to nesie výrobca. Z hľadiska rozmanitosti rastlinných potravinových zdrojov však významnú úlohu zohráva variabilita tvorby jednotlivých alergénov v konkrétnych odrodách (obrázok 1) a úlohou výskumu v agropotravinárskej biológii sa stáva identifikácia faktorov tvorby alergénov a charakteristika podmienok, za ktorých sa tak deje.

Obrázok 1 Princíp vzťahu medzi biologickou rozmanitosťou v odrodovej variabilite rastlinných potravinových zdrojov a možnosťami zabezpečenia alergénnej bezpečnosti.

2 Rastliny ako zdroj potravinových alergénov

Alergénnosť rastlín závisí od viacerých faktorov (napr,stratégia opeľovania alebo obsah alergénov v pletivách), v dôsledku čohoalergénnosť rôznych druhov rastlín môže byť veľmi rozdielna, od nealergénnych až po vysoko alergénne (Siekierzynska et al., 2021). Nakoľko problematika alergických reakcií ako súčasť imunológie patrí k vysoko odborným a neodbornej verejnosti častokrát ťažko zrozumiteľným poznatkom, informácie o alergénnosti rastlín by sa mali šíriť a prezentovaťzrozumiteľným spôsobom, najlepšie v ilustrovanej podobe, pretože vizuálne informácie môžu byťúčinnejšie ako slovné (McQuarrie et al., 2003; Honea a Horsky, 2012).

Legislatívne žiadané označovanie sa v EÚ týka celkovo 14-tich skupín, z ktorých alergénov rastlinného pôvodu je celkovo 8 (European Commission: Food labelling – EU rules. http://ec.europa.eu/food/food/labellingnutrition/foodlabelling/index_en.htm.):
skupina 1 - obilniny obsahujúce lepok (t. j. pšenica, raž, jačmeň, ovos, špalda, kamut alebo ich hybridné odrody) a výrobky z nich,
skupina 5 - arašidy a výrobky z nich,
skupina 6 - sójové zrná a výrobky z nich,
skupina 8 - orechy, ktorými sú mandle, lieskové orechy, vlašské orechy, kešu, pekanové orechy, para orechy, pistácie, makadamové orechy a queenslandské orechy a výrobky z nich okrem orechov, ktoré sú používané na výrobu destilátov,
skupina 9 - zeler a výrobky z neho,
skupina 10 - horčica a výrobky z nej,
skupina 11 - sezamové semená a výrobky z nich,
skupina 13 - vlčí bôb a výrobky z neho.

V praxi sa v súvislosti so zabezpečením bezpečnosti týchto sledovaných rastlinných alergénov okrem označovania využíva tzv. plán kontroly alergénov – antialergénny prevenčný plán. Vytvorenie a implementácia plánu kontroly alergénov (ACP – allergen control plan) v potravinárskom podniku je dobrý spôsob, ako sa vyhnúť neúmyselnej krížovej kontaminácii alergénmi, stiahnutiu výrobkov z trhu a najmä nepriaznivým alebo dokonca smrteľným fyziologickým účinkom na spotrebiteľa. Plán kontroly alergénov je systematická a efektívna metóda identifikácie a kontroly alergénov, od vstupných zložiek až po konečný balený produkt v akejkoľvek potravinárskej a gastronomickej prevádzke. Je to v podstate písomná dokumentácia týkajúca a skladovania, manipulácie, spracovania, balenia a identifikácie alergénnych potravín a prísad (Žiarovská a kol., 2023).

Do potravinových alergií často vstupujú krížové reakcie alergénov pochádzajúcich z rôznych rastlinných potravinových zdrojov, majúcich však vysoko podobné miesta v bielkovinách, ktoré sú rozoznávané imunitným systémom človeka. Disproporcionalita medzi povinne označovanými alergénmi a ich skríženými proťajškami sa v praxi rieši najmä na úrovni informovanosti pacientov o tomto fakte. Rada lekára „vyvarovať sa všetkých potravín, ktoré obsahujú pre pacienta nebezpečný alergén“, je však najmä pri tzv. panalergénoch komplikovaná viacerými aspektami:
- povinné značenie alergénov na potravinách zahŕňa len zlomok z nich,
- informácie o skrížených alergénoch nie sú nikde centralizované a pacient je tak odkázaný na ten leták alebo brožúrku, ktorá sa mu dostane do rúk,
- falšovanie potravín dostáva do potravín alergény, ktoré pacient nemá možnosť odsledovať,
- informácie o skrížených alergénoch z nových potravín sa k pacientom dostávajú so značným meškaním (Fiocchi et al., 2013; Allen et al., 2014; Nwaru et al., 2014).

Ďalším faktorom je, že okrem sledovaných rastlinných alergénov sú v klinickej praxi známe a rôzne významné aj ďalšie druhy rastlín (tabuľka 1).

Tabuľka 1 Rastliny relevantné pre potravinové alergie

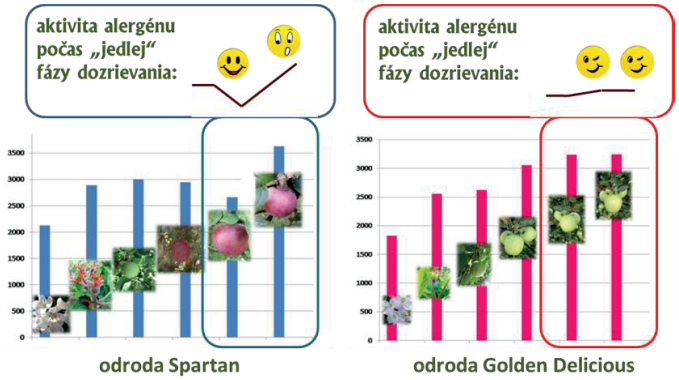
Gastronomická skupina rastlín	Počet druhov	Klinicky významné druhy pre strednú Európu
Cibuľová zelenina	6	cibuľa
Koreňová zelenina	5	zeler, petržlen
Listová zelenina	11	šalát, špenát
Plodová zelenina	21	zemiaky, rajčiak, melón, paprika, ukorka
Aromatické rastliny a bylinky	23	škorica, vanilka, tymián, majoránka, oregano, čili , koriander, čierne korenie
Strukoviny	7	sója
Olejniny	4	sézam, mak
Cudzokrajné ovocie	13	kiwi, ananás, pomaranč
Drobné ovocie	5	-
Jadrové a kôstkové ovocie	7	jablko, broskyňa, čerešňa
Orechy a oriešky	11	lieskový orech, arašidy, pekanové orechy, kešu, para orechy, mandle
Cereálie	6	pšenica

Samotné označovanie výskytu alergénov v potavinách je súčasťou širšieho zázemia snahy rôznych výskumných programov riešiť problematiku alergénov komplexne. Práve tu však premietajú aj otázky smerujúce k tomu, do akej miery je alergik – spotrebiteľ informovaný o najaktuálnejšom stave poznatkov tak, aby mohol manažovať prijímanú potravu tak, aby pre neho nepredstavovala riziko.

3 Využitie genetických technológií v analýze variability génov a ich expresie v potravinových zdrojoch rastlín

Jedným s významných alergénov v strednej Európe je hlavný alergén jabĺk – Mal d 1. Obsah Mal d 1 alergénov v jablkách je ovplyvňovaný nielen fyziologickým dozrievaním plodov na materskej rastline, ale aj v závislosti od podmienok skladovania (Matthes and Schmitz-Eiberger, 2009; Sancho et al., 2006, Schmitz-Eiberger and Matthes, 2011). Aktuálne je však v literatúre popísaných len pár štúdií o expresii Mal d 1 alergénov v šupkách a dužinách jabĺk. Marzban et al. (2005) uvádza ako odrodu s vysokým potenciálom tvorby alergénnych proteínov napríklad Golden Delicious.

Prístupom genetických technológií je možné analyzovať aktivitu génu pre tento alergén a získať tak primárnu informáciu o tom, ako výrazne sú v jednotlivých odrodách vytvárané jeho kópie, na základe ktorých sa tvorí alergénna bielkovina Mal d 1 (obrázok 2).



Obrázok 2 Zmena aktivity hlavného alergénu jabĺk, izoformy Mal d 1.03 pri dozrievaní.

4 Záver

Alergénna bezpečnosť potravín je významnou otázkou súčasného poľnohospodársko-potravinového komplexu, nakoľko výskyt potravinových alergí v populácii stále rastie. V tejto súvislosti je úlohou výskumu v oblasti rastlinných potravinových zdrojov zabezpečiť zisk základných poznatkov o podmienenosti tvorby alergénov v jednotlivých druhoch rastlinného pôvodu.

Poďakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a inovácie pre projekt: Podpora výskumných aktivít vo VC ABT, 313011T465, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja (50 %) a vďaka podpore 13-GA-SPU-2024Variabilita expresie génov v environmentálnej odpovedi rastlín na aplikáciu mikronutrientov (50 %).

Použitá literatúra

ŽIAROVSKÁ, J. - ZELEŇÁKOVÁ, L. 2017. Disproporcionalita poznatkov a praxe - zaostáva značenie rastlinných alergénov? In XLVII. *Lenfeldovy a Höklovy dny. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita*. s. 266-273. ISBN 978-80-7305-793-0.

SIEKIERZYNSKA, A. et al. 2021. Apple allergy: Causes and factors influencing fruits allergenic properties–Review. In *Clinical and translational allergy*. Vol. 11. Dostupné na: doi: 10.1002/clt2.12032

McQUARRIE, E.F. - MICK, D.G. 2003. Visual and verbal rhetorical figures under directed processing versus incidental exposure toadvertising. In *Journal of Consumer Research*. Vol. 29, s. 579-587.

HONEA, H. - HORSKY, S. 2012. The power of plain: Intensifying product experience with neutral aesthetic context. In *Market letters*. Vol. 23, s. 223-235.

FIOCCHI, A. - SAMPSON, H.A. - BAHNA, S.L. - LACK, G. 2011. Food Allergy. In *WAO White Book on Allergy*. Edited by Pawankar, R., Holgate, S.T., Canonica,G.W., Lee, A.J. et al. Food allergy in Asia: how does it compare? Asia Pacific Allergy 2013, s. 3-14.

ALLEN, K.J. et al. 2014. Precautionary labelling of foods for allergen content: are we ready for a global frame work? In *World Allergy Organization Journal.* Vol. 7, s. 10.

NWARU, B.I. et al. 2014. The EAACI Food Allergy & Anaphylaxis Guidelines Group: The epidemiology of food allergy in Europe: a systematic review and meta-analysis. In *Allergy.* Vol. 69, s. 62-75.

ŽIAROVSKÁ, J. et al. 2023. *Potravinové alergie: teoretické východiská a manažment rizika*. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 156 s. ISBN 978-80-552-2712-2.

MARZBAN, G. et al. 2005. Localisation and distribution of the major allergens in apple fruits. In *Plant Science*. Vol. 169, s. 387-394.

MATTHES, A. - SCHMITZ-EIBERGER, M. 2009. Apple (*Malus domestica* L. Borkh.) allergen Mal d 1: effect of cultivar, cultivation system, and storage conditions. In *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. Vol. 57, s. 10548-10553.

SANCHO, A.I. et al. 2006. Effect of postharvest storage on the expression of the apple allergen Mal d 1. In *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. Vol. 51, s. 5917-5923.

SCHMITZ-EIBERGER, M. - MATTHES, A. 2011. Effect of harvest maturity, duration of storage and shelf life of apples on the allergen Mal d 1, polyphenoloxidase activity and polyphenol content. In *Food Chemistry*. Vol. 127, s. 1459-1464.

Kontaktné údaje: Jana Žiarovská, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav rastlinných a environmentálnych vied, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, ✉ jana.ziarovska@uniag.sk

MOLEKULÁRNA DIAGNOSTIKA VÍRUSOVÝCH OCHORENÍ CESNAKU AKO NÁSTROJ EFEKTÍVNEJ KONTROLY SADBOVÉHO MATERIÁLU I PORASTOV

Molecular diagnosis of viral diseases of garlic as a tool for effective control of planting material and field planting

Jana ŽIAROVSKÁ, Lucia URBANOVÁ, Silvia FARKASOVÁ, Veronika FIALKOVÁ, Želmíra BALÁŽOVÁ, Veronika ŠTEFÚNOVÁ, Zdenka GÁLOVÁ
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

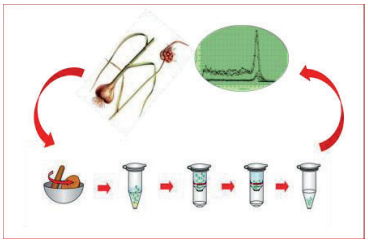
Vírusové ochorenia predstavujú pre pestovateľskú prax vážny problém, nakoľko sú neliečiteľné a spôsobujú značné straty. Účinná identifikácia vírsových častíc je dnes molekulárnymi metódami možná ešte pred nástupom príznakov, čo zodpovedá požiadavkám ich včasnej identifikácie v porastoch. Príspevok sumarizuje parametre real-time PCR detekcie vírusov cesnaku kuchynského - Leek yellow stripe virus (LYSV), Garlic common latent virus (GCLV), Onion yellow dwarf virus (OYDV) a Shallot latent virus (SLV) pri použití EliZyme Green Mix AddROX.

Kľúčové slová: vírusy, cesnak, real-time PCR

1 Úvod

Vírusové ochorenia rastlín sú považované za najškodlivejšie zo všetkých patogénov, nakoľko sú v poľných podmienkach neliečiteľné a pri vírusových infekciách sa výrazne narúša kvalita a kvantita produkcie. Infekcia rastlín vírusmi je podmienená narušením kutikuly a následným šírením sa vírusu plazmodezmami medzi bunkami rastliny, kedy pri systémovej infekcii sa vírus šíri do okolitých pletív a postupne do celej rastliny.

V prípade cesnaku kuchynského ako odozva na požiadavky praxe v oblasti včasnej identifikácie vírusových ochorení v prostredí SR a ČR vznikla spolupráca súkromného a univerzitného sektora v oblasti modernej, rýchlej a efektívnej na real-time PCR (obrázok 1) založenej identifikácie vírusových ochorení: Leek yellow stripe virus (LYSV), Garlic common latent virus (GCLV), Onion yellow dwarf virus (OYDV) a Shallot latent virus (SLV).



Obrázok 1 Princíp detekcie vírusových ochorení cesnaku metódou izolácie nukleových kyselín a real-time PCR / The principle of virus diseases detection of *Allium sativum* L. by nucleic acids extraction and real-time PCR

2 Materiál a metódy

Pred samotnou analýzou rastlinných vírusov bolo potrebné izolovať RNA zo vzoriek biologického materiálu. Molekuly celkovej RNA boli izolované a testované pomocou dvoch komerčne dostupných kitov RNeasy Mini Plant Kit (Qiagen) a GeneALL Ribospin Plant Kit (GeneAll) podľa odporúčaní výrobcom a ich celková kvantita a kvalita bolo vyhodnotená spektrofotometricky pri vlnovej dĺžke 260 nm ako pomer absorbancií 260/280 nm. Pre ďalšie analýzy boli použité vzorky s čistotou 1,8 – 2,2. Pre kontrolu intaktnosti molekúl RNA (28S a 18S rRNA) boli vzorky separované pomocou agarózovej gélovej elektroforézy na 2% agarózovom géli. Následne boli vzorky izolovanej RNA prepísané do cDNA pomocou komerčne dostupného kitu FIREScript RT cDNA Synthesis KIT (Solis BioDyne) podľa odporúčaného protokolu, kde do prepisu boli použité a testované oligo(dT) primery a

génovo-špecifické primery s 200 ng izolovanej RNA.Ako endogénna kontrolabola reakcii použitá lyáza cesnaku podľa autorov Haque a Hattori (2017). Na RT- PCR amplifikáciu produktov vymedzenými primérovými pármi boli uskutočnené pomocou komerčného kitu EliZyme Green Mix AddROX (Elisabeth Pharmacon) s využitím RT-PCR systému Stratagene Mx3005P qPCR System (Agilent).

3 Výsledky

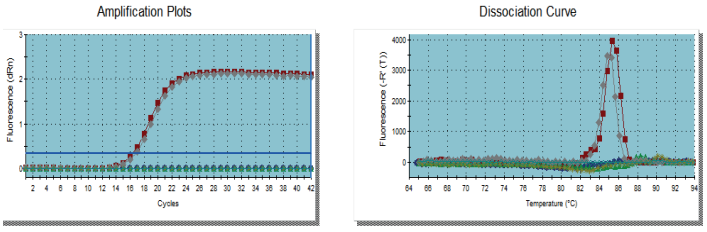
3.1 Detekcia Garlic common latent virus

Analýzu prítomnosti Garlic common latent virus v pletivách cesnaku je možné uskutočniť pomocou primérového páru uvedeného v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Primérový pár pre detekciu GCLV v pletivách cesnaku. / Primer pair for detection of GCLV in garlic tissues.

Primér	Sekvencia v smere 5´- 3´
priamy	GCACCAGTGGTTTGGAATGA
spätný	AGCACTCCTAGAACAACCATTA

Pozitívna identifikácia produktu RT-PCR pre Garlic common virus vykazuje disociačnú teplotu topenia amplikónu 85°C tak, ako je uvedené na obrázku 2.



Obrázok 2 Amplifikačná krivka a krivka teploty topenia pre PCR amplikóny GCLV. Červená šípka znázorňuje pozitívnu kontrolu a modrá šípka vzorku. / Amplification plots and dissociation curves of PCR amplicons of GCLV.

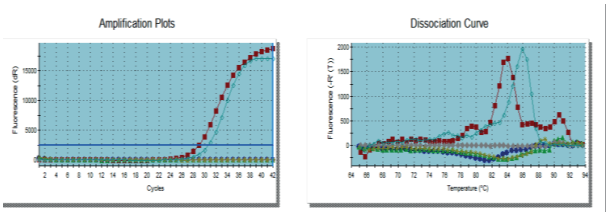
3.2 DetekciaLeek yellow stripe virus

Analýzu prítomnosti Leek yellow stripe virus v pletivách cesnaku je možné uskutočniť pomocou nasledovného primérového páru uvedeného v tabuľke 2.

Tabuľka 2 Primérový pár pre detekciu LYSV v pletivách cesnaku. / Primer pair for detection of LYSV in garlic tissues.

Primér	Sekvencia v smere 5´- 3´
priamy	TGCAGAACTGAGCATGGGTA
spätný	GTAAGGTTGGTTGTGCGTGT

Pozitívna identifikácia produktu RT-PCR pre Leek yellow stripe virus pomocou disociačnej teploty topenia amplikónu je uvedená na obrázku 3.



Obrázok 3 Amplifikačná krivka a krivka teploty topeniapre PCR amplikóny LYSV. Červená šípka znázorňuje pozitívnu kontrolu a modrá šípka vzorku. / Amplification plots and dissociation curves of PCR amplicons of LYSV.

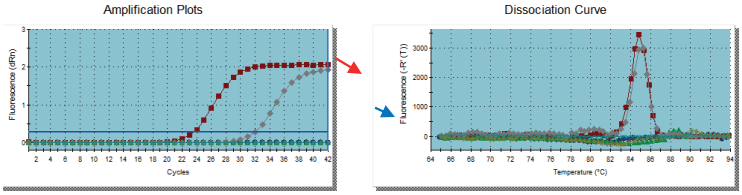
3.3 Detekcia Onion yellow dwarf virus

Analýzu prítomnosti Onion yellow dwarf virus v pletivách cesnaku je možné uskutočniť pomocou primérového páru uvedeného v tabuľke 3.

Tabuľka 3 Primérový pár pre detekciu OYDV v pletivách cesnaku./ Primer pair for detection of OYDV in garlic tissues.

Primér	Sekvencia v smere 5´- 3´
priamy	GAAGCCCACATGCAAATGAAG
spätný	CGCCACAACTAGTGGTACAC

Pozitívna identifikácia produktu RT-PCR pre OYDV pomocou disociačnej teploty topenia amplikónu je 84,5 °Ctak, ako je uvedené na obrázku 4.



Obrázok 4 Amplifikačná krivkaa krivka teploty topenia pre PCR amplikóny OYDV. Červená šípka znázorňuje pozitívnu kontrolu a modrá šípka vzorku. / Amplification plots and dissociation curves of PCR amplicons of OYDV. Red arrow stands for positive control and blue arrow stands for a sample.

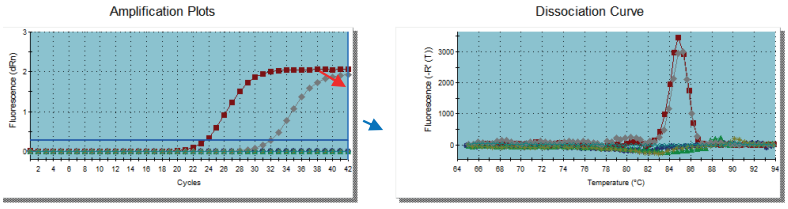
3.4 DetekciaShallot latent virus

Analýz u prítomnosti Shallot latent virus v pletivách cesnaku je možné uskutočniť pomocou primérového páru uvedeného v tabuľke 4.

Tabuľka 4 Primérový pár pre detekciu SLV v pletivách cesnaku. / Primer pair for detection of SLV in garlic tissues.

Primér	Sekvencia v smere 5´- 3´
priamy	GAAGCCCACATGCAAATGAAG
spätný	CGCCACAACTAGTGGTACAC

Pozitívna identifikácia produktu RT-PCR pre SLV pomocou disociačnej teploty topenia amplikónu 84,5 °C tak, ako je uvedené na obrázku 5.



Obrázok 5 Amplifikačná krivkaa krivka teploty topeniapre PCR amplikóny SLV. Červená šípka znázorňuje pozitívnu kontrolu a modrá šípka vzorku. / Amplification plots and dissociation curves of PCR amplicons of SLV. Red arrow stands for positive control and blue arrow stands for a sample.

Vírusové ochorenia cesnaku spôsobujú výrazné znižovanie úrod z jednotky pestovateľskej plochy (Yadav a Majumder 2019). GCLV je v literatúre spomínaný ako jeden z najčastejšie sa vyskytujúcich vírusov postihujúcich kultúry cesnaku (van Dijk 1993).LYSV je vírus, ktorý bol prvýkrát detegovaný v póre, celosvetovo však infikuje aj cesnak a cibuľu (Gawande et al. 2014). LYSV je bežne vyskytujúci sa v prírode vo vírusových komplexoch s inými cesnakovými vírusmi z rodov Potyvirus a Carlavirus (Barg et al. 1997).Vírus OYDV je rastlinný vírus z rodu Potyvirus , ktorý bol identifikovaný na celom svete. OYDV infikuje najmä druhy Allium, ako je cibuľa, cesnak a pór (Ward et al. 2009). Je známe, že vírusy z rodu Carlavirus v individuálnej infekcii sú zvyčajne bez príznakov, ale spolu s inými vírusmi ako sú LYSV a OYDV sa často podieľajú na „vírusovom komplexe cesnaku“, čo zvyšuje závažnosť infekcie (Fajardo et al. 2001).SLV bol prvýkrát detegovaný v Holandsku v roku 1975. Vírus bol identifikovaný v rastlinách šalotky, ktoré však nevykazovali žiadne vonkajšie príznaky infekcie.Od svojho objavu bol SLV hlásený v regiónoch po celom svete, kde sa pestuje šalotka (Abraham et al. 2019).

4 Záver

Z pohľadu plánovania produkcie cesnaku je vždy dôležité zhodnotiť aktuálny sanitárny stav lokality, a zvoliť adekvátne stratégie manažmentu a sanitácie pokiaľ ide o vírusové infekcie v regiónoch produkujúcich cesnak. Metódy molekulárnej idenfikácie sú v analýzach prítomnosti vírusových infekcií vysoko presným a efektívnym nástrojom.

Poďakovanie

Príspevok vznikol vďaka projektu - 304011X035: Příhraniční spolupráce sdílených laboratoří pro zlepšení konkurenceschopnosti českých a slovenských producentů zeleniny v rámci programu: Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika.

Použitá literatúra

ABRAHAM, A.D. - KIDANEMARIAM, D.B. - HOLTON, T.A. 2019. Molecular identification, incidence and phylogenetic analysis of seven viruses infecting garlic in Ethiopia. In *European Journal of Plant Pathology*.Vol. 155, s. 181.

BARG, E. - LESEMANN, D.E. - VETTEN, H.J. - GREEN, S.K. 1997. Viruses of alliums and their distribution in different allium crops and geographical regions. In *Acta Horticulturae*.Vol. 433, s. 607-616.

FAJARDO, T.V.M. - NISHIJIMA, M. - BUSO, J.A. et al. 2001. Garlic viral complex: identification of Potyviruses and Carlavirus in Central Brazil. In *Fitopatologia Brasileira*. Vol. 26, s. 619-626.

GAWANDE, S.J. - GURAV, V.S. - INGLE, A.A., GOPAL, J. 2014. First Report of Leek yellow stripe virus in *Allium sativum* in Western India. In *Plant Diseases*. Vol 98, p.1015.

HU, Van DIJK, P. 1993. Carlavirus isolates from cultivated Allium species represent three viruses. In *Netherlands Journal of Plant Pathology*.Vol. 99, s. 233-257.

WARD, L.I. - PEREZ-EGUSQUIZA, Z. - FLETCHER, J.D. - CLOVER, G.R.G. 2009. A survey of viral diseases of Allium crops in New Zealand. In *Australasian Plant Pathology*. Vol. 38, s. 533-539.

YADAV, V. - MAJUMDER, S. 2019. The first complete genome sequence of garlic common latent virus occurring in India. In *Virus Disease*. Vol. 30, s. 311.

Kontaktné údaje: Jana Žiarovská, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav rastlinných a environmentálnych vied, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, ✉ jana.ziarovska@uniag.sk

Živočíšna produkcia

MOŽNOSTI MINIMALIZÁCIE VÝSKYTU KANČIEHO PACHU V BRAVČOVOM MÄSE VYKRMOVANÝCH KANČEKOV
Possibilities of minimizing the occurrence of boar taint in pork from entire males

Ivan BAHELKA, Roman STUPKA, Jaroslav ČÍTEK
Česká zemědělská univerzita v Praze

Problematika chirurgickej kastrácie prasiat je v posledných rokoch jednou z hlavných tém rezonujúcich v oblasti chovu ošípaných a produkcie bravčového mäsa. Pod tlakom environmentálnych organizácií a rastúcich požiadaviek širokej verejnosti volajúcich po zlepšení životných podmienok hospodárskych zvierat, pristupujú mnohé členské krajiny EÚ k redukcii, resp. k úplnému zákazu chirurgickej kastrácie. Jej primárnym dôvodom je eliminácia nežiaduceho kančieho pachu. Predmetný článok pojednáva o podstate a príčinách kančieho pachu, všíma si súčasnú situáciu ohľadne produkcie nekastrovaných kančekov v niektorých európskych krajinách ako aj možnosti redukcie, resp. eliminácie kančieho pachu vo svetle nových poznatkov.

Kľúčové slová: kančí pach, kančeky, androstenon, skatol

1 Úvod

Primárnym dôvodom kastrácie prasiat je zamedzenie vzniku kančieho pachu, ktorý sa vytvára u pohlavne dospievajúcich kančekov, a je nežiadúci z pohľadu konzumenta, spracovateľa i obchodu. Ďalším dôvodom je skľudnenie zvierat, nedochádza k agresívnemu správaniu vedúcemu k poraneniam. Na druhej strane má kastrácia negatívny dopad na intenzitu rastu, konverziu krmiva a podiel mäsa v jatočnom tele bravcov v porovnaní s kancami.

V roku 2010 sa zišli zástupcovia chovateľov, mäsového priemyslu, obchodu, veterinárnych služieb, ochranárskych organizácií, hlavne zo západnej Európy, a dohodli sa na (zatiaľ) dobrovoľnom ukončení chirurgickej kastrácie v chovoch ošípaných. Pôvodný zámer dosiahnuť tento cieľ k 1. januáru 2018 sa síce nepodarilo splniť, je však presvedčenie, že k nemu dôjde v blízkej budúcnosti. K tomuto zámeru dospela Európska komisia po naliehaní organizácií, zaoberajúcich sa právami zvierat a následne aj širokej verejnosti, požadujúcej zlepšenie ich životných podmienok.

Všetky zainteresované strany preto intenzívne hľadajú možnosti ako nahradiť súčasnú chirurgickú kastráciu, čiže výkrm bravcov. Na tomto mieste treba povedať, že v súčasnej dobe sú reálne k dispozícii dve možné alternatívy k chovu chirurgických kastrátov, a to výkrm imunologicky kastrovaných a nekastrovaných (tzv. intaktných) kančekov. Niektoré európske krajiny (Nórsko, Švajčiarsko, Holandsko) už zakázali chirurgickú kastráciu bez anestézie a na produkciu bravčového mäsa využívajú výkrm kančekov alebo imunologickú kastráciu.

2 Podstata kančieho pachu

Kančí pach je nežiaduci zápach uvoľňujúci sa počas tepelnej úpravy mäsa pochádzajúceho z pohlavne dospelých kancov. Pri bežných porážkových hmotnostiach (115 – 120 kg) je výskyt kančieho pachu veľmi variabilný a pohybuje sa v rozpätí 10 – 75 %. Z dôvodu vysokej individuálnej variability výskytu kančieho pachu u jednotlivých zvierat, rozdielnej vnímavosti ľudskej populácie a rozmanitosti kulinárskej úpravy v jednotlivých krajinách, môže byť akceptovateľnosť kančieho mäsa širokou verejnosťou veľmi rozdielna (Malmfors a Lundström, 1983).

Za prejav kančieho pachu sú primárne zodpovedné dve zložky – androstenon a skatol (Patterson, 1968; Vold, 1970; Walstra a Maarse, 1970). Neskoršie štúdie preukázali, že aj

ďalšie zlúčeniny môžu prispieť k nežiaducemu pachu kančieho mäsa – indol (Moos a kol., 1983), androstenol a ďalšie 16-androstény (García-Regueiro a Diaz, 1989; Gibis, 1994), mastné kyseliny s krátkym reťazcom (Angel Rius a kol., 2005) atď., avšak rozhodujúci podiel majú androstenon a skatol. Obe tieto zložky sú ovplyvnené genetickými faktormi a sú tiež zrejmé rozdiely v koncentrácii oboch zložiek v rámci jednotlivých plemien (Squires, 2006). Oskam a kol. (2010) nachádzajú rozdielne koncentrácie zložiek kančieho pachu medzi čistokrvnými plemenami Landrace (L) a Duroc (D). Nie je možné ani vylúčiť možné odchýlky medzi hybridnými kombináciami (Chen a kol., 2007). Vďaka tomu je možné uvažovať o minimalizácii až eliminácii nepríjemného kančieho pachu využitím genetickej selekcie (Varona a kol., 2005).

V posledných rokoch je venované značné úsilie minimalizovať výskyt oboch zložiek v bravčovom mäse. Jednou z ciest je práve identifikácia chromozómových oblastí, kandidátnych génov a mutácií (SNP) asociovaných s hladinami androstenónu a skatolu u komerčných populácií ošípaných (kančekov). Identifikácia vhodných SNP, spôsobujúcich kančí pach, by mohla urýchliť jeho odstránenie v rámci šľachtiteľskej práce v chovoch, a tým odstrániť potrebu kastrácie kančekov (Duijvesteijn a kol., 2010). Redukcia kančieho pachu pomocou genetickej selekcie sa javí ako sľubné riešenie, pretože koncentrácie jeho zložiek vykazujú strednú až vysokú dedivosť (Robic a kol. 2008; Grindflek a kol. 2011; Strathe a kol. 2013). Heritabilita hladiny androstenónu, respektíve skatolu sa pohybuje v intervale 0,25 – 0,87 (Oskam a kol. 2010), respektíve 0,19 – 0,54 (Robic a kol. 2008). Znamená to, že v populácii ošípaných sa vyskytujú jedince s rôzne vysokým potenciálom pre tvorbu vyššie uvedených zložiek (Oskam a kol. 2010). Tajet a kol. (2006) uvádza pozitívnu genetickú koreláciu medzi hladinami skatolu a androstenónu (0,36 - 0,62).

3 Možnosti minimalizácie, resp. eliminácie kančieho pachu

3.1 Zníženie porážkovej hmotnosti

Treba podotknúť, že zníženie porážkovej hmotnosti redukuje, ale neeliminuje úplne problém s kančím pachom. Príčinou je vysoká individuálna variabilita pohlavného dospievania kančekov, ako aj vplyv plemena. Walstra a kol. (1999) zistili, že korelácie medzi androstenónom, skatolom a hmotnosťou JUT sú veľmi nízke (r = 0,1).

3.2 Úprava chovateľských podmienok

Hlavnou zásadou je udržanie čistoty v kotercoch. V tomto ohľade zohráva kľúčovú úlohu použitá technológia v chove.

3.3 Organizácia chovu

Oddeleným výkrmom pohlavia, teda prasničiek a kančekov samostatne, sa zníži úroveň kančieho pachu, pretože prasničky svojou prítomnosťou urýchľujú nástup puberty a stimulujú tvorbu pohlavných hormónov (Pulkrábek a kol., 2005).

V mnohých experimentoch sa dokázalo, že pri výkrme kančekov systémom birth to slaughter (skupina od narodenia až do porážky), došlo k zníženiu hladiny androstenónu.

3.4 Vakcinácia (imunologická kastrácia, imunokastrácia)

Imunokastrácia (imunizácia proti GnRH) bola vyvinutá v 70. rokoch 20. storočia, ako potenciálna metóda, vedúca k vyradeniu reprodukčného systému zvierat, či už z praktických, alebo klinických dôvodov. Táto metóda je založená na princípe účinku protilátky proti GnRH, ktorý stimuluje tvorbu gonadotropínov (FSH, LH) v hypofýze. Aplikácia prípravku (Improvac) spočíva v 2 dávkach v rozmedzí cca 4 týždňov. Prvá dávka sa aplikuje kančekom najskôr vo veku 8 týždňov, druhá potom najneskôr 4-6 týždňov pred porážkou. Protilátky sa naviažu na GnRH, čím ho inaktivujú. V dôsledku toho dôjde k redukcii semenníkov, čo sa prejaví znížením tvorby androstenónu.

Imunokastrácia sa používa v chovoch ošípaných už mnoho rokov v Austrálii, USA, na Novom Zélande.

3.5 Sexácia spermií

Metóda zahŕňa riedenie semena, farbenie spermií, identifikáciu spermií s X a Y chromozómami, triedenie a skladovanie spermií s X chromozómom. Pre využitie v chovateľskej praxi je potrebné významne zredukovať množstvo spermií na inseminációu, a to zatiaľ žiadna zo súčasných technológií nedokáže. Navyše, metóda je aj časovo veľmi náročná, čo zvyšuje cenu inseminácie (Kyriazakis, Whittemore, 2006). V podstate to znamená, že je v súčasnosti v praktických podmienkach nerealizovateľná.

3.6 Genetická selekcia

Z vyššie uvedených poznatkov vyplýva, že selekcia pomocou vybraných génov môže byť vhodným riešením. Ale aj to má svoje riziká.

V tomto ohľade bolo identifikovaných niekoľko potenciálnych kandidátnych génov, ktoré by svojím pôsobením mohli ovplyvňovať hladiny androstenónu v tukovom tkanive ošípaných (CYP11A1, CYB5A, CYP17A1, HSD3B1, SULT2A1, SULT2B1). U všetkých uvedených génov bolo preukázaných viac mutácií (SNP), ktoré môžu mať vplyv na úroveň androstenónu v organizme kancov. V prípade niekoľkých z nich bol síce preukázaný jasný vplyv na tieto hladiny a boli odhalené mutácie, ktoré môžu znižovať alebo naopak zvyšovať expresiu týchto génov, ale vplyv týchto mutácií nebol ešte jednoznačne potvrdený. Príkladom je v géne SULT1A1 substitúcia (A→G) v nukleotide 546 popísaná Lin a kol. (2004). Pri overovaní Skinner a kol. (2006) nebola táto mutácia nájdená. Niekoľko štúdií popisuje aj vzájomný vplyv niekoľkých génov medzi sebou. Billen a Squires (2009) popisujú vplyv CYB5 na CYP 17 a následne na hladinu androstenónu. Existujú aj dôkazy pre priamy alebo nepriamy vplyv niektorých génov (CYB5, HSD3B) na obe hlavné zložky kančieho pachu. Gén CYB5A sa podieľa na syntéze androstenónu, zároveň zasahuje do metabolizmu skatolu.

Z uvedeného vyplýva, že kančí pach je ovplyvnený väčším množstvom génov, ktoré na seba vzájomne pôsobia. Výsledky sa môžu líšiť aj vo vzťahu k plemenu, či hybridnej kombinácii, čo je tiež nutné brať do úvahy.

Vzhľadom na to, že lokusy pre jednotlivé gény sa nachádzajú v miestach, kde sú lokalizované gény pre syntézu pohlavných hormónov, ako je testosterón, musí sa brať do úvahy aj vplyv spomínaných génov na plodnosť ošípaných. Niektoré práce uvádzajú možné negatívne dôsledky tak na plodnosť kancov, ako aj na plodnosť prasníc (Frieden a kol., 2011; Sellier a kol., 2000; Tajet a kol., 2006; Zamaratskaia a kol., 2005). Negatívne pôsobenie týchto génov sa môže prejaviť aj v oblasti produkčných vlastností ošípaných. V dôsledku nízkych hladín androstenónu by mohlo dôjsť k zhoršeniu parametrov výkrmnosti a jatočnej hodnoty (Grindflek, 2010). Vhodné je preto vyberať tie SNP, ktoré znížia hladiny androstenónu a skatolu a neovplyvnia parametre úžitkovosti (Moe a kol., 2009). Rovnako Chen a kol. (2007) sú toho názoru, že pri výbere potenciálnych kandidátnych génov, ovplyvňujúcich hladiny androstenónu a skatolu, je dôležité brať do úvahy ich účinok na iné gény.

3.7 Modifikácia výživy a kŕmne aditíva

Štúdie preukázali, že čakanka ovplyvňuje expresiu cytochrómu P450. Vedci tak došli k predpokladu, že zvieratá kŕmené diétou s prídavkom čakanky, budú mať nižšie hladiny steroidov a vyššiu expresiu enzýmov, ktoré sa podieľajú na ich metabolizme. U androstenónu sa potom zistilo, ako ovplyvniť jeho metabolizmus a pôsobiť pomocou výživy na 3β-hydroxysteroid dehydrogenázu (3β-HSD), ktorá je enzýmom podieľajúcim sa na metabolizme steroidných hormónov (Rasmussen a kol., 2012). Následná štúdia preukázala, že u zvierat, ktorým boli počas 16 dní pred porážkou skrmované úsušky čakanky, mali štatisticky preukázateľne nižší obsah androstenónu v podkožnom tuku, pričom tieto zvieratá mali zvýšenú expresiu mRNA a proteínu 3β-HSD (Rasmussen a kol., 2012). V jednej zo štúdií boli testované sekundárne metabolity z koreňa čakanky, konkrétne lacticín, esculetín a esculín. Táto štúdia sa potom, rovnako ako v prípade štúdie týkajúcej sa skatolu, zaoberala pôsobením jednotlivých metabolitov na xenobiotické receptory (AhR, CAR, PXR), majúce vplyv na expresiu enzýmov podieľajúcich sa na metabolizme androstenónu. Zistilo sa, že lacticín zvyšuje expresiu mRNA 3β-HSD a SULT2A1 až o 200 % v porovnaní s kontrolnou

skupinou. Oproti tomu celkový extrakt koreňa čakanky znížil expresiu oboch týchto enzýmov podieľajúcich sa na metabolizme androstenónu. Záverom teda možno konštatovať, že génová expresia týchto enzýmov je riadená sekundárnymi metabolitmi rastlín komplexne (Rasmussen a kol., 2014).

Okrem čakanky a jej výťažkov bol sledovaný vplyv zemiakového škrobu v diéte ošípaných. Bolo zistené, že pri skrmovaní zemiakového škrobu počas 14 dní dochádza k preukázateľnému zníženiu obsahu androstenónu v tuku, pričom s najväčšou pravdepodobnosťou zrýchľuje metabolizmus androstenónu v pečeni a následne je redukované jeho množstvo v podkožnom tuku (Chen a kol., 2007).

V poslednej dobe sa intenzívne experimentovalo s využitím prídavku tzv. hydrolyzovateľných tanínov, teda prírodných látok, hojne sa vyskytujúcich v kôre, plodoch, listoch a koreňoch rastlín z čeľade bukovitých, ružovitých, bôbovitých, vŕbovitých. Okrem preukázanej výraznej redukcie skatolu, niektoré práce zistili aj tendenciu zníženia koncentrácií androstenónu.

4 Záver

Výrazný pokrok v oblasti genetiky, genomiky, proteomiky i výživy poskytuje nové, v nedávnom období ešte netušené, možnosti pri riešení tohto problému. Aj keď sa zdalo, že androstenón je možné ovplyvniť v podstate len genetikou a skatol iba nutričnými manipuláciami a kŕmnymi aditívami, tak nové poznatky vo vyššie spomínaných vedných odboroch zásadne menia celkový pohľad na túto vžitú predstavu. V neposlednom rade sú tieto nové zistenia prísľubom a nádejou do blízkej budúcnosti, že sa chov ošípaných v Európe vyrovná aj s ukončením chirurgickej kastrácie a aspoň si udrží, ak nie zlepší, doterajšie postavenie v rámci živočíšnej produkcie, respektíve celého agrosektora.

Použitá literatúra je k dispozícii u autorov príspevku.

Kontaktné údaje: Ivan Bahelka, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha – Suchdol, Česká republika, bahelka@af.czu.cz

POROVNANIE NUTRIČNÉHO ZLOŽENIA MÄSA PLEMENA BIELA UŠĽACHTILÁ S KRÍŽENCAMI BIELA UŠĽACHTILÁ A MANGALICA

Comparison of the nutritional composition of pork between breed Large White and crossbreeds Mangalica and Large White

Ondřej BUČKO[1], Ivan BAHELKA[2], Klára VAVRIŠÍNOVÁ[1]
[1] *Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika*
[2] *Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká republika*

Záujem súkromne hospodáriacich roľníkov a drobnochovateľov o kríženc plemena Mangalica narastá najmä kvôli unikátnym vlastnostiam ich mäsa, ako je vyšší obsah intramuskulárneho tuku a priaznivý profil mastných kyselín, čo sa odráža aj v chuťových vlastnostiach a textúre. Do našej porovnávacej štúdie sme zaradili 50 ks ošípaných plemena LW vyrovnaného pohlavia 25 ks bravcov a 25 ks prasničiek a 35 ks ošípaných LWxMG, z čoho bolo 16 ks bravcov a 19 ks prasničiek. Všetky ošípané boli kŕmené rovnakými kŕmnymi zmesami. Po dosiahnutí hmotnosti 100 kg sa ošípané odporazili. Počas disekcie jatočne opracovaných tiel ošípaných sa uskutočnil odber vzoriek MLD o hmotnosti 100 g na úrovni predposledného a posledného hrudného stavca. Samotná analýza svalového homogenátu (100 g) sa uskutočnila metódou FT IR prístrojom Nicolet 6700. Zistili sme pomerne rovnaké zloženie bravčového mäsa čo sa týka základných nutričných parametrov medzi mäsom čistokrvných ošípaných LW porovnavaných s mäsom kríženc LWxMG.V obsahu cholesterolu sme namerali vyšší obsah pri skupine kríženc LWxMG. Zaznamenali sme aj vyšší podiel PUFA v mäse kríženc LWxMG, čo sa potvrdilo aj vo vyššom obsahu omega 3 a omega 6 mastných kyselív v mäse kríženc LWxMG.

Kľúčové slová: mangalica, large white, pig, meat quality

1 Úvod a prehľad literatúry

Chov Mangalice je oblasťou, ktorá v posledných rokoch vzbudzuje stále väčšiu pozornosť v oblasti produkcie mäsa pre výrobu špecifických mäsových produktov. Toto plemeno, je známe svojou predispozíciou, prejavujúcou sa predovšetkým tvorbou mäsa s vysokým obsahom intramuskulárneho tuku a unikátnym profilom mastných kyselín. Na základe týchto vlastností je toto plemeno predurčené pre produkciu mäsa určeného predovšetkým pre výrobu gurmánskych špecialít s výnimočnou chuťou, ktoré sa svojou senzorikou líšia od bežných mäsových výrobkov. Pre lepšie pochopenie tejto témy je dôležité preskúmať rôzne aspekty spojené s nutričnou hodnotou tohto mäsa, ako sú obsah tukov, bielkovín, vody a obsah skupín mastných kyselín. Záujem o kríženc s plemenom Mangalica narastá najmä kvôli unikátnym vlastnostiam tohto plemena, ako je vyšší obsah intramuskulárneho tuku a priaznivý profil mastných kyselín.

1.1 Nutričný profil, obsah tuku a profil mastných kyselín

Kríženci s plemenom Mangalica sa vyznačujú vyšším obsahom intramuskulárneho tuku v porovnaní s plemenami výrazne mäsového typu, čo sa odráža v ich chuťových vlastnostiach a textúre mäsa. Mäso z krížencov Mangalice má vyššiu šťavnatosť a jemnosť, čo je často pripisované zvýšenému obsahu tukov (Jiménez-Colmenero et al., 2010). Naopak, komerčné hybridy sú selektované pre nižší obsah tuku, čo vedie k chudšiemu mäsu čo môže znižovať jeho senzorické vlastnosti (Franci et al., 2005). Výrazným rozdielom medzi mäsom krížencov Mangalica a komerčných hybridov je profil mastných kyselín. Podľa Franci et al. (2005), mäso tohto plemena obsahuje významný podiel mononenasýtených mastných kyselín (MUFA), najmä kyseliny olejovej (C18:1), ktorá je známa svojimi pozitívnymi účinkami na ľudské zdravie. Výskum tiež naznačuje, že tento typ mäsa má vyšší podiel omega-3 a

omega-6 mastných kyselín, čo prispieva k jeho zdravotným benefitom (Enser et al., 1996).

Naopak mäso komerčných hybridov má vyšší podiel nasýtených mastných kyselín (SFA), čo môže mať menej priaznivý dopad na kardiovaskulárne zdravie (Wood et al., 2004).

1.2 Vplyv genetiky a chovu

Genetické faktory a spôsob chovu výrazne ovplyvňujú nutričné zloženie mäsa. Kríženci Mangalice, ktorí sú chovaní v systémoch s prístupom k pastve a prirodzenej strave, majú lepší profil mastných kyselín a vyšší obsah vitamínov a minerálov v porovnaní s komerčnými hybridmi, ktoré sú často chované v intenzívnych systémoch (Pugliese a Sirtori, 2012).

1.3 Porovnanie s komerčnými hybridmi

Celkové porovnanie ukazuje, že mäso krížencov s plemenom Mangalica má často vyšší obsah tukov, lepší profil mastných kyselín a vyššiu koncentráciu vitamínov a minerálov, čo z neho robí atraktívny produkt pre spotrebiteľov zameraných na kvalitné potraviny (Scollan et al., 2006). Komerčné hybridy sú však stále preferované pre svoju nižšiu cenu a vyššiu efektivitu produkcie (Corino et al., 2008).

2 Materiál a metódy

2.1 Charakteristika biologického materiálu

Do pokusu sme zaradili 50 ks ošípaných plemena LW vyrovnaného pohlavia 25 ks bravcov a 25 ks prasničiek a 35 ks ošípaných LWxMG z čoho bolo 16 ks bravcov a 19 ks prasničiek. Všetky ošípané boli kŕmené rovnakými kŕmnymi zmesami. Od 30 do 50 kg živej hmotnosti bola použitá kompletná kŕmna zmes s označením OŠ-03. V druhej fáze rastu sme použili kompletnú kŕmnu zmes OŠ-04 od 50 do 70 kg živej hmotnosti a v závere výkrmu od 70 do 100 kg živej hmotnosti sme použili kompletnú kŕmnu zmes OŠ-05. Po dosiahnutí hmotnosti 100 kg sa ošípané po 12 hodinovom lačnení odporazili. Po 24 hodinovom uskladnení, pri teplote 4-6 °C, boli jatočne opracované telá ošípaných rozrobené na jednotlivé jatočné časti. Počas disekcie jatočne opracovaných tiel ošípaných sa uskutočnil odber vzoriek priečne pruhovanej svaloviny z MLD pre stanovenie chemického zloženia a analýzy mastných kyselín. Za týmto účelom boli odobrané vzorky MLD o hmotnosti 100 g na úrovni predposledného a posledného hrudného stavca z pravej jatočnej polovičky.

2.2 Metodológia stanovenia parametrov a použité prístroje

Ukazovatele chemického zloženia mäsa v musculus longisimus dorsi sme stanovili zo vzorky svalového homogenátu (100 g) metódou FT IR prístrojom Nicolet 6700. Samotná analýza infračerveného spektra svalového homogenátu bola vykonaná metódou molekulárnej spektroskopie.

3 Výsledky a diskusia

V našom porovnaní sme zistili vyrovnaný obsh vody v mäse porovnávaných genotypov ošípaných v roznedzí od 72,7 % do 73,5 %. V obsahu bielkovín sme zaznamenali približne o 1 % vyšší obsah pri krížencoch plemena LWxMG v porovnaní s bielkovinami v mäse ošípaných plemena LW. Obsah intramuskulárneho tuku bol v našej štúdii približne vyrovnaný na úrovni 1,5% medzi porovnávanými genotypmy s výnimkou čistokrvných bravcov plemena LW kde sme zistili najvyššiu hodnotu IMT na úrovni 2,08 %.

Obsah cholesterolu sme zistili vyžší v skupine krížencov LWxMG na úrovni 0,41g.kg^{-1} v porovnaní s mäsom ošípaných plemena LW.

Obsah nasýtených mastných kyselín sme zistili vyžší v skupine čistokrvných ošípaných LW v rozpätí 37,9 -38,2 g.100g^{-1} FAME v porovnaní s krížencami LWxMG, u ktorých sme v mäse namerali hodnotu v rozmedzí 36,1-36,2 g.100g^{-1} FAME. Podobne aj v obsahu mononenasýtených mastných kyselín sme namerali vyžšie hodnoty pri mäse čistokrvných ošípaných LW v rozmedzí 52,9-53,5 g.100g^{-1} FAME v porovnaní s krížencami LWxMG, kde sme nižší obsah MUFA na úrovni 50,0-50,3 g.100g^{-1} FAME.

Tabuľka 1 Porovnanie nutričného zloženia mäsa plemena biela ušľachtilá s krížencami biela ušľachtilá a mangalica. / Comparison of the nutritional composition of pork between breed Large White and crossbreeds Mangalica and Large White

Ukazovateľ		LW bravce	LW prasničky	LWxMG bravce	LWxMG prasničky
	n	25	25	16	19
Celkový obsah vody v MLT g.100g^{-1}	$\bar{x}$	72,951	73,541	72,701	72,954
	s	0,591	0,388	0,854	0,655
Celkový obsah bielkovýn v MLT g.100g^{-1}	$\bar{x}$	23,370	23,564	24,636	24,560
	s	0,618	0,426	0,463	0,417
Obsah intramuskulárneho tuku v MLT g.100g^{-1}	$\bar{x}$	2,078	1,402	1,533	1,630
	s	0,883	0,475	0,517	0,608
Obsah cholesterolu v MLT g.kg^{-1}	$\bar{x}$	0,310	0,276	0,413	0,412
	s	0,122	0,114	0,062	0,082
Obsah nasýtených mastných kyselín v MLT g.100g^{-1} FAME	$\bar{x}$	37,853	38,216	36,164	36,241
	s	1,801	1,550	1,045	0,876
Obsah mononenasýtených mastných kyselín v MLT g.100g^{-1} FAME	$\bar{x}$	53,516	52,873	50,319	50,024
	s	2,750	2,666	1,135	1,242
Obsah polynenasýtených mastných kyselín v MLT g.100g^{-1} FAME	$\bar{x}$	8,107	8,949	12,806	12,590
	s	2,282	1,696	0,699	0,710
Obsah 3Ω polynenasýtených mastných kyselín v MLT g.100g^{-1} FAME	$\bar{x}$	0,486	0,501	0,576	0,603
	s	0,108	0,087	0,047	0,046
Obsah 6Ω polynenasýtených mastných kyselín v MLT g.100g^{-1} FAME	$\bar{x}$	7,410	8,346	11,240	11,368
	s	2,392	1,870	0,803	0,713

V obsahu polynenasýtených mastných kyselín sme zaznamenali medzi porovnávanými genotypmi najvýraznejší rozdiel pričom nižší obsah PUFA bol nameraný v mäse čistokrvných ošípaných plemena LW v rozpätí 8,1-8,9 g.100g^{-1} FAME v porovnaní so skupinov krížencov LWxMG kde sme v mäse zistili hodnotu PUFA v rozpätí 12,6-12,8 g.100g^{-1} FAME. Táto zistená skutočnosť sa potvrdila aj v obsahu omega 3 a omega 6 mastných kyselín pričom ich obsah sme zistili vyžší v mäse krížencov LWxMG v porovnaní s mäsom čistokrvných ošípaných LW.

4 Záver

V našej porovnávacej štúdii sme zistili pomerne rovnaké zloženie bravčového mäsa čo sa týka základných nutričných parametrov medzi mäsom čistokrvných ošípaných LW

porovnavaných s mäsom krížencov LWxMG. Mierny rozdiel sme zaznamenali v obsahu cholesterolu, pričom jeho vyžší obsah sme zistili pri skupine krížencov LWxMG. V zhode s konštatovaniami s výsledkami publikovanými v literatúre sme zaznamenali vyžší podiel PUFA v mäse krížencov LWxMG, čo sa potvrdilo aj vo vyžšom obsahu omega 3 a omega 6 mastných kyselív v mäse krížencov LWxMG v porovnaní s mäsom čistokrvných ošípaných LW.

Poďakovanie

Práca vznikla za podpory projektu VEGA 1/0572/22 a APVV-23-0077

Použitá literatúra

Cameron, N. D., & Enser, M. (1991). Fatty acid composition of lipid in longissimus dorsi muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality. Meat Science, 29(4), 295-307. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/030917409190009F?via%3Dihub

Corino, C., Rossi, R., Cannata, S., & Ratti, S. (2014). Effect of dietary linseed on the nutritional value and quality of pork and pork products: systematic review and meta-analysis. *Meat Science*, 80(4), 679-685. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174014002198?via%3Dihub

Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G. A., & Wood, J. D. (1996). Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science*, 42(4), 443-456. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0309174095000372?via%3Dihub

Franci, O., Pugliese, C., Acciaioli, A., Bozzi, R., Campodoni, G., & Gandini, G. (2005). Performance of Cinta Senese and commercial crossbred pigs. 1. Muscle and subcutaneous fat characteristics. *Meat Science*, 69(3), 545-550. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174004002554?via%3Dihub

Jiménez-Colmenero, F., Ventanas, J., & Toldrá, F. (2010). Nutritional composition of dry-cured ham and its role in a healthy diet. *Meat Science*, 84(4), 585-593. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174009003490?via%3Dihub

Pugliese, C., & Sirtori, F. (2012). Quality of meat and meat products produced from southern European pig breeds. *Meat Science*, 90(3), 511-518. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030917401100324X?via%3Dihub

Scollan, N., Hocquette, J. F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., & Moloney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74(1), 17-33. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174006001409?via%3Dihub

Warnants, N., Van Oeckel, M. J., & Boucqué, C. V. (1998). Effect of incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork backfat on the quality of salami. *Meat Science*, 49(4), 435-445. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174098000114?via%3Dihub

Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., ... & Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78(4), 343-358. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174007002525

Kontaktné údaje: doc. Ing. Ondřej Bučko, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Trieda Andreja Hlinku 2, ondrej.bucko@uniag.sk.

PROBLEMATIKA PASTIERSKÝCH PSOV NA SLOVENSKU
The issue of herding dogs in Slovakia

Veronika FIKOVÁ[1], Martin FIK[2]
[1]*Border collie club Slovakia, Slovenská republika*
[2]*Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika*

Pastierske psy patria do skupín psov, ktoré sú vycvičené na pasenie, alebo patria k plemenám, ktoré majú tieto vlastnosti vrodené. V rámci agrárneho sektoru využívame pri hospodárskych zvieratách hlavne vlastnosti psov, ktoré nám pomáhajú pri rôznych pracovných operáciách so zvieratami a nahrádzajú tak ľudskú pracovnú silu. Patrí tu pasenie stáda, stráženie stáda a hnanie stáda. Vo všetkých prípadoch ide o potlačené lovecké vlastnosti, so snahou nahnať zvieratá pred ALFA jedinca, ktorého predstavuje človek. Vlohové vlastnosti sú podmienené geneticky ich fenotypová manifestácia si vyžaduje správny postup prebudenia. Testovanie týchto vrodených vlastností sa realizuje v rámci skúšok NHAT - FCI test prirodzených vlôh k paseniu. Skúška pracovných vlastností - HWT (Herding Working Test) je skúška, pri ktorej psovod už musí preukázať, že so psom dokážu regulovať a usmerňovať pohyb malého stáda oviec. Naša legislatíva síce pojednáva o využití psov pri chove oviec, no nevyžaduje pre výkon práce testovanie psov. Testovanie psov a zloženie skúšok ma skôr športový charakter ako ich pracovné využitie v tomto sektore kynológie. Realitou na Slovensku je, že v súčasnosti na Slovensku nemáme žiadneho rozhodcu pre posudzovanie skúšok NHAT a HWT. Táto situácia sa aktuálne rieši so zastrešujúcou organizáciou v rámci riadeného chovu psov na Slovensku.

Kľúčové slová: pasenie, pastierské psy, kynológia, HWT

1 Úvod

Pastierske správanie pri psoch je modifikované predátorské správanie. Selektívnym šľachtením sa podarilo minimalizovať prirodzený sklon pri psoch považovať hospodárske zvieratá za potencionálnu korisť, no zároveň zachovať niektoré lovecké vlastnosti voči dravej zveri, čím vznikol veľmi efektívny pastiersky pes.
Pastierske psy patria do skupín psov, ktoré sú vycvičené na pasenie, alebo patria k plemenám, ktoré majú tieto vlastnosti vrodené (Priceová, 2014).

2 Charakteristika pracovných vlastností

V rámci agrárneho sektoru využívame pri hospodárskych zvieratách hlavne vlastnosti psov, ktoré nám pomáhajú pri rôznych pracovných operáciách so zvieratami a nahrádzajú tak ľudskú pracovnú silu. Patrí tu :

- Pasenie stáda, hovoríme o pastierských psoch.
- Stráženie stáda, hovoríme o ovčiarských psoch.
- Hnanie stáda, tu využívame dobytkárske psy.

Vo všetkých prípadoch ide o potlačené lovecké vlastnosti, so snahou nahnať zvieratá pred ALFA jedinca , podobne ako je to pri love vlkov. ALFA jedinca predstavuje človek (psovod). Posledná fáza lovu – usmrtenie koristi je pri týchto psoch potlačená. Občas sa pri niektorých jedincoch objaví. Je nežiadúca. Slabší prejav tejto vlastností je možné potlačiť výcvikom. Takéto jedince by sa nemali využívať v reprodukcii. Vlohové vlastnosti sú podmienené geneticky. Aj pri jedincoch s predpokladom perfektných genetických vlastností je potrebné ich prebúdzať správnymi podnetmi. Samotné prebúdzanie týchto vlastností závisí od mnohých ďalších faktorov. Ovplyvňujú to hlavne: povahové vlastností, skúsenosti

tak pozitívne ako aj negatívne, socializácia, správne navrhnutý plán výcviku, výcviková zrelosť a tá je ovplyvnená mnohými ďalšími faktormi a to hlavne zdravotným stavom, výživou, dostatkom podnetov a podobne. Pri strážení stáda využívame vrodené vlastností ovčiarskych psov. Hlavne takzvanej odvahy alebo ostrosti, čiže agresivite voči dravej zveri. V mnohých krajinách je to súčasnosti hlavne voči medveďom, vlkom, rysom a krkavcom. V neposlednom rade strážne psy predstavujú aj ochranu voči zlodejom zvierat a majetku. Prax ukázala, že v súčasnosti sa najviac osvedčili psy, ktoré sa pohybujú v stáde voľne, stádo je na tieto psy zvyknuté a v prípade prítomnosti dravej zveri bezprostredne reagujú. V posledných rokoch okrem veľkých šeliem v ovčiarstve problémy robia aj krkavcovité vtáky (najmä krkavec), ktoré dokážu po okotení ovce zabiť jahňa, alebo aj poškodiť dospelé ovce napríklad vykľatím oka.

Hnanie stáda je regulácia pohybu stádových zvierat. Pre chov hospodárskych zvierat v niektorých krajinách je typické preháňanie početných stád na veľké vzdialenosti. Tento fakt podnietil vznik plemien typických dobytkárskych psov – honičov. Využíva sa vrodené správania sa psov – hnať zvieratá prostredníctvom štípania ich do nôh, hlavne do oblasti päty (Heeling), čo je doprevádzané štekaním. Tieto psy majú vynikajúci cit na vyvíjanie tlaku na zvieratá. Samozrejme, že pevná povaha jedincov je veľmi potrebná. Pohybujú sa tesne za zvieratami, doslova na hranici nebezpečenstva ohrozenia. Občas tieto psy dostanú od hnaných zvierat aj nejaké kopance. Preto sa vyžaduje určitá vrodená povahová tvrdosť týchto psov, aby dokázali pracovať aj po takýchto negatívnych skúsenostiach. Na pohnutie stáda využívajú štekanie, čo umocňujú aj štípaním zvierat do nôh, hlavne do oblasti podpätia. Pre tieto plemená je charakteristický menší telesný rámec na kratších nohách, bez výrazného stopu a nadočnicových oblúkov, čo eliminuje kopnutie od dobytka. Tieto plemená sa môžu naučiť do určitej miery aj prácu typickú pre ovčiarske plemená.

Pasenie stáda charakterizujeme ako využívanie vrodeného správania sa pastierskych psov, ktoré je obohatené o naučené postupy podľa potrieb a podmienok človeka. Cieľom pasenia je regulácia pohybu stádových zvierat (ovce, HD, kačice a pod.) (Loučka,. 2016). Samotné pasenie sa skladá z viacerých inštinktov. Tieto psy držia pasúce sa zvieratá v skupine. Cielene idú dopredu alebo na čelo zvierat, aby skupinu zvierat otočili alebo zastavili. Pasenie môžeme rozdeliť na niekoľko samostatných inštinktov. Môžu nastať aj prípady, že jedinec niektorý z inštinktov patriacich k paseniu nemá vrodený. Dokonca nemusí mať žiaden z týchto inštinktov vrodený. Jedince s nedostatočným vybavením vlohových vlastností typických pre plemeno by sa nemali využívať na reprodukciu.

Inštinkty pasenia rozdeľujeme na :

- Zoskupenie pasúcich sa zvierat (Gathering) – do kompaktného celku
- Obiehanie okolo stáda takzvaný Flanking, ide o využitie ,,vrodeného citu“ aby sa stádo nedalo do pohybu, čiže za ,,zónou úteku“ ale aby sa zároveň dostal do pozície, z ktorej môže stádo pohnúť požadovaným smerom.
- Uvedenie stáda do pohybu takzvaný Lifting, a to podľa požiadaviek ALFA – veľmi dôležitý inštinkt – ide o cit aký tlak vyvinúť, aby sa stádo nevyplašilo.
- Vedenie stáda v priamom smere takzvaný Wearing, kde smer určuje ALFA, pes eliminuje vychýlenie stáda z požadovaného smeru.
- Zadržanie unikajúceho stáda takzvaný Heading, pes beží ku hlavám prvých zvierat v stáde, aby ich spomalil a hlavne reguloval smer pohybu stáda ku ALFA.
- Udržanie zvierat v blízkosti ALFA (Balancing) – pes sa pohybuje stále na opačnej strane stáda než je ALFA. Toto je považovaný za najdôležitejší inštinkt pastierskeho psa.
- Odčlenenie jedinca zo stáda takzvaný Shedding alebo Singling. Vlci to robia za účelom ulovenia jedinca ALFOU. Táto vloha je geneticky zafixovaná hlavne pri border kóliách (Loučka,. 2016).

Pokiaľ chceme charakterizovať jedinca ALFA treba spomenúť niekoľko faktov. Pes je spoločenské zviera žijúce vo svorke v prísnej hierarchii. Túto skutočnosť si prenáša aj do spolužitia s človekom. Tým, že je majiteľ alebo držiteľ psa Človek neznamená, že má zákonite ALFA pozíciu. ALFA pozícia sa upevňuje od mladého veku a to výcvikom, rešpektom, no niekedy aj trestaním. Pozíciu BETA má jedinec, ktorý sa snaží dostať na pozíciu ALFA. ALFA jedinec je jedinec, ktorý riadi aktivitu všetkých jedincov počas lovu. Len

jedinec v ALFA pozícií má právo takzvaného ,,posledného úderu“ pri love. Preto základom pasenia je práca pre jedinca v ALFA pozícií, a my chceme aby to bol psovod riadiaci psov zabezpečujúcich pasenie. ALFA psovod musí mať vynikajúci CIT PRE PRÁCU so psami. ALFA musí prejavovať určitú nadradenosť, no zároveň musí aj dávať. Časť CITU PRE PRÁCU so psami u ALFA - psovoda je vrodená a časť získaná vedomosťami a skúsenosťami, ktoré môže psovod získať štúdiom dostupných zdrojov, no aj značne dlhým časom stráveným so psami.

2.1 Štýly pasenia

V pasení rozoznávame dva základné štýly pasenia a to je tradičný štýl a zhromažďovací štýl.

- Tradičný štýl je najčastejšie využívaný, vlohové vlastností pre tento štýl má väčšina pastierskych plemien.
- Zhromažďovací štýl je uznaný FCI až v roku 2008, vlohy pre tento štýl majú len border kólie a austrálske kelpie.

Cieľom tradičného štýlu psasenia je spolu s ALFA priviesť stádo na konkrétne miesto, čiže miesto pasenia, kde sa budú zvieratá pásť, alebo miesto, kde budú zvieratá uzavreté. Hranicu, ktorú zvieratá nemôžu prekonať pes pri tomto štýle pasenia vymedzuje behaním. Využitím viacerých psov pri tradičnom štýle pasenia sa vytvorí priestor, v ktorom sa stádo môže pohybovať ale, ktorú nesmie prekonať. Zhromaždovací štýl pasenia bol v minulosti využívaný hlavne vo Veľkej Británií a v Austrálií. FCI ako vrcholová kynologická organizácia uznala tento štýl až v roku 2008. Vlohy pre tento štýl majú len border kólie a austrálske kelpie. Cieľom pasenia zhromaždovacím štýlom je stádo rozptýlené po pastvine obehnutím veľkým oblúkom zhromaždiť, premiestniť k ALFA a balancovaním okolo udržať stádo v jeho blízkosti. V praxi sa využíva pojem Gathering.

Medzi vlohy pasenia patrí:

- Využívanie očného kontaktu (Eye). Toto je typické hlavne pre border kólie.
- Držanie a pohyb tela (Posture, Movement).
- Cit pre zaujatie vhodnej pozície voči zvieratám takzvaný Balance point.
- Cit pre odhad potrebnej vzdialenosti od zvierat takzvaný Zone point alebo Personal space.
- Cit pre druh vyvíjaného tlaku a intenzitu tlaku voči zvieratám (Power).
- Cit pre tempo a zmenu tempa (Pace).
- Cit pre využitie okamihu (Time). Toho správneho okamihu aby zviera ustúpilo.
- Schopnosť predvídať – 6. zmysel (Predict).
- Schopnosť rýchleho rozhodnutia pre ovplyvnenie smeru stáda alebo jedinca (Pick out, Choose).
- Využitie svojej sily, svojho vplyvu (Grip) (Loučka,. 2016).

Najväčšie rozdiely medzi plemenami sú vo využívaní očného kontaktu.

Takmer výhradne silný očný kontakt využívajú border kolie. Charakteristická je pre nich pozícia v prikrčenom postoji s hlavou natiahnutou dopredu. Poloha chrbta sa takmer nemení, nohy však rýchlo kmitajú (Priceová, 2014). Práca je charakterizovaná obiehaním okolo stáda, čím sa stádo súčasne presúva smerom k ALFA, čiže k psovodovi, čo nazývame takzvaný Collecting style.

Plemená so slabým využitím očného kontaktu (Loose-eye) zdá sa, že stádo očami psy vôbec nepozorujú. Štýl je charakteristický pre všetky ostatné pastierske psy (okrem border kolií a austrálskych kelpií). Psy klusajú vedľa stáda, alebo za stádom s vysoko postavenou hlavou. Tieto psy kontrolujú pohyb stáda. Psy pracujú hlavne s ALFA čo nazývame takzvaný Traditional style (Loučka,. 2016).

2.2 Testovanie vlohových a pracovných vlastností

Testovanie vlohových vlastností má význam z hľadiska športového využitia psov, v rámci ktorého psovod dosahuje určité stupne výcviku a takisto z hľadiska riadeného chovu, pri ktorom je dôležité poznanie manifestácie fenotypových vlastností pri plemenitbe pastierskych

psov. Pri testovaní využívame skúšobné poriadky pod záštitou FCI – vrcholovej svetovej organizácie chovu psov. Využívajú sa hlavne 2 druhy skúšok a to FCI test prirodzených vlôh k paseniu so skratkou NHAT a skúška pracovných vlastností so skratkou HWT.

FCI test prirodzených vlôh k paseniu (NHAT)

- Cieľom je posúdiť, či jedinec má vlohy pre pasenie.
- Skúška je v krajinách zastrešených FCI využívaná od 2016.
- Vek psa na skúške min. 6 mesiacov.
- Prvá časť skúšky je zameraná na socializáciu psa pri ovciach.
- Druhá časť skúšky je zameraná na testovanie samotných vlohových vlastností súvisiace so záujmom psa o ovce. Testuje sa pri ohrade s ovcami, v prípade nezáujmu priamo v ohrade s ovcami.
- Pes v kontakte s ovcami nemá byť príliš horlivý, nemá sa snažiť ovce hrýzť, má si udržiavať balans.
- Nežiadúca je agresivita voči ovciam a strach z oviec.

Skúška pracovných vlastností - HWT (Herding Working Test) je skúška, pri ktorej psovod už musí preukázať, že so psom dokážu regulovať a usmerňovať pohyb malého stáda oviec.

- Okrem vlohových vlastností značne využíva aj naučené schopnosti.
- Touto skúškou sa hodnotí schopnosť pracovného využitia psov so stádom oviec (pastierske schopnosti, poslušnosť, iniciatívnosť, pracovný cit).
- Skúška by sa mala byť podmienkou pri výbere jedincov pre chov u plemien s pôvodnou prácou - pasenie.

Druhy skúšky HWT:

- Herding Working Test - Collecting style, HWT CS pre border kólie a austrálske kelpie.
- Herding Working Test - Traditional styl, HWT TS pre ostatné plemená pastierskych psov.

Predmety skúšky *HWT (Herding Working Test) CS*

- Skúška výlučne pre plemeno border kolie
- vyhnanie z košiara - *exit from a pen*
- zháňanie oviec - *drive together*
- vybehnutie oblúkom k ovciam (zhromaždenie oviec) - *outrun (gathering)*
- vybehnutie nie kratšie ako 75 m
- prevzatie oviec a ich uvedenie do pohybu - *lift*
- privedenie oviec k méte - *fetch*
- hnanie oviec určeným smerom - *drive away*
- hnanie oviec určeným smerom - *drive away*
- Pes musí pracovať spôsobom primeraným pre plemeno.
- Pes sa správa primerane voči ľuďom a ovciam.
- Zúrivé chniapanie oviec – diskvalifikácia.

Predmety skúšky *HWT (Herding Working Test)* TS

Skúška určená pre všetky ostatné plemená okrem border kolie a austrálske kelpie.

- Vyhnanie z ohrady.
- Zahnanie späť do ohrady.
- Ovládnutie stáda.
- Jedno zastavenie.
- Pasenie do štvorca (15 x 15 m).
- Okrem výnimočných prípadov by pes nemal hrýzť ovce a každý prejav surovosti sa postihuje. Krátke uštipnutie sa toleruje len v prípade, ak je potrebné pre udržanie kontroly nad stádom.
- Nápadné a nemiestne hryzenie sú dôvodom pre diskvalifikáciu.

V súčasnosti je populárne prezentovať najmä plemeno border kólia formou rôznych ukážok, ktoré využívajú jeho vrodené vlastnosti tzv. pasenia. Pomocou psov sa tak malá

skupina zvierat presunie napríklad do kruhu nakresleného na zemi, alebo z jednej ohrady cez nejakú prekážku do druhej. Ide najmä o ukážky na menších zvieratách (ovce, kačice), ktoré predstavujú spestrenie rôznych poľnohospodárskych veľtrhov. Výcvik pastierskych psov si vyžaduje vhodné podmienky z hľadiska priestoru (napríklad lúka, ohrady a pod.), vyžaduje si takisto ovce, ktoré by mali byť takzvané ,,ochodené“ , čiže v kontakte so psami vo výcviku budú sa správať pokojne. Na Slovensku aktuálne už funguje niekoľko takýchto výcvikových zariadení, ktoré sú prakticky z hľadiska výcviku psov v pasení pomerne obsadené.

Naša legislatíva síce pojednáva o využití psov pri chove oviec ako jednu z možností ochrany oviec pred šelmami, no nevyžaduje testovanie psov, či zloženie skúšok pre daný druh využitia ako napríklad je tomu v poľovnej kynológii. Testovanie psov a zloženie skúšok ma skôr športový charakter ako ich pracovné využitie v tomto sektore kynológie. V niektorých zahraničných krajinách je držanie psov pri ovciach za účelom ochrany dokonca dotované. Realitou na Slovensku je, že v súčasnosti na Slovensku nemáme žiadneho certifikovaného rozhodcu pre posudzovanie skúšok NHAT a HWT. Táto situácia sa aktuálne rieši so Slovenským poľovníckym zväzom a Slovenskou kynologickou jednotou. Rozhodcovia, ktorí sa využívajú pre posudzovanie týchto skúšok sú najčastejšie z Českej republiky.

3 Záver

Výcvik pastierskych psov je pomerne perspektívne sa rozvíjajúca oblasť kynológie, pri ktorej sa zdá, že bude mať skôr športový charakter ako praktické využívanie pastierskych psov v reálnych podmienkach. Testovanie pastierskych plemien má obrovský význam z hľadiska riadenia chovu. V organizovanom chove by mala byť jedná z priorít testovanie psov pred zaraďovaním do reprodukcie na pôvodný druh práce. Pracovné vlastností psov sa zdajú byť v súčasnosti pôsobiace len v tieni exteriérových ukazovateľov a to nielen pri pastierskych plemenách.

Použitá literatúra

LOUČKA, R. 2016. Pasení se psem. Nakladatelství Plot, Praha. ISBN 9788074282980. 196 s.

PRICEOVA, C. 2014. Border kolie od A do Z. Nakladatelství Plot, Praha. ISBN 978-80-7428-209-6. 306 s.

PRICEOVA, C. 2019. Border kolie pod lupou – výchova a výcvik. Nakladatelství Plot, Praha. ISBN 978-80-7428-357-4. 198 s.

Kontaktná adresa: Ing. Veronika Fiková, Border collie club Slovakia, Podkarpatská 16, 902 03 Pezinok, Slovenská republika, e-mail: bordacovaveronika@gmail.com

MÁ VÝZNAM SLEDOVAŤ SOMATICKÉ BUNKY U KÔZ?
Does it make sense to monitor somatic cells in goats?

Barbora GANCÁROVÁ[1], Kristína TVAROŽKOVÁ[1], Vladimír TANČIN[1,2]
[1]*Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra 2, Slovenská republika*
[2]*NPPC-Výskumný ústav živočíšnej výroby Nitra, Hlohovecká 2, 95141 Lužianky,Slovenská republika*

Cieľom štúdie bolo zosumarizovať doterajšie poznatky zaoberajúce sa etológiov zmien PSB u kôz z dôrazom na význam ich pravidelného sledovania, či už zo zdravotného alebo ekonomického hľadiska.Somatické bunky sú neodeliteľnou súčasťou sekrétu mliečnej žľazy kôz a variabilita ich počtu zavisí od mnohých fyziologických a patologických faktorov. Už viac ako 4 desaťročia sú fyziologické odlišnosti kôz oproti kravám predmetom mnohých výskomov po celom svete. Tieto výskumy prispeli k tomu, že v súčasnosti na stanovenie PSB v kozom mlieku sú aplikované metódy špecifické pre DNA a prístroje používané na stanovenie PSB sú kalibrované podľa štandardov kozieho mlieka. Napriek mnohým fyziologickým faktorom ovplyvňujúcim PSB u kôz patrí mastitída hlavné príčiny zvýšeného PSB u kôz s negatínym dopadom na ekonomiku chovu kôz. Napriek tomuto faktu pravidelné sledovanie PSB u kôz na Slovensku je skôr raritou.

Kľúčové slová: somatické bunky, zdravotný stav vemena kôz, patogény, mastitída

1 Vývoj vedeckých poznatkov o PSB u kôz

Vo všeobecnosti sa udáva, že kozie mlieko prirodzene obsahuje vyšší počet somatických buniek (PSB) v porovnaní s kravským mliekom, čo je dané rozdielnym typom sekrécie. Ako uvádza Park a Humphrey (1986) sekrécia mlieka u kráv je merokrinného typu, ale u kôz sa jedná o apokrinný proces, ktorého výsledkom je vysoký počet cytoplazmatických častíc a epitelových buniek v mlieku. Je nutné podotknúť, že cytoplazmatické častice majú podobnú veľkosť ako somatické bunky mlieka a neobsahujú jadro a DNA, ale iba značné množstvo RNA a proteínov (Souza et al., 2012). Z tohto dôvodu pred zavedením identifikačných metód založených na špecifickej identifikacií DNA mohli byť mylne identifikované ako somatické bunky, kedže ich veľkosť je podobná veľkosti leukocytov (Antunac et al., 1997). Ďalšie výskumy zamerané na stanovenie PSB u kôz zistili, že výsledky v meraní PSB mohli byť ovplyvnené druhom mlieka, ktoré sa použilo ako tvz. „štandard“, kedže ako uvádza Zeng (1996) prístroje Fossomatic a infračervené analyzátory mlieka sa musia kalibrovať pomocou štandardov kozieho mlieka pre získanie presnejších a spoľahlivejších údajov. Ako uvádza Antunac et al. (1997) pre počítanie PSB v mlieku sú akceptované medzinárodné štandardy, ktoré zahŕňajú počítanie buniek pomocou flouroscečnej optickej metódy (systém Fossomatic), ktoré sú dnes najlepšou metódou pre stanovenie PSB v kozom mlieku.

2 Zdravotné hľadisko sledovania PSB

Etológia zmien v PSB je u kôz ovplyvnená mnohými neinfekčnými faktormi. Napriek tomu patrí mastitída medzi významne príčiny zvýšenia PSB v kozom mlieku a PSB je závislý od patogénu infikujúceho mliečnu žľazu (Paape et al., 2001; Bagnicka et al., 2011). V prípade jednostrannej infekcie sa PSB môže zvýšiť aj v zdravej polovičke, ktorá môže mať tendenciu reagovať na prebiehajúci zápal v infikovanej polovičke vemena (Aurlich a Barth, 2008).

Dominantnými patogénmi spôsobujúce prevažne subklinickú formu mastitídy u kôz sú koaguláza-negatívne stafylokoky (KNS). Táto skupina patogénov sa vo všeobecnosti považuje za menej infekčnú v porovnaní so *Staphylococcus aureus* intramamárnymi infekciami. Najnovšia štúdia Bierner Gosselin et al. (2020) poukazuje na to, že niektoré druhy KNS najmä *S. caprae*, *S. epidermidis*, *S. simulans* a *S. xylosus* boli spojené s vyšším skóre

somatických buniek ako viaceré iné druhy. *S. simulans S.* caprae. sú najrozšírenejšími patogénmi, ktoré spôsobujú subklinickú mastitídu u kôz na Slovensku (Tvarožková et al., 2023)

3 Ekonomický význam sledovania PSB

Štúdia, ktorú uskutočnili Baudry et al. (1997), hodnotila ekonomický vplyv zápalu mliečnej žľazy na úžitkovosť a zloženie mlieka po 200 dňoch laktácie, pričom sa jednalo o skupiny kôz rovnakého plemena, na rovnakej parite a všetky pochádzali z jedného chovu. Autori rozdelili kozy do troch skupín podľa PSB (PSB1 < 750 x 10^3 buniek/ml, PSB2 ≥ 750 < 1750 x 10^3 buniek/ml, PSB3>1750 x 10^3 buniek/ml) s cieľom rozlíšiť kozy na základe intenzity zápalovej reakcie vemena. Strata produkcie mlieka kôz v skupine PSB2 v porovnaní s produkciou mlieka kôz v skupine PSB1 bola približne 7 % (55 kg). Vyšší rozdiel v produkcií mlieka bol zistený pri porovnávaní PSB1 so PSB3, kde priemerná strata produkcie bola až na úrovni 17 % čo predstavovalo približne 132 kg mlieka. Kozy s PSB > 750x10^3 buniek/ml (PSB2 a PSB3) mali zároveň nižší obsah tuku o 0,3g/kg a naopak vyšší obsah bielkovín 0,6 g/kg.

Výkupná cena kozieho mlieka stanovená mliekarenskými spoločnosťami sa v mnohých krajinách ako sú napr. Španielsko, Nórsko, Francúzsko odvíja od množstva, obsahu základných zložiek (obsah tuku a bielkoviny), celkového počtu mikroorganizmov (KTJ/ml) a PSB (Pirisi et al., 2007). PSB je jeden z limitujúcich faktorov ovplyvňujúci stanovenie výkupnej ceny kozieho mlieka mliekarňami, keďže so zvyšujúcim PSB (Tab 1) klesá produkcia mlieka a obsah základných zložiek sa znižuje (de Crémoux et al., 1996). Bagnicka et al. (2011) uvádza prahovú hodnotu PSB 2 × 10^6 buniek/ml v kozom mlieku, ktorú používajú mliekarenské závodv v Poľsku pre odhad rizika obsahu niektorých patogénov a ich toxínov.

Tabuľka 1 Vplyv miery zápalu mliečnej žľazy na dojivosť a zloženie mlieka počas 200 dní laktácie u kôz / Effect of intramammary infection level on milk yield and milk composition during 200 days of lactation in goats (de Crémoux et al., 1996)

PSB (x1000/ml)	Počet kôz (n)	Výsledky za 200 dní laktácie				
		Mlieko (kg)	Množstvo tuku (kg)	Množstvo bielkovín (kg)	Tuk (g/kg)	Bielkovina (g/kg)
<200	235	790	25,5	22,1	32,3	28,1
200–400	2 169	723 (-8 %)	23,0 (-10 %)	20,3 (-8 %)	31,8	28
400–800	6 070	700 (-11 %)	21,8 (-15 %)	19,6 (-11 %)	31,2	27,9
800–1600	7 841	660 (-16 %)	20,5 (-20 %)	18,6 (-16 %)	31,1	28,2
1600–3200	4 291	622 (-21 %)	19,1 (-25 %)	17,8 (-19 %)	30,8	28,6
>3200	1 054	571 (-28 %)	17,5 (-31 %)	16,6 (-25 %)	30,6	29,1

V nedávnom výskume francúzskeho laboratória Lilco, jedno zo 16 laboratórií na kontrolu kvality mlieka vo Francúzsku, zaznamenali ročný nárast PSB v kozom mlieku od roku 1996 do roku 2016 o viac ako 48,5 × 10^3 buniek/ml (Marnet et al., 2024). Zvyšovanie PSB vo Francúzsku viedlo k zavedeniu novej triedy (E) v systéme kvalitatívnych platieb za kozie mlieko ako aj k zvýšeniu sankcií (počet bodov). Tabuľka 2 zobrazuje príklad systému platieb za kozie mlieko vo Francúzsku v roku 2011 a v roku 2012. Somatické bunky sú rozdelené do kategórií od R po E. S kategóriami je určený bonus alebo sankcia podľa uvedených bodov (0-30) a každý bod má stanovenú pevnú cenu. Kategória R je veľmi dobrá a znamená pre chovateľa bonusový príplatok a naopak kategória E je najhoršia a je sankcionovaná. O týchto kategóriách a cene bodu rozhodujú mliekarenské spoločnosti. V prípade, že chovateľ má v mlieku 1 251 000 buniek/ml, bude v kategórii B a má 1 bod, čo pre neho znamená, že za každých 1 000 litrov stratí 3,049 €.

Tabuľka 2 Príklad systému platieb s bodovou hodnotou 3,049 €/1 000 litrov kozieho mlieka vo Francúzsku v roku 2011 a 2012 / Example of a payment system with a point value of € 3.049/1000 litres of goat's milk in France in 2011 and 2012 (Limoges, 2012)

Trieda (× 10^3 buniek/ml)		Tabuľka 2011		Tabuľka 2012	
		Body	**Finančný dopad**	**Body**	**Finančný dopad**
R	<1 000 × 10^3 buniek/ml	0	Referenčná cena	0	Referenčná cena
A	1001-1250× 10^3 buniek/ml	0		0	0
B	1251-1500× 10^3 buniek/ml	1	-3,049 €	1	-3,049 €
C	1501-2000× 10^3 buniek/ml	3	-9,147 €	4	-12,196 €
D	2001-3 000× 10^3 buniek/ml	5	-15,245 €l	10	-30,49 €
E	> 3 000× 10^3 buniek/ml	5	-15,245 €l	30	-91,47 €

Negatívny ekonomický vplyv mastitídy dojných kôz je spôsobený znížením produkcie mlieka a zhoršením jeho kvality v dôsledku fyzického poškodenia alveolárnych buniek mliečnej žľazy, čo negatívne vplýva na ich syntetickú a sekrečnú funkciu (Quintas et al, 2018). Oosterhuis (2010) uvádza, že celkové náklady spôsobené intramamárnou infekciou na holanskej farme so 700 kozami sú 3 484 € ročne (4,98 € na kozu a rok). Klinická mastitída je pre chovateľov kôz veľmi nákladná v porovnaní so subklinickou mastitídou. Náklady na kozu so subklinickou mastitídou predstavujú približne 65€ na kozu a rok, ale jej liečba počas laktácie nie je pre farmára ekonomická, kedže náklady na diagnostiku ochorenia v celom stáde a prípadna liečba sú vysoké v porovnaní s relatívne nízkym výskytom subklinickej mastitídy (Oosterhuis, 2010). V podmienkach Českej republiky tržby z mliečnych komodít predstavujú najvýznamnejší zdroj príjmov fariem dojných kôz analyzovaných v študií Rychtárovej et al. (2021). Ziskovosť farmy môže klesnúť až o 1/3 v dôsledku nepriamych nákladov spojených negatívnym dopadom zhoršenia zdravotného stavu vemena u kôz.

4 Záver

Nižšia dojivosť a s ňou spojené nižšei tržby z predaja mliečnych kozích výrobkov, nižší počet odstavených kozliatok na kozu, vyššia miera brakovania kôz, vyššia potreba chovu mladých kôz pre obnovu stáda, skrátenie produkčného života kozy predstavujú nepriame náklady spojené s výskytom mastitídy u kôz, ktoré si mnohý chovatelia možno neuvedomujú. Výsledkom tohto príspevku je fakt, že pravidelné sledovanie PSB a znalosť fyziologickej hodnoty PSB v stádach kôz môže byť učinným nástrojom pri identifikácií kôz s intramamárnou infekciou. Skoré zavedeńie opatrení znižujú negatívny ekonomický dopad tohto ochorenia u dojných kôz.

Poďakovanie

Práca podporená riešením projektu VEGA 1/0597/22, APVV-21-0134 a GA FAPZ 06/2023

Použitá literatúra

ANTUNAC, S. – HAVRANEK, J. – SAMARŽIJA, D. 1997. Somatske stanice u kozjem mlijeku. *Mljekarstvo*, roč. 47, č. 2, s. 123-134. https://hrcak.srce.hr/94907

AURLICH K. – BARTH, K. 2008. Intramammary infections caused by coagulase-negative staphylococci and the effect on somatic cell counts in dairy goats. *Landbauforschung-vTI Agriculture and Forestry Research*, roč. ½, č. 58, s.59-64. https://d-nb.info/1010313800/34

BAGNICKA, E. – WINNICKA, A. – JOZWIK, A. – RZEWUSKA, M. – STRZALKOWSKA, N. – KOŚCIUCZUK, E. – PRUSAK, B. – KABA, B. – HORBAŃCZUK, J. – RZYZEWSKI, J. 2011 Relationship between somatic cell count and bacterial pathogens in goat milk. *Small Rumin Res*., roč.100, č. 1, s. 72-77.https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.04.014

BERNIER GOSSELIN, V. – DUFOUR, S. – MIDDLETON, J.R. (2020). Association between species-specific staphylococcal intramammary infections and milk somatic cell score over time in dairy goats. *Preventive Veterinary Medicine*. roč. 174, s. 104815. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104815

BAUDRY, C. – DE CRÉMOUX, R. – CHARTIER, C. – PERRIN, G. 1997. Incidence de la concentration cellulaire du lait de chèvre sur sa production et sa composition. *Veterinary Research*, roč. 28, s.277-286. https://hal.science/hal-00902481

CLARK, S. – GARCÍA, M.M.B. 2017. A 100-Year Review: Advances in goat milk research. *J. Dairy Sci.*, roč 100, č. 12. s. 10026-10044. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13287

DE CRÉMOUX R. – BAUDRY, C. – BERNY, F.M. – ÉNARD, J. L. 1996. Incidence des infections et du degré d'inflammation de la mamelle sur la production laitière chez la chèvre. Ren Rech Rum. roč. 3, s.165-166. https://www.journees3r.fr/IMG/pdf/1996_3_pathologie_12_de_cremoux.pdf

LIMOGES, CH. 2012. Nouvelle grille cellules en lait de chévre. *Vivet du lati Bulletin des éleveurs bovins et caprins du Bassin laitier Charentes-Poitou*, roč. 12, Octobre 2012. https://www.idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace:/SpacesStore/e320dedf-9a45-4f4e-9305-7c8372e58454

MARNET, P G. – DELATTRE, L. – DELOUARD, J.M. – LUGINBUHL, T. – LALUGUE, T. – MARTIN, P. – COQUREAU, G. 2024. High-precision scanning system for complete 3D goat udder and teat imaging and analysis of morphological traits. *Small Rumin. Res*., č. 231, s.107194. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.107194

OOSTERHUIS, G. 2010. Use of partial budget models to determine the economic impact of mastitis in dairy goats and the economic benefits of lactational treatment of subclinical mastitis. https://studenttheses.uu.nl/handle/20.500.12932/4564

PAAPE, M.J. – POUTREL, B. – CONTRERAS, A. – MARCO, J.C. – CAPUCO,A.V. 2001.Milk Somatic Cells and Lactation in Small Ruminant. *J. Dairy Sci. (E. Suppl.)* roč. 84, s. E237-E244. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70223-8

PARK. Y.W. – HUMPHREY, R.D. 1986. Bacterial cell counts in goat milk and their correlations with somatic cell counts, percent fat, and protein. *J. Dairy Sci.,* roč. 69, s. 32-37. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80366-6

PIRISI, A. – LAURET, A. – DUVEUF, J.P. 2007. Basic and incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality. *Small Rumin. Res.*, roč. 68, č. 1-2, s. 167-178. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.009

RYCHTÁŘOVÁ, J. – KRUPOVÁ, Z. – BRZAKOVÁ, M. – BORKOVÁ, M. – ELICH, O. – DRAGOUNOVÁ, E. – SEYDLOVÁ, R. – SZTANKÓOVÁ, Z. 2021. Milk Quality, Somatic Cell Count, and Economics of Dairy Goats Farm in the Czech Republic. Goat Science Environment, Health and Economy. https://doi.10.5772/intechopen.97509

SOUZA, F.N. – BLAGITZ, M.G. – PENNA, C.F.A.M. – DELLA LIBERA, A.M.M.P. – HEINEMANN, M.B. – CERQUEIRA, M.M.O.P. 2012. Somatic cell count in small ruminants: Friend or foe? *Small Rumin. Res*. roč. 107, č. 2-3, s. 65-75. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.04.005

TVAROŽKOVÁ, K. – TANČIN, V. – UHRINČAŤ, M. – ORAVCOVÁ, M. – HLEBA, L. – GANCÁROVÁ, B. – MAČUHOVÁ, L. – PTÁČEK, M. – MARNET, P.G. 2023. Pathogens in milk of goats and their relationship with somatic cell count. *J. Dairy Sci*, roč. 90, č. 2, s. 1-5.

QUINTAS, H. – MARGATHO, G. – RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V. – JIMÉNEZ-GRANADO, R. – SIMÕES, J. 2018. Understanding Mastitis in Goats (II): Microbiological Diagnosis and Somatic Cells Count. Simões, J., Gutiérrez, C. (eds) Sustainable Goat Production in Adverse Environments: Volume I. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71855-2_19

ZENG, S. S. 1996. Comparison of goat milk standards for analyses of somatic cell count, fat and protein in goat milk. *Small Rumin. Res*., roč. 21, s 221-225 https://doi.org/10.1016/0921-4488(95)00838-1

K**ontaktné údaje:** Barbora Gancárová, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, xgancarova@uniag.sk, barboragancarova@gmail.com

DÔLEŽITOSŤ CHRÁNENÉHO ZEMEPISNÉHO OZNAČENIA PRODUKTOV PRI UDRŽIAVANÍ DOMÁCICH PLEMIEN HOSPODÁRSKYCH ZVIERAT

The importance of protected geographical indications for the maintenance of domestic livestock breeds

Martina GONDEKOVÁ[1], Ján HUBA[1], Ján TOMKA[1], Magdaléna PAVLÍK SLÍŽOVÁ[2], Ivan PAVLÍK[1,3]

[1]Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav živočíšnej výroba Nitra, Slovenská republika

[2]Štátna veterinárna a potravinová správa Slovenskej republiky nštitúcia, Slovenská republika

[3]Zväz chovateľov slovenského strakatého dobytka – družstvo, Slovenská republika

Jednou z foriem trvalo udržateľného životného štýlu je aj ponuka a nákup regionálnych potravín. Potravinové aféry dovážaných potravín časom vychovali slovenského spotrebiteľa k sledovaniu pôvodu potravín pri nákupe a k obráteniu pozornosti práve na regionálne produkty, ktoré sú mu bližšie. Pri regionálnych potravinách živočíšneho pôvodu je veľmi cenené, ak pochádzajú zo zvierat takých plemien, ktoré sa v danom regióne buď dlhodobo chovajú, alebo tu priamo vznikli. Región je opísaný ako špecifická oblasť alebo krajina, alebo aj ako konkrétna geografická, politická, hospodárska, kultúrna alebo demografická oblasť. Ak pojem región sleduje krajinu, znamená to, že sú vnímané priestorové jednotky, ktoré spotrebitelia vnímajú ako niečo spoločné. Regionálne potraviny, okrem garantovaných prémiových kvalitatívnych parametrov zaručujú aj udržiavanie tradícií v regióne, poľnohospodárstva, podporujú a rozvíjajú identitu a celkovú ekonomiku daného regiónu (Sauter a Meyer, 2003). Sú opakom svetovej globalizácie. S cieľom rozlíšenia regionálnych potravín od bežných potravín bolo zavedené označovanie, ktoré má aj legislatívnu podporu vyplývajúcu z Politiky kvality EÚ a legislatívne upravené nariadením EP a Rady (EÚ) č. 1151/2012 o systémoch kvality poľnohospodárskych výrobkov a potravín a vykonávacím nariadením Komisie (EÚ) č. 668/2014, ktorým sa ustanovujú pravidlá uplatňovania nariadenia Európskeho parlamentu a Rady EÚ č. 1151/2012 o systémoch kvality pre poľnohospodárske výrobky a potraviny. Ide o značky, ktoré sa používajú výlučne pre označovanie potravinárskych produktov a chránia ich na dvoch stupňoch ochrany – 1. stupeň ochrany predstavuje „Chránené označenie pôvodu (CHOP)“ a „Chránené zemepisné označenie (CHZO)“ a 2. stupeň ochrany predstavuje označenie „Zaručená tradičná špecialita (ZTŠ)“.

Kľúčové slová: regionálna potravina, označenie potravín, pôvod potravín, domáce plemená

1 Úvod

Potraviny sú látky určené na to, aby ich ľudia požívali v nezmenenom, upravenom alebo spracovanom stave predovšetkým na výživové účely s výnimkou liekov. Potravinami sú aj pochutiny a nápoje (152/1995 Z.z., 1995). Každá potravina musí byť podľa právnych predpisov riadne označená. Pre bežného spotrebiteľa, by malo byť označovanie potravín ľahko a zrozumiteľne identifikovateľné. Dané označovanie by malo odrážať a garantovať kvalitu samotnej potraviny a každé grafické znázornenie, ktoré dokáže rýchlo a zrozumiteľne informovať o vlastnostiach potraviny alebo o tom, kde bola vyrobená, je bežným spotrebiteľom vítané.

Niektoré krajiny majú svoj vlastný systém označovania potravín, ktoré vyzdvihujú regionalitu a lokálnosť krajiny. Tým pomáhajú spotrebiteľovi lepšie sa orientovať na trhu v širokej ponuke potravín. Európska únia poskytuje tiež prepracovaný systém ochrany zemepisných označení, ktorý vznikol ako odpoveď na častejšie sa vyskytujúce falšovanie potravín a na ochranu dedičstva európskych poľnohospodárskych výrobkov. Politika kvality

EÚ tak chráni celé poľnohospodárstvo EÚ, ktoré je hlavným odvetím na zabezpečenie výživy obyvateľstva produkciou potravín rastlinného a živočíšneho pôvodu. EÚ v rámci zachovania biodiverzity podporuje chov ohrozených plemien. Dlhodobá prax ukazuje, že na ich záchranu finančná podpora nestačí. Musí byť kombinovaná s produkciou lokálnych, špecifických produktov a ich účinným marketingom.

2 Prehľad problematiky

Po otvorení hraníc v 90-tych rokoch sa na Slovensko začali dovážať zahraničné potraviny aj neznámeho pôvodu z rôznych kútov sveta. Slovenský spotrebiteľ mal zrazu možnosť výberu širokého sortimentu. Pre veľkú pozornosť a záujem týchto potravín zo strany obchodníkov aj spotrebiteľov sa tie časom stali centrom záujmu podnikavých vynálezcov – falšovateľov potravín. Falšovatelia využívali každú možnosť falšovania potravín a nepozornosť spotrebiteľov pri nákupe.

Falšované potraviny sú potraviny, ktorých vzhľad, chuť, zloženie alebo iné znaky sa zmenili tak, že sa znížila ich hodnota, a ktoré sa spotrebiteľovi ponúkajú ako plnohodnotné pod zvyčajným názvom alebo iným klamlivým spôsobom (152/1995 Z.z., 1995).

V súčasnosti rôzne regionálne označovania potravín pomáhajú v boji proti falšovaniu potravín. Falšovanie potravín tak núti výrobcov registrovať svoje výrobky na národnej alebo európskej úrovni, čím je zaručený pôvod a ochrana výrobku.

Pri regionálnych potravinách živočíšneho pôvodu je veľmi cenené, ak pochádzajú zo zvierat takých plemien, ktoré sa v danou regióne buď dlhodobo chovajú, alebo tu priamo vznikli. Príkladom môže byť marketing produktov pinzgauského dobytka v údolí Pinzgau v Rakúsku, či simentálskeho dobytka v údolí Simentál vo Švajčiarsku. Je chvályhodné, že prvé „lastovičky“ sa objavujú i u nás (Klenovecký syrec s Chráneným zemepisným označením z mlieka plemena cigája na farme spoločnosti KEĽO A SYNOVIA vo Veľkých Teriakovciach).

Na Slovensku si môžu producenti potravín zaregistrovať dobrovoľne svoje produkty a potraviny pod označením ako: Slovenský poľnohospodársky produkt, Slovenská potravina, Vyrobené na Slovensku, Regionálny poľnohospodársky produkt, Regionálna potravina, Farmársky poľnohospodársky produkt a Farmárska potravina.

Výnos č. 163/2014 Z. z. – Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky o podmienkach používania dobrovoľného označovania poľnohospodárskych produktov a potravín na účely informovania spotrebiteľa definuje tieto dobrovoľné označenia nasledovne:

1. Poľnohospodársky produkt možno označiť slovami „Slovenský poľnohospodársky produkt“, ak bol

a) vypestovaný alebo zberaný v Slovenskej republike alebo

b) cielene získaný v Slovenskej republike od zvierat znáškou, zo zabitých chovaných zvierat alebo z voľne žijúcich zvierat lovom alebo z farmového chovu zveri.

2. Potravinu, ktorá nie je poľnohospodárskym produktom podľa bodu 1, možno označiť slovami „Slovenská potravina“, ak

a) najmenej 75 % surovín a prísad z celkového množstva použitých na jej výrobu pochádza zo Slovenskej republiky a

b) všetky fázy jej výrobného procesu sa uskutočňujú v Slovenskej republike.

3. Potravinu možno označiť slovami „Vyrobené na Slovensku“, ak všetky fázy jej výrobného procesu sa uskutočňujú v Slovenskej republike.

4. Poľnohospodársky produkt možno označiť slovami „Regionálny poľnohospodársky produkt z...“, v ktorých sa uvedie daný región Slovenskej republiky (ďalej len „región“; zoznam regiónov je uvedený v Tabuľke 1), ak bol

a) vypestovaný alebo zberaný v danom regióne uvedenom na označení alebo

b) cielene získaný v danom regióne od zvierat znáškou, zo zabitých chovaných zvierat alebo z voľne žijúcich zvierat lovom alebo z farmového chovu zveri.

Tabuľka 1 Názvy regiónov v Slovenskej republike / Names of the regions of the Slovak Republic

Názov regiónu	**Príslušné okresy**
Bratislava	
Záhorie	Malacky, Senica Skalica
Trnavsko	Pezinok, Trnava, Hlohovec
Podunajsko	Dunajská Streda, Senec, Galanta, Šaľa, Nové Zámky (severozápadná časť), Komárno
Ponitrie	Topoľčany, Nitra, Zlaté Moravce, Bánovce nad Bebravou, Partizánske, Prievidza
Stredné Považie	Piešťany, Myjava, Nové Mesto nad Váhom, Trenčín, Ilava
Horné Považie	Považská Bystrica, Púchov, Bytča, Žilina
Dolné Pohronie a Poiplie	Levice (južná časť), Nové Zámky (južná časť)
Tekov	Levice (severná časť)
Pohronie	Žarnovica, Žiar nad Hronom, Zvolen (severozápadná časť), Banská Bystrica (okrem juhovýchodnej časti)
Hont	Banská Štiavnica, Krupina, Veľký Krtíš (západná časť)
Novohrad	Veľký Krtíš (východná časť), Lučenec, Poltár
Podpoľanie	Detva, Banská Bystrica (juhovýchodná časť), Zvolen (východná a juhovýchodná časť)
Horehronie	Brezno
Kysuce	Čadca, Kysucké Nové Mesto
Turiec	Martin, Turčianske Teplice
Orava	Trstená, Námestovo, Dolný Kubín
Liptov	Ružomberok, Liptovský Mikuláš
Gemer	Rimavská Sobota, Rožňava, Revúca
Šariš	Stará Ľubovňa (juhovýchodná časť), Sabinov, Prešov, Bardejov
Spiš	Spišská Nová Ves, Poprad, Kežmarok, Gelnica, Levoča, Stará Ľubovňa (severozápadná časť)
Abov	Košice, Košice vidiek
Horný Zemplín	Vranov nad Topľou, Humenné, Medzilaborce, Svidník, Stropkov, Snina
Dolný Zemplín	Trebišov, Michalovce, Sobrance

5. Potravinu, ktorá nie je poľnohospodárskym produktom podľa bodu 4, možno označiť slovami „Regionálna potravina z...“, v ktorých sa uvedie daný región, ak obsahuje základnú zložku1) pochádzajúcu z daného regiónu a pri jej výrobe sa využívajú postupy a metódy charakteristické a typické pre daný región.

Poľnohospodársky produkt a potravina sa vyrábajú tradičným výrobným procesom alebo z tradičných surovín alebo majú tradičné zloženie typické pre daný región. Regiónom je historicky vymedzená zemepisná oblasť alebo územie, ktoré sa vyznačuje relatívne homogénnymi, najmä geograficko-prírodnými podmienkami. Používanie tradičného výrobného procesu, tradičnej suroviny alebo tradičné zloženie podľa tejto vyhlášky musí byť na trhu v Slovenskej republike preukázané počas obdobia trvajúceho najmenej 30 rokov.

6. Poľnohospodársky produkt možno označiť slovami „Farmársky poľnohospodársky produkt“, ak bol vypestovaný na farme alebo bol získaný od zvierat alebo zo zvierat chovaných na farme v súlade s osobitnými predpismi.[2)]

7. Potravinu, ktorá nie je produktom podľa bodu 6, možno označiť slovami „Farmárska potravina“, ak bola vyrobená na farme zo surovín vypestovaných alebo získaných od zvierat alebo zo zvierat chovaných na farme v súlade s osobitnými predpismi.[2)]

Opäť vzrastajúce falšovanie výrobkov a trend zneužívania tradičných názvov produktov, ktorý vedie spotrebiteľov k nejasnej identifikácii potravín a odrádzaniu výrobcov od dodržovania pôvodných receptúr boli hlavnými dôvodmi vzniku Politiky kvality potravinárskych výrobkov na európskej úrovni. Politika kvality EÚ je zameraná na ochranu názvov špecifických výrobkov a propagáciu ich jedinečných vlastností súvisiacich s ich zemepisným pôvodom, ako aj tradičným know-how.

V roku 1992 EÚ prijala označenia potravinárskych výrobkov na dvoch stupňoch ochrany pomocou troch označení:

1. stupeň ochrany:
• Chránené označenie pôvodu – CHOP,
• Chránené zemepisné označenie – CHZO,
2. stupeň ochrany:
• Zaručená tradičná špecialita – ZTŠ.

Názvom výrobkov sa môže udeliť „zemepisné označenie“ (ZO), ak majú špecifickú súvislosť s miestom, kde sa vyrábajú. Vďaka uznaniu ZO môžu spotrebitelia rozlišovať kvalitné výrobky a dôverovať im, zatiaľ čo výrobcom tieto označenia pomáhajú lepšie predávať ich výrobky. Systém zemepisných označení EÚ chráni názvy produktov, ktoré pochádzajú z určitých regiónov a majú osobitné vlastnosti alebo majú dobré meno spojené s územím výroby. Rozdiely medzi CHOP a CHZO sú najmä v tom, aká veľká časť použitých surovín musí pochádzať z danej oblasti alebo aká veľká časť výrobného procesu musí prebiehať v konkrétnom regióne. ZO sa používa výhradne pre liehoviny a aromatizované vína (www.agriculture.ec).

Chránené označenie pôvodu (CHOP)

Práve názvy výrobkov registrované ako CHOP sú názvami s najsilnejšou väzbou na lokalitu, kde sa vyrábajú. Každá časť procesu výroby, spracovania a prípravy musí prebiehať v konkrétnom regióne. V prípade vín to znamená, že hrozno musí pochádzať výhradne z tej zemepisnej oblasti, kde sa vyrába víno.

Obrázok 1 Chránené označenie pôvodu (CHOP) / Protected designation of origin (PDO)

Chránené zemepisné označenie (CHZO)

CHZO zdôrazňujú súvislosť medzi konkrétnym zemepisným regiónom a názvom výrobku, v prípade ktorého osobitnú kvalitatívnu črtu, povesť alebo inú vlastnosť možno pripísať hlavne jeho zemepisnému pôvodu. V prípade väčšiny výrobkov sa v danom regióne musí uskutočniť minimálne jedna fáza výroby, spracovania alebo prípravy. V prípade vín to znamená, že minimálne 85 % použitého hrozna musí pochádzať výhradne z tej zemepisnej oblasti, kde sa víno skutočne vyrába.

Obrázok 2 Chránené zemepisné označenie (CHZO) / Protected geographical indication (PGI)

Zaručená tradičná špecialita (ZTŠ)
Zaručená tradičná špecialita (ZTŠ) vyzdvihuje tradičné aspekty výrobku, napríklad spôsob výroby alebo zloženie. Výrobok nemusí byť prepojený so žiadnou konkrétnou zemepisnou oblasťou. Názov výrobku, ktorý je zapísaný ako ZTŠ, ho chráni pred falšovaním a nesprávnym používaním (Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 1151/2012, 2012)

Obrázok 3 Zaručená tradičná špecialita (ZTŠ) / Traditional speciality guaranteed (TSG)

3 Záver

Nástroje na ochranu kvality a rozmanitosti poľnohospodárskych produktov pre konečného spotrebiteľa formou národných a európskych zemepisných označení pôvodu alebo iných podobných označení pomáha vo viacerých aspektoch. Jednotlivé označenia majú pomôcť spotrebiteľom v samotných štátoch EÚ pri lepšej identifikácii pôvodu produktu, výrobcom zabezpečiť ochranu ich produktov pre falšovateľmi a zlepšiť tak konkurenciu schopnosť na globálnom trhu. Nástroje na ochranu kvality, spojené s účinným marketingom môžu rozhodujúcom mierou prispieť k záchrane chovu pôvodných a domácich plemien v jednotlivých regiónoch.

[1)] Čl. 2 nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 1169/2011 z 25. októbra 2011 o poskytovaní informácií o potravinách spotrebiteľom, ktorým sa menia a dopĺňajú nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a ktorým sa zrušuje smernica Komisie 87/250/EHS, smernica Rady 90/496/EHS, smernica Komisie 1999/10/ES, smernica Európskeho parlamentu a Rady 2000/13/ES, smernice Komisie 2002/67/ES a 2008/5/ES a nariadenie Komisie (ES) č. 608/2004 (Ú. v. EÚ L 304, 22. 11. 2011) v platnom znení.
[2)] Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 359/2011 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na niektoré potravinárske prevádzkarne a na malé množstvá.

Použitá literatúra

https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-and-quality-schemes-explained_sk

https://www.agrobiznis.sk/projekty-agromagazinu/9417-pozvanka-na-podujatie-dotkni-sa-zivota-a-uzi-si-tradicne-chute?highlight=WyJrbGVub3ZlY2tcdTAwZmQiLCJzeXJlYyJd

https://www.indprop.gov.sk/oznacenia-povodu-vyrobkov-a-zemepisne-oznacenia-vyrobkov/OPVAZOV

Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 1151/2012 z 21. novembra 2012 o systémoch kvality pre poľnohospodárske výrobky a potraviny

SAUTER, A. - MEYER,R. 2003: „Potenziale zum Ausbau der regionalen Nahrungsmittelversorgung“ Endbericht zum TA- Projekt „Entwicklungstendenzen bei Nahrungsmittelangebot und –nachfrage und ihre Folgen“, S. 25f, online k zhliadnutiu: https://www.tab-beim-bundestag. de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab088. pdf

Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) č. 668/2014 z 13. júna 2014 , ktorým sa stanovujú pravidlá uplatňovania nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 1151/2012 o systémoch kvality pre poľnohospodárske výrobky a potraviny

Výnos č. 163/2014 Z. z. Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky o podmienkach používania dobrovoľného označovania poľnohospodárskych produktov a potravín na účely informovania spotrebiteľa

Zákon o potravinách - Zákon č. 152/1995 Z. z. - úplné znenie (aktualizované úplné znenie - stav k 22. 12. 2011)

Kontaktná adresa: Ing. Martina Gondeková, PhD., NPPC-VÚŽV Nitra, Hlohovecká 2, 951 42, Lužianky, email: martina.gondekova@nppc.sk

VÝZNAM BIOAKTÍVNYCH LÁTOK PRI POZITÍVNEJ MODULÁCII ATEROGÉNNYCH SUBFRAKCIÍ LDL CHOLESTEROLU

The significance of bioactive substances in the positive modulation of atherogenic subfractions of LDL cholesterol

Marta HABÁNOVÁ, Maroš BIHARI, Radek LÁTAL, Jana PASTRNÁKOVÁ
Ústav výživy a genomiky, FAPZ SPU v Nitre, Slovenská republika

Cieľom práce je sumarizácia poznatkov o účinkoch bioaktívnych látok drobného ovocia na moduláciu aterogénnych subrakcií LDL cholesterolu. Za týmto účelom boli na Ústave výživy a genomiky FAPZ SPU v Nitre vykonané viaceré klinické štúdie, v ktorých boli sedovanné tri druhy ovocných štiav vyrobených z drobného ovocia a vplyv ich pravidelnej konzumácie na moduláciu aterogénnych subfrakcií v krvnej plazme. Lipoproteínové subfrakcie LDL-cholesterolu boli analyzované pomocou analyzátora Lipoprint®. Výsledky štúdií naznačujú, že pravidelná konzumácia štiav z drobného ovocia je vhodným prostriedkom na pozitívnu moduláciu aterogénnych subfrakcií LDL cholesterolu a môže sa uplatňovať pri prevencii kardiovaskulárnych chorôb nefarmakologickou cestou. Zaradením potravín bohatých na bioaktívne látky do stravovania je možné podporiť zdravie konzumenta.

Kľúčové slová: drobné ovocie, konzumácia, bioaktívne kátky, cholesterol, zdravie

1 Úvod a prehľad literatúry

Bioaktívne látky, ktorých najvýznamnejším zdrojom je drobné ovocie (Nile a Park, 2014; Rodriguez-Mateos et al., 2014; Zuraini et al., 2021), majú signifikantne pozitívne účinky na zdravie. Najvýznamnejšie sú antimikrobiálne, protizápalové, antioxidačné a protinádorové účinky (Salmanian et al., 2014), na ktorých sa podieľajú predovšetkým polyfenoly, vitamíny, minerálne latky a vláknina (Nile a Park, 2014). Hlavnou príčiny úmrtnosti a chorobnosti na celom svete sú v súčasnosti kardiovaskulárne choroby (Carpentier a Komsa-Penkova, 2011), pričom LDL cholesterol je považovaný za kritický rizikový faktor (St-Pierre et al., 2005). LDL nie je homogénnou lipoproteínovou triedou a možno v nej identifikovať viaceré subfrakcie. Pri prítomnosti siedmich frakcií LDL cholesterolu je dôležité rozdelenie na neaterogénne frakcie LDL 1-2 a aterogénne frakcie LDL 3-7 (malé denzné lipoproteíny – sLDL). Prítomnosť sLDL aj pri normálnych hodnotách celkového a LDL cholesterolu trojnásobne zvyšuje kardiovaskulárne riziko (Goliasch et al., 2011; Oravec et al., 2011). Epidemiologické štúdie z ostatných rokov poukázali na inverzný vzťah medzi príjmom biologicky účinných látok a chorobnosťou alebo úmrtnosťou na kardiovaskulárne choroby (Poli et al. 2018; Zhang et al., 2022), rakovinou (McCullough et al., 2007) ako aj na chorôb spojených s vekom (Campbel a Junshic, 1994; Halliwell, 2008). Zo všetkých druhov ovocia práve bobuľové ovocie vykazuje vďaka vysokému obsahu polyfenolov značný kardio-ochranný efekt (Basu et al., 2010). Zmeny lipoproteínového profilu vplyvom konzumácie potravín s bioaktívnymi látkami sa pozitívnym vplyvom uplatňujú na znižovaní morbidity a mortality chronických chorôb (Slentz et al., 2007). Výsledky z domácich štúdií zameraných na konzumáciu bobuľového ovocia alebo jeho produktov vykazujú štatisticky preukazne pozitívne účinky na zdravotný stav ich pravidelnou konzumáciou so značným zlepšením parametrov kardiovaskulárneho zdravia (Habánová et al., 2016; Habánová et al., 2019; Habánová et al., 2022).

2 Materiál a metódy

V práci uvádzame súhrn troch klinických štúdii, zmeraných na hodnotenie účinku pravidelnej konzumácie 100% ovocných štiav. Metodika výberu probandov a odber biologického

materiálu boli pri všektých štúdiach rovnaké. Do výkumu boli zaradené probandky a probandi, ktorí spĺňali podmienky štúdie, a to vek 50-60 rokov, približne rovnaká telesná hmotnosť za posledné 3 mesiace (±3 kg), príjem alkoholu <30 g/deň, celkový cholesterol bez liečby liekmi. Kritéria vylúčenia boli: liečba chorôb pečene a obličiek (za posledných 6 mesiacov), tehotné a dojčiace ženy, užívanie antacíd alebo laxatív (aspoň 1-krát týždenne), nepravidelný alebo nevyvážený stravovací režim, potravinová intolerancia/alergia na produkty použité v práci, užívanie výživových doplnkov (vitamíny, antioxidanty, minerálne látky, flavonoidy), účasť na inej intervencii zameranej na stravovanie v rovnakom období.

Probandom bola odoberaná žilová krv nalačno štandardným spôsobom – na začiatku a na konci štúdie. Po separácii krvnej plazmy sa vzorky skladovali v mrazničke do uskutočnenia analýz. Lipoproteínové subfrakcie LDL-cholesterolu boli stanovené elektroforetickou metódou delenia lipoproteínov na polyakrylamidovom géli pomocou analyzátora Lipoprint® a kitu The Quantimetrix Lipoprint System LDL Subfractions Kit (Quantimetrix, CA, USA) podľa postupu poskytnutého výrobcom (URL 1). Všetky štúdie boli vykonané v súlade so smernicou Helsinskej deklarácie a schválené Etickou komisiou Špecializovanej nemocnice sv. Svorada Zobor, n. o. v Nitre. Pred samotným začiatkom štúdie všetci probandi podpísali informovaný súhlas so zaradením, podmienkami a priebehom štúdie a boli im poskytnuté všetky dôležité informácie o možných rizikách a benefitoch. V priebehu štúdií bola dodržaná ochrana osobných údajov v súlade s dodržiavaním zákona č. 18/2018 Z. z. o ochrane osobných údajov a o zmene a doplnení niektorých zákonov, pričom identita a meno zostanú uchované ako dôverné.

2.1 Klinická štúdia 1 – konzumácia 100 % ovocnej šťavy (mix)

Do štúdie bolo zaradených 14 mužov s priemerným vekom 51,8±7,65 rokov, ktorí konzumovali 300 ml 100 % šťavy z plodov arónie čiernoplodej (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott), brusnice čučoriedkovej (*Vaccinium myrtillus* L.), brusnice obyčajnej (*Vaccinium vitis-idaea* L.) a jablka (*Malus* ssp.), bez konzervantov od firmy MountBerry počas troch týždňov (21 dní). Šťava nebola pripravená z koncentrátu (NFC – not from concentrate). Pomer jej ovocnej zložky predstavoval 50 % BIO jablčná šťava, 25 % BIO aróniová šťava, 15 % BIO čučoriedková šťava a 10 % BIO brusnicová šťava.

2.2 Klinická štúdia 2 – konzumácia jahodovej šťavy

Do štúdie bolo zaradených 13 probandiek, ktoré konzumovali 440 ml (4 fľaše) jahodovej šťavy spracovanej vysokotlakovou metódou v laboratóriách Univerzity Aveiro (High Pressure Strawberry Juice; tlak: 550 MPa, teplota: 20 °C, čas: 2 min.) za deň s odporúčaním konzumovať 220 ml šťavy dopoludnia a v rovnakom objeme v popoludňajších hodinách počas 4 týždňov (28 dní).

2.3 Klinická štúdia 3 – konzumácia čučoriedkovej šťavy

V rámci tejto štúdie s dĺžkou trvania 8 týždňov bolo na základe stanovených kritérií sledovaných 15 probandiek, ktoré konzumovali 125 ml 100 % BIO prírodnej čučoriedkovej šťavy denne.

3 Výsledky a diskusia

Na základe hodnotenia vplyvu konzumácie 100 % ovocnej šťavy (mix) môžeme konštatovať, že pokles subfrakcií LDL 1-2 bol nesignifikantný, zatiaľ čo pokles hodnôt subfrakcií LDL 3-7, ktoré sú považované za aterogénne, bol vplyvom trojtýždňovej konzumácie šťavy štatisticky významný (p<0,05).

Pri hodnotení vplyvu konzumácie jahodovej šťavy na moduláciu aterogénnych subfrakcií LDL-cholesterolu sme zistili ich štatisticky významný pokles (p<0,05) až o 79,37 %.

Tak isto boli zistené štatisticky významné zmeny pri poklese aterogénnych subfrakcií v skupine probandiek konzumujúcich čučoriedkovú šťavu (p<0,05).

Podobné výsledky boli zaznamenané aj v ďalších klinických štúdiách, ktoré boli realizované na Ústave výživy a genomiky FAPZ SPU v Nitre (Habánová et al., 2013; Predná a Habánová, 2016; Kopčeková et al., 2023).

Podrobnejšie budú výsledky prezentované v rámci prednášky v rámci konferencie.

4 Záver

Na základe hodnotenia výsledkov všetkých troch štúdií, že u probandov, u ktorých bola na základe analýzy zistená prítomnosť aterogénnych frakcií (LDL3-7) na začiatku štúdie, došlo vplyvom konzumácie šťavy k ich signifikantnému poklesu. Na základe týchto výsledkov môžeme konštatovať, že konzumácia štiav z bobuľového ovocia, ktoré je zdrojom biologicky aktívnych látok, pozitívne moduluje lipopreotínový profil, čo je významné z hľadiska primárnej prevencie kardiovaskulárnych ochorení. Ukazuje sa, že stanovenie hladiny celkového cholesterolu a jeho hlavných frakcií, akými sú LDL a HDL cholesterol je nepostačujúce a novým prístupom v rámci včasnej diagnostiky, samotnej liečby, ale aj v prevencii ochorení kardiovaskulárneho systému je potvrdenie, resp. vylúčenie prítomnosti aterogénnych lipoproteínových subfrakcií.

Poďakovanie

Táto práca vznikla s podporou projektu ITMS: 313011V344, KEGA 003SPU-4/2022 a VEGA 1/0749/21.

Použitá literatúra

BASU, A. et al. 2010. Blueberries Decrease Cardiovascular Risk Factors in Obese Men and Women with Metabolic Syndrome. In *Journal of Nutrition*, Vol. 140, No. 9, p. 1582-1587.

CAMPBEL, T.C. – JUNSCHI, C. 1994. Diet and chronic degenerative diseases: prospectives from China. In *Am. J. Clin. Nutr.*, Vol. 59, No. 5, p. 1153S-1161S.

CARPENTIER, Y. A. - KOMSA-PENKOVA, R. S. 2011. The place of nutrition in the prevention of cardiovascular diseases (CVDs). In *European e-J Clin Nutr Metab*, Vol. 6, p. 272-282.

GOLIASCH G. et al. 2011. Relative importance of different lipid risk factors for the development of myocardial infarction at a very young age (? 40 years of age). In *Eur J Clin Invest*., Vol. 42, No. 6 p. 631-636.

HABÁNOVÁ M. et al. 2013. Zmena parametrov lipidového profilu v plazme v súvislosti s pravidelnou konzumáciou čučoriedok. In *Potravinárstvo*, Vol. 7, No. 1, p. 1-6.

HABÁNOVÁ, M. et al. 2016. Intake of bilberries (Vaccinium myrtillus L.) reduced risk factors for cardiovascular disease by inducing favorable changes in lipoprotein profiles. In *Nutr Res*. [online], Vol. 36, No. 12, p. 1415-1422. doi:10.1016/j.nutres.2016.11.010

HABÁNOVÁ, M. et al. 2019. Effect of berries/apple mixed juice consumption on the positive modulation of human lipid profile. *J. Funct. Foods.* [online], Vol. 60, 103417. doi:10.1016/j.jff.2019.103417

HABÁNOVÁ, M. et al. 2022. Modulation of Lipid Profile and Lipoprotein Subfractions in Overweight/Obese Women at Risk of Cardiovascular Diseases through the Consumption of Apple/Berry Juice. In *Antioxidants (Basel)*. [online], Vol.11, 2239. doi:10.3390/antiox11112239

HALLIWELL, B. 2008. Are polyphenols antioxidants or pro-oxidants? What do we learn from cell culture and *in vivo* studies? In *Archives of Biochemistry and Biophysics,* Vol. 476, No. 2, p. 107-112.

KOPČEKOVÁ, J. et al. 2020. Association between selected dietary habits and lipid profiles of patients with cardiovascular disease. In *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 17, No. 20, 7605. https://doi.org/10.3390/ijerph17207605.

KOPČEKOVÁ, J. et al. 2023. The effects of short-term sea buckthorn juice consumption on lipid profile and body composition in hypercholesterolemic women. In *Acta fytotechnica et zootechnica.* [online], Vol. 26, No. 2, p. 115-122. doi:10.15414/afz.2023.26.02.115-122

McCULLOUGH, M.L. et al. 2007. A Prospective Study of Fruits, Vegetables, and Risk of Endometrial Cancer. In *A. J. Epid. Nature,* Vol. 166, No. 8, p. 902-911.

ORAVEC, S. et al. 2011. Lipoprotein profile in patients who survive a stroke. In *Neuro Endocrinol. Letters*, Vol.32, p. 496-501.

PREDNÁ, L. - HABÁNOVÁ, M.. 2017 The effect of consumption of the pasteurized strawberry juice on the cholesterol levels in female volunteers with increased risk of cardiovascular diseases. In *Lekársky obzor*. Vol. 66, No. 2, s. 61-65.

ST - PIERRE A. C. et al., 2005. Low-density lipoprotein subfractions and the long-term risk of ischemic heart disease in men, 13-year follow-up data from the Quebec cardiovascular study, In *Aterioscler Thromb Vasc Biol*, Vol. 25, p. 553.

POLI, A. et al. 2018. Nutraceuticals and functional foods for the control of plasma cholesterol levels. An intersociety position paper. In *Pharmacol. Res.*, Vol. 134, p. 51–60.

ZHANG, Y. et al. 2022. Chokeberry (Aronia melanocarpa) as a new functional food relationship with health: An overview. In *Journl of Future Foods*, Vol. 1, p. 168–178.

ZURAINI, N. Z. A. et al. 2021. Promising Nutritional Fruits Against Cardiovascular Diseases: An Overview of Experimental Evidence and Understanding Their Mechanisms of Action. Vasc. In *Health Risk Manag*. Vol. 17, p. 739–769.

NILE SH. - PARK SW. 2014. Edibleberries: bioactivecomponents and theireffect on humanhealth. In *Nutrition*, Vol. 30, p.134-144.

RODRIGUEZ-MATEOS A. - HEISS C. - BORGES G. - CROZIER A. 2014. Berry (poly)phenols and cardiovascularhealth. In *J AgricFoodChem*, Vol. 62, 2014, p. 3842-3851.

SALMANIAN S. et al. 2014. Phenolic Content, Antiradical, Antioxidant, and AntibacterialProperties of Hawthorn (Crataeguselbursensis) Seed and PulpExtract. In *J. Agr. Sci. Tech*., Vol. 16, p. 343-354.

URL 1: https://quantimetrix.com/wp-content/uploads/LipoprintLDLTestKit_English_REF-48-7002.pdf (cit. 2023-11-17)

Kontaktné údaje: Marta Habánová, Ústav výživy a genomiky, FAPZ, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 9497 Nitra. marta.habanova@uniag.sk.

NAJČASTEJŠIE VYUŽÍVANÉ PRÍSTUPY PRE ODHAD GENOMICKÉHO INBRÍDINGU U HOSPODÁRSKYCH ZVIERAT

The most commonly used approaches for estimating genomic inbreeding in livestock

Adrián HALVONÍK, Nina MORAVČÍKOVÁ, Monika CHALUPKOVÁ, Radovan KASARDA
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

Genetická diverzita v populáciách hospodárskych zvierat významne prispieva k udržateľnosti živočíšnej výroby a tiež umožňuje živočíšnej výrobe lepšie reagovať na zmeny produkčnéhoprostredia ako aj požiadavky trhu. Jedným zo základných ukazovateľov stavu genetickej diverzity v populáciách je koeficient inbrídingu. Tradičné metódy jeho odhadu založené na rodokmeňových údajoch sú v súčasnosti nahradzované presnejšími a spoľahlivejšími odhadmi vychádzajúcimi z genomických dát. Z tohto dôvodu bolo cieľom našej štúdie otestovať rôzne štatistické prístupy prestanovenie koeficienta inbrídingu pomocou genomických dát u holštajnského plemena. Po kontrole kvality hodnotený dátový súbor obsahoval informácie o 43110 SNP markeroch pre 132 kráv.Vysoké hodnoty F_{SNP} (0,64)poukazujú na využívanie príbuzenskej plemenitby v sledovanej populácii, čo potvrdili aj hodnotyF_{ROH}> 4 Mb (0,09),ktoré naviac indikujú,že k jej využívaniu dochádzalo ajv minulosti.Vzhľadom na výhody a nevýhody testovaných metód bol ako najvhodnejší pre odhad súčasnej aj historickej úrovne genomického inbrídingu identifikovaný prístup založený na skríningu homozygotných úsekov v genóme jedincov.

Kľúčové slová: genomika, hovädzí dobytok, koeficient inbrídingu, príbuzenská plemenitba

1 Úvod a prehľad literatúry

Monitorovanie a efektívny manažment úrovne inbrídingu v populáciách hospodárskych zvierat sú kľúčovou súčasťou šľachtiteľských programov (Kasarda et al., 2014).V minulosti bolo možné monitorovať stav inbrídingu len prostredníctvom rodokmeňovej informácie, ktorá je však v prípade väčšiny druhov hospodárskych zvierat limitovaná počtom známych generácií predkov. Technologický pokrok v oblasti DNA analýz však umožnil stanoviť mieru príbuzenskej plemenitby presnejšie a to pomocou testovania robustných genomických dát, ktoré zachytávajú reálnu variabilitu testovanéhogenómu (Hill aWeir, 2011).V súčasnosti sa do popredia čoraz viac dostávajú rôzne štatistické prístupy odhadu genomickéhoinbrídingu (Kasarda et al., 2014; Moravčíková et al., 2017), pričom každý z nich má svoje špecifiká z pohľadu ich výpočtu aj interpretácie. Okrem toho je nutné pri výberevhodného prístupu zohľadniťparametre ako veľkosť hodnotenej vzorky, štruktúra populácie či použitá technológia genotypizácie (Villanueva et al., 2021). Z tohto dôvodu bolo cieľom našej štúdiejednak zanalyzovaťaktuálne štatistické prístupy pre odhad genomického koeficienta inbrídingu a tieto otestovať na modelovej populácii hospodárskych zvierat, v našom prípade populácii holštajnských kráv.

2 Materiál a metodika

2.1 Genomické dáta a ich kontorla kvality

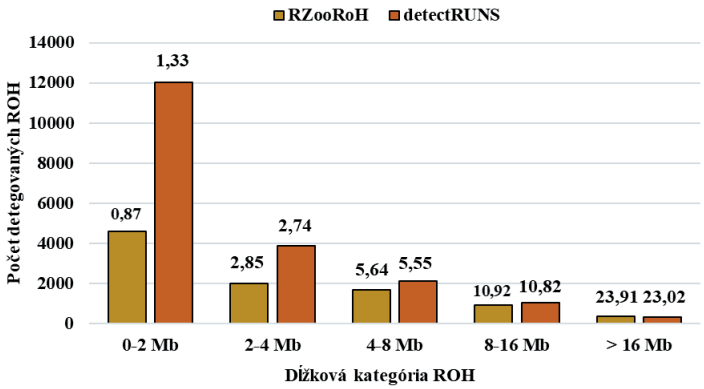
Vzorky DNA 134 kráv holštajnského plemena boli genotypované prostredníctvom čipu 50k International Dairy&BeefChip. V rámci kontroly kvality boli z databázy pomocou programu PLINK v1.9 (Chang et al., 2015) vyradené všetky SNP a jedince s podielom chýbajúcich informácií vyšším ako 90%. Kontrola frekvencie minoritnej alely(MAF; minimálne 1%) bola realizovanápri všetkých analýzach okrem detekcie homozygotných úsekov (ROH) pomocou detectRUNS (Biscarini et al., 2018). Po kontrole kvality dátový súbor tvorilo43110 resp. 46232 (bez MAF kontroly) autozomálnychSNP markerov a 132 jedincov.

2.2 Genomický koeficient inbrídingu

Na výpočet genomického inbrídingu bolo využitých niekoľko prístupov. V prípade prvého, ktorý je založený na skríningu ROH boli použité dva spôsoby: prvý takzvaný „consecutive SNP-basedapproach“ v balíku detectRUNS (Biscarini et al., 2018) a druhý založený na skrytých Markovových modeloch (HMM) v balíku RZooRoH (Bertrand et al., 2019) v programovacom jazyku R.V prípade detekcie ROH pomocou balíka RZooRoH (Bertrand et al., 2019) bol použitý mixKR model so siedmimi triedami, kde sa K = 2, 4, 8 ,16, 32, 64 a 128. Samotný genomický koeficient inbrídingu (F_{ROH}) bol v prípade oboch použitých metód vypočítaný ako podiel genómu, ktorý je pokrytý ROH úsekmi a to samostatne pre päť dĺžkových kategórií ROH (> 1 Mb, > 2 Mb, > 4 Mb, > 8 Mb a > 16 Mb).Okrem skríningu ROH úsekov bol genomický koeficient inbrídingu u každého jedinca stanovený aj na základe množstva homozygotných SNP markerov v genóme (F_{SNP}) ataktiež na základe pozorovanej a očakávanej homozygotnosti (F_{HOM}).Posledným prístupom využitím na výpočet koeficienta inbrídingu bol jeho odhad na základe genomickej matice príbuznosti (F_{GRM}). F_{GRM} a F_{HOM}boli vypočítané pomocou softvéru PLINK v1.9 (Chang et al., 2015).

3 Výsledky a diskusia

V rámci oboch prístupov založených na detekcii ROH boli zistené výrazné rozdiely jednak v počte identifikovaných úsekov a súčasne aj v ich priemernej dĺžke. Celkový počet detegovaných ROH balíkom detectRUNS bol 19441 a balíkonRZooRoH 9660. Tak ako je znázornené na grafe 1 tento rozdiel bol spôsobený hlavne kratšími ROH úsekmi, ktoré reprezentujú historický inbríding. Na grafe 1 môžeme súčasne vidieť, že so zväčšujúcou sa dĺžkou ROH sa zmenšujú rozdiely medzi výsledným počtom ROH, čo sa zhoduje so zisteniami Lavanchy et al. (2023). V rámci prvých štyroch stanovených dĺžkových kategórií detectRUNS detegoval vždy viac ROH úsekov v porovnaní s RZooRoH, iba v prípade ROH >16 Mb detegoval detectRUNS menej úsekov.



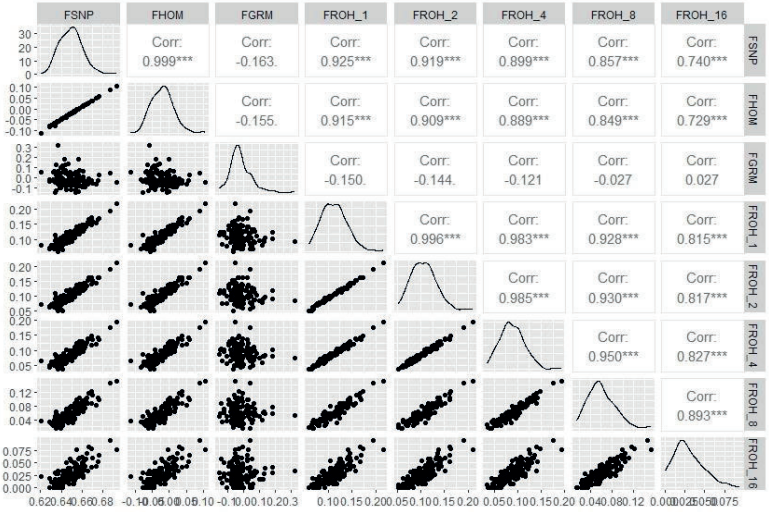
Graf 1 Celkový počet a priemerná dĺžka (v Mb nad stĺpcami) ROH detegovaných pomocou balíkov RZooRoH a detectRUNS / Totalnumber and averagelength (in Mb abovethecolumns) of ROH detected by theRZooRoH and detectRUNSpackages

Priemerné hodnoty genomického koeficienta inbrídingu odhadnuté na základe použitých metodických postupov na detekciu ROH sú sumarizované v tabuľke 1. Výsledky F_{ROH}preukázali vysoké hodnoty súčasného aj historického inbrídingu a teda dlhodobú intenzívnu selekciu a využívaniepríbuzenskej plemenitby v šľachtení holštajnského plemena. Lavanchy et al. (2023) zistili, že pri nami analyzovanej hustote genomickej informácie prístup založený na HMM poskytuje presnejšie výsledky ako prístupy založené na priamej detekcii ROH ku ktorým patrí aj “consecutive SNP-basedapproach“.

Tabuľka 1 Priemerné hodnoty F_{ROH} v závislosti od použitého prístupu / AverageF_{ROH} values for eachapproach

	F_{ROH}>1 Mb	F_{ROH}>2 Mb	F_{ROH}>4 Mb	F_{ROH}>8 Mb	F_{ROH}>16 Mb
detectRUNS	0,17 (± 0,03)	0,13 (± 0,03)	0,09(± 0,03)	0,06 (± 0,03)	0,03 (± 0,02)
RZooRoH	0,11(± 0,03)	0,11 (± 0,03)	0,09 (± 0,03)	0,06(± 0,03)	0,03 (± 0,02)

V nami testovanejpopulácii bola priemerná hodnota F_{SNP} 0,64 (± 0,01). Podobné výsledky zaznamenali aj Dadousis et al. (2022), kedy bola priemerná hodnota F_{SNP}v holštajnskej populácii v Taliansku 0,64. Tieto výsledkypodobne ako pri predchádzajúcich metódachpoukazujú na využívanie príbuzenskej plemenitby v sledovanej populácii. Priemerná hodnota F_{HOM} bola -0,02 (± 0,06). Záporná hodnota pri klasickej definícii tohto ukazovateľa hovorí o vyššom podiele heterozygotov v populácii. Villanueva et al. (2021) však zistili, žeaj keď záporné hodnoty F_{HOM}indikujúzvýšenie genetickej diverzity v populácii, nevypovedajú o celkovom zaťažení inbrídingom. S ohľadom na to, že hodnoty sú síce záporné, ale blížia sa nule teda nie je možné spoľahlivo konštatovať, že v nami testovanej populácii došlo k zvýšeniu miery genetickej diverzityv dôsledku poklesu inbrídingu.Priemerná hodnota F_{GRM}v sledovanej populácii bola -0,02 (± 0,07). Podľa definície F_{GRM}negatívne hodnoty vyjadrujúzvýšeniegenetickej variability. Dadousis et al. (2022) však tvrdia, že niektoré ukazovatele založené na frekvencii alel,ako napr.F_{GRM}, v populáciách v ktorých sa uplatňuje intenzívna direkcionálna selekcia nemusia vždy viesť k objektívnym výsledkom, čo sťažuje ich praktické použitie.Hodnoty korelačného koeficientu medzi všetkými ukazovateľmi s výnimkou F_{GRM} boli štatisticky preukazné a dosahovali hodnoty od 0,73 do 0,99. Korelácie medzi jednotlivými ukazovateľmi sú znázornené na grafe2.



Graf 2 Korelácie medzi použitými ukazovateľmi inbrídingu / Correlations between different inbreeding estimators

4 Záver

Na základezískaných výsledkov a ich porovnaní so súčasnými poznatkami v danej problematike môžeme považovať prístupzaložený na skríningu ROH za najvhodnejší pre odhad miery inbrídingu v populáciách hospodárskych zvierat. Pri dodržaní správnych metodických postupov a dostatočnej denzite genomických dát presnosť akomplexnosť získanej informácie z nášho pohľadu prevyšuje ostatné prístupy. Je však nutné uviesť, že oba metodické prístupy majú okrem nesporných výhod aj limitácie. V prípade prístupu

založenom na HMM je výpočet pomerne časovo náročný, čo môže ovplyvniť jeho aplikovateľnosť v rutinnom hodnotení. V prípade prístupu obsiahnutého v balíku detectRUNS je zasa určitou nevýhodou nutnosť špecifikovať množstvo vstupných parametrov, ktorá sa líšia v závislosti od testovaného druhu hospodárskych zvierat a robustnosti dostupných genomických informácií.

Poďakovanie

Výsledky boli získané v rámci výskumných projektov APVV-17-0060 a APVV-20-0161.

Použitá literatúra

BERTRAND, AR. - KADRI, NK. - FLORI, L. - GAUTIER, M. - DRUET, T. 2019. RZooRoH: an R package to characterize individual genomic autozygosity and identify homozygous-by-descent segments. In *Methods in Ecology and Evolution*. Online. Vol. 10, No. 6, s. 860-866. Dostupné na: https://doi.org/10.1111/2041-210X.13167 [dátum citovania 2024-07-24].

BISCARINI, F. - COZZI, P. - GASPA, G. - MARRAS, G. 2018. detectRUNS: an R package to detect runs of homozygosity and heterozygosity in diploid genomes. Dostupné na: https://cran.r-project.org/web/packages/detectRUNS/vignettes/detectRUNS.vignette.html [dátum citovania 2024-07-24].

DADOUSIS, C. - ABLONDI, M. - CIPOLAT-GOTET, C. - VAN KAAM, JT. - MARUSI, M. - CASSANDRO, M. - SUMMER, A. 2022. Genomic inbreeding coefficients using imputed genotypes: Assessing different estimators in Holstein-Friesian dairy cows. In *Journal of Dairy Science*. Online. Vol. 105, No. 7, s. 5926-5945. Dostupné na: https://doi.org/10.3168/jds.2021-21125 [dátum citovania 2024-07-24].

HILL, WG. - WEIR, BS. 2011. Variation in actual relationship as a consequence of Mendelian sampling and linkage. In *Genetics research*. Online. Vol. 93, No. 1, s. 47-64. Dostupné na: https://doi.org/10.1017/S0016672310000480 [dátum citovania 2024-07-24].

CHANG, CC. - CHOW, CC. - TELLIER, LC. - VATTIKUTI, S. - PURCELL, SM. - LEE, JJ. 2015. Second-generation PLINK: rising to the challenge of larger and richer datasets. In *Gigascience*. Online. Vol. 4, No. 1, s. 13742-015. Dostupné na: https://doi.org/10.1186/s13742-015-0047-8 [dátum citovania 2024-07-24].

KASARDA, R. - MÉSZÁROS, G. - KADLEČÍK, O. - HAZUCHOVÁ, E. - ŠIDLOVÁ, V. - PAVLÍK, I. 2014. Influence of mating systems and selection intensity on the extent of inbreeding and genetic gain in the Slovak Pinzgau cattle. In Czech *Journal of Animal Science.* Online. Vol. 59, No. 5, s. 219-226. Dostupné na: https://cjas.agriculturejournals.cz/pdfs/cjs/2014/05/03.pdf [dátum citovania 2024-07-24].

LAVANCHY, E. - GOUDET, J. 2023. Effect of reduced genomic representation on using runs of homozygosity for inbreeding characterization. In *Molecular Ecology Resources*. Online. Vol. 23, No. 4, s. 787-802. Dostupné na: https://doi.org/10.1111/1755-0998.13755 [dátum citovania 2024-07-24].

MORAVČÍKOVÁ, N. - KASARDA, R. - KUKUČKOVÁ, V. - KADLEČÍK, O. 2017. Effective population size and genomic inbreeding in Slovak Pinzgau cattle. In *Agriculturae conspectus scientificus*. Online. Vol. 82, No. 2, s. 97-100. Dostupné na: https://hrcak.srce.hr/191790 [dátum citovania 2024-07-24].

VILLANUEVA, B. - FERNÁNDEZ, A. - SAURA, M. - CABALLERO, A. - FERNÁNDEZ, J. - MORALES-GONZÁLEZ, E. - PONG-WONG, R. 2021. The value of genomic relationship matrices to estimate levels of inbreeding. In Genetics Selection Evolution. Online. Vol. 53, No. 1, s. 1-17. Dostupné na: https://doi.org/10.1186/s12711-021-00635-0 [dátum citovania 2024-07-24].

Kontaktné údaje: Adrián Halvoník, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav výživy a genomiky, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, ✉ xhalvonik@uniag.sk

VYUŽITIE SMART TECHNOLÓGIÍ V MODERNEJ VÝŽIVE PREŽÚVAVCOV
The use of smart technologies in modern ruminant nutrition

Ondrej HANUŠOVSKÝ, Daniel BÍRO, Milan ŠIMKO, Miroslav JURÁČEK, Branislav GÁLIK, Michal ROLINEC, Stanislava DROTÁROVÁ, Mária KAPUSNIAKOVÁ, Matúš DŽIMA
Ústav výživy a genomiky, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

Výživa vysokoprodukčných dojníc čelí viacerým výzvam v priebehu celej laktácie – a to od zvládnutia tranzitného obdobia pred pôrodom a po pôrode, pomeru jadrových a objemových krmív, optimalizácie využitia dusíka, meniacich sa pomerov medzi jednotlivými minerálnymi látkami až po využitie koncentrovaných tukov s meniacím sa profilom mastných kyselín v kŕmnych dávkach prežúvavcov. Veľmi dôležité je dbať na nutričnú kvalitu vyrábaných krmív s vysokou stráviteľnosťou a zvládnuť proces konzerovania objemových krmív s cieľom dosiahnúť ich vysokú produkčnú účinnosť. Zároveň je nutné dbať na štruktúrálne parametre kŕmynch dávok, s optimálnym obsahom fyzikále efektívnej vlákniny, pre zabezpečenie prežúvania dojníc. Je zrejmé, že zvýšujúca úroveň výživy vyžaduje nástroje, ktoré dokážu v reálnom čase monitorovať zdravotný stav zvierat za pomoci senzorov. V poslednom období sa práve do popredia tlačia smart technológie, ktoré dokážu naraz v reálnom čase kontrolovať pH, teplotu bachorového prostredia a aktivitu zvierat. Tieto zariadenia prinášajú kompletný obraz o metabolických poruchách (na základe pH a teploty bachorového prostredia), pitnom režime (teplotný senzor), ochoreniach končatín (akcelerometer), reprodukčnom cykle (akcelerometer, teplotný senzor) alebo dokážu vyhodnotiť aj blížiaci sa pôrod. Cieľom tohto prehľadu literatúry je priblížiť moderné trendy vo výžive prežúvavcov so zreteľom na monitoring zdravia zvierat.

Kľúčové slová: dojnice, bachor, monitoring, pH, teplota, aktivita

1 Úvod a prehľad literatúry

Nedávny pokrok v oblasti inteligentných technológií pre výživu prežúvavcov mení spôsob riadenia hospodárskych zvierat, zvyšuje efektívnosť, produktivitu a udržateľnosť. Internet vecí (IoT) umožnil vývoj inteligentných monitorovacích systémov, ktoré nepretržite sledujú rôzne parametre na základe ktorých dokážeme presnejšie riadiť výživu prežúvavcov. Napríklad pokročilé senzory pH (bolusy) môžeme hovädzimu dobytku aplikovať orálnou cestou a získať tak údaje o pH v bachore v reálnom čase, čo je rozhodujúce pre odhalenie bezpríznakových metabolických porúch, ako je napríklad acidóza bachora v subakútnej forme. Tieto senzory umožňujú okamžité úpravy kŕmnych stratégií na základe zdravotného stavu zvieraťa, optimalizáciu výživy a prevenciu zdravotných problémov (Gündüz a Başçiftçi, 2022). Tieto informácie môžu byť využité napríklad na sprecízňovanie výživy – to záhŕňa využívanie analýzy údajov na prispôsobenie parametrov kŕmych dávok špecifickým potrebám jednotlivých zvierat. Tento prístup využíva informácie zo senzorov, ktoré monitorujú príjem krmiva, telesnú hmotnosť a zdravotné ukazovatele. Analýzou týchto údajov môžu výživári optimalizovať zloženie krmív, čím sa zabezpečí, že každé zviera dostane vhodné živiny pre svoju fázu rastu alebo produkcie, čím sa zlepší účinnosť krmív a zníži množstvo zvyškov na konci kŕmneho dňa (Knudsen et al., 2023). Na monitorovanie správania a aktivity prežúvavcov sa používajú aj inteligentné obojky s GPS snímačmi. Tieto obojky môžu sledovať vzorce pohybu a úroveň aktivity, čím poskytujú informácie o správaní pri pasení a celkovom zdravotnom stave. Zozbierané údaje môžu chovateľom pomôcť efektívnejšie riadiť využívanie pasienkov a identifikovať zvieratá, ktoré môžu vyžadovať dodatočnú starostlivosť alebo výživársky zásah (Bailey et al., 2018). Využívajú sa aj automatizované kŕmne systémy, ktoré sú v chove prežúvavcov čoraz bežnejšie. Tieto

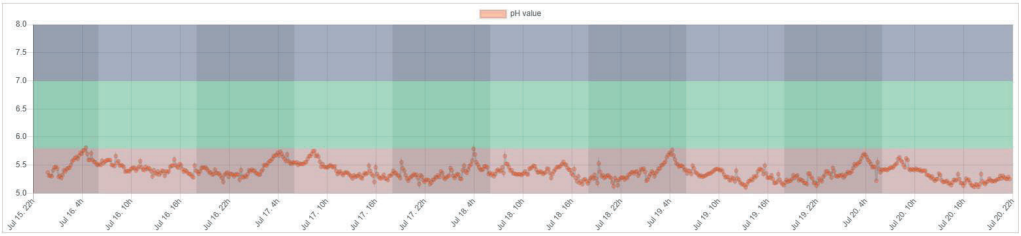
systémy dokážu dávkovať presné množstvo jadrového krmiva na základe individuálnych potrieb každého zvieraťa, čím sa znižujú náklady na pracovnú silu a zabezpečuje sa stála kvalita krmiva. Automatizácia tiež umožňuje lepšie monitorovanie spotreby krmiva, čo je nevyhnutné na optimalizáciu výživy a predchádzanie prekŕmenia alebo nedokŕmenia (Romano et al., 2023). V poslednom období sa do popredia dostáva aj umelá inteligencia. Integrácia umelej inteligencie pri analýze veľkých súborov údajov získaných z rôznych inteligentných technológií prináša revolúciu vo výžive prežúvavcov. Algoritmy umelej inteligencie dokážu identifikovať trendy a vzory v oblasti zdravia a výživy zvierat, čo umožňuje poľnohospodárom prijímať rozhodnutia založené na údajoch, ktoré zvyšujú produktivitu a udržateľnosť. To zahŕňa optimalizáciu receptúr krmív a zlepšenie postupov riadenia stáda na základe prediktívnej analýzy (Romano et al., 2023, Dayoub et al., 2024). Simulačné modelovanie sa používa na predpovedanie výsledkov rôznych stratégií kŕmenia na úžitkovosť zvierat a vplyv na životné prostredie. Simulovaním rôznych scenárov môžu chovatelia vyhodnotiť potenciálne účinky zmien vo výžive pred ich realizáciou, čo vedie k precíznejšiemu rozhodovaniu v oblasti výživy prežúvavcov (Misiura et al., 2023). Cieľom tohto literárneho prehľadu je priblížiť fungovanie smart systému na monitoring bachorového prostredia (teplota, pH) a telesnej aktivity s využitím automatických upozornení na základe vyhodnocovania meraných údajov s prvkami smart poľnohospodárstva.

2 Kontinuálny monitoring bachorového prostredia pomocou bolusov

V súčasnosti sa na Ústave výživy a genomiky na Fakulte agrobiológie a potravinových zdrojov zaoberáme monitoringom prežúvania a aktivity holštajnského dobytka pomocou obojkov (BouMatic RealTime) na Vysokoškolskom poľnohospodárskom podniku Kolíňany, Farma Oponice a monitoringom vnútorného bachorového prostredia na farme Kozárovce na slovenskom strakatom dobytku. Bolusy (Moonyst Agri IOT Ltd., Írska republika) využité na farme Kozárovce majú malé rozmery (100 x 32 mm a hmotnosť približne 200 g). Špecifická hmotnosť bolusu umožňuje jeho nidáciu a zabránenie spätnému vyvrhnutiu, resp. jeho pasáž do tenkého čreva. Využité bolusy majú implementovaný pH senzor, teplotný senzor a senzor aktivity, čo umožňuje z výživárskeho hľadiska sledovať vplyv kvalitatívnych parametrov kŕmnych dávok na pH bachora. Okrem toho ponúkajú celkový pohľad za zdravotný stav zvierat na základe bachorovej teploty, príjmu vody. Pohybový senzor na druhej strane napomáha detekovať ruju a optimalizovať odbobie inseminácie. Na základe aktivity zvierat dokáže systém aj upozornovať na blížiaci sa pôrod.

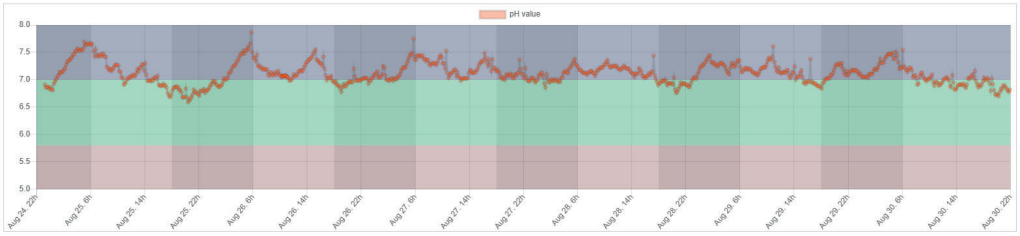
2.1 Monitoring pH bachora

Kontinuálne monitorovanie pH bachora a pochopenie cirkadiánnych zmien pH môže pomôcť pri riadení a predpovedaní subakútnej bachorovej acidózy (SARA). Príjem krmiva a prežúvanie významne ovplyvňujú pH bachora a usmernenie týchto faktorov pomocou správnej štruktúry kŕmnej dávky môže zmierniť riziko acidózy (Mensching et al., 2020). Na Obrázku 1 je možné vyčítať pH bachorového prostredia dojnice, ktorej pH neprekročilo v priebehu 5 dní pH 5,8, ktoré je kritické z hľadiska životných podmienok celulolytických baktérií. SARA a znížené pH bachora sú spojené so zníženým obsahom mliečneho tuku. Kravy so SARA vykazujú výrazné zníženie percenta mliečneho tuku, hoci celková dojivosť nemusí byť ovplyvnená (Stefańska et al., 2017, Kitkas et al., 2019, Ma et al., 2022). Hanušovský et al. (2018) pozorovali zníženie produkcie mlieka o 3 kg denne a aj nižšiu tukovosť mlieka u dojníc o 0,8% bodov, ktorých pH bachorového prostredia bolo pod úrovňou pH 5.8.



Obrázok 1 Znížené pH bachorového prostredia u dojnice slovenského strakatého plemena (export:mooncloud.moonsyst.com)

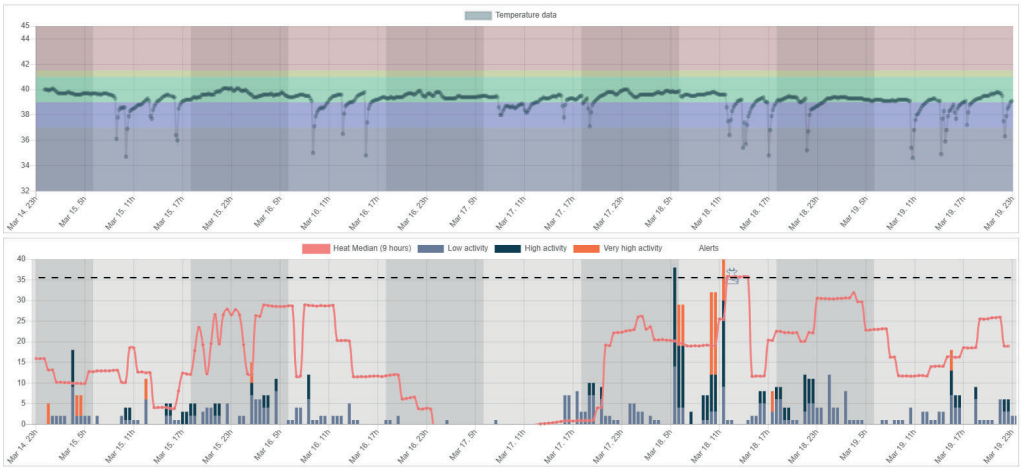
Zvýšené pH bachorového prostredia je spojené so zmenou produkcie mlieka a jeho kvality. Medzi hlavné rizikové faktory ketózy patrí vyššie skóre telesnej kondície pred otelením, vyššie poradie laktácie a predĺžené predchádzajúce obdobie laktácie a obdobia sucha (Raboisson, 2014, Vanholder et al., 2015). Zvýšené pH bachorového prostredia (Obrázok 2) sa v súvislosti s produkciou mlieka prejavuje výrazným poklesom v porovnaní so zdravými dojnicami a to až o 13 kg na dojnicu denne, zvýšením mliečneho tuku o 1,1 % bodov a zvýšením koncentrácie mliečnych bielkovín o 0,16 % bodov (Hanušovský et al., 2018).



Obrázok 2 Zvýšené pH bachorového prostredia u dojnice slovenského strakatého plemena (export:mooncloud.moonsyst.com)

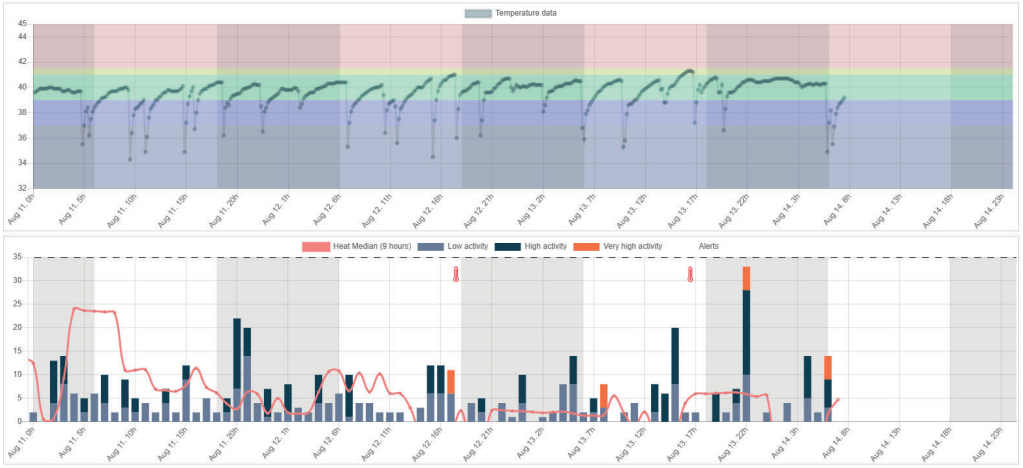
2.2 Monitoring teploty bachora

Moderné systémy na monitorovania vnútorného prostredia bachora vedia okrem ochorení detekovať aj znížený príjem vody (Obrázok 3 – piktogram dojnice s napájadlom na grafe aktivity). V prípade ak dojnica nepríjma vodu, prejavuje sa to na krivkách poklesu teploty bachorového prostredia, ktoré absentujú. Dojnice prijímajú vodu hlavne počas dňa a po návrate z dojárne a celkovo zvýšený príjem vody pozorujeme v prípade prekročenia teplôt termoneutrálnej pohody (Hanušovský et al., 2017).



Obrázok 3 Zníženie frekvencie príjmu vody u dojnice slovenského strakatého plemena (export:mooncloud.moonsyst.com)

Na základe teploty bachora dokáže systém vyhodnotiť aj ochorenia dojnice, ktoré nemusia súviesť s chybami vyplývajúcich z nesprávej výživy dojníc. Na Obrázku 4 systém na vyhodnocovanie údajov z bachorového prostredia automaticky upozornil na zvýšenú teplotu dojnice (piktogram teplomeru na grafe aktivity). Je zrejmé, že k nemu došlo aj napriek dostatočnému príjmu vody, ktorý sa prejavoval poklesmy kriviek teplôt bachora. Keďže v danom pozorovanom období nedochádzalo k zvýšenej aktivite dojnice a dojnica mala potvrdenú graviditu, nemohlo ísť o indikáciu blížiacej sa ruje.

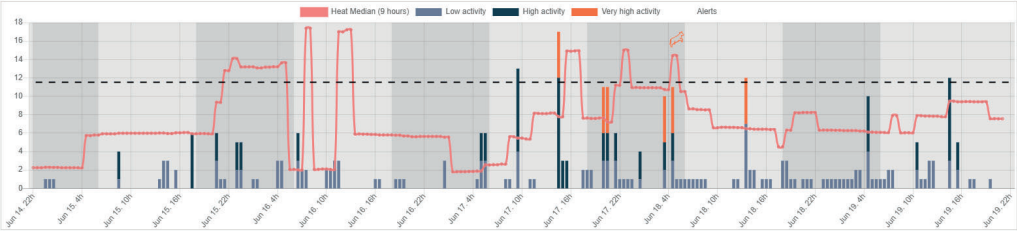


Obrázok 4 Zvýšenie teploty bachorového prostredia u dojnice slovenského strakatého plemena (export:mooncloud.moonsyst.com)

2.3 Monitoring aktivity zvierat pomocou bolusov

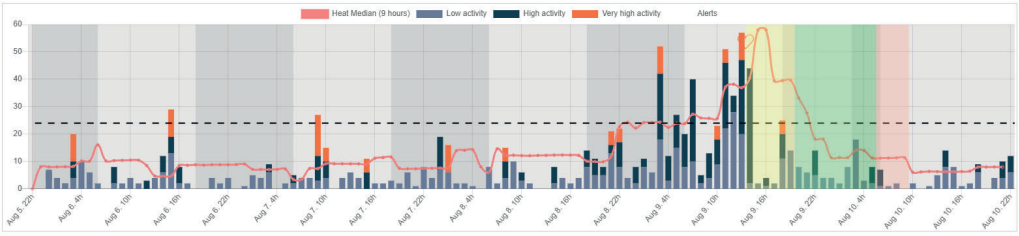
Ako bolo uvedené vyššie, moderné senzory, ktoré sa aplikujú do bachora, sú schopné na základe akceleračných senzorov monitorovať aj aktivitu zvierat a vyhodnocovať ich na základe mediánovej hodnoty. V prípade ak sa vyskytne pohybová aktivita nad mediánovú hodnotu, systém automaticky vyhodnotí zvýšenú pohybovú aktivitu dojnice. Nízka telesná

kondícia, vysoký počet somatických bunie, zvyšujúce sa poradie laktácie a zlá hygiena vemena sú spojené s vyššou pohyblivosťou dojníc (Oehm et al., 2022).



Obrázok 5 Zvýšená pohybová aktivita u dojnice slovenského strakatého plemena (export:mooncloud.moonsyst.com)

V prípade ak je dojnica v odbobí po pôrode a je očakávaný nástup ruje, systém spoľahlivo upozorňuje na blížiacu sa ruju, pričom dokáže odporučiť vhodné obdobie inseminácie na základe zvýšenej pohybovej aktivity (Obrázok 6). Dojnice vykazujú zvýšenú aktivitu pri chôdzi a skrátený čas ležania, príjmu sušiny a času príjimania kŕmnej dávky počas ruje (Zebari et al., 2018).



Obrázok 6 Odporúčané inseminačné obdobie na základe pohybovej aktivity u dojnice slovenského strakatého plemena (export:mooncloud.moonsyst.com)

4 Záver

Tento literárny prehľad sa zameriava na moderné trendy vo výžive prežúvavcov s dôrazom na monitoring zdravia zvierat pomocou inteligentných technológií. Kontinuálny monitoring bachorového prostredia pomocou bolusov umožňuje sledovať pH, teplotu a aktivitu zvierat v reálnom čase. Monitorovanie pH bachora pomáha predchádzať subakútnej bachorovej acidóze (SARA), ktorá negatívne ovplyvňuje produkciu a kvalitu mlieka. Naopak, zvýšené pH bachora je spojené s ketózou a tiež vedie k zníženiu produkcie mlieka a zmenám v jeho zložení. Sledovanie teploty bachora umožňuje detegovať znížený príjem vody a ochorenia nesúvisiace s výživou. Analýza pohybovej aktivity zvierat pomocou akceleračných senzorov v bolusoch napomáha identifikovať ruju a optimalizovať obdobie inseminácie. Integrácia umelej inteligencie a simulačného modelovania pri analýze veľkých súborov údajov z inteligentných technológií prináša revolúciu vo výžive prežúvavcov. Umožňuje optimalizáciu kŕmnych dávok, zlepšenie manažmentu stáda a informovanejšie rozhodovanie. Moderné technológie ako inteligentné obojky, automatizované kŕmne systémy a analýza údajov pomocou umelej inteligencie zvyšujú efektívnosť, produktivitu a udržateľnosť chovu prežúvavcov. Kontinuálny monitoring zdravotného stavu a výživy zvierat vedie k včasnej detekcii problémov, úprave kŕmnych stratégií a celkovej optimalizácii produkcie.

Poďakovanie

Táto publikácia vznikla s podporou Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a Slovenskej akadémie vied, projekt č. 1/0321/23 (Efektívny manažment výživy prežúvavcov s využitím moderného spôsobu monitorovania vnútorného prostredia).

Použitá literatúra

BAILEY, D. W. - TROTTER, M. G. - KNIGHT, C. W. - THOMAS, M. G. 2018. Use of GPS tracking collars and accelerometers for rangeland livestock production research. In *Translational Animal Science*. Vol. 2, No. 1, s. 81-88. doi: https://doi.org/10.1093/tas/txx006

DAYOUB, M. - SHNAIGAT, S. - TARAWNEH, R. - AL-YACOUB, A. - AL-BARAKEH, F. - AL-NAJJAR, K. 2024. Enhancing Animal Production through Smart Agriculture: Possibilities, Hurdles, Resolutions, and Advantages. In *Ruminants*. Vol. 4, No. 1, s. 22-46. doi: https://doi.org/10.3390/ruminants4010003

GÜNDÜZ, K. A. - BAŞÇIFTÇI, F. 2022. IoT-Based pH monitoring for detection of rumen acidosis. In *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. Vol. 74, No. 3, s. 457-472. doi: https://doi.org/10.1590/1678-4162-12659

HANUŠOVSKÝ, O. - BIRO, D. - ŠIMKO, M. - GÁLIK, B. - JURÁČEK, M. - ROLINEC, M. - HERKEĽ, R. 2017. Drinking regime evaluation with continuous ruminal monitoring boluses. In *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. Vol. 20, s. 1-5. doi: https://doi.org/10.15414/AFZ.2017.20.01.01-05

HANUŠOVSKÝ, O. - BÍRO, D. - ŠIMKO, M. - GÁLIK, B. - JURÁČEK, M. - ROLINEC, M. - BALUŠÍKOVÁ, Ľ. 2018. The dynamic of the ruminal content pH change and its relationship to milk composition. In *Acta Veterinaria Brno*. Vol. 87, No. 2, s. 119-126. doi: https://doi.org/10.2754/avb201887020119

KITKAS, G. - VALERGAKIS, G. - KRITSEPI-KONSTANTINOU, M. - GELASAKIS, A. - ARSENOS, G. - KALAITZAKIS, E. - PANOUSIS, N. 2019. Effects of ruminal pH and subacute ruminal acidosis on milk yield and composition of Holstein cows in different stages of lactation. In *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. doi: https://doi.org/10.12681/JHVMS.20861

KNUDSEN, K. E. B. - NOEL, S. - JØRGENSEN, H. 2023. Assessment of the Nutritive Value of Individual Feeds and Diets by Novel Technologies. In *Smart Livestock Nutrition*. s. 71-101. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-22584-0_4

MA, N. - ABAKER, J. - WEI, G. - CHEN, H. - SHEN, X. - CHANG, G. 2022. A high-concentrate diet induces an inflammatory response and oxidative stress and depresses milk fat synthesis in the mammary gland of dairy cows. In *Journal of Dairy Science*. doi: https://doi.org/10.3168/jds.2021-21066

MENSCHING, A. - BÜNEMANN, K. - MEYER, U. - SOOSTEN, D. - HUMMEL, J. - SCHMITT, A. - SHARIFI, A. - DÄNICKE, S. 2020. Modeling reticular and ventral ruminal pH of lactating dairy cows using ingestion and rumination behavior. In *Journal of Dairy Science*. doi: https://doi.org/10.3168/jds.2020-18195

MISIURA, M. M. - FILIPE, J. A. N. - KYRIAZAKIS, I. 2023. Mathematical and Statistical Approaches to the Challenge of Forecasting Animal Performance for the Purposes of Precision Livestock Feeding. In *Smart Livestock Nutrition*. s. 141-167. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-22584-0_6

OEHM, A. - MERLE, R. - TAUTENHAHN, A. - JENSEN, K. - MUELLER, K. - FEIST, M. - ZABLOTSKI, Y. 2022. Identifying cow-level factors and farm characteristics associated with locomotion scores in dairy cows using cumulative link mixed models. In *PLoS ONE*. Vol. 17. doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263294

RABOISSON, D. - RABOISSON, D. - MOUNIÉ, M. - MAIGNÉ, É. 2014. Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: a meta-analysis and review. In *Journal of Dairy Science*. Vol. 97, No. 12, s. 7547-7563. doi: https://doi.org/10.3168/jds.2014-8237

ROMANO, E. - BRAMBILLA, M. - CUTINI, M. - GIOVINAZZO, S. - LAZZARI, A. - CALCANTE, A. - TANGORRA, F. M. - ROSSI, P. - MOTTA, A. - BISAGLIA, C. et al. 2023. Increased Cattle Feeding Precision from Automatic Feeding Systems: Considerations on Technology Spread and Farm Level Perceived Advantages in Italy. In *Animals*. Vol. 13, No. 21, s. 3382. doi: https://doi.org/10.3390/ani13213382

STEFAŃSKA, B. - NOWAK, W. - KOMISAREK, J. - TACIAK, M. - BARSZCZ, M. - SKOMIAŁ, J. 2017. Prevalence and consequence of subacute ruminal acidosis in Polish dairy herds. In *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. Vol. 101, s. 694-702. doi: https://doi.org/10.1111/jpn.12592

ZEBARI, H. - ZEBARI, H. - RUTTER, S. - BLEACH, E. 2018. Characterizing changes in activity and feeding behaviour of lactating dairy cows during behavioural and silent oestrus. In *Applied Animal Behaviour Science*. doi: https://doi.org/10.1016/J.APPLANIM.2018.06.002

Kontaktné údaje: Ing. Ondrej Hanušovský, PhD., Ústav výživy a genomiky, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, e-mail: ondrej.hanusovsky@uniag.sk

ANALÝZA VZŤAHU MEDZI VYBRANÝMI LETOVÝMI PARAMETRAMI SOKOLA RÁROHA *(FALCO CHERRUG)*

Analyzing the Relationship between Selected Flight Parameters in the Saker Falcon *(Falco cherrug)*

Terézia HEGEROVÁ, Peter JUHÁS
Ústav chovu zvierat, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra, Slovensko

Cieľom štúdie bolo vyhodnotiť vzťah medzi vybranými letovými parametrami sokola rároha (*Falco cherrug*). Zistila sa pozitívna korelácia medzi maximálnou rýchlosťou a výškou letu (r = 0,217), z čoho možno odvodiť letový režim dravých vtákov sokolovitého druhu. Pozitívna korelácia bola zistená aj medzi maximálnou rýchlosťou letu a prejdenou vzdialenosťou (r = 0,241) a medzi maximálnou rýchlosťou a dĺžkou trvania letu (r = 0,238).

Kľúčové slová: sokoliarstvo, sokol rároh, letové vlastnosti

1 Úvod a prehľad literatúry

Sokol rároh (*Falco cherrug*) je zaradený medzi väčšie druhy sokolov, pričom veľkostne ho môžeme zaradiť medzi sokola loveckého (*Falco rusticolus*) a sokola sťahovavého (*Falco peregrinus*) (Dixon, 2021; Panter, 2023). Sokol rároh je jedným z najčastejšie využívaných dravcov v sokoliarstve (Eastham, 2002; Samour, 2016). Využíva sa na letiskách, na odplašenie divých vtákov, čím sa znižuje riziko kolízie vtákov s lietadlami (Kitowsky, 2011; Panter, 2023). Sokoly sú tiež využívané na biologickú ochranu poľnohospodárskych oblastí alebo na elimináciu nežiaducich bezpilotných lietadiel (UAV). Rovnako sa používajú v zábavnom priemysle alebo na vzdelávacie účely (Panter, 2023). Dravce sú veľmi komplexné a inteligentné druhy, ktoré sú náchylné na neželané zmeny správania, ak sú chované v nesprávnych podmienkach alebo ak sú použité nesprávne metódy tréningu (Jones, 2021). Cieľom tejto štúdie bolo vyhodnotiť vzťah medzi vybranými letovými parametrami sokola rároha (Falco cherrug) a tým poskytnúť analýzu pre lepšie nastavenie tréningu sokola rároha používaného v sokoliarstve.

2 Materiál a metódy

Náš výskum sme vykonávali v sokoliarskom centre Astur na Hrade Červený Kameň počas obdobia šiestich mesiacov (jún – november 2023). Letové parametre dravca boli získané pomocou systému Marshall Turbo GPS. Štatistická analýza bola vykonaná pomocou softvéru SPSS - Pearsonov korelačný koeficient (r). Vybrané letové parametre zahŕňajú celkovú prejdenú vzdialenosť, maximálnu dosiahnutú rýchlosť, maximálnu letovú výšku, priemernú rýchlosť, trvanie letu a trvanie voľného letu.

3 Výsledky a diskusia

Počas sledovaného obdobia bola priemerná hmotnosť sokola rároha 759,36 g (s odchýlkou 25,70 g), pričom maximálna zaznamenaná hmotnosť bola 832 g a minimálna 725 g. Podobná hmotnosť bola zaznamenaná v štúdii (Gaudio, 2023), pričom použili jednotný priemer hmotnosti pre samce a samice, čo viedlo k vyššiemu priemeru hmotnosti 915 g (s odchýlkou 175 g) oproti priemeru v našej štúdii, kde sme použili samca (samice sú u dravých vtákov v porovnaní so samcami väčšie). Sokol preletel priemernú vzdialenosť 4,484 km (s odchýlkou 2,516 km) počas jedného letu, pričom maximálna zaznamenaná vzdialenosť bola 16,6 km a minimálna 1,1 km. V našej štúdii preletel sokol 4-krát väčšiu vzdialenosť v porovnaní so štúdiou od Granati (2021). Priemerná hodnota maximálnej rýchlosti sokola

počas letov bola 108,25 km/h (s odchýlkou 20,096 km/h), pričom najvyššia zaznamenaná maximálna rýchlosť bola 166 km/h a najnižšia 70 km/h. Hekman (2005) uvádza rýchlosť pre sokola rároha 120 – 150 km/h. Sokol dosiahol priemernú letovú výšku 53,65 m (s odchýlkou 29,408 m), pričom najvyššia letová výška bola 153 m a najnižšia bola 12 m. Priemerná hodnota priemerných rýchlostí počas letu bola 41,32 km/h (s odchýlkou 3,949 km/h), pričom najvyššia priemerná rýchlosť bola 50 km/h a najnižšia bola 26 km/h. Priemerná dĺžka jedného letu sokola bola 5 minút a 55 sekúnd (s odchýlkou 3 minúty a 16 sekúnd), pričom najdlhší zaznamenaný let trval 21 minút a 26 sekúnd a najkratší iba 5 sekúnd. Priemerná dĺžka voľného letu sokola bola 5 minút a 20 sekúnd (s odchýlkou 3 minúty a 35 sekúnd), pričom najdlhší zaznamenaný let trval 21 minút a 26 sekúnd a najkratší trval iba 1 minútu a 3 sekundy. Podobnú dĺžku letu pre štúdium tréningu dravcov zvolil (Granati, 2021), kde ich dravce lietali po dobu 5 minút. Podarilo sa nám identifikovať niekoľko významných korelácií medzi vybranými letovými parametrami na úrovni ($P < 0,05$). Najsilnejšie korelačné vzťahy boli zaznamenané medzi parametrami ako celková prejdená vzdialenosť, trvanie letu a trvanie voľného letu, avšak keďže tieto parametre logicky súvisia medzi sebou, nebudeme sa priamo venovať ich vzťahu. Zaujímavé je, že bola zistená pozitívna korelácia medzi maximálnou rýchlosťou a letovou výškou ($r = 0,217$), z čoho možno usudzovať letový režim sokolovitých dravcov, využívajúc letovú výšku na získanie vyššej rýchlosti pri útoku na korisť, čo potvrdzuje aj naša hypotéza podporená aj Dekkerom (2009). Pozitívne korelácie boli tiež zistené medzi maximálnou rýchlosťou letu a preletenou vzdialenosťou ($r = 0,241$) a medzi maximálnou rýchlosťou a dĺžkou letu ($r = 0,238$). Tieto pozitívne korelácie môžu tiež súvisieť s aktuálnym stavom sokola, kde môže vynaložiť dostatok energie na dosiahnutie vyššej rýchlosti a následne preletieť väčšiu vzdialenosť s dlhším trvaním letu.

4 Záver

Na základe našej štúdie môžeme konštatovať, že niektoré letové charakteristiky dravcov sokolovitých sú úzko prepojené. Identifikovali sme významné vzťahy medzi rôznymi letovými parametrami, ako sú letová výška a maximálna rýchlosť. V ďalšej fáze našej štúdie sa zameriame na porovnanie identifikovaných letových parametrov s environmentálnymi podmienkami, aby sme lepšie pochopili, ako vonkajšie faktory ovplyvňujú letové správanie sokolovitých dravcov. Do štúdie zahrnieme aj aktuálnu hmotnosť dravca a stanovíme optimálnu kŕmnu dávku.

Poďakovanie

Sme vďační vedeniu a pracovníkom sokoliarskeho dvora Astur na Hrade Červený Kameň za pomoc pri výskume a poskytnutie priestoru. Výskumné aktivity boli financované riešením projektu Grantovej agentúry Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov, SPU v Nitre 10/2024-GA-FAPZ a projektom 06-GA-SPU-2024.

Použitá literatúra

DEKKER, D. 2009. *Hunting tactics of Peregrines and other falcons.* Wageningen University and Research. ISBN: 978-90-8585-328-2

DIXON, A. 2012. *Conservation of the Saker Falcon Falco cherrug and the use of hybrids for falconry*. Aquila, 119, 9-19. https://api.semanticscholar.org/CorpusID:54802418

EASTHAM, C. P. - NICHOLLS, M. K., & FOX, N. C. 2002. *Morphological variation of the saker (Falco cherrug) and the implications for conservation*. Biodiversity & Conservation, 11, 305-325. https://doi.org/10.1023/A:1014566024582

GAUDIO, E. - FRANCESCHINIS, C. - MCKINNEY, P. - AZMANIS, P. 2023. *Anesthetic effects of dexmedetomedineketamine sedation followed by isoflurane induction and maintenance in the saker falcon (Falco cherrug).* Journal of Exotic Pet Medicine, 47, 27-33. https://doi.org/10.1053/j.jepm.2023.07.004

GRANATI, G. - CICHELLA, F. - LUCIDI, P. 2021. High-Tech Training for Birds of Prey. Animals, 11(2), 530. https://doi.org/10.3390/ani11020530

HEKMAN, V. 2005. *Falco cherrug,* Animal Diversity Web. https://animaldiversity.org/accounts/Falco_cherrug/

JONES, M. P. - HEIDENREICH, B. 2021. *Behavior of birds of prey in managed care.* Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice, 24(1), 153-174. https://doi.org/10.1016/j.cvex.2020.09.007

KITOWSKI, I. - GRZYWACZEWSKI, G. - CWIKLAK, J. - GRZEGORZEWSKI, M. - KROP, S. 2011. *Falconer activities as a bird dispersal tool at Deblin Airfield (E Poland).* Transportation Research Part D: Transport and Environment, 16(1), 82-86. https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.07.010

NITTINGER, F. - GAMAUF, A. - PINSKER, W. - WINK, M. - HARING, E. 2007. Phylogeography and population structure of the saker falcon (Falco cherrug) and the influence of hybridization: mitochondrial and microsatellite data. Molecular Ecology, 16(7), 1497-1517. https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03245.x

PANTER, C. T. - JONES, G. C. - WHITE, R. L. 2023. *Trends in the global trade of live CITES-listed raptors: Trade volumes, spatiotemporal dynamics and conservation implications.* Biological Conservation, 284, 110216. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110216

SAMOUR, J. - SILVANOSE, C. - PENDL, H. - & BAILEY, T. (2016). *Clinical and laboratory diagnostic examination.* Avian Medicine, Third Ed. (J. Samour, Editor), Elsevier Publishers, New York, NY, USA, 73-178. https://doi.org/10.1016/B978-0-7234-3832-8.00006-7

Kontaktné údaje: Terézia Hegerová, Ústav chovu zvierat, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra, Slovensko, terezia.hegerova@uniag.sk

SÚČASNOSŤ A PERSPEKTÍVY CHOVU AUTOCHTÓNNYCH PLEMIEN HYDINY NA SLOVENSKU

The current status and perspectives of autochthonous poultry breeds breeding in Slovakia

Štefan HENŽEL[1], Cyril HRNČÁR[2]
[1]*Slovenský zväz chovateľov, Slovenská republika*
[2]*Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika*

V súčasnosti sa na Slovensku chovajú štyri autochtónne plemená hydiny – dve plemená kúr (oravka, zdrobnená oravka) a dve plemená husi (hus slovenská, hus suchovská). V tomto ptíspevku sme zhromaždili a analyzovali údaje o charakteristike jednotluvých plemien, súčasnosnom stave a perspektívach chovu autochtónnych plemien hydiny na území Slovenskej republiky.

Kľúčové slová: chovateľsvo, hydina, kury, husi, autochtónne plemeno

1 Úvod

V súčasnosti, s rastúcim dopytom po hydinových produktoch z extenzívnych systémov, je dôležité chovať pôvodné plemená hydiny. Tieto plemená sú vhodné pre voľný výbeh a ekologické poľnohospodárstvo, pretože sa dobre prispôsobili miestnym podmienkam. Pôvodné plemená hydiny zohrávajú dôležitú spoločenskú úlohu a majú pozitívny vplyv na udržanie vidieckej spoločnosti a tradičnej formy poľnohospodárstva, ako aj na uspokojovanie miestnych tradícií. Predstavujú zdroj génov pre budúce šľachtiteľské stratégie a výskum. Pôvodné plemená v systéme produkcie hydiny majú dôležitú výhodu v biodiverzite a udržateľnej poľnohospodárskej výroby (Hanusová et al., 2017a).

V súčasnosti sú na Slovensku uznané nasledovné autochtónne plemená hydiny: oravka, zdrobnená oravka, hus slovenská a hus suchovská.

2 Charakteristika autochtónnych plemien hydiny

2.1 Oravka

Oravka je plemeno kúr vhodné do tvrdších klimatických podmienok horských a podhorských oblastí Slovenska. Vyznačuje sa zhánlivosťou, vyniká rastovou schopnosťou, rýchlym operovaním a tzv. zimnou znáškou vajec. Vyznačuje sa stredným telesným rámcom obdĺžnikového tvaru s mierne klesajúcou líniou chrbta, ružicovým hrebeňom a bohatým operením. Hmotnosť kohútov je 2,8 až 3,3 kg, sliepok 2,2 až 2,7 kg. Znáška je 180 až 200 ks vajec s hmotnosťou vajca 55 g s nahnedlou farbou škrupiny (Weis a Hrnčár, 2009). Oravka bola postupne vyšľachtená v žltohnedom, bielom, čiernom, rodovosfarbenom a pásikovanom farebnom ráze.

2.2 Zdrobnená oravka

Zdrobnená oravka sleduje utváraním zovňajšku tvar veľkej oravky vo všetkých znakoch vrátane farby operenia Vyznačuje sa kombinovanou úžitkovosťou, s dobrou produkciou vajec, rastovou schopnosťou a adaptabilitou na alternatívne chovy. Živá hmotnosť kohútika je 1,0 až 1,2 kg a sliepočky 0,8 až 1,0 kg. Znáška je na úrovni 140 ks vajec s hnedastou farbou škrupiny s hmotnosťou 40 g (Barlík, 2004). Chová sa v žltohnedom, bielom, rodovosfarbenom, čiernom a pásikovanom farebnom ráze.

2.3 Hus slovenská

Hus slovenská bola vyšľachtená z krajových husí z podunajskej oblasti, ktoré boli prekrížené husami pomoranskými, emdemskými a maďarskymi. Je to všestranne úžitkové plemeno husí bielej farby peria s kompaktným, mierne zošikmeným držaním tela, ušľachtilým vzhľadom a pevnej konštitúcie. Plemeno je charakteristické svojou otužilosťou s dobrým zužitkovaním pastvy so zachovaným pudom kvokavosti. Vyniká dobrou kvalitou peria (Hrnčár et al., 2012). Živá hmotnosť gunára sa pohybuje v rozmedzí od 6,8 do 8,0 kg a husi od 5,8 do 7,0 kg. Znáška vajec je 12 až 20 ks vajec s bielou farbou škrupiny a s hmotnosťou 140 g (Špaňúr a Kováč, 2002).

2.4 Hus suchovská

Hus suchovská vznikla krížením viacerých plemien (tulúzske, landenské, pomoranské a štajnbašské) s domácimi husami v okolí Trnavy, ktoré mali divožltú farbu peria. Je to plemeno väčšieho telesného rámca, tvrdej konštitúcie, kompaktného a pevne stavaného, takmer vodorovne držaného tela, pastevného typu. Sfarbenie peria je žltodivé (Hrnčár, 2013). Živá hmotnosť gunára je 6,5 až 7,5 kg a husi 5,5 až 6,5 kg. Znáška je 14 až 16 ks vajec s hmotnosťou 140 g a s bielou farbou škrupiny. Husi si zachovali pud kvokavosti a sú schopné vyviesť húsatá samostatne. Zachovala sa aj väzba farby na pohlavie – gunáre sú podstatne svetlejšie ako husi, čo sa dá rozoznať na prvý pohľad (Špaňúr, 2002).

3 Súčasný stav chovu autochtónnych plemien hydiny

3.1 Početnosť registrovaných chovov a zvierat

Organizáciou poverenou za rozvoj a zošľachťovanie autochtónnych plemien hydiny bol a je poverený Slovenský zväz chovateľov prostredníctvom odbornej komisie pre chov hydiny. Vyrovnanosť plemien v štandarde a vonkajších exteriérových znakoch je zabezpečovaná každoročným uznávacím pokračovaním tzv. kontrolovaných chovov, ktoré sa podľa úrovne chovu zaraďujú ako rozmnožovacie (A), plemenné (B) a kmeňové (C). Pri oravke a zdrobnenej oravke sú najpočetnejším farebným rázom pôvodný – žltohnedý. Postupným šľachtením ďalších farebných rázov sa rozšíril výber pre chovateľov. Odlišná situácia je u husi slovenskej a suchovskej, pri ktorých je uznaný len jeden farebný ráz. Nevýhodou chovu všetkých autochtónnych plemien je absencia C chovu – chovu najvyššej úrovne plemenárskej. Pomerne malý počet uznaných chovov autochtónnych plemien hydiny kladie zvýšený tlak na hodnotiteľov pri uznávaní chovov (www.szch.sk).

Tabuľka 1 Súčasný stav početnosti autochtónnych plemien na Slovensku / The current status of abundance of autochthonous poultry breeds in Slovakia

	Počet uznaných chovov				**Počet ks v chovoch**		
	A	**B**	**C**	**Spolu**	♂	♀	**Spolu**
Oravka							
- žltohnedá	14	8	0	22	29	228	257
- biela	14	3	0	17	21	150	171
- čierna	4	2	0	6	6	45	51
- pásikovaná	5	0	0	5	11	79	90
- rodovosfarbená	11	0	0	11	15	96	111
Zdrobnená oravka							
- žltohnedá	5	3	0	8	8	51	59
- biela	3	2	0	5	5	29	34
- čierna	3	0	0	3	4	18	22
- pásikovaná	2	0	0	2	2	11	13
- rodovosfarbená	1	3	0	4	4	24	28
Hus slovenská	12	3	0	15	19	33	52
Hus suchovská	13	2	0	15	16	30	46

Zdroj: SZCH (2024)

3.2 Autochtónne plemená hydiny ako predmet výskumu

V oblasti výskumu Slovenský zväz chovateľov úzko spolupracuje so Slovenskou poľnohospodárskou univerzitou v Nitre a Národným poľnohospodárskym a potravinárskym centrom – Výskumnom ústave živočíšnej výroby Nitra.

Autochtónne plemená hydiny sú objektom výskumu na Slovenskej poľnohospodárskej univerzite v Nitre. Rastové ukazovatele plemena oravka a ich porovnanie s vybranými plemenami s kombinovanou úžitkovosťou (hempšírka, plymutka, rodajlendka, sasexka) sledovali Hrnčár et al. (2010). Uvedení autori konštatovali, že oravka sa v rastovej schopnosti vyrovnala so sledovanými plemenami kúr s výnimkou hempšírky. V tomto prípade sa však jednalo o plemeno, ktoré bolo cieľavedome šľachtené na produkciu mäsa. Kvalitu vajec kúr s kombinovanou úžitkovosťou (hempšírka, oravka, plymutka, rodajlendka, sasexka) sledovali Hrnčár et al. (2016). Výsledky sledovania ukázali, že hmotnosť vajec a dĺžka vajec pri hempšírke bola výrazne vyššia ako pri oravke, zatiaľ čo rozdiel v indexe tvaru vajec medzi týmito plemenami bol nevýrazný. Výška bielka bola pri hempšírkach podstatne vyššia v porovnaní s plymutkou a sasexkou. Hodnoty Haughových jednotiek boli pri hempšírke výrazne vyššie v porovnaní s oravkou, plymutkou, rodajlendkou a sasexkou. Podstatne vyššie hodnoty výšky a indexu žĺtka zaznamenali pri oravke v porovnaní s ostatnými plemenami. Zatiaľ čo hmotnosť a podiel škrupiny boli ovplyvnené plemennou príslušnosťou, v hrúbke škrupiny boli rozdiely medzi plemenami málo výrazné.

Znalosť genetickej diverzity a štruktúry je obzvlášť dôležitá v prípade ohrozených plemien. Predbežná charakteristika genetickej diverzity a štruktúry bola hodnotená Mindekom et al. (2014) pri husi slovenskej a suchovskej na základe analýzy 6 mikrosatelitných lokusov v celkovej populácii 50 ks hydiny. Priemerná pozorovaná heterozygotnosť bola 0,39 pri husi slovenskej a 0,33 pri husi suchovskej

Na Národnom poľnohospodárskom a potravinárskom centre – Výskumnom ústave živočíšnej výroby sa realizuje výskum na troch líniách oravky žltohnedej, pri ktorých sa sledujú liaharenské parametre, rastová schopnosť, parametre znášky a kvality vajec oravky (Hanusová et al., 2014; Hanusová et al. 2015; Hanusová et al., 2017b). Na tomto ústave sa realizuje aj izolácia a kryokonzervácia blastodermálnych a primordiálnych zárodočných buniek u kurčiat oravky. Kvalita blastodermálnych a primordiálnych zárodočných buniek pred a po kryokonzervácii sa hodnotila fluorescenčnou mikroskopiou, prietokovou cytometriou a elektrónovou mikroskopiou (Svoradová et al., 2016). Rovnako ústav zameriava pozornosť aj na kryokonzerváciu ejakulátu kohútov oravky a posúdenie jeho kvality uvedenými metódami (Svoradová et al., 2018). Vzorky ejakulátu kohútov oravky sú uložené v génovej banke pri NPPC-VÚŽV Nitra. V štúdii Svoradovej et al. (2019) bola analyzovaná kvalita čerstvého ejakulátu gunárov husi slovenskej pomocou počítačom podporovaného analyzátora spermií (CASA) a prietokovej cytometrie. Objektívne hodnotenie pohyblivosti spermií čerstvého ejakulátu môže byť účinným indikátorom kvality zmrazeného a rozmrazeného ejakulátu. Preto je potrebné pravidelné hodnotenie ejakulátu, aby sa zachovali kvalitné inseminačné dávky z pôvodných plemien.

.

3.3 Perspektívy chovu autochtónnych plemien hydiny

Slovenský zväz chovateľov ako uznaná chovateľská organizácia na základe poverenia Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR bude aj budúcnosti v súlade s domácou legislatívou riadiť plemenársku prácu pri šľachtení autochtónnych plemien hydiny, ktoré predstavujú génový zdroj pre budúce šľachtiteľské stratégie a výskum (www.szch.sk). Autochtónne plemená svojimi jedinečnými vlastnosťami sú predurčené do voľných výbehov, či už ekologických fariem alebo súkromných chovateľov. Potenciál v týchto plemenách však možno ohodnotiť aj ako zdroj živočíšnej génovej rezervy predstavujúcej pôvodnú a veľmi málo prešľachtené plemená hydiny. Génové rezervy sú veľmi cenným zdrojom mnohých génov zdedených po predkoch, ktoré prepožičiavajú zvieratám užitočné vlastnosti, ako napr. odolnosť, prispôsobivosť, nenáročnosť a prirodzenú obranyschopnosť. Práve tieto gény robia zvieratá dôležitými pre budúce využitie pri krížení s prešľachtenými plemenami hydiny (Ledvinka et al., 2015).

4 Záver

V súčasnej dobe vývoj smeruje k šľachteniu stále výkonnejších plemien hydiny, čo vedie k nebezpečnej genetickej jednotvárnosti. Z tohto dôvodu je veľkým nebezpečenstvom znižovanie genetickej diverzity hydiny, ku ktorej došlo hlavne kvôli intenzívnej selekcii v šľachtiteľských programoch. Využívanie autochtómmych plemien hydiny získava aj v modernom poľnohospodárstve svoje zaslúžené miesto. Využitie týchto plemien je jednak na produkciu konzumných vajec a mäsa v alternatívnych spôsoboch chovu, v agroturistike, ale aj vo výskumným činnostiach.

Použitá literatúra

BARLÍK, D. 2004. K histórii chovu zdrobnenej oravky. In *Chovateľ*. Vol. 40 , No. 8. s. 30.

HANUSOVÁ, E. - HRNČÁR, C. - ORAVCOVÁ, M. - HANUS, A. 2014. Characterization of genetic resource in chicken of Oravka breed. In *Slovak Journal of Animal Science*. Vol. 47, No. 1, s. 1-5.

HANUSOVÁ, E. - HRNČÁR, C. - HANUS, A. - ORAVCOVÁ, M. 2015. Effect of breed on some parameters of egg quality in laying hens. In *Acta fytotechnica et zootechnica*. Vol. 18, No. 1, s. 20-24.

HANUSOVÁ, E. - HRNČÁR, C. - HANUS, A. - ONDRUŠKA, Ľ. 2017a. Characterization of native Slovak chicken and goose: A review. In *The 5th International Scientific Conference "Animal Biotechnology 2017". Slovak Journal of Animal Science*. Vol. 50, No. 4, s. 144-148.

HANUSOVÁ, E. - ORAVCOVÁ, M. - HANUS, A. - HRNČÁR, C. 2017b. Factors affecting growth in native Oravka chicken breed. In *Slovak Journal of Animal Science*. Vol. 50, No. 3, s. 112-117.

HRNČÁR, C. 2013. Suchovská hus. In *Chovateľ*. Vol. 49, No. 6, s. 4-5.

HRNČÁR, C. - WEIS, J. - PÁL, G. - BARAŇSKA, B. - BUJKO, J. - MINDEK, S. 2010. The comparison of growth ability breed Oravka with other dual purpose breeds of hens. In *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. Vol. 43, No. 2, s. 287-289.

HRNČÁR, C. - GARDIÁNOVÁ, I. - MINDEK, S. - WEIS, J. - SVOBODOVÁ, I. - VANÍČKOVÁ, M. - TANČIN, V. 2012. Analysis of Slovak and Czech national breeds of geese with respect to effective population size. In *Slovak Journal of Animal Science*. Vol. 45, No. 2, s. 43-47.

HRNČÁR, C. - BIESIADA-DRZAZGA, B. - NIKOLOVA, N. - HANUSOVÁ, E. - HANUS, A. - BUJKO, J. 2016. Comparative analysis of the external and internal egg quality in different pure chicken breeds. In *Acta fytotechnica et zootechnica*. Vol. 19, Special No., s. 123-127.

LEDVINKA, Z. - ZITA, L. - ŘÍŠSKÁ, I. - KLESALOVÁ L. 2015. Performance and eggs quality of hens of genetic resources of the Czech Republic and Slovakia. In *Journal of Central European Agriculture*. Vol. 16, No. 1, s. 219-224.

MINDEK, S. - MINDEKOVÁ, S. - HRNČÁR, C. - WEIS, J. - GAŠPARÍK, J. 2014. Genetic diversity and structure of Slovak domestic goose breeds. In *Veterinarija ir zootechnika*. Vol. 67, No. 89, s. 81-87.

Slovenský zväz chovateľov. Dostupné na: www.szch.sk [dátum citovania 2024-08-15].

SVORADOVÁ, A.- KUŽELOVÁ, L. – CHRENEK, P. 2016. The potential use of chicken blastodermal cells of Oravka breed. In *Slovak Journal of Animal Science*. Vol. 49, No. 2, s. 94-97.

SVORADOVÁ, A. - KUŽELOVÁ, L. - VAŠÍČEK, J. - OLEXÍKOVÁ, L. - BALÁŽI, A. - KULÍKOVÁ, B. - HRNČÁR, C. - OSTRO, A. - BEDNARCZYK, M. - CHRENEK, P. 2018. The assessment of cryopreservation on the quality of endangered Oravka rooster spermatozoa using casa and cytometry. In *CryoLetters*. Vol. 39, No. 6, s. 359-365.

SVORADOVÁ, A. - BALÁŽI, A. - VAŠÍČEK, J. - HRNČÁR, C. - CHRENEK, P. 2019. Quality evaluation of fresh gander semen of Slovak White goose by casa and flow cytometry: Short communication. In *Slovak Journal of Animal Science*. Vol. 52, No 2, s. 90-94.

ŠPAŇÚR, J. 2002. Suchovská hus – plemeno zo Suchej nad Parnou. In *Magazín chovateľa*. Vol. 1, No. 3, s. 12-13.

ŠPAŇÚR, J. - KOVÁČ, K. 2002. Slovenská biela hus. In *Magazín chovateľa*. Vol. 1, No. 2, s. 12-14.

WEIS, J. - HRNČÁR, C. 2009. Production parameters of Slovak national hen's breed Oravka. In *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. Vol 42, No.2, s. 452-455.

Kontaktné údaje: Ing. Štefan Henžel, Slovenský zväz chovateľov, Krížna 4921/44, 824 76 Bratislava, e.amil: stefanhenzel4@gmail.com

GENETICKÉ HODNOTENIE ZDRAVIA HOVÄZDIEHO DOBYTKA
Genetic evaluation of health traits in cattle

Monika CHALUPKOVÁ, Nina MORAVČÍKOVÁ, Radovan KASARDA, Juraj CANDRÁK, Adrián HALVONÍK
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Ústav výživy a genomiky, Tr. A. Hlinku 2, 949 76, Nitra, Slovensko

Cieľom tejto práce bolo odhadnúť genetické parametre a plemenné hodnoty ukazovateľov zdravia dojníc. Hodnotených bolo 6 holštajnských fariem, ktoré patria medzi Top 50 najlepších fariem na Slovensku. Pre analýzu boli využité fenotypové dáta z rokov 2017 až 2022. Na odhad parametrov bol použitý jednoznakový Animal model, kde v modelovej rovnici boli použité fixné efekty poradia laktácie, roku, sezóny (samostatne alebo ako interakcia), permanentný efekt prostredia a aditívny efekt jedinca. Boli odhadnuté nízke koeficienty dedivosti, 0,0205 pre mastitídy (počet prípadov), 0,209 pre mastitídy (binárne označenie), pre ochorenia paznechtov (neinfekčne) 0,0161 (celkové) 0,0592, (infekčné) 0,0908 a 0,150 pre skóre somatických buniek (SSB). Medzi odhadnutými plemennými hodnotami (OPH) pre mastitídu a SSB boli odhadnuté signifikantné korelácie v rozmedzí od 0,290 do 0,909. Nižšie korelácie boli zistené medzi OPH pre ochorenia paznechtov v rozmedzí od 0,068 do 0,893.

Kľúčové slová: hovädzí dobytok, heritabilita, plemenná hodnota, zdravotné znaky

1 Úvod a prehľad literatúry

Zdravie hovädzieho dobytka významne ovplyvňuje ekonomiku chovu. Zdravotné problémy vedú k ekonomickým stratám, ako je zníženie produkcie mlieka a zhoršenie plodnosti. Zároveň dochádza k zvýšeniu veterinárnych nákladov a k nedobrovoľnému vyradzovaniu dojníc (Hu et al., 2024). Prirodzená dĺžka života dojníc sa pohybuje okolo 20 rokov. Avšak v dôsledku toho, že dojnice často trpia ochoreniami, neprodukujú mlieko alebo majú zhoršenú reprodukciu, je ich produkčný život kratší, v rozmedzí od 2,5 do 4 rokov. Najčastejšie sú dojnice vyradzované z chovov v dôsledku ochorení paznechtov alebo mastitíd. Mastitída postihuje dojnice najmä na začiatku laktácie, ale klinická mastitída môže naopak postihovať dojnice počas celej laktácie (De Vries a Marcondes, 2020). Na začiatku je ťažké spozorovať, že dojnica je postihnutá ochorením paznechtov, pretože prejavy ako je krívanie, ešte nie sú viditeľné. Najčastejšie je postihnutý laterálny paznecht zadných končatín (Alvergnas et al., 2019). Ochorenia sa zvyčajne označujú binárne (0 – zdravá / 1 – chorá) alebo ako kategorizované znaky (podľa počtu prípadov). Na analýzu zdravotných znakov sú vo všeobecnosti vhodné prahové modely, pretože poskytujú o niečo vyššie odhady dedivosti. Často sa používajú aj lineárne modely, ktoré sú menej náročné na výpočet, pričom výsledné odhadnuté plemenné hodnoty sa významne nelíšia od tých, ktoré sú odhadnuté pomocou prahového modelu (Pérez-Cabal a Charfeddine, 2015; Zavadilová et al., 2020).

2 Materiál a metódy

Na Slovensku sa veterinárne úkony zaznamenávajú do veterinárneho denníka. Na odhad dedivosti a plemenných hodnôt jednotlivých ochorení boli použité údaje z veterinárnych denníkov za roky 2017 až 2022 vedených na vybraných farmách dojníc na Slovensku. Prevalencia ochorení bola zaznamenávaná počas obdobia normovanej laktácie (305 dní). Súbor na analýzu mastitíd obsahoval záznamy o 16 748 laktáciách a 8 877 dojniciach. Výskyt mastitídu dojníc bol označený binárne (0 – zdravá/1 – chorá), ale aj kategoricky, keď bol zistený počet jednotlivých prípadov za laktáciu, (od 1 do 6), pričom bolo určené, že jeden prípad mastitídy trval 14 dní (Zavadilová et al., 2021). V prípade počtu somatických buniek

bolo celkovo použitých 115 225 údajov z kontrolných období a troch laktácií, zahŕňajúcich 7371 dojníc. Tieto údaje boli najprv spracované na priemerný počet somatických buniek (PSB) za laktáciu a následne prepočítané na skóre somatických buniek (SSB) pomocou rovnice SSB = $\log_2$(PSB/100) + 3 (Ali a Shook, 1980). Pre analýzu ochorení paznechtov bolo hodnotených 7 923 dojníc a 15 643 údajov z laktácií. Ochorenia boli rozdelené do troch skupín: infekčné, neinfekčné a celkové ochorenia paznechtov. Incidencia bola značená binárne (0 – zdravá/1 – chorá). Pre potreby odhadu genetických parametrov a plemenných hodnôt bol zostavený zmiešaný „Animal model" s opakovaním. Modelová rovnica pozostávala:

$$y_{ijklm}=P_j+YS_k+HB_l+PE_m+a_i+e_{ijklm}$$

y_{ijklm} hodnotený znak: mastitídy (binárne označené/ počet prípadov), SSB, ochorenie paznechtov (neinfekčné, infekčné, celkové), P_j je fixný efekt poradia laktácie, YS_k je kombinovaný efekt roku otelenia a sezóny, HB_l je fixný efekt stáda a plemena, PE_m je fixný efekt permanentného prostredia, a_i je aditívny genetický efekt a e_{ijklm} je reziduálny efekt.
Na riešenie modelovej rovnice bol použitý program BLUPF90 (Misztal et al., 2018).

3 Výsledky a diskusia

Pri mastitídach bol zistený zvyšujúci sa trend, pričom najviac prípadov bolo zaznamenaných u dojníc na 3. laktácii a najnižší výskyt bol na 5. laktácii. Podobný trend bol zistený aj pre skupiny ochorení paznechtov (infekčné, neinfekčné a celkové). Najvyššia prevalencia infekčných a celkových ochorení paznechtov bola zistená na 5. laktácii, zatiaľ čo u neinfekčných ochorení paznechtov bol najvyšší výskyt zaznamenaný až na 6. laktácii. Rovnako bol zaznamenaný stúpajúci trend výskytu ochorení (mastitíd a ochorení paznechtov) aj v štúdiách Alam et al. (2015) a Zavadilová et al. (2020). Zistený bol aj zvyšujúci sa trend priemerného skóre somatických buniek, kde u dojníc na prvej laktácii bolo najnižšie 3,22 a u dojníc na tretej laktácii najvyššie 4,22.

Tabuľka 1 Laktačná incidencia ochorení a priemerné skóre somatických buniek / Lactation indicence of diseaes and average somatic cell count

Poradie laktácie	Mastitída	Infekčné ochorenia paznechtov	Neinfekčné ochorenia paznechtov	Ochorenia paznechtov celkové	Priemerné skóre somatických buniek
1	14,90 %	3,84 %	1,71 %	5,11 %	3,22
2	17,97 %	4,14 %	2,01 %	6,15 %	3,84
3	18,16 %	6,44 %	2,79 %	8,93 %	4,22
4	15,86 %	6.24 %	3,59 %	9,50 %	
5	13,94 %	7,81 %	5,63 %	13,44 %	
6	15,66 %	6,44 %	6,70 %	13,40 %	

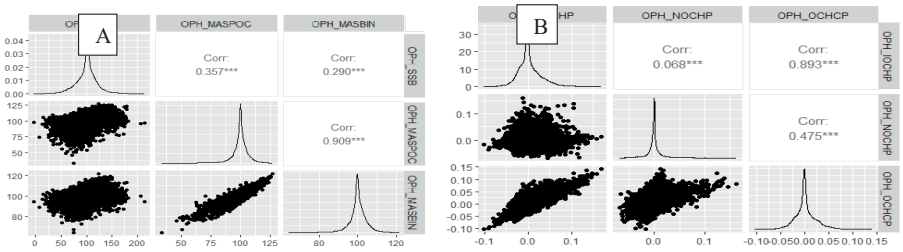
Odhadnuté boli nízke koeficienty dedivosti. Vyšší koeficient dedivosti bol zistený pre mastitídy binárne označené h^2 = 0,0209 v porovnaní s mastitídami počet prípadov h^2 = 0,0205. Na rozdiel od našich výsledkov bol zistený vyšší koeficient dedivosti pre klinickú mastitídu h^2 = 0,0272 v štúdii Zavadilová et al. (2020). Pre skóre somatických buniek (SSB) bol zistený najvyšší koeficient dedivosti h^2 = 0,1550. Naopak, Strapáková et al. (2016) zaznamenali vyššiu dedivosť h^2 = 0,212 v národnom hodnotení dojníc na Slovensku. Pre infekčné ochorenia paznechtov bol odhadnutý koeficient dedivosti h^2 = 0,0908, pre neinfekčné ochorenia paznechtov h^2 = 0,0161 a pre celkové ochorenia paznechtov h^2 = 0,0592. Perez-Cabal a Charfeddine (2015) odhadli pre ochorenia paznechtov vyšší koeficient dedivosti 0,11 pomocou prahového modelu v porovnaní s lineárnym modelom 0,05. Zistená bola spoľahlivosť odhadnutých plemenných hodnôt v rozmedzí od 0,0335 do 0,1342. Najnižšia spoľahlivosť bola zistená pre neinfekčne ochorenia paznechtov 0,0335, čo mohlo byť spôsobené nízkym počtom prípadov. Pre infekčné a neinfekčné ochorenia paznechtov boli zistené vyššie spoľahlivosti 0,0341 a 0,0461. Spoľahlivosti boli odhadnuté

0,065 pre mastitídy (binárne označené a podľa počtu prípadov) a 0,1342 pre SSB. Zavadilová et al. (2022) zistili podobnú spoľahlivosť odhadnutých plemenných hodnôt pre klinickú mastitídu 0,08 pre mladých býkov a 0,12 pre jalovice. Na rozdiel od našich výsledkov Ødegård et al. (2013) pozorovali vyššiu spoľahlivosť plemenných hodnôt u býkov, a to 0,65 pre infekčné ochorenia paznechtov a laminitídu a 0,69 pre špirálovité paznechty.

Tabulka 2 Dedivosť a spoľahlivosť odhadnutých plemenných hodnôt OPH / Heritability and reliability of estimated breeding vales EBV

	Mastitída binárne označené	**Mastitída počet prípadov**	**SSB**	**Infekčné ochorenia paznechtov**	**Neinfekčné ochorenie paznechtov**	**Ochorenia paznechtov celkové**
Dedivosť	0,0209	0,0205	0,155	0,0908	0,0161	0,0592
Spoľahlivosť	0,0665	0,0665	0,1342	0,0341	0,0335	0,0461
Spoľahlivosť (min - max)	0 – 0,74	0 – 0,74	0 –0,89	0 – 0,69	0 – 0,71	0 – 0,74

Medzi jednotlivými odhadovanými plemennými hodnotami (OPH) pre mastitídy (binárne označené/počet prípadov) a SSB boli odhadnuté signifikantné korelácie v rozmedzí od 0,290 do 0,357. Najvyššia korelácia 0,909 bola zistená medzi mastitídou (počet prípadov) a mastitídou (binárne označené). Najnižšia korelácia 0,068 bola zistená medzi neinfekčnými ochoreniami paznechtov a infekčnými ochoreniami paznechtov.



Graf 2 Korelácie medzi OPH A) (Skóre somatických buniek, Mastitídy binárne označené, Mastitídy počet prípadov), B) (Infekčné ochorenia paznechtov, Neinfekčné ochorenia paznechtov, Celkové ochorenia paznechtov) / Correlation between EBV A) (Somatic cell score, Mastitis binary coded, Mastitis number of cases), B) (Infectious claw diseases, Non-infectious claw diseases, Claw diseases total)

4 Záver

Zdravie zvierat je kľúčovým faktorom, ktorý ovplyvňuje ekonomickú efektívnosť fariem. Odhad plemennej hodnoty môže byť ovplyvnený rôznymi faktormi, pričom nepresná klasifikácia ochorení na farmách je jedným z najvýznamnejších. Zapojenie chovateľov do zberu zdravotných údajov a zabezpečenie jednotnej klasifikácie ochorení by mohlo viesť k zníženiu variability a zvýšeniu spoľahlivosti odhadu plemenných hodnôt. Výsledky našej štúdie môžu prispieť k implementácii dát z rutinného zberu veterinárnych údajov pre potreby genetického hodnotenia zdravotných znakov na Slovensku.

Poďakovanie

Chceli aby sme poďakovať Plemenárskym službám Slovenskej republiky a Agromont Nitra za sprostredkovanie dát. Táto štúdia bola financovaná z projektov DS-FR-22-0016 a APVV-20-0161.

Použitá literatúra

ALAM, Mahboob et al., 2015. Estimation of genetic parameters for somatic cell scores of Holsteins using multi-trait lactation models in Korea. In *Asian-Australasian Journal of animal sciences*. Online. Vol. *28*, no. 3, s. 303-310. Dostupné na: https://doi.org/10.5713/ajas.13.0627 [dátum citovania 2024-07-30].

ALI, Aka & Shook, George. 1980. An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. In *Journal of Dairy Science* Online. Vol. 63, no. 3, s. 487-490. Dostupné na: https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82959-6 [dátum citovania 2024-08-11].

ALVERGNAS, Marie et al., 2019. Claw disorders in dairy cattle: Effects on production, welfare and farm economics with possible prevention method.In *Livestock Science*. Online. Vol. 222, no. April 2019, s. 54-64. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.02.011 [dátum citovania 2024-07-30].

DE VRIES, Albert a MARCONDES, Marcos. 2020. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. In *Animal*. Online. Vol. 14, no. 1, s. 155-164. Dostupné na: https://doi.org/10.1017/S1751731119003264 [dátum citovania 2024-07-30].

HU, Honghong et al., 2024. Genetic analysis of health traits and their associations with longevity,ertility, production, and conformation traits in Holstein cattle. In *Animal*. Online. Vol. 18, no. 6, s. 1-11. Dostupné na: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731124001083 [dátum citovania 2024-07-27].

MIZSTAL, Ignaci et al., 2018. Manual for BLUPF90 family programs. University of Georgia. s. 142. Dostupné na: https://nce.ads.uga.edu/html/projects/programs/docs/blupf90_all8.pdf [dátum citovania 2024-08-12].

ØDEGÅRD, Cecilie et al., 2013. Genomic breeding values for claw health in Norwegian Red. In *Interbull Bulletin* 47. Interbull, s. 138-141. Dostupné na: https://journal.interbull.org/index.php/ib/article/view/1778/1781 [dátum citovania 2024-07-25].

PERÉZ- CABAL, M. Angeles & CHARFEDDINE, Noureddine. 2015. Models for genetic evaluations of claw health traits in Spanish dairy cattle*. In Journal of Dairy Science*. Online. Vol. 98, no. 11, s. 8186-8194. Dostupné na: https://doi.org/10.3168/jds.2015-9562 [dátum citovania 2024-07-30].

STRAPÁKOVÁ, Eva et al., 2016. Genetic relationship of lactation persistency with milk yield, somatic cell score, reproductive traits, and longevity in Slovak Holstein cattle. In *Archives Animal Breeding*. Online. Vol. 59, no. 3, s. 329-335. Dostupne na: https://doi.org/10.5194/aab-59-329-2016 [dátum citovania 2024-07-29].

ZAVADILOVÁ, Ludmila et al., 2020. Genetic parameters for clinical mastitis in Czech Holstein cattle. In *Czech Journal of Animal Science*. Online. Vol. 65, no. 12, s. 463-472. Dostupné na: https://doi.org/10.17221/151/2020-CJAS [dátum citovania 2024-07-30].

ZAVADILOVÁ, Ludmila et al., 2021. Odhad genomických plemenných hodnot na zvýšení odolnosti vůči klinické mastitidě u holštýnského skotu. Výskumný ústav živočíšne výroby, vvi. s. 55. Dostupné na: https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2022/12/22211.pdf [dátum citovania 2024-08-10].

ZAVADILOVÁ, Ludmila et al., 2022. Genomic Evaluation for Clinical Mastitis in Czech Holstein. In *Interbull Bulletin* 57. Interbull, s. 89-94. Dostupné na: https://journal.interbull.org/index.php/ib/article/view/1855/1848 [dátum citovania 2024-07-25].

Kontaktné údaje: Monika Chalupková, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Ústav výživy a genomiky, Tr. A. Hlinku 2, 94976, Nitra, xchalupkovam@uniag.sk

VPLYV SYSTÉMU CHOVU NA OBSAH MASTNÝCH KYSELÍN V BRAVČOVOM MÄSE
Effect of breeding system on the fatty acid composition of pork meat

Ivan IMRICH, Eva MLYNEKOVÁ, Juraj MLYNEK, Tomáš KANKA, Daniel RAJČOK
Ústav chovu zvierat,Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovensko

Cielom práce bolo porovnať základné skupiny mastných kyselín v bravčovom mäse z rôznych chovateľských podmienok. Vexperimente bolo použitých 20 ks výkrmových ošípaných plemena plavá mangalica (10 ks intenzívny chov a 10 ks extenzívny chov). Na intenzívnej farme boli ošípané celoročne vo vnútornom ustajnení, kŕmené boli *ad libitum* komerčnými kŕmnymi zmesami s prídavkom kukuričnej a ďatelinotrávnej siláže. Na extenzívnej farme boli ošípané ustajnené v otvorenej maštali s výbehom, kŕmené boli *ad libitum* zmesou kukuričných chrumiek (odpad po spracovaní kukurice), jačmeňa a obilninových zvyškov (pšenica a slnečnica) s prídavkom zvyškov zeleniny a ovocia. Vzorky tkanív boli odoberané z najdlhšieho chrbtového svalu (MLT) a z chrbtovej slaniny. Hodnotené boli nasýtené mastné kyseliny (SFA), mononenasýtené mastné kyseliny (MUFA), polynenasýtené mastné kyseliny (PUFA), esenciálne polynenasýtené mastné kyseliny n6 a n3. Ošípané z extenzívneho chovu mali preukazne nižšie hodnoty SFA a vyššie hodnoty PUFA a n6 v oboch sledovaných tkanivách. V obsahu MUFA a n3 neboli medzi chovmi významné rozdiely. Z uvedených výsledkov vyplýva, že vhodnejšie zloženie mastných kyselín z hľadiska výživy obyvateľstva mali ošípané z extenzívneho chovu.

Kľúčové slová: mangalica, mastné kyseliny, ošípané, systém chovu

1 Úvod a prehľad literatúry

Mäso má v zdravej výžive dôležité postavenie, pretože poskytuje bielkoviny, železo v ľahko dostupnej forme, vitamíny najmä skupiny B a ďalšie nevyhnutné minerály (Williamson et al., 2005). Konzumácia mäsa ale prispieva k zvyšovaniu množstva tukov v ľudskej strave, čo sa stalo v posledných rokoch centrom pozornosti v oblasti výživy obyvateľstva, pretože obsahuje relatívne vysoké množstvo nasýtených mastných kyselín a nízke množstvo polynenasýtených mastných kyselín (Wood et al., 2007). Zloženie mastných kyselín v mäse môže byť značne modifikované rôznymi faktormi ako je výživa, vek, hmotnosť, pohlavie a plemeno. Zloženie mastných kyselín sa tiež líši medzi druhmi a podľa uloženia v jednotlivých tkanivách na rôznych miestach jatočného tela (Wood et al., 2007). Podľa Nuernberga et al. (2015) kvalita bravčového mäsa z hľadiska obsahu mastných kyselín a ich pomerov v súčasnosti nie je veľmi priaznivá. Je charakterizovaná nadbytkom SFA a n6 mastných kyselín a s nimi spojeným nevhodným pomerom n6/n3 mastných kyselín.

Produkty ekologického chovu zvyčajne obsahujú vyššie koncentrácie nutrične žiaducich zlúčenín, a preto sú „zdravšie“ (Oughton a Ritson, 2007). Z tohto dôvodu dopyt po ekologických výrobkoch vo svete neustále narastá (Willer et al., 2021). Stále však neexistujú jednoznačné dôkazy o tom, do akej miery vedú postupy v ekologickej výrobe k nutričným a kvalitatívnym zmenám v potravinách (Oughton a Ritson, 2007; Dangour et al., 2009; Brandt et al. 2011). Średnicka-Tober et al. (2016) dospeli k záveru, že v nutričnom zložení mäsa z ekologických a konvenčných chovov existujú významné rozdiely. Na druhej strane Dangour et al. (2009), ktorí porovnávali živočíšne produkty (mäso, mliečne výrobky a vajcia) konštatovali, že medzi ekologickými a konvenčnými chovmi celkovo neexistujú žiadne významné rozdiely.

V súvislosti s uvedenými informáciami, cielom práce bolo porovnať obsah základných skupín mastných kyselín v mäse plemena mangalica chovanej v intenzívnych a extenzívnych podmienkach chovu

2 Materiál a metódy

2.1 Biologický materiál, ustajnenie a kŕmenie ošípaných

V experimente bolo použitých 20 ks výkrmových ošípaných plemena plavá mangalica (10 ks intenzívny chov a 10 ks extenzívny chov). Ošípané boli porážané pri jatočnej hmotnosti 110 – 120 kg.

Na intenzívnej farme boli ošípané celoročne vo vnútornom ustajnení v skupinových kotercoch. Podlaha kotercov bola betónová, podstielaná slamou. V koterci sa nachádzali dve kolíkové napájačky a kŕmny žľab s automatickým kŕmením. Rozmery kotercov boli 4 m x 3 m a veľkosť skupín maximálne 10 ošípaných. Teplota v objekte bola udržiavaná pomocou ventilácie. Ošípané boli kŕmené *ad libitum*, komerčnými kŕmnymi zmesami s prídavkom kukuričnej a ďatelinotrávnej siláže zmiešaných v pomere 1:1.

Na extenzívnej farme boli výkrmové ošípané ustajnené v otvorenej maštali s hlbokou podstielkou. Súčasťou ustajnenia bol výbeh s vybetónovanu plochou na predkladanie krmív. Ošípané boli napájané pomocou žľabovej napájačky vo výbehu. Kŕmna zmes bola tvorená zmesou kukuričných chrumiek (odpad po spracovaní kukurice), jačmeňa a obilninových zvyškov (po spracovaní pšenice a slnečnice). Okrem toho boli zvieratám predkladané zvyšky zeleniny a ovocia po ich spracovaní na okolitých farmách s rastlinnou produkciou. Uvedené krmivá boli zvieratám predkladané *ad libitum*.

2.3 Odber, analýza vzoriek a štatistické spracovanie výsledkov

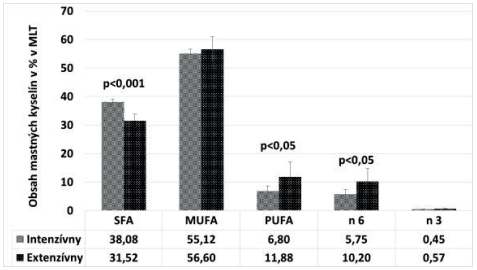
Vzorky tkanív boli odoberané z najdlhšieho chrbtového svalu – *musculus longissimus thoracis* (MLT) v mieste predposledného a posledného hrudného stavca a z chrbtovej slaniny na úrovni predposledného a posledného hrudného stavca.

Analýza vzoriek bola realizovaná pomocou plynového chromatografu Agilent Technologies 6890N (Agilent, Waldbronn, Nemecko). Zloženie mastných kyselín v tkanivách bolo vyjadrené v % z celkového množstva detekovaných mastných kyselín. Hodnotené boli nasýtené mastné kyseliny (SFA), mononenasýtené mastné kyseliny (MUFA), polynenasýtené mastné kyseliny (PUFA), esenciálne ω6 polynenasýtené mastné kyseliny (n6) a ω3 polynenasýtené mastné kyseliny (n3).

Štatistická analýza bola realizovaná programom IBM SPSS Statistics 20 pomocou jednofaktorovej analýzy rozptylu (ANOVA).

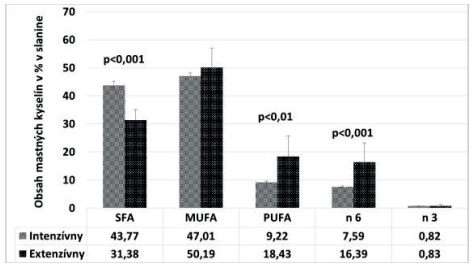
3 Výsledky a diskusia

Z výsledkov analýz MLT a chrbtovej slaniny ošípaných vyplýva, že z celkového množstva mastných kyselín boli najviac zastúpené MUFA, nasledovali SFA a najmenej boli zastúpené PUFA. V rámci PUFA boli bohatšie zastúpené n6 mastné kyseliny (obrázok 1 a 2).Porovnaním významných skupín mastných kyselín v MLT a slanine medzi chovmi sme zistili štatisticky významné rozdiely pri SFA, PUFA a n6. Preukazne nižšie hodnoty SFA a vyššie hodmoty PUFA a n6 v oboch sledovaných tkanivách poukazujú na priaznivejšie zloženie mastných kyselín v extenzívnom chove. Uvedené je možné konštatovať na základe zistení nižšie uvedených autorov. SFA sú považované za príčinu chorôb obehového systému, pretože zvyšujú krvný tlak a koncentráciu LDL frakcie cholesterolu (Serrano et al., 2007) a ich neprimeraná konzumácia má negatívny vplyv na fyziologické procesy (Reig et al., 2013). Naopak PUFA majú priaznivý účinok na zdravie konzumentov, pretože znižujú riziko kardiovaskulárnych chorôb (Sun et al. 2007). Medzi najdôležitejšie PUFA patria esenciálne mastné kyseliny n3 a n6. Sú nevyhnutné pre správnu funkciu tela, stimulujú imunitný systém, majú protirakovinové, antiaterosklerotické a antidepresívne vlastnosti (Webb a O'Neil, 2008). Hoci n6 znižujú riziko kardiovaskulárnych ochorení, ich príjem v potrave sa v západných diétach považuje za príliš vysoký (Blasbalg et al., 2011). Riziko nadmerného príjmu n6 (hlavne kyseliny α-linolénovej) spočíva v tom, že je prekurzorom prozápalovej kyseliny arachidónovej (Wijendran a a Hajes, 2004).



Obrázok 1 Obsah mastných kyselín v MLT / Fatty acid content in MLT

Intenzívny - intensive breeding
Extenzívny – extensive breeding



Obrázok 2 Obsah mastných kyselín v slanine / Fatty acid content in back fat

Intenzívny - intensive breeding
Extenzívny – extensive breeding

V súlade s našími zisteniami aj iní autori zistili, že zvieratá z extenzívnych, resp. organických chovov mali priaznivejšie zloženie mastných kyselín v mäse (Nuernberg et al. 2005; Nilzén et al. 2001). Vyšší obsah žiadúcich mastných kyselín v mäse z extenzívnych chovov súvisí predovšetkým so spôsobom kŕmenia (Średnicka-Tober et al., 2016), pretože v týchto chovoch je vo väčšej miere skrmované čerstvé krmivo, na rozdiel od konvenčných chovov, v ktorých je obmedzovaná pastva a zvyšuje sa príjem koncentrovaných krmív a vedľajších produktov potravinárskeho priemyslu (Bouwman et al. 2005). Avšak aj pri skrmovaní rovnakého krmiva môžu byť rozdiely v zložení mastných kyselín v závislosti od systému chovu, pretože Hoffman et al. (2003) zistili u ošípaných chovaných vo vonkajších podmienkach preukazne vyšší obsah kyseliny linolovej (n6) a PUFA a nižší obsah kyseliny stearovej v porovnaní s ošípanými z vnútorného chovu.

4 Záver

Výkrmové ošípane plemena mangalica chované v extenzívnych podmienkach mali v intramuskulárnom tuku najdlhšieho chrbtového svalu a v chrbtovej slaninine preukazne nižší obsah SFA, vyšší obsah PUFA a n6 mastných kyselín, preto možno konštatovať, že z hľadiska konzumácie bravčového mäsa mali priaznivejšie zloženie mastných kyselín v porovnaní s ošípanými z intenzívneho chovu.

Poďakovanie

Táto práca v znikla s podporou projektu APVV-23-0077.

Použitá literatúra

BLASBALG, T.L. et al. 2011. Changes in consumption of omega-3 and omega-6 fatty acids in the United States during the 20th century. In American journal of clinical nutrition, vol. 93, no. 5, pp. 950–962. ISSN 0002-9165. DOI: 10.3945/ajcn.110.006643

BOUWMAN, A.F. et al. 2005. Exploring changes in world ruminant production systems. In *Agricultural Systems*, vol. 84, no. 2, pp. 121–153. ISSN 0308-521X. DOI: 10.1016/j.agsy.2004.05.006

BRANDT, K. et al. 2011. Agroecosystem management and nutritional quality of plant foods: the case of organic fruits and vegetables. In *Critical Reviews in Plant Sciences*, vol. 30, no. 1-2, pp. 177–197. ISSN 1549-7836. DOI: 10.1080/07352689.2011.554417

DANGOUR, A.D. et al. 2009. Nutritional quality of organic foods: a systematic review. In *American journal of clinical nutrition*, vol. 90, no. 3, pp. 680–685. ISSN 1938-3207. DOI: 10.3945/ajcn.2009.28041

HOFFMAN, L.C. et al. 2003. The growth and carcass and meat characteristics of pigs raised in a free-range or conventional housing system. In *South African Journal of Animal Sciences*, vol. 33, no. 3, pp. 166-175. ISSN 2221-4062. DOI: 10.4314/sajas.v33i3.3770

IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.

NILZÉN, V. et al. 2001. Free range rearing of pigs with access to pasture grazing- effect on fatty acid composition and lipid oxidation products. In Meat science, vol. 58, no. 3, pp. 267-275. ISSN 0309-1740. DOI: 10.1016/S0309-1740(00)00164-9

NUERNBERG, K. et al. 2005. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. In *Livestock Production Science*, vol. 94, no. 1-2, pp. 137–147. ISSN 0301-6226. DOI: 10.1016/j.livprodsci.2004.11.036

NUERNBERG, K. et al. 2015. Sea buckthorn pomace supplementation in the finishing diets of pigs – are there effects on meat quality and muscle fatty acids? In *Archives Animal Breeding*, vol. 58, no. 1, pp. 107–113. ISSN 2363-9822. DOI: 10.5194/aab-58-107-2015

OUGHTON, E. – RITSON, C. 2007. Food consumers and organic agriculture. In *Handbook of Organic Food Quality and Safety*, Cambridge: Woodhouse Publishing Ltd., pp. 74–94. ISBN 978-1-84569-010-6

REIG, M. – ARISTOY, M.C., – TOLDRA, F. 2013. Variability in the contents of pork meat nutrients and how it may affect food composition databases. In *Food Chemistry*, vol. 140, no. 3, pp. 478-482. ISSN 0308-8146. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.085

SERRANO, A. et al. 2007. Composition and physicochemical characteristics of restructured beef steaks containing walnuts as affected by cooking method. In *Meat Science*, vol. 77, no. 3, pp. 304–313. ISSN 0309-1740. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.03.017

ŚREDNICKA-TOBER, D. et al. 2016. Composition differences between organic and conventional meat: A systematic literature review and meta-analysis. In British Journal of Nutrition, vol. 115, no. 6, pp. 994–1011. ISSN 1475-2662. DOI: 10.1017/S0007114515005073

SUN, Q. et al. 2007. Plasma and erythrocyte biomarkers of dairy fat intake and risk of ischemic heart disease. In *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 86, no. 4, pp 929–937. ISSN 0002-9165. DOI: 10.1093/ajcn/86.4.929

WEBB E.C. – O'NEILL H.A. 2008. The Animal Fat Paradox and Meat Quality. In *Meat Science*, vol. 80, no. 1, pp. 28–36. ISSN 0309-1740. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.05.029

WIJENDRAN, V. – HAYES, K.C. 2004. Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. In *Annual review of nutrition*, vol. 24, pp. 597–615. ISSN 0199-9885. DOI: 10.1146/annurev.nutr.24.012003.132106

WILLER, H. et al. 2021. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2021*. Frick, Switzerland: Research Institute of Organic Agriculture FiBL and Germany, Bonn: IFOAM – Organics International, 336 p. ISBN SBN 978-3-03736-394-2

WILLIAMSON, C.S. et al. 2005. Red meat in the diet. In *Nutrition Bulletin*, vol. 30, no. 4, pp. 323–355. ISSN 1467-3010. DOI: 10.1111/j.1467-3010.2005.00525.x

WOOD, J. D. et al. 2007. Fatty Acids in Meat and Meat Products. In *Fatty Acids in Foods and their Health Implications*, Boca Raton: CRC Press, pp. 1296. ISBN 9780429127557. DOI: 10.1201/9781420006902

Kontaktné údaje: Ivan Imrich, Ústav chovu zvierat, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, ivan.imrich@uniag.sk

VPLYV TEPELNÉHO STRESU NA PRODUKCIU MLIEKA OVIEC PLEMENA LACAUNE POČAS LETNÉHO OBDOBIA

Effect of Heat Stress on Milk Production in Lacaune Sheep During the Summer Season

Martin JANÍČEK, Mária MIČIAKOVÁ, Martina PŠENKOVÁ, Klára VAVRIŠÍNOVÁ
Ústav chovu zvierat, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovensko

Táto práca skúma vplyv tepelného stresu na ranný a večerný nádoj oviec plemena lacaune. Počas júnu až septembra sme analyzovali produkciu mlieka a meteorologické údaje v oblasti Horehronia. Výsledky ukazujú, že zvýšený teplotno-vlhkostný index (THI) v obedných hodinách negatívne ovplyvňuje produkciu mlieka, pričom extrémny a silný tepelný stres vedú k zníženiu nádoja. V ranných hodinách nebol zaznamenaný tepelný stres, ale v obedných hodinách sa ukázal významný vplyv na úroveň produkcie mlieka. Naše zistenia sú v súlade s predchádzajúcimi štúdiami, ktoré potvrdzujú negatívny vplyv tepelného stresu na mliekovú úžitkovosť oviec.

Kľúčové slová: tepelný stres, teplotno-vlhkostný index, produkcia ovčieho mlieka, lacaune

1 Úvod a prehľad literatúry

Klimatická kríza má v súčasnosti podstatný a často devastačný vplyv na faunu a flóru v ekosystémoch naprieč celým svetom. Predstavuje tiež významné riziko pre zdravie hospodárskych zvierat. Tepelný stres je jedným z najškodlivejších faktorov vplývajúcich na znižovanie produkcie a reprodukcie, ako aj na zhoršovanie prirodzenej imunity zvierat. Vďaka niektorým jedinečným adaptačným vlastnostiam založeným na behaviorálnych, morfologických, fyziologických a genetických princípoch sa ovce v minulosti dokázali úspešne prispôsobiť rôznym typom extrémneho prostredia. Chýbajú však podrobnejšie informácie o tom, ako sa tieto zvieratá dokážu prispôsobiť a prežiť v nových a rýchlo sa meniacich podmienkach s akými sa v posledných rokoch vplyvom horúcich letných mesiacov môžeme stretnúť aj na Slovensku.

Slovenské ovčiarstvo je sústredené zväčša v horských a podhorských oblastiach, v ktorých sú ovce sú chované najmä v extenzívnom a polointenzívnom produkčnom systéme, pričom len malá časť podnikov chová ovce v inzenzívnych podmienkach. Veľká časť produkcie mlieka preto pochádza od oviec, ktoré sú v letnej sezóne odkázané na spásanie extenzívnych pastvín.

Vystavenie zvýšenej teplote prostredia vyvoláva sériu závažných zmien v biologických funkciách organizmu oviec, ktoré zahŕňajú pokles príjmu a využiteľnosti krmiva, poruchy v metabolizme vody, bielkovín, energie a minerálov a narúšajú enzymatické reakcie a hormonálnu sekréciu (Marai et al., 2008). Veľké množstvo fyziologických, neuroendokrinologických a behaviorálnych odpovedí, silne ovplyvnených vysokými teplotami, pôsobia na celkovú rovnováhu životných funkcií oviec a tým nepriamo aj na ich úžitkovosť (Marai et al., 2007). Termoneutrálna zóna pre ovce je zvyčajne medzi 12 a 27 °C (Sejian et al., 2017; Furtado et al., 2020), pričom za horný limit tejto zóny sa považuje teplota do 30 °C (Neves et al., 2009). Avšak aktivácia kompenzačných a adaptačných mechanizmov umožňuje oviam tolerovať teploty aj nad hornou hranicou ich termoneutrálnej zóny častokrát bez drastického zníženia úžitkovosti (Sejian et al., 2017).

Tolerancia zvierat voči vysokým teplotám vzduchu závisí od množstva vodnej pary vo vzduchu, pretože ovplyvňuje rýchlosť ochladzovania organizmu odparovaním. Pre skúmanie ako tepelný stres vplýva na hospodárske zvieratá sa bežne používa teplotno-vlhkostný index (THI) (Hahn et al. 2003). Tento bioklimatický index, často využívaný pre stanovenie stupňa

tepelného diskomfortu hospodárskych zvierat je vyjadrený ako samostatná hodnota reprezentujúca kombináciu teploty vonkajšieho prostredia (T) a vlhkosti vzduchu (RV). Pre konkrétne druhy a v závislosti od spôsobu merania T existujú rôzne varianty tohto indexu zakladajúce sa na rôznych váhach jednotlivých faktorov, ktoré sa zahŕňajú pri jeho stanovovaní (Dimov et al., 2020; Marai et al., 2007). Získané hodnoty THI potom môžu indikovať úroveň tepelného stresu, pričom pri hodnote <22,2 nie je tepelný stres prítomný (NTS), pri 22,2 až <23,3 je mierny tepelný stres (MTS), pri 23,3 až <25,6 je silný tepelný stres (STS) a pri hodnote viac ako 25,6 sa už jedná o extrémny tepelný stres (ETS) (Marai et al., 2007). Cieľom tejto štúdie bolo odhadnúť vzťah medzi úrovňou tepelného stresu v letných mesiacoch a produkciou mlieka stáda dojných oviec.

2 Materiál a metódy

2.1 Popis biologického materiálu

Do pozorovania bolo zaradené 320 kusové stádo dojných bahníc plemena lacaune a jeho krížencov s plemenami cigája a zošľachtená valaška s rôznym podielom krvi. V rámci extenzívneho produkčného systému, stádo spásalo prirodzené pasienky v podhorskej oblasti nachádzajúce sa v regióne Horehronie. Stádo bolo dojené strojovo dvakrát za deň, pričom ranné dojenie prebiehalo v čase od 03.45 do 06.15 hod. a večerné od 14.30 do 17.00 hod., po ktorom nasledovalo večerné dopásanie.

2.2 Zhromažďovanie dát

Počas sledovaného obdobia v mesiacoch jún, júl, august a september bola zaznamenávaná produkcia mlieka celého stáda z ranného (N_R) a večerného (N_V) dojenia s presnosťou na 0,001 kg a základné meteorologické údaje (T a RV) ráno v čase 6.30 hod., na obed o 12.00 hod. a večer o 18.30 hod. Meteorologické údaje boli zaznamenávané pomocou prenosných digitálnych snímačov s externou sondou vo výške 2 m a s presnosťou na 0,5 °C a 3 % RH. Zo sledovaných meteorologických údajov bol podľa metodiky (Marai et al., 2001) vypočítaný THI podľa nasledovného vzorca:

$$THI = T - [(0,31 – 0,31RV) (T – 14,4)].$$

Pre posúdenie vplyvu tepelného stresu bol stanovený THI z nameraných hodnôt ráno (THI_R), na obed (THI_O) a večer (THI_V).

2.3 Štatistické zhodnotenie

Pre určenie vzťahu medzi THI_R, THI_O a THI_V a N_R a N_V sme využili Pearsonov korelačný koeficient. Vplyv úrovne tepelného stresu (NTS, MTS, STS a ETS) na N_R a N_V bol testovaný analýzou rozptylu (ANOVA). Všetky štatistické metódy boli analyzované pomocou softvérových nástrojov softvéru IBM SPSS Statistics verzia 26 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Pre overenie významnosti rozdielov sme použili Scheffeho test s hranicami významnosti $P < 0,05$; $P < 0,01$ a $P < 0,001$.

3 Výsledky a diskusia

Najnižšiu priemernú hodnotu THI sme zaznamenali ráno (14,6 ± 2,68). Vplyvom vyšších priemerných teplôt počas dňa bola priemerná hodnota THI najvyššia na obed (23,4 ± 3,28) a navečer mierne poklesla (22,0 ± 3,4). V priemere stádo dosahovalo ranný nádoj na úrovni 113,5 ± 20,13 kg) a večer 92,35 ± 14,64 kg). Vo všetkých 122 dňoch sledovaného obdobia sme nezaznamenali výskyt tepelného stresu v ranných hodinách. Počas obeda bol zaznamenaný NTS počas 43 dní (35,3 %), MTS počas 16 dní (13,1 %), STS počas 25 dní (20,5 %) a ETS počas 38 dní (31,2 %). Vo večerných hodinách boli ovce vystavené NTS počas 68 dní (55,7 %), MTS počas 10 dní (8,2 %), STS počas 23 dní (18,9 %) a ETS počas 21 dní.

Výsledky analýzy korelácie medzi ranným a večerným nádojom a THI stanoveným pre ráno, obed a večer sú uvedené v tab. 1. Medzi hodnotou THIo a THI_R bola zistená slabá pozitívna korelácia ($r = 0,297$) a medzi hodnotami THI_O a THI_V stredne silná pozitívna

korelácia (r = 0,681), pričom tieto korelácie boli štatisticky významné na úrovni P < 0,01. Teplotno-vlhkostný index stanovený z obedných hodnôt negatívne koreloval s ranným (r = - 0,267) a večerným nádojom (r = - 0,315) s úrovňou štatistickej signifikancie P < 0,01. Tento vzťah poukazuje na to, že najmä nárast THI v obedných hodinách vytvára väčší tepelný stres, ktorý znižuje nádoj mlieka bahníc. Slabé negatívne korelácie sme zaznamenali aj medzi THI_V a večerným nádojom (r = - 0,198; P < 0,05), čo naznačuje, že v menšej miere môže teplotný stres vo večerných hodinách vplývať na večerný nádoj. Podobne slabé negatívne korelácie medzi THI a produkciou mlieka popisujú aj (Finocchiaro et al., 2005; Osorio-Avalos et al., 2022).

Tabuľka 1 Korelačná matica medzi teplotno-vlhkostným indexom a nádojom / Correlation matrix between temperature-humidity index and milk yield

	THI_R	THI_O	THI_V	N_R	N_V
THI_R	1	0,297	0,156	0,135	0,071
THI_O	< 0,01	1	0,681	- 0,267	- 0,315
THI_V	ns	< 0,01	1	- 0,132	- 0,198
N_R	ns	< 0,01	ns	1	0,962
N_V	ns	< 0,01	< 0,05	< 0,01	1

THI_R = teplotno-vlhkostný index stanovený pre ráno; THI_O = teplotno-vlhkostný index stanovený pre obed; THI_V = teplotno-vlhkostný index stanovený pre večer; N_R= nádoj ráno; N_V = nádoj večer
V hornej časti matice sú uvedené korelačné koeficienty (r), ktoré naznačujú silu a smer vzťahu medzi premennými. V spodnej časti sú uvedené hodnoty P, ktoré naznačujú štatistickú významnosť týchto korelácií.

V ranných hodinách nebola zaznamenaná akákoľvek úroveň tepelného stresu. Vo večerných hodinách bol síce určitý výskyt ETS, STS aj MTS, ale jeho vplyv na ranný a večerný nádoj nebol štatisticky signifikantný. Štatistická významnosť rozdielov nádoja ráno resp. večer v závislosti od úrovne tepelného stresu bola štatisticky významná v obedných hodinách, počas ktorých boli teploty prostredia najvyššie (tab. 2). Medzi jednotlivými stupňami tepelného stresu nebola zistená preukaznosť rozdielov, štatisticky významné rozdiely boli len medzi NTS a ETS, STS a MTS ako pri rannom nádoji (P < 0,01), tak aj pri večernom nádoji (P < 0,001). Naše zistenia o významnom vplyve tepelného stresu počas poludňajších hodín korešpondujú s výsledkami (Sevi a Caroprese 2012; Srikandakumar et al., 2003; Van Wettere et al., 2021).

Tabuľka 2 Vplyv tepelného stresu v obedných hodinách na ranný a večerný nádoj v kg (priemer ± štandardná odchýlka) / Effect of heat stress during midday hours on morning and evening milk yield in kg (mean ± standard deviation)

Nádoj	**ETS**	**STS**	**MTS**	**NTS**	**P**
ráno	$109,2 \pm 1,67^a$	$108,3 \pm 2,88^a$	$105,5 \pm 5,39^a$	$122,4 \pm 3,83^b$	< 0,01
večer	$88,2 \pm 1,27^a$	$89,7 \pm 1,84^a$	$87,4 \pm 3,29^a$	$99,2 \pm 2,88^b$	< 0,001

ETS = extrémny tepelný stres; STS = silný tepelný stres; MTS = mierny tepelný stres; NTS = tepelný stres neprítomný

4 Záver

Výsledky tejto štúdie ukazujú, že vysoké teploty vonkajšieho prostredia v obedných hodinách majú významný negatívny dopad na produkciu mlieka oviec, a to najmä v prípade extrémneho a silného tepelného stresu. Naša štúdia podporuje potrebu ďalších výskumov pre optimalizáciu podmienok chovu v súvislosti s klimatickými zmenami.

Poďakovanie

Práca vznikla za podpory projektu Grantovej agentúry SPU v Nitre č. 06-GA-SPU-2024 – Využívanie Smart technológií pri riadení chovu dobytka na farme, s ohľadom na produkciu a kvalitu mlieka, zdravie dojníc a zníženie stavu holubov a projektu Grantovej agentúry Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov č. 8/2024 – Využitie Apgar skóre pri hodnotení vitality neonatálnych jahniat.

Použitá literatúra

DIMOV, D. et al. 2020. Temperature-humidity index–an indicator for prediction of heat stress in dairy cows. In *Veterinarija ir Zootechnika*. 2020, roč. 78, č. 100, s. 10–15.

FINOCCHIARO, R. et al. 2005. Effect of Heat Stress on Production of Mediterranean Dairy Sheep. In *Journal of Dairy Science* [online]. 2005, roč. 88, č. 5, s. 1855–1864. ISSN 00220302. Dostupné na: doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72860-5

FURTADO, D. A. et al. 2020. Adaptability of sheep to three salinity levels in different environments. In *Semina: Ciências Agrárias* [online]. 2020, roč. 41, č. 1, s. 283. ISSN 1679-0359, 1676-546X. Dostupné na: doi:10.5433/1679-0359.2020v41n1p285

HAHN, G. L. et al. 2003. Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. In *Interaction between climate and animal production*. B.m.: Wageningen Academic, s. 31–44. ISBN 978-90-76998-26-8.

MARAI, I. F. M. et al. 2008. Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. In *Tropical and subtropical Agroecosystems*. 2008, roč. 8, č. 3, s. 209–234. ISSN 1870-0462.

MARAI, I.F.M. et al. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep—A review. In *Small Ruminant Research* [online]. 2007, roč. 71, č. 1–3, s. 1–12. ISSN 09214488. Dostupné na: doi:10.1016/j.smallrumres.2006.10.003

MARAI, I.F.M. et al. 2001. Growth Performance and Reproductive Traits at First Parity of New Zealand White Female Rabbits as Affected by Heat Stress and Its Alleviation under Egyptian Conditions. In *Tropical Animal Health and Production* [online]. 2001, roč. 33, č. 6, s. 451–462. ISSN 00494747. Dostupné na: doi:10.1023/A:1012772311177

NEVES, M. L. M. W. et al. 2009. Critical levels of the Thermal Comfort Index for Santa Ines sheep under grazing at the agreste region of Pernambuco State/Niveis criticos do Indice de Conforto Termico para ovinos da raca Santa Ines criados a pasto no agreste do Estado de Pernambuco. In *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2009, roč. 31, č. 2, s. 169–176.

OSORIO-AVALOS, J. et al. 2022. Influence of Mediterranean climate and lunar calendar on milk production in Lacaune breed ewes. In *International Journal of Biometeorology* [online]. 2022, roč. 66, č. 6, s. 1191–1197. ISSN 0020-7128, 1432-1254. Dostupné na: doi:10.1007/s00484-022-02268-4

SEJIAN, V. et al. 2017. Adapting Sheep Production to Climate Change. V: Veerasamy SEJIAN, Raghavendra BHATTA, John GAUGHAN, Pradeep Kumar MALIK, S.M.K NAQVI a Rattan LAL, ed. *Sheep Production Adapting to Climate Change* [online]. Singapore: Springer Singapore, s. 1–29 [cit. 16.8.2024]. ISBN 978-981-10-4713-8. Dostupné na: doi:10.1007/978-981-10-4714-5_1

SEVI, A. a CAROPRESE, M. 2012. Impact of heat stress on milk production, immunity and udder health in sheep: A critical review. In *Small Ruminant Research* [online]. 2012, roč. 107, č. 1, s. 1–7. ISSN 09214488. Dostupné na: doi:10.1016/j.smallrumres.2012.07.012

SRIKANDAKUMAR, A. et al. 2003. Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian Merino sheep. In *Small Ruminant Research* [online]. 2003, roč. 49, č. 2, s. 193–198. ISSN 09214488. Dostupné na: doi:10.1016/S0921-4488(03)00097-X

VAN WETTERE, W. H. E. J. et al. 2021. Review of the impact of heat stress on reproductive performance of sheep. In *Journal of Animal Science and Biotechnology* [online]. 2021, roč. 12, č. 1, s. 26. ISSN 2049-1891. Dostupné na: doi:10.1186/s40104-020-00537-z

Kontaktné údaje: Martin Janíček, Ústav chovu zvierat, FAPZ, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, martin.janicek@uniag.sk.

VPLYV ANTROPOGÉNNEJ ČINNOSTI NA POPULÁCIE KORYTNAČIEK
The Impact of Anthropogenic Influences on Turtle and Tortoise Populations

Róbert KIRCHNER[1,2], Soňa KIRCHNEROVÁ[2], Veronika KOMÁRŇANSKÁ[1]
[1] *Ústav chovu zvierat, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov SPU v Nitre, Slovensko*
[2] *Wild Nature, Slovensko*

Výsledkom zefektívňovania výrobných procesov je znižovanie nákladov na výrobu, avšak tento proces so sebou prináša negatívne dopady vo forme znečistenia prostredia a zmeny klímy. Druhová diverzita je nevyhnutnosťou pre zachovanie foriem života na Zemi. Vyhynutie akéhokoľvek článku ekosystému má negatívny dopad na mnohé procesy a systémy. *Ex situ* manažment s implementáciou moderného prístupu k chovu je dôležitý nástroj ochrany ohrozených druhov živočíchov, ktorý umožňuje zachovanie biologickej diverzity mimo prirodzených biotopov a zároveň podporuje prežitie vo voľnej prírode. Faktor TSD v interakcii so zmenou klímy a znečistením prostredia toxikantami môže v dlhodobom horizonte negatívym spôsobom zmeniť veľkosť populácií aj pomer pohlaví v prírode, z tohto dovôdu sú potrebné ďalšie štúdie zamerané na druhovú špecifikáciu a výskyt TSD a GSD pri všetkých známych druhoch korytnačiek, ako aj vplyv kadmia a iných rizikových prvkov na fungovanie organizmu. Prítomnosť oboch mechanizmov (GSD a TSD) u korytnačiek ilustruje biologickú rôznorodosť a adaptabilitu týchto organizmov. Získanie nových informácii v rámci druhových špecifík TSD a GSD prispeje ku komplexnejšiemu pochopeniu fungovania ekosystémov a biodiverzity a spoločne s novými poznatkami z oblasti biológie a chovu zvierat môže priniesť želaný efekt ochrany ohrozených druhov.

Kľúčové slová: ochrana, kontaminanty, rozmnožovanie, korytnačky, TSD

1 Úvod a prehľad literatúry

Zachovanie druhovej diverzity je nevyhnutnosťou pre zachovanie foriem života na Zemi. Vyhynutie akéhokoľvek článku ekosystému má negatívny dopad na mnohé procesy a systémy (Kirchner a kol., 2023). *Ex situ* manažment je dôležitý nástroj ochrany, ktorý umožňuje zachovanie biologickej diverzity mimo prirodzených biotopov a zároveň podporuje prežitie vo voľnej prírode. Chov v zajatí s následnou reintrodukciou je možným prístupom na ochranu ohrozených druhov a zachovanie genetickej variability (Barbanti a kol., 2019).

1.1 TSD – teplotou opvplyvnené pohlavie

Pohlavie závislé od teploty (TSD) je mechanizmus environmentálneho určovania pohlavia (ESD), kde fyzikálny faktor, v tomto prípade inkubačná teplota, je zodpovedná za diferenciáciu pohlavných žliaz jedinca počas vývoja (Matsumoto a Crews, 2012; Mitchell a kol., 2013). Geneticky podmienené mechanizmy určovania pohlavia sa označujú ako „genotypové určovanie pohlavia“ (GSD) (Akashi a kol., 2023). Mechanizmy, ktorými sa riadi určovanie pohlavia, sú predmetom vedeckého skúmania dlhé roky. V súčasnosti vieme, že pohlavie mnohých druhov zvierat je určené geneticky (GSD) ich chromozomálnou konštitúciou. Zatiaľ čo väčšina cicavcov vykazuje samčí heterogametický systém (XY samec/XX samica), vtáky majú samičí heterogametický systém (Capel, 2017). Pohlavie možno ovplyvniť teplotou prostredia prostredníctvom mechanizmu (TSD). Teplota ovplyvňuje smer dráh sexuálnej diferenciácie, čo vedie k odlišným pomerom pohlavia v závislosti od teploty. Porovnávacie štúdie naprieč rôznymi líniami ponúkajú cenné poznatky o chápaní vývoja určovania pohlavia ako fenotypovej plasticity. Zatiaľ čo dôkazy o molekulárnych mechanizmoch riadiacich dráhy pohlavnej diferenciácie sa naďalej hromadia, vnútrobunková signalizácia spájajúca snímanie teploty a dráhy sexuálnej diferenciácie zostáva nepreskúmaná. Odhalenie týchto väzieb je kľúčom k pochopeniu druhovo špecifickej citlivosti

na teplotu a prispeje ku komplexnejšiemu pochopeniu ochrany ekosystémov a biodiverzity (Akashi a kol., 2023). Dnes sú známe tri modely TSD u plazov, ktoré ukazujú možné spôsoby ovplyvňovania pohlavia na základe zmien teplot (Akashi a kol, 2023), TSD Ia (pri nízkych teplotách sa liahnu samce, pri vysokých teplotách sa liahnu samice), TSD Ib (pri nízkych teplotách sa liahnu samice, pri vysokých teplotách sa liahnu samce) a TSD II (pri nízkych a vysokých teplotách sa liahnu samice, a samce sa liahnu pri stredných teplotách) (Valenzuela a Lance, 2004).

2 Materiál a metódy

V sledovanom období (2019-2021) samice *Testudo hermanni* nakládli 56 vajec, ktoré boli rozdelené do siedmych 8-členných skupín a inkubované pri teplotách: 28,5; 29,0; 30,0; 31,5; 32,5; 33;5 a 34,0 °C. Vajcia boli umiestnené do plastovej nádoby s vlhkým vermikulitom, boxy boli zakryté a umiestnené do inkubátorov (typy: VWR® INCU-Line® IL 23, LAB Incubator IN-010) pri konštantných teplotách. Rozdiel v pohlaví sme hodnotili na základe sekundárnych pohlavných znakov mladých jedincov (tvar a dĺžka chvosta, tvar a dĺžka kloaky).

3 Výsledky a diskusia

V súčasnosti je zdokumentovaný mechanizmus (GSD a TSD) u 101 (Bista a Valenzuela, 2020), z celkového počtu 357 druhov korytnačiek (Rhodin a kol., 2021). Zo 47 známych a dnes žijúcich suchozemských druhov (Kirchner a Kirchnerová, 2024) je touto problematikou dôkladne preskúmaných 8 druhov: *Testudo hermanni*, *Testudo graeca*, *Gopherus agassizii, Gopherus polyphemus, Aldabrachelys gigantea, Astrochelys radiata, Chelonoidis nigra* (Sabath a kol., 2016) a *Malacochersus tornieri* (Ewert a kol., 2004). Všetky spomenuté suchozemské druhy majú typ TSD Ia. Naše výsledky (Tabuľka 1) dokazujú podobné zistenia ako uvádzajú aj ostatní autori a taktiež z nich vyplýva negatívna korelácia medzi dĺžkou inkubácie a inkubačnou teplotou, čo na základe výsledkov môže naznačovať vzájomnú koreláciu medzi dĺžkou inkubácie a diferenciáciou pohlavia suchozemských druhov.

Tabuľka 1 Pomer pohlaví korytnačky zelenkastej (*Testudo hermanni*)

Teplota (°C)	Dĺžka inkubácie (dni)	Vyliahnuté mláďatá (ks)	Samce	Samice	% samcov
28,5	64	8	8	0	100 %
29	62	6	6	0	100 %
30,0	59	8	8	0	100 %
31,5	57	6	4	2	66,67 %
32,5	56	6	2	4	33,33 %
33,5	54	7	0	7	0 %
34	52	5	0	5	0 %

Väčšina druhov korytnačiek produkuje pri nízkych teplotách samcov a pri vyšších teplotách samice (Valenzuela a kol., 2019). U niektorých vodných druhov, ako je napríklad kajmanka dravá (*Chelydra serpentina*) sa vyskytuje TSD typ II (Ewert a kol., 2006), samce sa liahnu pri stredných inkubačných teplotách. Veľmi dôležitým faktorom je hraničné teplotné rozpätie, ktoré je pre každý druh špecifické. Napríklad Hernández-Montoya a kol. (2017) vo svojej štúdii o *Chelonoidis carbonarius* dospeli k výsledkom, že inkubačná teplota pre embryá na úrovni 33 °C je už letálna a pri teplote 31 °C sa vyliahlo iba 10,6 % mláďat a 2,12% embryí malo malformáciu karapaxu, hlavy alebo končatín. Naopak v našich pozorovaniach pri *Testudo hermanni* nie je teplota 33-34 °C letálna, avšak pri teplotých mierne nad 34 °C dochádzalo k malformácii panciera. Aj na základe týchto informácii je dôležité v podobných štúdiách pokračovať a prispieť tak k dôležitým informáciám

o jednotlivých druhoch a vplyve prostredia na pohlavie. Aktuálna zmena klímy totiž môže spôsobiť zmeny v pomeroch pohlavia v rámci druhov, ktoré radíme k TSD, čo môže ohroziť zachovanie populácií (Mitchell a Janzen, 2010). Valenzuela a kol. (2019) predpokladá, že vplyvom výkyvov teplôt spôsobených zmenou klímy dôjde k urýchleniu feminizácie (zvyšovaniu počtu samíc) druhov typu TSD Ia. Mizoguchi a kol. (2022) predpokladajú, že environmentálne faktory, ako je napríklad kadmium, môže vykoľajiť pohlavnú diferenciáciu druhov s TSD. Kadmium je kontaminantom prostredia, o ktorom je známe, že ovplyvňuje metyláciu DNA. Je to vlastne epigenetická modifikácia DNA s kľúčovou úlohou v pohlavnom vývoji embryí stavovcov, avšak účinok kadmia na metyláciu DNA génov, u TSD druhov, zostáva dosiaľ neznámy. Výskum tejto problematiky je dnes na úplnom začiatku, jasné však je, že prítomnosť kadmia v prostredí môže mať komplexné a potenciálne devastujúce účinky na ekosystém. Na základe doteraz získaných informácií nemôžeme jasne preukázať, či kadmium dokáže negatívne ovplyvniť pomer pohlaví zvierat žijúcich vo voľnej prírode, avšak na základe štúdií vplyvu kadmia vieme, že existuje pozitívna korelácia medzi kadmiom a AST (Kirchner a kol., 2023), čo môže signalizovať hepatotoxické účinky. Mizoguchi a kol. (2022) zase konštatujú vo svojej štúdii embryotoxický vplyv kadmia pri druhu *Chrysemys picta*, po expozícii kadmia bolo vyliahnutých len 6,67 % mláďat. Pre dôkladné pochopenie vplyvu antropogénnej činnosti na populácie a budúcnosť ohrozených druhov korytnačiek, je potrebné získavať nové poznatky a vykonať ďalšie štúdie v danej oblasti.

4 Záver

Ochrana druhov *in situ* je nosným pilierom zachovania biodiverzity, pretože urbanizácia a nelegálny obchod znižujú stavy zvierat v prírode neúmerným spôsobom. Antropogénnou činnosťou prispievame k zvyšovaniu kontaminantov v prostredí a tie svojou činnosťou negatívne ovplyvňujú fungovanie organizmu. Chov suchozemských korytnačiek v podmienkach *ex situ* je obrovským prínosom k zachovaniu druhov práve z dôvodu zmien klímy a kontaminácie prostredia, ktoré môžu ovplyvniť pomer pohľaví a stav populácií jednotlivých druhov vo voľnej prírode. Z týchto dôvodov je potrebné v budúcnosti dostatočne preskúmať medzidruhové špecifiká diferenciácie pohlavia a implementovať moderné postupy chovu, čo môže v budúcnosti priniesť želaný efekt záchrany korytnačiek. Problematika TSD a GSD u korytnačiek je fascinujúca téma, ktorá prispieva k celkovému pochopeniu mechanizmov určenia pohlavia v prírode a poskytuje dôležité informácie pre ochranu a manažment týchto druhov. Každý deň ovplyvňujeme život na Zemi a je len na nás ako pristúpime k zachovaniu biodiverzity pre budúce generácie.

Poďakovanie

Príspevok bol financovaný riešením projektu Grantovej agentúry Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov SPU v Nitre 5/2024 – Detekcia xenobiotík a biogénnych prvkov vo vybraných telových tekutinách a ich vplyv na fyziologické parametre korytnačiek.

Použitá literatúra

AKASHI, H. – HASUI, D. – UEDA, K. – ISHIKAWA, M. – TAKEDA, M. – MIYAGAWA, S. 2023. Understanding the role of environmental temperature on sex determination through comparative studies in reptiles and amphibians. In *JEZ-A Ecological and integravite physiology, Wiley,* 2023, Dostupné na: https://doi.org/10.1002/jez.2760, [dátum citovania 2024-08-05].

BARBANTI, A. – MARTIN, C. – BLUMENTHAL, J.M. – BOYLE, J. – BRODERICK, A.C. – COLLYER, L. – EBANKS-PETRIE, G. – GODLEY, B.J. – MUSTIN, W. – ORDONEZ, V. – PASCUAL, M. – CARRERAS, C. 2019. How many came home? Evaluating ex situ conservation of green turtles in the Cayman Islands. In *Molecular ecology*. 2019, 28, 1637–1651. Dostupné na: https://doi.org/10.1111/mec.15017 [dátum citovania 2024-08-05].

BISTA, B. – VALENZUELA, N. 2020. Turtle Insights into the Evolution of the Reptilian Karyotype and the Genomic Architecture of Sex Determination. In *Genes*, 11 (4), s. 416, Dostupné na: https://doi.org/10.3390/genes11040416. [dátum citovania 2024-08-05].

CAPEL, B. 2017. Vertebrate sex determination: Evolutionary plasticity of a fundamental switch. In *Nature Reviews Genetics*, 18, s. 675–689.

EWERT, M.A. – HATCHER,R.E. – GOODE, J.M. 2004. Sex determination and ontogeny in Malacochersus tornieri, the pancake tortoise. In *Journal of Herpetology*, 38, 2004, s. 291–295, Dostupné na: https://doi.org/10.1670/149-03N, [dátum citovania 2024-08-05].

EWERT, M.A. – LANG, J.W. – NELSON, C.E. 2006. Geographic variation in the pattern of temperature-dependent sex determination in the American snapping turtle (Chelydra serpentina). In *Journal of Zoology*, 265 (1), 2006, s. 81-95, Dostupné na: https://doi.org/10.1017/S0952836904006120. [dátum citovania 2024-08-05].

HERNÁNDEZ-MONTOYA, V. – PÁEZ, V.P. – CEBALLOS, C.P. 2017. Effects of Temperature on Sex Determination and Embryonic Development in the Red-footed Tortoise, *Chelonoidis carbonarius.* In *Chelonian Conservation and Biology*, 16(2), s. 164-171, 2017. Dostupné na: https://doi.org/10.2744/CCB-1267.1 [dátum citovania 2024-08-07].

KIRCHNER, R. – KIRCHNEROVÁ, S. – TIRPÁK, F. – HALO, M., Jr. – SLANINA, T. – TOKÁROVÁ, K. – KOVÁČIK, A. – MIŠKEJE, M. – KOMÁRŇANSKÁ, V. – GREŃ, A. – FORMICKI, G. – MASSÁNYI, P. 2023. Biogenic Elements and Heavy Metals in Hermann's Tortoises—Testudo hermanni: Effect on Serum Biochemistry and Oxidative Status Parameters. In *Animals* 2023, 13, 2218. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/ani13132218 [dátum citovania 2024-08-05].

KIRCHNER, R. – KIRCHNEROVÁ, S. 2024. Rozmnožovanie suchozemských korytnačiek. In *Reptil magazin*, 3, 2024, s. 4--11.

MATSUMOTO, Y. – CREWS, D. 2012. Molecular mechanisms of temperature-dependent sex determination in the context of ecological developmental biology. In *Molecular and Cellular Endocrinology,* 354 (2012), s. 103-110, Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.mce.2011.10.012, [dátum citovania 2024-08-05].

MITCHELL, N.J. – JANZEN, F.J. 2010. Temperature-dependent sex determination and contemporary climate change. In *Sexual Development*, 4(1-2), 2010, s. 129-40. Dostupné na: doi: 10.1159/000282494, [dátum citovania 2024-08-05].

MITCHELL, T.S. – MACIEL, J.A. – JANZEN, F.J. 2013. Does sex-ratio selection influence nest-site choice in a reptile with temperature-dependent sex determination? In *Proceedings of the royal society, Biology Sciences*, 280 (2013), s. 2013-2460, Dostupné na: https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2460, [dátum citovania 2024-08-05].

MIZOGUCHU, B. – TOPPING, N.E. – LAVIN, A.M. – VALENZUELA, N. 2022. Cadmium Ecotoxic Effects on Embryonic Dmrt1 and Aromatase Expression in Chrysemys picta Turtles May Implicate Changes in DNA Methylation. In Genes, 13 (8), 2022, s. 1318. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/genes13081318. [dátum citovania 2024-08-05].

RHODIN, A.G.J. – IVERSON, J. B. – BOUR, R. – FRITZ, U. – GEORGES, A. – SHAFFER, H.B. – VAN DIJK, P.P. 2021. Turtles of the world: Annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status. 9. vyd. Chelonian Research Monographs: Chelonian Research Foundation and Turtle Conservancy. ISSN 1088-7105, 486 s.

SABATH, N. – ITESCU, Y. – FELDMAN, A. – MEIRI, S. – MAYROSE, I. – VALENZUELA, N. 2016. Sex determination, longevity, and the birth and death of reptilian species. In *Ecology and Evolution*, 6 (15), 2016, Dostupné na: https://doi.org/10.1002/ece3.2277. [dátum citovania 2024-08-05].

VALENZUELA, N. – LANCE, V. 2004. Temperature-Dependent Sex Determination in Vertebrates. 1. vyd., Smithsonian Books : Washington, ISBN 1-58834-203-4, 202 s.

VALENZUELA, N. – LITERMAN, R. – NEUWALD, J.L. – MIZOGUCHI, B. – IVERSON, J.B. – RILEY, J.L.- LITZGUS, J.D. 2019. Extreme thermal fluctuations from climate change unexpectedly accelerate demographic collapse of vertebrates with temperature-dependent sex determination. In *Scientific Reports*, 9, s. 4254, 2019. Dostupné na: https://doi.org/10.1038/s41598-019-40597-4. [dátum citovania 2024-08-05].

Kontaktné údaje: Róbert Kirchner, Ústav chovu zvierat, FAPZ SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76, Nitra, robert.kirchner@uniag.sk

VPLYV OBEZITY NA SÉROVÉ HLADINY KORTIZOLU U PERIMENOPAUZÁLNYCH ŽIEN
The impact of obesity on serum cortisol levels in the perimenopausal women

Zuzana KŇAŽICKÁ, Jana KOPČEKOVÁ, Eva KOVÁČIKOVÁ,
Katarína FATRCOVÁ ŠRAMKOVÁ, Anton KOVÁČIK, Peter MASSÁNYI, Marta HABÁNOVÁ
Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovak Republic

Obesity is a growing challenge in our modern society due to its rapidly increasing prevalence. The aim of this study was to evaluate the impact of weight gain on the biochemical parameters and serum cortisol levels in women during perimenopausal status. Based on the power calculation, the study involved seventy women (n = 70) from SUA in Nitra (Slovak Republic) with normal-weight (n = 21; BMI 18.50 – 24.90 kg/m^2; age 47.86 years), overweight (n = 25; BMI 25 – 29.90 kg/m^2; age 50.04 years), and obesity (n = 24; BMI ≥ 30 kg/m^2; age 49.54 years). Multifrequency bioelectrical impedance analysis was used to measure body composition parameters. Serum levels of total cholesterol (T-C), high-density lipoprotein (HDL), low-density lipoprotein (LDL), triglycerides (TG), and glucose (GLU) were assessed using DiaSys kits with the BioMajesty® analyzer. Serum cortisol levels were quantified using an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Results indicated that women with obesity exhibited significantly ($P < 0.001$) higher percentage of body fat (43.09 ± 4.68%) and visceral fat area (150.40 ± 20.57 cm^2) than those of normal weight (control) or overweight. We also noted significant increases in serum T-C ($P < 0.001$), LDL ($P < 0.001$), and TG ($P < 0.05$) in the perimenopausal women with obesity. The excess body weight induced a slight increase in cortisol levels ($P > 0.05$). Our findings underscore the ways in which body weight influences hormones and suggest possible pathways through which obesity could contribute to metabolic dysfunction.

Keywords: obesity, biomarkers, blood serum, cortisol, antropometric characteristics, perimenopause, women

1 Introduction

Obesity and its associated metabolic abnormalities have been major public health priorities worldwide for several decades (Sun et al., 2023; Knazicka et al., 2024). The World Health Organization defined both obesity and overweight as conditions characterized by abnormal or excessive accumulation of body fat that poses health risks (WHO, 2010). These conditions are known to cause numerous medical complications, including type 2 *diabetes mellitus*, hyperlipidemia, arterial hypertension, cardiovascular diseases (CVDs), osteoarthritis, depression, and several types of cancers (Haslam and James, 2005).

Currently, the prevalence of obesity is increasing across all age groups and sexes, irrespective of geographical location, ethnicity, or socioeconomic status (Chooi et al., 2019). It is predicted that by 2030, more than one billion adults, or one-sixth of the world's population, will be affected by obesity (Lobstein et al., 2022). A further increase in the prevalence of obesity in expected during the peri-, meno-, and postmenopausal stages of women's lives, likely posing a significant public health challenge. These reproductive stages are physiological periods in a women's life associated with many hormonal changes and stress, affecting the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis. Changes in the concentrations and actions of sex steroid or non-sex hormones are key factors leading to an increase in both total and visceral adipose tissue, potentially resulting in abdominal obesity and related metabolic disorders (Porada et al., 2023). Cortisol, the primary hormone involved in the biological responses to chronic stress, plays an integral role in controlling metabolic activity. Its known effects include: (i) redistribution of adipose tissue to the abdominal region, (ii) increase of appetite, and (iii) increased preference for more palatable foods (Kuckuck et

al., 2023). Persistent increases in cortisol are known triggers for the development of obesity (Hewagalamulage et al., 2016). The study by Herhaus et al. (2020) showed that cortisol reactivity under stress strongly predicts stress-related eating behavior, which in turn affects body mass index (BMI). Although a negative correlation between BMI and cortisol levels has been observed in some studies, this is not universally consistent. Differences in cortisol response might also be linked to the distribution and amount of adipose tissue, rather than just the presence of obesity itself (Schorr et al., 2015). Based on the above, our study focused on several objectives. Our primary aim was to determine cortisol levels in the blood serum of women with normal weight, overweight or obesity. Additionally, we aimed to assess the anthropometric composition, including body weight (kg), body height (cm), BMI (kg/m^2), percentage of body fat (PBF; %), and visceral fat area (VFA; cm^2). We also examined various biochemical markers, including total cholesterol (Total-C; mmol/L), high-density lipoprotein (HDL; mmol/L), low-density lipoprotein (LDL; mmol/L), triglycerides (TG; mmol/L), and glucose (GLU; mmol/L). Our research underscores the critical need to explore the intricate hormonal and metabolic changes during perimenopause, particularly the impact of serum cortisol levels on the excess body weight of women.

2 Materials and Methods

2.1 Ethical authorization of the study

The study adhered to the principles established by the Declaration of Helsinki. The protocol was endorsed by the Ethical Committee for Clinical Trials at the Specialized Hospital of St. Svorad Zobor in Nitra, Slovak Republic (protocol No. 4/071220/2020). It was also approved by the Slovak University of Agriculture (SUA) in Nitra, Faculty of Agrobiology and Food Resources, Institute of Nutrition and Genomics, Slovak Republic. Before any blood was taken, all participants were informed about the objectives of the study and provided written informed consent.

2.2 Characteristics of participants

Before recruiting subjects, we conducted a power analysis to determine the necessary number of volunteers, ensuring that the results would be meaningful. We aimed for a total sample size with sufficient power (80%). The present study included seventy (n = 70) adult women (in the perimenopausal period) aged 41 to 55 years, from the staff of the SUA in Nitra, Slovak Republic. These volunteers were screened for eligibility to participate in the study. All non-medicated women were divided into three groups based on their BMI (calculated as weight in kilograms divided by height in meters squared; kg/m^2): twenty-four women (n = 24) with obesity (BMI ≥ 30 kg/m^2), twenty-five women (n = 25) with overweight (BMI ≥ 25 kg/m^2), and twenty-one women (n = 21) with normal weight (BMI 18.50 – 24.90 kg/m^2), as defined by the WHO (2010). Participants were required to maintain a constant body weight (± 3.0 kg) over the last three months and to limit alcohol consumption to ≤ 30 g/day. The exclusion criteria were stringent. Volunteers with type 2 *diabetes mellitus*, osteoporosis, CVDs, and cerebrovascular diseases, uncontrolled hypertension treated with medication, those using weight loss medications affecting body composition, cholesterol-lowering medications or supplements, those with gastrointestinal disorders or who had undergone gastrointestinal surgery, chronic hepatitis, thyroid disorders, liver and kidney failure, renal diseases, cancer, and those in the periods of menopause or postmenopause were excluded. Additionally, those receiving oral contraceptives or hormone replacement therapy, using cortisol-containing medications, or those who had undergone hysterectomy or oophorectomy were not included in the research. Regular smokers and individuals with alcohol or drug addictions were also excluded.

2.3 Anthropometric measurements

All anthropometric parameters were conducted by trained personnel. Body weight (kg) and height (cm) were measured using outpatient electronic medical scales (Tanita WB-300, Tanita Co., Tokyo, Japan). BMI was calculated by dividing the body weight in kilograms (kg)

by the square of the height in meters (m^2). Body composition was determined by multifrequency bioelectrical impedance analysis (MF-BIA) using InBody 720 device (Biospace Co. Ltd., Seoul, South Korea), which provided inormation about selected paramaters – PBF (%) and VFA (cm^2). The measurement procedure required the subject to stand barefoot on the analyzer and to hold a pair of handgrips, one in each hand. Participants were informed about the procedure and the risks of MF-BIA measurement in case an electrical device was implanted in the body or on the heart. Data obtained from the InBody 720 device were processed using Lookin'Body 3.0 software (Knazicka et al., 2024). All anthropometric characteristics were recorded as average values.

2.4 Blood sample collection and biochemical analysis

Blood samples for biochemical analysis were collected from participants in the morning, between 7 and 9 a.m. (fasting). Venous blood from the peripheral vein was collected in a standard manner by a qualified individual using 2.50 mL tubes containing ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and 7.50 mL serum gel tubes. The blood fractions were separated and centrifuged in serum gel tubes at 1800 rpm for 15 minutes at 10 ºC. The blood serum samples were then stored at −80 °C until analysis. Biochemical markers such as total-C (mmol/L), HDL (mmol/L), LDL (mmol/L), TG (mmol/L), and GLU (mmol/L) were measured by the laboratory of the Specialized Hospital of St. Svorad Zobor in Nitra (Slovak Republic) using standard commercial DiaSys kits (Diagnostic Systems GmbH, Holzheim, Germany) on an ultra-compact automated clinical-chemistry analyzer a BioMajesty® JCA-BM6010/C (JEOL Ltd., Tokyo, Japan) (Knazicka et al., 2024).

2.5 Hormone analysis

Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) was used for the quantification of cortisol (Dialab GmbH, Wiener Neudorf, Austria) directly from blood serum. The principle of this assay involves competition between the antigen (hormone) and horseradish enzyme-labeled antigen to bind with a limited number of antibody sites on a 96-well microplate (Grainer, Germany). ELISA assays (Dialab, Wiener Neudorf, Austria) were performed according to the instructional manual. The color intensity was inversely proportional to the hormone concentration in the sample. According to the manufacturer's data, the sensitivity of cortisol assay was 2.42 ng/mL, and the intra- and inter-assay coefficients of variation were ≤ 5.10% and ≤ 11.0%, respectively. The absorbance was measured at 450 nm using a microplate reader (Anthos MultiRead 400, Eugendorf, Austria), and the data were evaluated by WinRead 2.30 computer software. Values were expressed in ng/mL.

2.6 Statistical analysis

The results were statistically analyzed using the GraphPad Prism 6.01 program (GraphPad Software Incorporated, San Diego, California, USA). The Kolmogorov-Smirnov test was used to test for normality. Homogeneity of variance was assessed by Bartlett's test. One-way analysis of variance (ANOVA) and Dunnett's multiple comparison tests were employed to analyze differences between groups of women who are overweight/obese and women with normal weight. Statistical significance was at levels $^{A}(P < 0.001)$, $^{B}(P < 0.01)$, and $^{C}(P < 0.05)$. Data contain the average values for the individual groups ± SD (standard deviation).

3 Results and Discussion

Our study included 70 women, ranging in age from 41 to 55 years, with an average age of 49.15 ± 3.57. Baseline characteristics of all participants are presented in Table 1. When the women were classified into three groups according to BMI, analysis of body composition parameters revealed that the values of the PBF and VFA were significantly higher *(P < 0.001)* in overweight/obese groups compared to those with normal weight. Specifically, women with obesity exhibited higher PBF values than those classified as overweight (43.09 ± 4.68% and 37.66 ± 3.51%, respectively). Similarly, the average VFA values for overweight (124.30 ± 18.36 cm^2) and obese (150.40 ± 20.57 cm^2) participants were significantly *(P <*

0.001) higher than those in women of normal weight (74.79 ± 16.82 cm^2). This parameter can be considered a valuable index not only for assessing the accumulation of visceral fat but also for evaluating cardiovascular risk factors (Singh et al., 2013). Jeon et al. (2021) reported a positive correlation between VFA and BMI, blood pressure, biochemical parameters, and other components of metabolic syndrome. Additionally, they suggest that combining BMI assessment with VFA determination by the BIA method may be a useful method for predicting the risk of metabolic syndrome.

Table 1 Základné charakteristiky skupín. / Baseline characteristics of the groups.

Women (n = 70)			
Parameters/units	**Normal weight** (n = 21) x ± SD	**Overweight** (n = 25) x ± SD	**Obesity** (n = 24) x ± SD
Age (years)	47.86 ± 4.10	50.04 ± 3.49	49.54 ± 3.12
Body weight (kg)	60.57 ± 5.71	75.62 ± 6.30^{A}	89.20 ± 9.74^{A}
Body height (cm)	167.78 ± 6.25	165.30 ± 6.10	164.50 ± 5.78
BMI (18.50 – 24.90 kg/m^2)	21.52 ± 1.72	-	-
BMI (≥ 25 – 29.90 kg/m^2)	-	27.67 ± 1.58^{A}	-
BMI (≥ 30 kg/m^2)	-	-	32.92 ± 2.59^{A}
Percentage of body fat (%)	27.83 ± 3.72	37.66 ± 3.51^{A}	43.09 ± 4.68^{A}
Visceral fat area (cm^2)	74.79 ± 16.82	124.30 ± 18.36^{A}	150.40 ± 20.57^{A}

Vysvetlivky / Legend: BMI – index telesnej hmotnosti (kg/m^2), x – aritmetický priemer, ± SD - smerodajná odchýlka. Štatistická významnosť bola na úrovniach $^{A}(P < 0.001)$, $^{B}(P < 0.01)$ a $^{C}(P < 0.05)$. BMI – body mass index (kg/m^2), x – arithmetic mean, ± SD – standard deviation. Statistical significance was at levels $^{A}(P < 0.001)$, $^{B}(P < 0.01)$, and $^{C}(P < 0.05)$.

There is evidence that the menopausal transition in women is accompanied by changes in the metabolic profile, cholesterol, and GLU levels (Inaraja et al., 2020). Consistent with the results of our study, levels of total-C ($P < 0.001$), LDL ($P < 0.001$), and TG ($P < 0.05$) were significantly higher in the group with obesity than in the group with normal weight (Table 2), while HDL values were lower ($P > 0.05$). Women who were overweight exhibited higher levels of serum total-C (6.09 ± 1.10 mmol/L; $P < 0.001$) compared to women of normal weight (5.21 ± 0.70 mmol/L). GLU levels in all monitored groups did not exceed the optimal reference range (3.90 – 6.10 mmol/L), and there were no significant differences for this parameter studied. The highest value of GLU (5.28 ± 0.48 mmol/L) was for women who were obese.

Table 2 Porovnanie biochemických parametrov u žien s normálnou hmotnosťou, nadhmotnosťou a obesitou. / Comparison of biochemical parameters in women with normal weight, overweight, and obesity.

	Women (n = 70)		
Parameters/units	**Normal weight** (n = 21) x ± SD	**Overweight** (n = 25) x ± SD	**Obesity** (n = 24) x ± SD
Total-cholesterol (mmol/L)	5.21 ± 0.70	6.09 ± 1.10^{A}	6.49 ± 0.93^{A}
High-density lipoprotein (mmol/L)	2.01 ± 0.47	1.85 ± 0.42	1.81 ± 0.41
Low-density-lipoprotein (mmol/L)	2.77 ± 0.56	3.19 ± 0.71	3.46 ± 0.63^{A}
Triglycerides (mmol/L)	1.10 ± 0.49	1.42 ± 0.51	1.48 ± 0.60^{C}
Glucose (mmol/L)	4.99 ± 0.36	5.01 ± 0.45	5.28 ± 0.48

Vysvetlivky / Legend: x – aritmetický priemer, ± SD - smerodajná odchýlka. Štatistická významnosť bola na úrovniach $^{A}(P < 0.001)$, $^{B}(P < 0.01)$ a $^{C}(P < 0.05)$. x – arithmetic mean, ± SD – standard deviation. Statistical significance was at levels $^{A}(P < 0.001)$, $^{B}(P < 0.01)$, and $^{C}(P < 0.05)$.

Adipose tissue is an important endocrine organ that influences hormonal processes. This raises the question of the extent to which it affects the occurrence of endocrine disorders. Obesity results in changes to hormonal parameters, necessitating adequate interpretation of laboratory results within the clinical context. Currently, numerous studies are underway to further elucidate the mechanisms of obesity development. However, it is evident that hormonal alterations during the perimenopausal period in women play a significant role, potentially leading to musculoskeletal, CVDs, and metabolic conditions, and impacting mental health. The results of our hormonal analysis demostrated that excess body weight induced a slight increase in cortisol levels, although these changes were not statistically significant ($P > 0.05$). Cortisol levels are lowest in perimenopausal women with optimal BMI. The highest mean serum levels of cortisol were observed in women with obesity compared to those with normal weight (Figure 1). There is a strong interrelationship between the activation of the HPA axis and energy homeostasis. Patients with abdominal obesity have elevated cortisol levels. Furthermore, stress and glucocorticoids act to control both food intake and energy expenditure. In particular, glucocorticoids are known to increase the consumption of foods enriched in fat and sugar (Hewagalamulage et al., 2016).

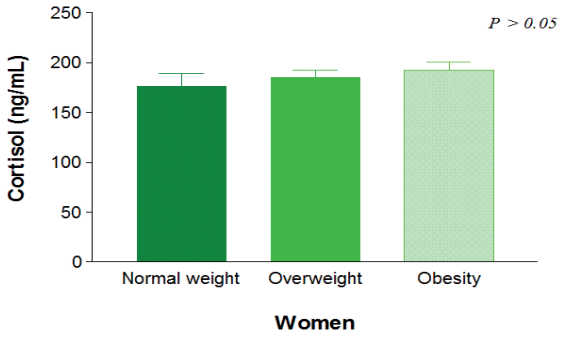


Figure 1 Sérové hladiny kortizolu u perimenopauzálnych žien s normálnou hmotnosťou, nadhmotnosťou a obezitou. / Serum levels of cortisol in perimenopuasal women with normal weight, overweight, and obesity.

Long-term stress stimulation of the HPA axis strongly disturbs overall homeostasis, and chronic hypercortisolism increases the risk of metabolic syndrome, type 2 *diabetes mellitus*, and cardiovascular complications. The body adopts incorrect eating habits by selecting palatable but unhealthy foods and by developing tendencies for improper patters in terms of food quantity, such as overeating or undereating. A negative mood associated with the stress reaction also causes an increase in food intake, especially high-calorie foods. The perimenopausal period itself and clinical symptoms, which are negatively perceived by women, may initially induce a stress reaction, or furter increase its intensity. This, in turn, intensifies improper eating habits and leads to excessive weight gain (Hackett and Steptoe, 2017). In addition, stress has an inhibitory effect on gastric motility, and observational studies on perimenopausal women have reported a reversible reduction in gastric motility, attributed primarily to hypoestrogenaemia (Huerta-Franco et al., 2019).

4 Conclusion

In conclusion, it should be emphasized that obesity, particularly during perimenopause, is a serious health issue for modern women. Our findings underscore the ways in which body weight influences cortisol levels and suggest possible pathways through which obesity could contribute to metabolic dysfunction. For this reason, it is crucial to implement appropriate

therapeutic strategies aimed at managing associated comorbidities through individualized behavior management.

Acknowledgments

Research was supported by the project of Grant Agency of the FAFR, SUA in Nitra No. 2/2024, APVV-21-0168, and by the Operational Programme Integrated Infrastructure for the project: Long-term strategic research of prevention, intervention, and mechanisms of obesity and its comorbidities (IMTS 313011V344), co-financed by the European Regional Development Fund.

References

HACKETT, R.A. – STEPTOE, A. 2017. Type 2 diabetes mellitus and psychological stress - a modifiable risk factor. In *Nat. Rev. Endocrinol.* Vol. 13, No. 9, p. 547-560. https://doi.org/10.1038/nrendo.2017.64 [date of citation 2024-08-02].

HASLAM, D.W. – JAMES, W.P.T. 2005. Obesity. In *Lancet.* Vol. 366, No. 9492, p. 1197-1209. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(05)67483-1 [date of citation 2024-08-11].

HERHAUS, B. – ULLMANN, E. – CHROUSOS, G. - PETROWSKI K. 2020. High/low cortisol reactivity and food intake in people with obesity and healthy weight. In *Trans Psychiatry*. Vol. 10, No. 1, p. 40. https://doi.org/10.1038%2Fs41398-020-0729-6 [date of citation 2024-07-11].

HEWAGALAMULAGE, S.D. - LEE, T.K. - CLARKE, I.J. - HENRY, B.A. 2016. Stress, cortisol, and obesity: a role for cortisol responsiveness in identifying individuals prone to obesity. In *Domestic animal endocrinology*. Vol. *56 Suppl*, p. 112-120. https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2016.03.004 [date of citation 2024-08-02].

HUERTA-FRANCO, M.R. - VARGAS-LUNA, M. - SOMOZA, X. - DELGADILLO-HOLTFORT, I. - BALLEZA-ORDAZ, M. - KASHINA, S. 2019. Gastric responses to acute psychological stress in climacteric women: a pilot study. In *Menopause (New York, N.Y.)*. Vol. 26, No. 5, p. 469-475. https://doi.org/10.1097/gme.0000000000001274 [date of citation 2024-08-17].

CHOOI, Y.C. - DING, C. - MAGKOS, F. 2019. The epidemiology of obesity. In *Metabolism*. Vol. 92, p. 6-10. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.09.005 [date of citation 2024-07-28].

INARAJA, V. - THUISSARD, I. - ANDREU-VAZQUEZ, C. - JODAR, E. 2020. Lipid profile changes during the menopausal transition. In *Menopause (New York, N.Y.)*. Vol. 27, No. 7, p. 780-787. https://doi.org/10.1097/gme.0000000000001532 [date of citation 2024-07-11].

JEON, H.H. - LEE, Y.K. - KIM, D.H. - PAK, H. - SHIN, S.Y. - SEO, J.H. 2021. Risk for metabolic syndrome in the population with visceral fat area measured by bioelectrical impedance analysis. In *Korean J. Intern. Med.* Vol. 36, No. 1, p. 97-105. https://doi.org/10.3904/kjim.2018.427 [date of citation 2024-07-07].

KNAZICKA, Z. – BIHARI, M. – JANCO, I. – HARANGOZO, L. – ARVAY, J. – KOVACIK, A. – MASSANYI, P. – GALIK, B. – SARAIVA, J.M.A. – HABANOVA, M. 2024. Blood Concentration of Macro- and Microelements in Women Who Are Overweight/Obesity and Their Associations with Serum Biochemistry. In *Life*. Vol. 14, No. 4, p. 465. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/life14040465 [date of citation 2024-08-01].

KUCKUCK, S. - VAN DER VALK, E.S. - SCHEURINK, A.J.W. - VAN DER VOORN, B. - IYER, A.M. - VISSER, J.A. - DELHANTY, P.J.D. - VAN DEN BERG, S.A.A. - VAN ROSSUM, E.F.C. 2023. Glucocorticoids, stress and eating: The mediating role of appetite-regulating hormones. In *Obesity reviews: an official journal of the International Association for the Study of Obesity*. Vol. 24, No. 3, p. e13539. https://doi.org/10.1111/obr.13539 [date of citation 2024-07-10].

LOBSTEIN, T. - BRINSDEN, H. - NEVEUX, M. 2022. World Obesity Atlas 2022. World Obesity Federation. Available online: https://s3-euwest-1.amazonaws.com/woffiles/World_Obesity_Atlas_2022.pdf [dátum citovania 2024-07-28].

PORADA, D. - GOŁACKI, J. - MATYJASZEK-MATUSZEK, B. 2023. Obesity in perimenopause - current treatment options based on pathogenetic factors. In *Endokrynologia Polska*. Vol. 74, No. 6. https://doi.org/10.5603/ep.96679 [date of citation 2024-07-10].

SCHORR, M. - LAWSON, E.A. - DICHTEL, L.E. - KLIBANSKI, A. - MILLER, K.K. 2015. Cortisol Measures Across the Weight Spectrum. In *J. Clin. Endocrinol. Metab.* Vol. 100, No. 9, p. 3313-3321. https://doi.org/10.1210%2FJC.2015-2078 [date of citation 2024-08-02].

SINGH, R. - PRAKASH, M. - DUBEY, R. - ROY, K. - KOTWAL, A. - MAHEN, A. 2013. Body composition parameters as correlates of coronary artery disease. In *Indian J. Med. Res.* Vol. 138, No. 6, p. 1016-1019. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24521650 [date of citation 2024-07-01].

SUN, J. – RUAN, Y. – XU, N. – WU, P. - LIN, N. – YUAN, K. – AN, S. – KANG, P. – LI, S. – HUANG, Q. - YINGZHANG, LI, Y. – SU, J. – MA, W. – CHEN, B. – ZHANG, X. – CHEN, X. – LIANG, Y. – LU, Z. – DENG, G. – ZHANG, Z. – WANG, Y. – WEN, W. – ZHANG, H. – CHEN, H. 2023. The effect of dietary carbohydrate and calorie restriction on weight and metabolic health in overweight/obese individuals: a multi-center randomized controlled trial. In *BMC Med*. Vol. 21, No. 1, p. 192. https://doi.org/10.1186%2Fs12916-023-02869-9 [date of citation 2024-07-20].

WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2010. Obesity and Overweight. Available online: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight [date of citation 2024-07-24].

Contact: Ing. Zuzana Kňažická, Ph.D. (VKS IIa), Institute of Nutrition and Genomics, Faculty of Agrobiology and Food Resources, Slovak University of Agriculture in Nitra, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovak Republic, zuzana.knazicka@uniag.sk

NIE JE CHUDNUTIE AKO CHUDNUTIE
Weight loss is not just about the weight loss

Radek LÁTAL, Marta HABÁNOVÁ
Ústav výživy a genomiky, FAPZ, SPU, Slovensko

1 Úvod

V roku 2019 bolo na Slovensku 58,7 % ľudí klasifikovaných ako trpiacich nadhmotnosťou alebo obezitou, výrazný nárast proti predchádzajúcim dekádam (Eurostat 2022). Nadhmotnosť a obezita sú rizikovými faktormi pre závažné ochorenia, vrátane kardiovaskulárnych ochorení, *diabetes mellitus* II. typu a niektoré druhy rakoviny. Riziko predstavujú aj pre infekčné ochorenia, vrátane ochorenia COVID-19, kde zvyšujú výskyt závažného priebehu (Kwok et al. 2020; Powell-Wiley et al. 2021; Vucenik a Stains 2012).

Hlavnou príčinou rastúceho výskytu nadhmotnosti a obezity je vyššia dostupnosť energeticky bohatých, nutrične chudobných potravín (Bleich et al. 2008; Greger 2019). Tieto potraviny sú energeticky bohaté a chuťovo stimulujúce, majú však veľmi nízky prirodzený obsah vitamínov, minerálnych látok, vlákniny, antioxidantov a ďalších protektívnych fytonutrientov, potrebných pre optimálne zdravie a prevenciu ochorení.

Energetický deficit je nevyhnutným predpokladom pre redukciu telesnej hmotnosti. Dosiahnutie energetického deficitu prostým znížením príjmu potravín však môže viesť k prehĺbeniu existujúcich a vzniku nových deficitov vitamínov a minerálnych látok (G Engel et al. 2018; Damms-Machado et al. 2012). Znížený príjem antioxidantov, vlákniny a ďalších protektívnych fytonutrientov môže negatívne vplývať na zdravie ciev, hladinu cholesterolu a riziko rakoviny a tým obmedziť pozitívny účinok redukcie hmotnosti na zdravie (Soliman 2019; Jang a Lee 2023; Ranjan et al. 2019).

Efektívnejší prístup k riešeniu nadhmotnosti a obezity predstavuje zameranie na nahradenie energeticky bohatých, nutrične chudobných potravín za potraviny s prirodzene nízkym obsahom energie a vysokým obsahom zdraviu prospešných látok. Tieto princípy využíva spôsob stravovania nazývaný Whole Food Plant-based, ktorý opakovane demonštroval vysokú účinnosť pri riešení nadhmotnosti a obezity (Greger 2020).

Základom tejto stravy sú zelenina, ovocie, strukoviny, celozrnné obilniny a v malom množstve orechy a semená. Zelenina a ovocie majú vysoký obsah vody a vďaka tomu nízku energetickú hustotu. Obsahujú tiež vlákninu, polyfenoly, karotenoidy, chlorofily a ďalšie zdraviu prospešné látky. Strukoviny a celozrnné obilniny majú stále relatívne nízku energetickú hustotu a sú zdrojmi vlákniny, železa, zinku, bielkovín a napríklad niektorých vitamínov skupiny B, vrátane folátu. (Greger 2020).

Špecifická pozornosť je venovaná na tuk bohatým potravinám, ktoré majú inherentne vyšší obsah energie. Rafinované rastlinné a živočíšne tuky a oleje sú energeticky najbohatšie potraviny a pritom obsahujú len veľmi málo vitamínov, minerálnych látok, vlákniny, antioxidantov a protektívnych fytonutrientov. Z týchto príčin sú vhodnejšou voľbou pre maximalizovanie úžitku z prijatej energie orechy a semená. Tie obsahujú esenciálne mastné kyseliny, vlákninu a tiež niektoré vitamíny a minerálne látky. Počas chudnutia navyše dochádza k odbúravaniu tukových zásob ktoré sú zdrojmi niektorých nutrientov, špecificky v tuku rozpustných vitamínov A, D, E a K a omega 3 a 6 mastných kyselín (Simonsen et al. 1998; Landrier et al. 2012).

2 Materiál a metódy

Ukážkový jedálniček programu založeného na princípoch Whole Food Plant-based Diet (PB Program) v Tab 1 bol analyzovaný s pomocou programu Cronometer. Jedálniček obsahoval tri jedlá v celkovej hmotnosti 1535 g (každé jedlo 500 – 515 g), odporúčaný pitný režim a predpísanú suplementáciu jódu a vitamínov B12 a D. Ako optimálne zdroje tuku boli

zahrnuté ľanové a slnečnicové semienka a para orechy. Pre analýzu boli použité hodnoty z databáz USDA (Americké ministerstvo pôdohospodárstva) a NCCDB (Minnesotská Univerzita). Dosiahnuté hodnoty boli porovnané s Odporúčanými dávkami pre obyvateľstvo v Slovenskej republike (9. Revízia) pre pracujúce ženy 35 - 62 rokov (stredná práca).

3 Výsledky a diskusia

Ukážkový jedálniček v troch denných jedlách obsahoval celkovo 5418 kJ, 46 g vlákniny a 76 g bielkovín. Napriek nízkemu obsahu energie jedálniček dosiahol alebo prekonal odporúčané výživové dávky všetkých vitamínov, minerálnych látok a esenciálnych mastných kyselín, s výnimkou vitamínov B12 a D a jódu, ktoré pokrývala odporúčaná suplementácia. Podrobné výsledky sú uvedené v Fig 1. Nízka energetická hustota len 352 kJ na 100 g jedla umožňuje prirodzene dosiahnuť pocit nasýtenia naplnením a roztiahnutím žalúdka a dosiahnuť tak negatívnu energetickú bilanciu bez pocitu hladu a pri stravovaní *ad libitum*.

S využitím potravín s prirodzene nízkou energetickou hustotou a adekvátnou suplementáciou je možné dosiahnuť redukciu telesnej hmotnosti aj bez hladovania a pritom získať dostatok všetkých esenciálnych živín. Tento prístup navyše zvyšuje príjem vlákniny, antioxidantov a ďalších protektívnych fytonutrientov, ktoré ešte prispejú k pozitívnemu účinku redukcie telesnej hmotnosti na riziko kardiovaskulárnych ochorení, *diabetes mellitus* II. Typu a rakoviny.

Tabuľka 1 Ukážkový jednodňový jedálniček podľa zásad Whole Food Plant-based Diet / Single day meal plan according to the Whole Food Plant-based Diet

Chod	**Názov**	**Ingrediencie**
Raňajky	**Ovsená kaša s kakaom**	Pomaranč 240 g, jahody 100 g, datle 20 g, hrubé ovsené vločky 44 g, kakao
Obed	**Cestoviny s paradajkovou omáčkou**	Paradajky 100 g, brokolica 100 g, mrkva 70 g, cibuľa 30 g, strukovinové cestoviny 57 g, paradajkový pretlak 2 PL, sójová omáčka 1 PL, lahôdkové droždie 1 PL, sušený cesnak, sušená bazalka, oregano, čerstvá bazalka
Večera	**Tofu šalát s čerstvým špenátom a mandarínkou**	Špenát 120 g, paradajky 100 g, žltá paprika 30 g, mandarínka 90 g, marinované tofu 160 g, ryžový ocot 1 PL, lahôdkové droždie 1 PL, černuška siata, kayenské korenie, sušený cesnak
Pitný režim	Zelený čaj 3 šálky doobeda, voda podľa potreby	
Suplementácia	Vitamín B12, vitamín D, jód	

Kľúčové slová: chudnutie, nutričné deficity, whole food plant-based, pb-program

General		
Energy	1295.1 kcal	66%

Carbohydrates		
Carbs	187.3 g	144%
Fiber	46.6 g	186%
Starch	57.1 g	N/T
Sugars	68.8 g	N/T
Net Carbs	138.8 g	107%

Lipids		
Fat	38.2 g	n/a
Monounsaturated	9.8 g	N/T
Polyunsaturated	18.2 g	N/T
Omega-3	4.7 g	427%
Omega-6	12.8 g	107%
Saturated	5.5 g	n/a
Trans-Fats	0.0 g	n/a
Cholesterol	0.0 mg	N/T
Phytosterol	32.5 mg	N/T

Protein		
Protein	76.7 g	128%
Cystine	0.9 g	105%
Histidine	1.7 g	139%
Isoleucine	3.0 g	183%
Leucine	4.8 g	134%
Lysine	3.7 g	113%
Methionine	0.9 g	114%
Phenylalanine	3.2 g	226%
Threonine	2.7 g	157%
Tryptophan	0.8 g	194%
Tyrosine	2.2 g	154%
Valine	3.3 g	164%

Vitamins		
B1 (Thiamine)	1.9 mg	154%
B2 (Riboflavin)	1.5 mg	106%
B3 (Niacin)	17.7 mg	118%
B5 (Pantothenic Acid)	7.7 mg	128%
B6 (Pyridoxine)	4.0 mg	287%
B12 (Cobalamin)	0.0 µg	0%
Folate	733.2 µg	222%
Vitamin C	400.4 mg	400%
Vitamin D	0.0 IU	0%
Vitamin E	15.5 mg	104%
Vitamin K	797.0 µg	1226%

Minerals		
Calcium	1008.9 mg	101%
Copper	2.9 mg	182%
Iodine	9.5 µg	6%
Iron	24.3 mg	152%
Magnesium	571.3 mg	190%
Manganese	9.2 mg	306%
Phosphorus	1319.0 mg	188%
Potassium	4616.5 mg	132%
Selenium	155.7 µg	222%
Zinc	13.0 mg	144%

N/T = No Target

Obrázok 1 Hodnoty príjmu živín z jedálnička / Nutrient intake from the meal plan

Použitá literatúra

DAMMS-MACHADO, Antje, Gesine WESER a Stephan C BISCHOFF, 2012. Micronutrient deficiency in obese subjects undergoing low calorie diet. Nutrition journal [online]. 2012, roč. 11, s. 34. ISSN 1475-2891. Dostupné na: doi:10.1186/1475-2891-11-34

EUROSTAT, 2022. Obesity rate by body mass index [online]. [cit. 1.5.2023]. Dostupné na: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_02_10/default/table?lang=en

G ENGEL, Matthew, Hua J KERN, J Thomas BRENNA a Susan H MITMESSER, 2018. Micronutrient Gaps in Three Commercial Weight-Loss Diet Plans. Nutrients [online]. 2018, roč. 10, č. 1. ISSN 2072-6643. Dostupné na: doi:10.3390/nu10010108

GREGER, Michael, 2019. How Not to Diet: The Groundbreaking Science of Healthy, Permanent Weight Loss. London: Bluebird. ISBN 978-1-50989306-5.

GREGER, Michael, 2020. A Whole Food Plant-Based Diet Is Effective for Weight Loss: The Evidence. American Journal of Lifestyle Medicine [online]. 2020, roč. 14, č. 5, s. 500 [cit. 9.5.2023]. ISSN 15598284. Dostupné na: doi:10.1177/1559827620912400

JANG, Ji-Hoon a Tae-Jin LEE, 2023. Mechanisms of Phytochemicals in Anti-Inflammatory and Anti-Cancer. International journal of molecular sciences [online]. 2023, roč. 24, č. 9. ISSN 1422-0067. Dostupné na: doi:10.3390/ijms24097863

KWOK, See, Safwaan ADAM, Jan Hoong HO, Zohaib IQBAL, Peter TURKINGTON, Salman RAZVI, Carel W LE ROUX, Handrean SORAN a Akheel A SYED, 2020. Obesity: A critical risk factor in the COVID-19 pandemic. Clinical obesity [online]. 2020, roč. 10, č. 6. ISSN 1758-8111. Dostupné na: doi:10.1111/cob.12403

LANDRIER, Jean-François, Julie MARCOTORCHINO a Franck TOURNIAIRE, 2012. Lipophilic micronutrients and adipose tissue biology. Nutrients [online]. 2012, roč. 4, č. 11, s. 1622–49. ISSN 2072-6643. Dostupné na: doi:10.3390/nu4111622

POWELL-WILEY, Tiffany M., Paul POIRIER, Lora E. BURKE, Jean Pierre DESPRÉS, Penny GORDON-LARSEN, Carl J. LAVIE, Scott A. LEAR, Chiadi E. NDUMELE, Ian J. NEELAND, Prashanthan SANDERS a Marie Pierre ST-ONGE, 2021. Obesity and Cardiovascular Disease: A Scientific Statement From the American Heart Association. Circulation [online]. 2021, roč. 143, č. 21, s. e984 [cit. 2.5.2023]. ISSN 15244539. Dostupné na: doi:10.1161/CIR.0000000000000973

RANJAN, Alok, Sharavan RAMACHANDRAN, Nehal GUPTA, Itishree KAUSHIK, Stephen WRIGHT, Suyash SRIVASTAVA, Hiranmoy DAS, Sangeeta SRIVASTAVA, Sahdeo PRASAD a Sanjay K SRIVASTAVA, 2019. Role of Phytochemicals in Cancer Prevention. International journal of molecular sciences [online]. 2019, roč. 20, č. 20. ISSN 1422-0067. Dostupné na: doi:10.3390/ijms20204981

SIMONSEN, N., P. v. VEER, J. J. STRAIN, J. M. MARTIN-MORENO, J. K. HUTTUNEN, J. F. n.-C. NAVAJAS, B. C. MARTIN, M. THAMM, A. F. M. KARDINAAL, F. J. KOK a L. KOHLMEIER, 1998. Adipose Tissue Omega-3 and Omega-6 Fatty Acid Content and Breast Cancer in the EURAMIC Study. American Journal of Epidemiology [online]. 1998, roč. 147, č. 4, s. 342–352. ISSN 0002-9262. Dostupné na: doi:10.1093/oxfordjournals.aje.a009456

SOLIMAN, Ghada A, 2019. Dietary Fiber, Atherosclerosis, and Cardiovascular Disease. Nutrients [online]. 2019, roč. 11, č. 5. ISSN 2072-6643. Dostupné na: doi:10.3390/nu11051155

VUCENIK, Ivana a Joseph P. STAINS, 2012. Obesity and cancer risk: evidence, mechanisms, and recommendations. Annals of the New York Academy of Sciences [online]. 2012, roč. 1271, č. 1, s. 37 [cit. 4.5.2023]. ISSN 17496632. Dostupné na: doi:10.1111/J.1749-6632.2012.06750.X

VYUŽÍVANIE MODERNÝCH TECHNOLÓGIÍ V REPORODUKCII DOJNÍC
Aplication of modern technologies in dairy cow reproduction

Gabriel LESANSKÝ
Poľnohospodárske družstvo Radošovce, Slovenská republika

So zvyšujúcim sa nárokom na produkciu dojníc je samozrejme vyšší tlak aj na reprodukciu. Vo veľa chovoch je reprodukcia sledovaná aj ako jeden z ekonomických ukazovateľov. Dnešné moderné techologie či už softwarové vybavenie ale aj samotné technologie na vyhľadavanie ruje začínajú byť nevyhnutnou súčasťou v chove dojníc. V nasledujúcom texte sa budem venovať predovšetkým sledovaným parametrom a aj samotným výsledkom z konkrétnych fariem. Cieľom textu nie je podať len teoretické znalosti ale skôr ich využitie v praxi.

Kľúčové slová: reprodukcia dojníc, ruja, respondér

1 Úvod a prehľad literatúry

1.1 Zadefinovanie pojmov v reprodukcii

Ako prvé si je zadefinujeme niekoľko pojmov v oblasti reprodukcii. Vzhľadom na stále zvyšujúce sa nároky na produkciu sú samozrejme zvýšené nároky aj na reprodukčné ukazovatele a treba si povedať, že pôvodné ukazovatele ako medziobdobie, inseminačný interval, inseminačný index a ďalšie staršie ukazovatele nám nie úplné presne vyjadrujú stav reprodukcie. Čo je dôležitejšie neukazujú nám momentálny stav ale skôr históriu.

Preto by som začal práve tu. Reprodukcia sa dnes sleduje na moderných farmách na týždennej báze čo je samozrejme oveľa častejšie ako nám chodia výsledky z PLISu (od plemenárskych služieb) a tým sa dostávame k prvej a za mňa asi aj najdôležitejšej modernej technológii. A tým samozrejme nie je nič iné ako manažérske programy na stádo. Je ich k dispozícii niekoľko medzi tie najviac rozvinuté u nás považujem UniformAgri (herdmetrix) a na niekoľkých veľkých farmách sa používa aj DairyComp. Tieto programy slúžia nielen na registráciu zvierat ale aj na výpočty reprodukčných ukazovateľov, záznam zdravotného stavu, hormonálne systémy, záznam mliekovej úžitkovosti, prírastky, kondície…a dalo by sa povedať že do týchto programov môžeme zaznamenať úplne všetko v živote zvieraťa na farme. Programy nám dajú samozrejme len také výstupy ako veľmi im my ako chovatelia správne zapíšeme.

Začneme teda pri prvom parametre. Úspešnosť inseminácie (conception rate) vyjadruje aká je úspešnosť inseminácie za dané obdobie v jednoduchosti koľko z pripustených dojníc zostalo teľných v percentách.

Na to nadväzuje ďalší veľmi zaujímavý parameter úspešnosť vyhľadávania ruje a následná inseminácia(insemination rate-IR) vyjadruje percento pripustených zvierat zo všetkých možných na insemin——áciu. To znamená všetky kravy po dobrovoľnej čakacej dobe (dní laktácie od ktorých sme si určili, že chceme kravy pripúšťať) plus kravy ktoré sa prebehli (nezostali teľné po inseminácii). Tento parameter sledujeme na úrovni 21dni.

Pregnancy rate (PR) tento parameter sa ťažko prekladá do slovenčiny. Vyjadruje percento teľných kráv zo všetkých možných na pripustenie. Tak isto ako pri predošlom aj tu sa sleduje 21 dňový cyklus.

Tieto parametre spolu úzko súvisia pre moderné chovy je dnes úplne bežné sledovať tieto čísla a vedieť či nám reprodukcia ide správnym smerom poprípade nám odhalí slabé miesta a vieme zakročiť včas a problém odstrániť. V ďalšej časti sa pozrieme aj na konkrétne čísla z reálnych fariem. Bez moderných technológií ako sú tieto programy by sme neboli schopný sledovať konkrétne čísla na týždennej báze.

1.2 Stratégie reprodukcie na farme

Stratégii na riadenie reprodukcie je niekoľko a rád by som vám prezentoval tie ktoré sa ukazujú ako najefektívnejšie a najpoužívanejšie. Na začiatok je dobré si povedať, že nie každá farma má systém na detekciu ruje či už respondére ako obojky alebo pedometre na nohe dojnice. Od toho sa odvíja aj stratégia reprodukcie. Budeme sa venovať farmám ktoré toto vybavenie majú.

1.2.1 Prvá inseminácia doble ovsynch na všetkých dojniciach

Takýmto spôsobom reprodukcie zabezpečíme veľmi dobrú zabrezávku na prvej inseminácii. To ja najväčšia výhoda samozrejme je relatívne náročný na pracú s aplikáciou hormónov. Celý systém trvá 28 dni a počas toho sa aplikuje 7 krát hormonálna liečba. Farmy ale to už dneska majú zorganizované dobre a je to rutinná záležitosť. Ďalšie inseminácie sa vykonávajú buď pomocou respondérov alebo sa zviera dostane do ďalšieho hormonálneho systému a po negatívnom vyšetrení teľnosti sa znova pripustí.

1.2.2 Využívanie respondérov na prvej inseminácii,

tu si treba samozrejme povedať zvieraťu treba dať čas aby sa mohla ruja prejaviť takže prvá inseminácia nie je časovaná ale musí byť ohraničená dobrovoľnou čakacou dobou. Samozrejmosťou je, že nie všetky zvieratá sa podaria za inseminovať v takomto prípade zviera idem do kratšieho hormonálneho programu ovsynch ktorý trvá 11 dní a aplikujú sa 4 krát hormóny. Všetky prebehnuté kravy pokračujú v podobnom režime ako v predošlom systéme. Výhoda je menšia časová náročnosť. Samozrejme treba počítať s nižšou úspešnosťou inseminácie na prvej inseminácii.

1.2.3 Všetky inseminácie cez riadený systém hormónov

či už doble ovsynch alebo ovsych. Výhodou je pripúšťanie len jeden deň v týždni. V tomto systéme nám vyhľadávanie ruje pomocou respondérov nijako nepomáha s reprodukciou.

Samozrejme systémy sa dajú kombinovať napríklad používať doble ovsynch len na problémových zvieratách (staršie kravy ako 1. laktácia). No využívanie vyhľadávanie ruje pomocou respondérov je dnes veľmi populárne aj vzhľadom na ekonomické ale veterinárne opatrenia.

1.3 Technologické riešenia vyhľadávania ruje

Technologické riešenie systémov na vyhľadávanie ruje sú dnes už rôzne. Predovšetkým ide o to ako daný responder, pedometer alebo aj inteligentná náušnica komunikuje s anténou ktorá predáva informácie chovateľovi. Staršie systémy predávali informácie iba pri prechode cez dojáreň 2 alebo 3 krát denne. Samozrejme sa mohlo stať že nám žiadna krava “ušla” zo systému alebo sme jej ruju zachytili neskoro. Dnes väčšina systémov funguje na odosielaní v priamom čase do antény v maštali kde sa zviera nachádza. Chovateľ tak presne vie čo presne krava v daný moment robí a či je alebo nie je vhodný čas na inseminániu.

Výrobcov respondérov je dneska mnoho väčšina obojkových respondérov sníma nielen ruju ale aj prežúvanie žranie celkovú aktivitu mlieko na dojárni aj zdravotný stav. Čo chovateľovi dáva značnú výhodu v chove. Pedometre na nohách sú tiež dobrou alternatívou. Inteligentné náušnice dokážu snímať aj teplotu zvieraťa. Všetky spomínané systémy pomáhajú chovateľovi dosahovať lepšie výsledky v reprodukcii ale aj v zdravotnom stave stáda.

2 Výsledky z konkrétnych fariem

V tejto časti by som sa rád venoval konkrétnym výsledkom z fariem. Vybral som dve s rozličným systémom. Na prvej Farme (PD Žlkovce) využívajú systém doble ovsynch. Na druhej farme (PD Radošovce) kde pracujem ako hlavný zootechnik využívame respondéri aj na prvú inseminániu. Prezrieme si viaceré výsledky aj reprodukčné ukazovatele z farmy. Cieľom tohto bloku je ukázať ako systém funguje ako funguje vyhľadávanie ruje pomocou systému aj konkrétne výsledky.

Dáta sú aktuálne od 1.1.2024 do 19.8.2024, v prvej dvojici obrázkov môžeme vidieť obrázok č.1. PD Žlkovce, obrazok č.2. PD Radošovce - tu sledujeme IR a PR.

Na obrázkoch č.3 PD Žlkovce a č.4. PD Radošovce zase vidíme vysledky uspešnosti inseminácie na daných systémoch. Systém detekcie ruje nám ukazuje uspešnosť inseminácií pomocou respodérov. A hormonálne systémy sú zase oddelené podľa názvu.

3 Záver

Na základe vlastných skúseností s niekoľkými systémami či už s rôznymi softwarovými alebo aj samotnými respondérmi som presvedčený o tom, že využívaním moderných technológií v živočíšnej výrobe sme schopný dosiahnuť veľmi dobré ukazovatele v reprodukcii a s tým ruka v ruke aj s mliečnou úžitkovosťou. Nie len naša mladšia generácia by dnes podľa mňa mala ešte zabrať a byť progresívnejší vo využívaní nových technológií. Možno to bude aj vízia prečo v poľnohospodárstve zotrvať alebo začať pracovať. Samozrejme všetko je to otázkou investície ale ja dúfam, že sa veľa fariem so schopnými mladými ľuďmi nebude báť nových projektov.

Úspešnosť inseminácie, Úspešnosť zabreznutia | Úspešnosť zabreznutia | Vysvetlenie | Štádium gravidity

Týždeň 01-34 (01.01.24 - 19.08.24) Prehľad

	Insemination Rate (IR)			Pregnancy Rate (PR)				Zmetala	
Dátum kalendára	Vhodné	Inseminovaná	(IR) %	Vhodné	Teľná	(PR) %	95%	Počet	%
Wk 32-34	29	23	79,3	29	0	0,0		0	
Wk 29-31	56	46	82,1	56	2	8,7	2-16	0	0
Wk 26-28	60	37	61,7	60	13	21,7	12-32	0	0
Wk 23-25	45	32	71,1	44	14	31,8	18-46	1	7
Wk 20-22	52	41	78,8	51	23	45,1	31-59	2	9
Wk 17-19	47	32	68,1	47	16	34,0	20-48	0	0
Wk 14-16	57	50	87,7	57	30	52,6	40-66	4	13
Wk 11-13	51	36	70,6	51	22	44,0	30-58	2	9
Wk 08-10	39	30	76,9	39	16	41,0	26-56	1	6
Wk 05-07	43	30	69,8	43	16	37,2	23-51	0	0
Wk 02-04	55	36	65,5	55	23	42,6	30-56	1	4
Wk 01-01	18	7	38,9	18	1	5,6	0-17	0	0

OBRÁZOK č.1.

Úspešnosť inseminácie, Úspešnosť zabreznutia | Úspešnosť zabreznutia | Vysvetlenie | Štádium gravidity

Týždeň 01-34 (1.1.2024 - 19.8.2024) Prehľad

	Insemination Rate (IR)			Pregnancy Rate (PR)				Zmetala	
Dátum kalendára	Vhodné	Inseminovaná	(IR) %	Vhodné	Teľná	(PR) %	95%	Počet	%
Wk 32-34	48	30	62,5	48	0	0,0		0	
Wk 29-31	78	53	68,0	77	5	12,5	5-21	0	0
Wk 26-28	63	46	73,0	61	12	19,7	10-30	0	0
Wk 23-25	60	50	83,3	60	16	27,1	16-38	1	6
Wk 20-22	63	48	76,2	61	21	34,4	22-46	0	0
Wk 17-19	68	52	76,5	68	23	34,3	23-45	0	0
Wk 14-16	74	66	89,2	72	32	45,1	34-56	1	3
Wk 11-13	79	60	76,0	79	27	34,2	24-44	2	7
Wk 08-10	87	68	78,2	87	32	36,8	27-47	0	0
Wk 05-07	87	65	74,7	86	31	36,0	26-46	1	3
Wk 02-04	74	56	75,7	73	20	27,4	17-37	0	0
Wk 01-01	33	26	78,8	33	14	42,4	25-59	1	7

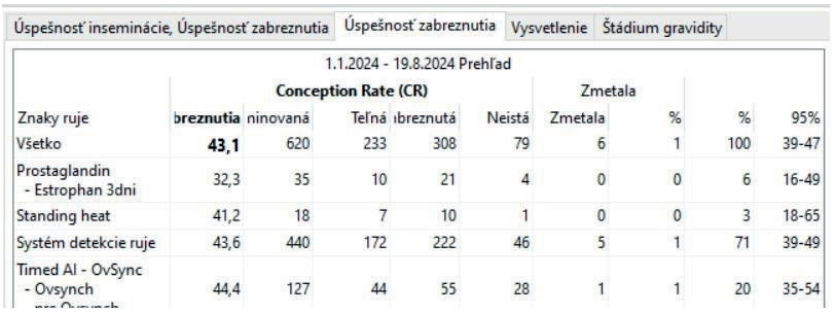
OBRÁZOK č.2.

Úspešnosť inseminácie, Úspešnosť zabreznutia | Úspešnosť zabreznutia | Vysvetlenie | Štádium gravidity

01.01.24 - 19.08.24 Prehľad

	Conception Rate (CR)					Zmetala			
Znaky ruje	´zabreznutia	nseminovaná	Teľná	Nezabreznutá	Neistá	Zmetala	%	%	95%
Všetko	**51,8**	400	176	164	60	11	3	100	46-57
Neznámy údaj	63,3	33	19	11	3	1	3	8	46-81
ReSynch - Resynch	100,0	1	1	0	0	0	0	0	100-100
Systém detekcie ruje	57,8	53	26	19	8	1	2	13	43-72
Timed AI - Double OvSync	52,3	201	92	84	25	4	2	50	45-60
Timed AI - OvSync	43,2	112	38	50	24	5	4	28	33-54

OBRÁZOK č.3.



Úspešnosť inseminácie, Úspešnosť zabreznutia | Úspešnosť zabreznutia | Vysvetlenie | Štádium gravidity

1.1.2024 - 19.8.2024 Prehľad

	Conception Rate (CR)					Zmetala			
Znaky ruje	breznutia	ninovaná	Teľná	ibreznutá	Neistá	Zmetala	%	%	95%
Všetko	**43,1**	620	233	308	79	6	1	100	39-47
Prostaglandin - Estrophan 3dni	32,3	35	10	21	4	0	0	6	16-49
Standing heat	41,2	18	7	10	1	0	0	3	18-65
Systém detekcie ruje	43,6	440	172	222	46	5	1	71	39-49
Timed AI - OvSync - Ovsynch	44,4	127	44	55	28	1	1	20	35-54

OBRÁZOK č.4.

Poďakovanie

Chcel by som sa poďakovať Poľnohospodárskemu družstvu Radošovce a Poľnohspodárskemu družstvu Žlkovce za dáta zo softwaru. Osobná vďaka patrí aj inžinierke Radoslave Debnárovej, vedúcej živočíšnej výroby na PD Žlkovce za poskytnutie údajov.

Kontaktné údaje: Ing. Gabriel Lesanský, Poľnohospodárske družstvo Radošovce, Radošovce 224, Radošovce, gabriel.lesansky@gmail.com

VITAMÍN B_{12} – NIELEN MARKER VÝŽIVY, ALE I MARKER PROGNÓZY ONKOLOGICKÝCH OCHORENÍ?

Vitamin B_{12} – not only a marker of nutrition but also a marker of cancer prognosis?

Daniel MAGULA, Gabriela VAVERKOVÁ, Silvia VINKLEROVÁ, Gabriela CHOWANIECOVÁ
Špecializovaná nemocnica sv. Svorada Zobor, n.o., Nitra, Slovenská republika

Autori v práci konštatujú, že kým sa sérové hladiny vitamínu B_{12} ako markera nutričného statusu očakávane pohybujú v nižšom alebo normálnom referenčnom rozmedzí, vyššie hladiny vitamínu B_{12} môžu byť spojené so zhoršenou prognózou prežívania u pacientov s onkologickými ochoreniami. Na vlastnom súbore 493 vyšetrení sérových hladín vitamínu B_{12}. autori preukázali významne vyššie hladiny B_{12} v skupine onkologických pacientov s karcinómom pľúc, ktorí počas 9-mesačného sledovania zomreli (medián 1119 pmol·L^{-1}, medzikvartilové rozmedzie IQR 511-1910 pmol·L^{-1}), voči skupine prežívajúcich onkologických pacientov (medián 543, IQR 386,75 - 1046,75 pmol·L^{-1}) ako i porovnávacím „kontrolným“ skupinám geriatrických (medián 556, IQR 377,25-895,25 pmol·L^{-1}) a diabetologických pacientov (medián 487,5, IQR 458-577 pmol·L^{-1}), u ktorých sa mediánové priemery hladín vitamínu B_{12} pohybovali v normálnom referenčnom rozsahu. Tieto zistenia autorov sú v súlade s výsledkami publikovanými v svetovej literatúre, ktoré uvádzajú úzku spojitosť vysokých hladín vitamínu B_{12} so zhoršenou prognózou prežívania onkologických pacientov.

Kľúčové slová: sérové hladiny vitamínu B_{12}; marker prognózy; onkologické choroby

1 Úvod a prehľad literatúry

V klinickej praxi sú známe stavy a ochorenia (napr. anémie, skupina vegánov, a i.), pri ktorých sa očakáva nález nižšej sérovej hladiny (deficit) vitamínu B_{12} (ďalej len B_{12}), keďže jeho zdrojom pre ľudí sú výlučne potraviny živočíšneho pôvodu (Oh a Brown, 2003, Chudej et al., 2023, Latal et al.,2023).

Prípadný nález zvýšených hladín B_{12} je skôr neočakávaným nálezom, ktorého interpretáciu bežné učebnice ani manuály neponúkajú, i keď v odbornej literatúre možno nájsť popisované zmienky o náleze vysokých hladín B_{12} už niekoľko rokov. Nález vyšších hladín B_{12} sa najčastejšie spája s prítomnosťou malígnych procesov alebo poškodeniami pečene rôznej genézy (vrátane jej malígneho postihnutia). Pribúdajú práce, ktoré práve u onkologických pacientov analyzujú súvislosti medzi zvýšením hladín B_{12} a zhoršenou prognózou prežitia (Arendt et al., 2013 a 2016, Oh et al., 2018, Lacombe et al., 2021).

Podobné súvislosti si autori všimli i na ich pracovisku a v práci predkladajú svoje prvotné skúsenosti.

2 Materiál a metódy

V období júl 2023 - marec 2024 bolo z laboratórneho informačného systému retrospektívne vyhodnotených spolu 493 vyšetrení sérových hladín B_{12}, z toho 431 u pacientov s diagnózou C34.x (karcinóm pľúc), zostávajúce vyšetrenia boli indikované u pacientov z geriatrického oddelenia a diabetologickej ambulancie. Špecifikom onkologických pacientov sú ich pravidelné a opakované ambulantné, resp. hospitalizačné epizódy (v intervaloch cca 3 týždne) za účelom podávania terapie. Prevažujúcim dôvodom indikácie vyšetrenia B_{12} onkológmi bola často sa vyskytujúca anémia pri základnom onkologickom ochorení, resp. pri podávaní liekov, ktoré „vytesňujú“ B_{12} (napr. pemetrexed). Počas celého obdobia sledovania sme u týchto pacientov evidovali i dátumy úmrtí (a verifikovali ich cez portál Úradu pre dohľad nad zdravotnou starostlivosťou). Takto vznikli pre účely analýzy hladín B_{12} dve

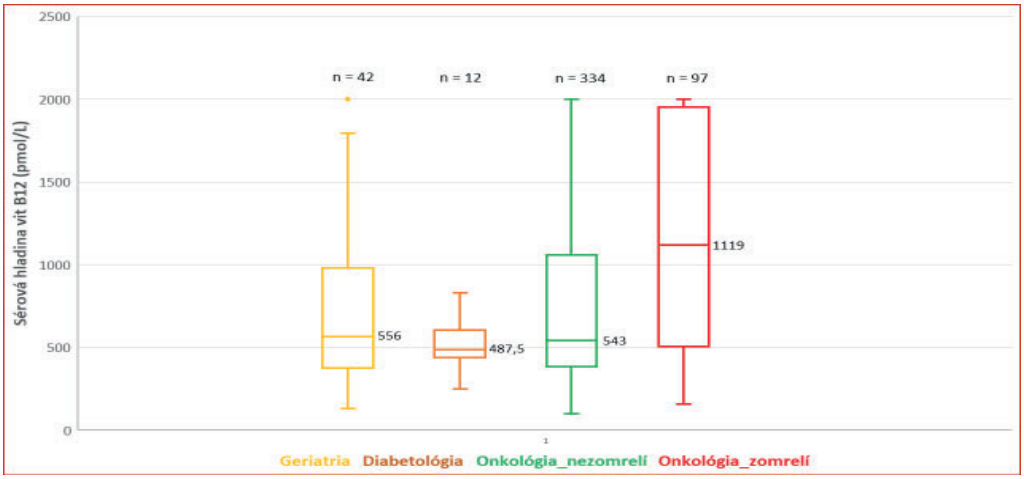
skupiny onkologických pacientov – tých, ktorí počas obdobia sledovania trvale prežívali a tých, ktorí zomreli. Pre biochemické analýzy bola využívaná diagnostická súprava Elecsys B12 II® (imunochemický analyzátor Cobas e411® Roche). Referenčný medián sérových hladín vitamínu B_{12} udávaný výrobcom je 314 pmol·L^{-1} (rozmedzie 145- 569 pmol·L^{-1} v rozsahu 2,5 - 97,5 percentila).

V sledovanom období 9 mesiacov bolo cieľom porovnať vyšetrené hladiny B_{12} u pacientov s karcinómom pľúc, ktorí v uvedenom období prežívali, s hladinami B_{12} u onkologických pacientov, ktorí v uvedenom období zomreli. Súčasne sa ako komparátor, resp. „kontrolná“ skupina, vyhodnotili výsledky vyšetrení hladín B_{12} u pacientov z geriatrického oddelenia a z diabetologickej ambulancie.

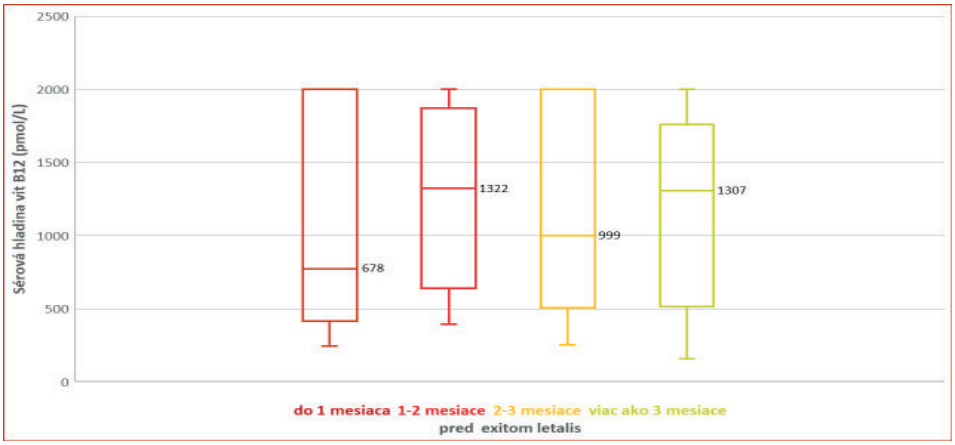
3 Výsledky a diskusia

3.1 Výsledky

Mediánový priemer hladín B_{12} z 97 vyšetrení u onkologických pacientov, u ktorých bolo k 15.3.2024 evidované úmrtie, bol 1119 pmol·L^{-1} (interkvartilové rozmedzie - IQR 511-1910 pmol·L^{-1}). Mediánový priemer hladín 334 vyšetrení B_{12} u onkologických pacientov, ktorí prežívali, bol 543 pmol·L^{-1} (IQR 386,75 - 1046,75 pmol·L^{-1}). V „kontrolných“ skupinách boli namerané nasledovné hladiny: geriatrickí pacienti (n=42) - 556 pmol·L^{-1} (IQR 377,25-895,25 pmol·L^{-1}), diabetickí pacienti (n=12) 487,5 pmol·L^{-1} (IQR 458-577 pmol·L^{-1}). Zároveň boli spätne voči dátumu úmrtia onkologických pacientov určené mediánové hodnoty (a IQR) hladín B_{12} nameraných v období do 1 mesiaca pred úmrtím 678 pmol·L^{-1}(400-2000 pmol·L^{-1}), a v obdobiach 1-2 mesiace 1322 pmol·L^{-1} (898,5-1670 pmol·L^{-1}), 2-3 mesiace 999 pmol·L^{-1} (509,5-2000 pmol·L^{-1}), viac ako 3 mesiace pred úmrtím 1307 pmol·L^{-1} (561-1690,25 pmol·L^{-1}).



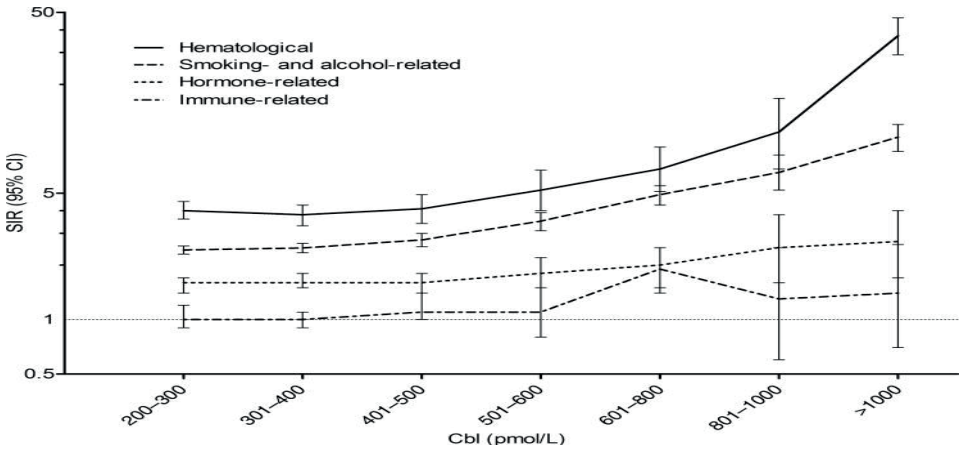
Obrázok 1 Porovnanie mediánových priemerov s interkvartilovým rozmedzím (IQR) sérových hladín B_{12} v sledovaných skupinách pacientov / Comparison of median with interquartile range (IQR) of serum B_{12} levels in the studied patient groups



Obrázok 2 Porovnanie mediánových priemerov sérových hladín s IQR B_{12} v závislosti od času pred exitom letalis / Comparison of median serum levels with IQR of B_{12} as a function of time before exitus letalis

3.2 Diskusia

Na veľkých populačných štúdiách viacerí autori preukázali, že riziko výskytu zhubných nádorov súvisí s nálezmi vysokých sérových hladín B_{12}. Ako príklad možno demonštrovať dáta z dánskeho medicínskeho registra – porovnávajúce plazmatické hladiny vit B_{12} a jednoročné riziko výskytu rôznych typov zhubných nádorov, vrátane tých, ktoré sú vo vzťahu k fajčeniu resp. príjmu alkoholu, obr 3 (Arendt et al., 2013). K fajčeniu ako rizikovému faktoru možno dať do vzťahu aj karcinómy pľúc, ktoré boli aj predmetom sledovania v našej štúdii. Aj výsledky našej štúdie preukázali výskyt vysokých hladín B_{12} v skupine onkologických pacientov, u ktorých bolo evidované úmrtie, kým hladiny B_{12} v „kontrolných“ skupinách sa pohybovali v normálnom referenčnom rozmedzí.



Obrázok 3 Jednoročné riziko výskytu rôznych skupín zhubných nádorov vo vzťahu k plazmatickým hladinám B_{12}. SIR - 1-ročný štandardizovaný pomer výskytu rakoviny (nádory vo vzťahu k fajčeniu a abúzu alkoholu – prerušovaná čiara, vodorovná línia zodpovedá SIR = 1 / One-year risk of different groups of malignancies in relation to plasma B_{12} levels. SIR - 1-year standardized incidence ratio for cancer (cancers in relation to smoking and alcohol abuse - dashed line, horizontal line shows SIR = 1), (Arendt et. al., 2013).

4 Záver

Na malom pilotnom súbore dát vyšetrení B_{12} sme preukázali významne vyššie hladiny B_{12} u onkologických pacientov, u ktorých boli v priebehu 9-mesačného sledovania zaznamenané úmrtia, voči nameraným hladinám B_{12} u prežívajúcich onkologických pacientov. V poslednej uvedenej skupine onkologických pacientov neboli zaznamenané významné rozdiely v mediánových priemeroch hladín B_{12} voči „kontrolným" skupinám geriatrických či diabetologických pacientov. Nami získané výsledky sú v súlade so závermi publikovaných prác v svetovom písomníctve, ktoré naznačujú, že nálezy zvýšených hladín vitamínu B_{12} môžu mať vzťah k zhoršeniu prognózy quoad vitam u onkologických pacientov.

Použitá literatúra

ARENDT, J.F. - PEDERSEN, L. - NEXO, E. - SØRENSEN, H.T. 2013. Elevated plasma vitamin B12 levels as a marker for cancer: a population-based cohort study. In *J Natl Cancer Inst*., Dec 4; Vol.105, No. 23, s.1799-805. Dostupné na: https:// doi: 10.1093/jnci/djt315, Epub 2013 Nov 18 [cit. 2024-08-09]

ARENDT, J.F.H. - FARKAS, D.K. - PEDERSEN, L.- NEXO, E. - SØRENSEN, H.T. 2016. Elevated plasma vitamin B12 levels and cancer prognosis: A population-based study. In *Cancer Epidemiology*, Vol. 40, s.158-165. Dostupné na:https://dx.doi.org/10.1016/j.canep.2015.12.007 [cit. 2024-08-09]

CHUDEJ, J. – SOKOL, J., HRNČÁR, M. – NEHAJ, F. – LINEKOVÁ, Ľ. – PÉČOVÁ, M.- STAŠKO, J. 2023. Deficit vitamínu B12 – príčiny, možnosti liečby, bezpečnosť u onkologických pacientov. In *Súč Klin Pr*, Vol. 20, No. 1, s. 5-12.

LACOMBE, V.- CHABRUN, F.- LACOUT, C.- GHALI, A. – CAPITAIN, O. – PATSOURIS, A. – LAVIGNE, CH.- URBANSKI, G. 2021. Persistent elevation of plasma vitamin B12 is strongly associated with solid cancer. In *Scientific Reports,* Vol.11, 3361. Dostupné na: https://doi.org/10.1038/s41598-021-92945-y [cit. 2024-08-09]

LATAL, R.- HABANOVA, M. – SELINGER, E. – BIHARI, M. – HAMULKA, J. 2023. Cross sectional study of vitamin B_{12} supplementation in Slovak and Czech vegans. In *Rocz Panstw Zakl Hig*. Vol. 74, No.2, s.195-205. Dostupné na: https://doi.org/10.32394/rpzh.2023.0259 [cit. 2024-08-09]

OH, H.K. - LEE, J.Y.- EO, W.K. - YOON, S.W. - HAN, S.N. 2018. Elevated Serum Vitamin B_{12} Levels as a Prognostic Factor for Survival Time in Metastatic Cancer Patients: A Retrospective Study. In *Nutrition and Cancer*, Vol. 70, No.1, s. 37-44. Dostupné na: https://doi:10.1080/01635581.2018.1397711 [cit. 2024-08-09]

OH, R.C. – BROWN, D.L. 2003. Vitamin B12 Deficiency. In *Am Fam Physician*; Vol. 67, No.5, s.979-86, 993-4.

Kontaktné údaje: MUDr. Daniel Magula, CSc., Špecializovaná nemocnica sv. Svorada Zobor, n.o., Kláštorská 134, 949 88 Nitra, e-mail: magula@snzobor.sk

VYUŽITIE SMART TECHNOLÓGIÍ V CHOVE HOVÄDZIEHO DOBYTKA
Utilization of smart technologies in cattle farming

Mária MIČIAKOVÁ, Peter STRAPÁK, Martina PŠENKOVÁ, Martin JANÍČEK
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

V oblasti moderného chovu dobytka sú nové trendy zložito prepojené s neustálym pokrokom v technológii. Inovácie, ako je presné poľnohospodárstvo, inteligentné systémy riadenia hospodárskych zvierat a nástroje na rozhodovanie založené na zozbieraní údajov, menia spôsob, akým fungujú farmy chovu dobytka. Tieto Smart technológie nielen zvyšujú produktivitu, ale tiež podporujú dobré životné podmienky zvierat prostredníctvom hodnotenia zdravotného stavu a monitorovania správania v reálnom čase.Precízny chov hospodárskych zvierat, známy aj ako presné poľnohospodárstvo, využíva špecializované technológie na optimalizáciu riadenia chovu dobytka. Tento prístup sa zameriava na presné monitorovanie a riadenie poľnohospodárskych procesov s cieľom zvýšiť produktivitu a efektivitu. Technológie ako automatizované systémy na monitorovanie zdravia, GPS sledovanie a pokročilé senzory hrajú kľúčovú úlohu pri dosahovaní týchto cieľov. Integráciou údajov v reálnom čase s poznatkami Smart technológie umožňujú lepšie manažérske rozhodovanie a zlepšujú celkovú výkonnosť farmy.Táto neustála technologická evolúcia otvára cestu k udržateľnejším a efektívnejším praktikám chovu dobytka, zabezpečujúc maximálnu produktivitu aj pohodu zvierat.

Kľúčové slová: hovädzí dobytok, Smart technológie, monitorovanie, automatizované systémy

1 Precízne poľnohospodárstvo v chove hovädzieho dobytka

Precízny chov hospodárskych zvierat (Precision Livestock Farming - PLF) popisuje kombinované použitie technológie senzorov, súvisiacich algoritmov, prepojení a aplikácií v chove zvierat. Senzor sa bežne definuje ako zariadenie, ktoré sa používa na zaznamenanie údajov a ich zmien. Algoritmus je definovaný ako súbor matematických inštrukcií alebo pravidiel, ktoré dávajú odpoveď na požiadavku. Aplikácie sú počítačové systémy nainštalované na farme. Dáta pochádzajúce z rôznych zdrojov vyžaduje prepojenia. Tie spájajú elektronické údaje špecifické pre farmu (napr. dátumy inseminácie) s externými údajmi (napr. údaje o zaznamenávaní mlieka) a údajmi zo senzorov, ktoré môžu pochádzať od rôznych výrobcov (Kleen a Guatteo, 2023).

Precízne poľnohospodárstvo a Smart technológia sú dva pojmy, ktoré sa často používajú v kontexte moderného poľnohospodárstva, ale majú svoje špecifické rozdiely.

Precízne poľnohospodárstvo je poľnohospodársky prístup, ktorý využíva technológie a údaje na optimalizáciu pestovania plodín a chovu zvierat. Cieľom je zvýšiť produktivitu, znížiť náklady a minimalizovať environmentálny dopad (Wathes et al., 2008).

2 Materiál a metódy

2.1 Smart technológie v chove hovädzieho dobytka

Smart technológia (angl. Smart Technology) sa týka širokého spektra technológií, ktoré používajú senzory, „Internet of Things“ (IoT), umelú inteligenciu (AI) a ďalšie pokročilé technológie na automatizáciu a optimalizáciu rôznych procesov. V poľnohospodárstve sa tieto technológie zameriavajú na zvýšenie efektivity a produktivity prostredníctvom automatizácie a inteligentného riadenia (Oosting et al., 2014).

Rozdiel medzi mart technológiami a presným poľnohospodárstvom v chove hovädzieho dobytka spočíva v ich zameraní a konkrétnych aplikáciách. Smart technológie sú širším

pojmom zahŕňajúcim rôzne pokročilé technológie, zatiaľ čo presné poľnohospodárstvo sa špecificky zameriava na optimalizáciu poľnohospodárskych procesov. V chove hovädzieho dobytka môžu obe technológie prispieť k zlepšeniu efektivity, ale s rôznymi prístupmi a aplikáciami (Ratnaparkhi et al., 2020).

3 Výsledky a diskusia

3.1 Monitorovanie zdravia a aktivity zvierat

Do tejto skupiny môžeme zaradiť *senzory monitorujúce pohybovú aktivitu a prežúvanie*, ktoré sú v chove dojníc neoceniteľným nástrojom pre moderné farmy. Ich využitie má niekoľko dôležitých aspektov, ako je monitoring zdravotného stavu, detekcia ruje, optimalizácia výživy, včasná detekcia stresu či analýza správania (Lovarelli et al., 2020; Mičiaková et al., 2024).

Lokalizačné obojky sledujú polohu dobytka na pastvinách, čo pomáha farmárom optimalizovať využitie pastvín a rýchlo reagovať na straty zvierat.

Monitory blížiaceho sa telenia majú viacero významných funkcií a prínosov, ako je včasná detekcia telenia, zlepšenie zdravia kráv a teliat, prispievajú tiež k zníženiu strát teliat, optimalizujú pracovný čas a znižujú stres, ktorý môže vzniknúť pri rušení kráv počas telenia (Benaissa et al., 2020).

K monitorovaniu zdravia môžeme ďalej zaradiť aj *zariadenie na termodiagnostika paznechtov*, ktorý je založený na pravidelnom snímaní končatín. Systém sa kalibruje na pohyb a teplotné prejavy každej dojnice na základe čoho vyhodnocuje odchýlky od normálu. V aplikácii zobrazuje kravy s podozrením na ochorenie paznechtov. Systém tvorí termokamera snímajúca teplotné skóre, kamera s vysokým rozlíšením snímajúca pohybové skóre a softvér zabezpečujúci analýzu a výstupy.

Zariadenia na hodnotenie telesnej kondície je založené na princípe sledovania zdravotných problémov, ako je napríklad krívanie. Niektoré štúdie preukazujú, že pokles alebo naopak zvýšenie hodnôt BCS môže znamenať väčšie riziko krívania a menšiu šancu na uzdravenie (Dezetter et al., 2024).

3.2 Automatizované systémy v chove HD

- *Automatické dojacie roboty* sú moderné zariadenia navrhnuté na automatizáciu procesu dojenia kráv bez potreby priameho zásahu človeka. Tieto systémy využívajú pokročilé technológie, ako sú senzory, kamery a softvérové algoritmy, aby efektívne a bezpečne zabezpečili čo najlepšie vydojenie vemena kravy. Zároveň zlepšujú pohodlie zvierat, efektívnosť farmárskeho hospodárenia, znižujú potrebu ľudskej práce a zvyšujú celkovú efektivitu (Lage et al., 2024).
- *Kŕmne roboty* sú automatizované systémy, ktoré distribuujú krmivo presne podľa potrieb jednotlivých zvierat, čím sa zlepšuje efektivita kŕmenia a minimalizuje sa odpad (Van Erp-van der Kooij a Rutter, 2020).
- *Váhy s automatickou identifikáciou zvierat* sú umiestnené v prechodových chodbách (napr. pri odchode z dojárne), a teda pri ich používaní nie je nutná fixácia ani naháňanie zvierat. Vďaka technológii Superdamp™ III disponujú vysokou presnosťou, a tiež ponúkajú možnosť zadávania poznámok k zvieratám, tvorby výstupných správ zo zaznamenaných údajov a mnoho ďalšieho.
- *Automatické brány za dojárňou* sú vybavené senzormi a riadiacimi systémami, ktoré umožňujú presné triedenie zvierat podľa preddefinovaných kritérií, ako sú zdravotný stav, štádium laktácie, produkcia mlieka a iné. Tento systém môže byť integrovaný s databázami a monitorovacími systémami farmy. Automatické brány znižujú potrebu manuálneho zásahu pri triedení zvierat, čo šetrí čas, pracovnú silu, a zároveň napomáha k znižovaniu stresu zvierat pri manipulácii a optimalizácii pracovných postupov.
- *Automatický dávkovač podstielky* je technológia, ktorá môže byť prispôsobená na použitie rôznych materiálov vrátane separátu. Tento systém zabezpečuje rovnomerné a pravidelné rozmiestňovanie podstielky, čo je kľúčové pre udržanie optimálnych podmienok v stajni.

- *Automatické zhrňače a zbierače hnoja* v chove dojníc plnia niekoľko dôležitých funkcií a prinášajú rôzne výhody, ako je zlepšenie hygieny, pohoda zvierat. Zvýšenie efektivity práce, lepšia kontrola nad hnojením, zníženie zápachu či úspora nákladov.

3.3 Softvérové a analytické nástroje

K *softvérovým nástrojom na zber a analýzu dát* môžeme zaradiť aplikácie a platformy pre správu farmy, ktoré pomáhajú farmárom sledovať a analyzovať dáta týkajúce sa produkcie mlieka, rastu dobytka a zdravotného stavu zvierat.

Systémy na hodnotenie jatočného tela dobytka majú významné miesto v chove a spracovaní hovädzieho dobytka. Ich význam spočíva v niekoľkých kľúčových oblastiach, ako je kvalita mäsa, spravodlivá kompenzácia, či ekonomická efektívnosť.

K softvérovým a analytickým nástrojom môžeme zaradiť aj *termoregulačné riadacie jednotky*, ktoré sa inštalujú za účelom zlepšovania klímy v maštali. Systém má riadiacu jednotku, ktorej účelom je jasne určiť, či sú dojnice v termoneutrálnej zóne, alebo začínajú pociťovať mierny alebo silný tepelný stres, ktorý zapríčiňuje zníženie produkcie mlieka. Čím je vyššia nasýtenosť vzduchu vodnými parami, tým je nižšia schopnosť zvierat ochladzovať sa potením (Berckmans, 2014).

3.4 Pokročilé technológie a nové trendy

Bezpilotné lietadlá - drony môžu byť použité na monitorovanie veľkých pastvín a stád, identifikáciu problémov so zdravím alebo zraneniami zvierat. Pomáhajú aj pri kontrole stavu plotov a vodných zdrojov. Môžu tiež slúžiť na sčítavanie stavov zvierat na pastvinách (de Lima Weber et al., 2023).

4 Záver

Využitie Smart technológií v chove hovädzieho dobytka predstavuje významný krok smerom k udržateľnejšiemu a efektívnejšiemu poľnohospodárstvu. Implementácia inovatívnych nástrojov, ako sú senzory na monitorovanie zdravia a správania zvierat, automatizované kŕmne systémy a pokročilé analytické platformy, umožňuje farmárom optimalizovať produkčné procesy a zároveň zlepšovať welfare zvierat. Tieto technológie nielenže zvyšujú produktivitu a kvalitu produkcie, ale tiež prispievajú k znižovaniu nákladov a minimalizácii environmentálneho dopadu chovu dobytka na prostredie. V konečnom dôsledku Smart technológie ponúkajú komplexné riešenia, ktoré spájajú ekonomické výhody s etickými princípmi starostlivosti o zvieratá, čím napomáhajú udržateľnému rozvoju v sektore živočíšnej výroby.

Poďakovanie

Príspevok bol financovaný riešením projektu Grantovej agentúry Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre 06-GA-SPU-2024 – Využívanie smart technológií pri riadení chovu dobytka na farme, s ohľadom na produkciu a kvalitu mlieka, zdravie dojníc a zníženie stavu holubov, Grantovej agentúry Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov, SPU v Nitre 9/2024 – Využitie snímačov pohybovej aktivity a prežúvania pri detekcii ruje a včasnej diagnostike ochorení mliečnej žľazy a paznechtov dojníc a projektu KEGA 017SPU-4/2022 – Modernizácia obsahovej štruktúry a spracovanie vysokoškolskej učebnice Chov hovädzieho dobytka.

Použitá literatúra

BENAISSA, S. - TUYTTENS, F.A.M. - PLETS, D. - TROGH, J. - MARTENS, L. - VANDAELE, L. - JOSEPH, W. - SONCK, B. 2020. Calving and estrus detection in dairy cattle using a combination of indoor localization and accelerometer sensors. In *Computers and Electronics in Agriculture*. Online. Vol. 168, s. 105153. ISSN 0168-1699. Dostupné na: doi:10.1016/j.compag.2019.105153 [dátum citovania 2024-03-07].

BERCKMANS, D. 2014. Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems: -EN- Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. In *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*. Online. Vol. 33, No. 1, s. 189-196. ISSN 0253-1933. Dostupné na: doi:10.20506/rst.33.1.2273 [dátum citovania 2024-06-10].

DE LIMA WEBER, F. - DE MORAES WEBER, V.A. - DE MORAES, P.H. - MATSUBARA, E.T. - PAIVA, D.M.B. - GOMES, M.D.N.B. - DE OLIVEIRA, L.O.F. - DE MEDEIROS, S.R. - CAGNIN, M.I. 2023. Counting cattle in UAV images using convolutional neural network. In *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. Online. Vol. 29, s. 100900. ISSN 2352-9385. Dostupné na: doi:10.1016/j.rsase.2022.100900 [dátum citovania 2024-06-10].

DEZETTER, C. - BIDAN, F. - DELABY, L. - BLANC, F. - FRERET, S. - BEDERE, N. 2024. Association between body condition profiles, milk production and reproduction performance in Holstein and Normande cows. In *Journal of Dairy Science*. Online. 2024. ISSN 0022-0302. Dostupné na: doi:10.3168/jds.2024-24766 [dátum citovania 2024-07-24].

KLEEN, J.L. - GUATTEO, R. 2023. Precision Livestock Farming: What Does It Contain and What Are the Perspectives? In *Animals*. Online. Vol. 13, No. 5, s. 779. ISSN 2076-2615. Dostupné na: doi:10.3390/ani13050779 [dátum citovania 2024-05-20].

LAGE, C.F.A. - MARQUES, T.C. - BRUNO, D.R. - ENDRES, M.I. - FERREIRA, F. - PIRES, A.P.A. - LEÃO, K. - DE LIMA, F.S. 2024. Farmers' Perceptions on Implementing Automatic Milking Systems in Large USA Dairies: Decision-Making Process, Management Practices, Labor, and Herd Performance. In *Animals*. Online. 2024. Vol. 14, No. 2, s. 218. ISSN 2076-2615. Dostupné na: doi:10.3390/ani14020218 [dátum citovania 2024-07-24].

LOVARELLI, D. - BACENETTI, J. - GUARINO, M. 2020. A review on dairy cattle farming: Is precision livestock farming the compromise for an environmental, economic and social sustainable production? In *Journal of Cleaner Production*. Online. Vol. 262, s. 121409. ISSN 0959-6526. Dostupné na: doi:10.1016/j.jclepro.2020.121409 [dátum citovania 2024-07-24].

MIČIAKOVÁ, M. - STRAPÁK, P. - STRAPÁKOVÁ, E. 2024. The Influence of Selected Factors on Changes in Locomotion Activity during Estrus in Dairy Cows. In *Animals*. Online. Vol. 14, No. 10, s. 1421. ISSN 2076-2615. Dostupné na: doi:10.3390/ani14101421 [dátum citovania 2024-07-18].

OOSTING, S. - UDO, H.M.J. - VIETS, T.C. 2014. Development of livestock production in the tropics: Farm and farmers' perspectives. In *Animal: an International Journal of Animal Bioscience*. Online. Vol. 8, s. 1-11. Dostupné na: doi:10.1017/S1751731114000548 [dátum citovania 2024-07-24].

RATNAPARKHI, S. - KHAN, S. - ARYA, C. - KHAPRE, S. - SINGH, P. - DIWAKAR, M. - SHANKAR, A. 2020. Smart agriculture sensors in IOT: A review. In *Materials Today: Proceedings*. Online. 2020. Dostupné na: doi:10.1016/j.matpr.2020.11.138 [dátum citovania 2024-07-24].

VAN ERP-VAN DER KOOIJ, E. - RUTTER, S.M. 2020. Using precision farming to improve animal welfare. In *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. Online. Vol. 15. Dostupné na: doi:10.1079/PAVSNNR202015051 [dátum citovania 2024-07-24].

WATHES, C.M. - KRISTENSEN, H.H. - AERTS, J.M. - BERCKMANS, D. 2008. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? In *Computers and Electronics in Agriculture*. Online. Vol. 64, No. 1, Smart Sensors in Precision Livestock Farming, s. 2-10. ISSN 0168-1699. Dostupné na: doi:10.1016/j.compag.2008.05.005 [dátum citovania 2024-07-24].

Kontaktné údaje: Mária Mičiaková, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav chovu zvierat, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, ✉ maria.miciakova@uniag.sk

VPLYV RÔZNYCH FAKTOROV NA BIOMECHANIKU KOŇA
The Influence of different Factors on the Horse's biomechanics

Eva MLYNEKOVÁ[1], Marko HALO[1], Ivan IMRICH[1], Marko HALO jr.[2],
Monika ŠMONDRKOVÁ[1], Martin MASSÁNYI[3]
[1]Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská republika
[2]Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská republika
[3]Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Výskumné centrum AgroBioTech

Biomechanika koní je jedným zo základných aspektov, ktoré predurčujú výkon a udržateľnosť koňa v športe. V súčasnej dobe je možné využívať množstvo moderných technológií, ktoré zaznamenajú aj tú najmenšiu anomáliu v lokomócii koňa, avšak aj napriek tomu na správne zhodnotenie výsledkov potrebuje chovateľ značné poznatky z oblasti chovu, manažmentu a tréningu koní. Prvým a veľmi dôležitým predpokladom pre správnu biomechaniku je vyhovujúca stavba a telesné miery koňa. Na lokomóciu koní vplýva aj plemenná príslušnosť, výber správnej disciplíny, záťaž a vek.Každá jazdecká disciplína ovplyvňuje biomechaniku koňa iným spôsobom. Pri drezúrnom jazdení sa vyžaduje od koňa prevedenie série náročných atletických pohybov, kde je potrebné venovať pozornosť polohe hlavy a krku, aby neniesli nos za kolmicou, pri parkúrovom jazdení kôň pri každom odskoku vyprodukuje približne 59 kW mechanickej energie, ktorej pôvod je hlavne v odraze panvových končatín. Biomechaniku koňa dokáže veľmi ovplyvniť aj samotný jazdec. Správnym jazdením dokáže rozvíjať elastický, energický pohyb a uvoľnenosť, avšak nesprávnam využívaním pomôcok môže doviesť koňa k zníženej výkonnosti. Tréning koní je považovaný za veľmi významný faktor, ktorý ovplyvňuje výkonnosť. Ak kôň bude vystavený nesprávnemu manažmentu, môžu vzniknúť stavy kedy kôň nie je schopný podávať stabilný výkon.

Kľúčové slová: biomechanika, jazdec, kôň, tréning, vek, záťaž

1 Úvod a prehľad literatúry

1.1 Úvod
Biomechanika koní kladie dôraz na fungovanie svalových činností, ktoré vytvárajú pohyb, vrátane chôdze koňa a toho ako môžu pohyb pozitívne alebo negatívne ovplyvniť. Spôsob, akým sa kôň pohybuje a kvalita pohybu je základom pre využitie koní ako atlétov v modernom jazdectve (Forbes, 2015). Biomechanika koní môže výrazne ovplyvniť tréningové postupy. Základom je dosiahnutie uvoľnenia a relaxácie chrbta koňa, čo má za následok zvýšenie narovnania, kmihu a zhromaždenia. Integráciou biomechanických prvkov a moderných tréningových postupov do tréningového procesu koní má za cieľ dosiahnutie špičkového výkonu spôsobom, ktorý rešpektuje prirodzené schopnosti a pohodu koňa.

1.2 Biomechanika koní
Biomechanika koní bola považovaná za zaujímavý subjekt skúmania po celé stáročia, avšak až koncom 20.storočia bol zaznamenaný technický rozvoj, ktorý by vedel priniesť nové poznatky v tejto oblasti. Spočiatku bývali techniky merania a analýzy pracné a časovo náročné (Egenvall et al., 2022). V súčasnosti je na trhu množstvo krokomerov, snímačov aktivity zdravia, bezdrôtových senzorických zariadení, ktoré zaznamenávajú chôdzu koňa, jednotlivé zložky pohybu, asymetriu a kondičný stav koňa (Egan et al., 2019). Analýza pohybu za účelom optimalizácie výkonu je etablovaným komponentom v rôznych športoch v moderných disciplínach. Hlavným zámerom je porozumieť pohybu a zlepšiť jeho základné

zložky na dosiahnutie vynikajúceho športového výkonu (Fercher, 2017). Pohyb je možné objektívne analyzovať, merať a hodnotiť celý jeho priebeh alebo len niektoré časti (Fercher, 2017).

Jazdecké športy zahŕňajú rozmanitú škálu aktivít, z ktorých každá má špecifické požiadavky na rýchlosť, silu a obratnosť (Clayton, Hobbs, 2017).

Maximalizácia výkonu a biomechanickej efektivity pohybu u koní často zahŕňa kontrolu držania tela a zapojenie jadra svalov. Stav dobrého držania tela bol v minulosti definovaný ako „stav muskuloskeletálnej rovnováhy, ktorá chráni podporné štruktúry tela pred zranením alebo progresívnou deformáciou“. Kontrola držania tela a posilňovanie svalov jadra sa odporúča, aby sa predišlo preťaženiu končatín u koní. Držanie tela je ovplyvnené mnohými faktormi. Polohovanie chrbtice a kontrola držania tela sú ovplyvnené niekoľkými svalovými skupinami o ktorých sa ukázalo, že zohrávajú významnú úlohu pri pohybe a stabilizácii chrbtice počas celého pohybu (Shaw et al., 2021).

V modernej spoločnosti sa kone chovajú selektívne tak, aby vyhovovali najmä voľnočasovým a športovým aktivitám (Ablondi et al., 2019). De Cocq et al., (2013) uvádzajú, že pre každú úlohu, ktorú kôň plnil od svojej domestikácie, od vojen, poľnohospodárstva a dopravy až po súčasné využitie ako športové a voľnočasové zviera, bolo prepravovanie nákladu dôležitou úlohou týchto zvierat. Od koní sa vyžaduje aby zvládli požadovanú záťaž. Najväčšou záťažou jazdeckého koňa je hmotnosť jazdca, ktorú kôň nesie. Hmotnosť jazdca najviac zaťažuje hrudníkové končatiny. V prípade jazdca môže interakciu medzi jazdcom a koňom ovplyvniť jeho úroveň zručností a štýl jazdy. Pohybový vzorec kombinácie kôň-jazdec je konzistentnejší pre skúseného jazdca ako pre neskúseného jazdca. Bolo zistené, že oscilácie trupu koňa sú menej variabilné u skúsených jazdcov ako u začínajúcich jazdcov, skúsený jazdec bol schopný pohybovať sa vo fáze s koňom, zatiaľ čo začínajúci jazdec nie.

Jazdec aktívne ovplyvňuje výkon koňa používaním pomôcok, ktoré vyvolávajú trénovanú akciu. Tieto pomôcky sú založené na zmenách tlaku vyvolané jazdcom na konkrétne oblasti tela. Hmotnosť jazdca, rozloženie hmotnosti a pohyby majú vplyv na biomechaniku koňa (Clayton, Hobbs, 2017).

1.3 Vplyv tréningu, intenzity tréningu na biomechaniku a čas na zotavenie

V prírode sa kôň pohybuje väčšinu dňa nízkou rýchlosťou, prevažne krokom a prejde približne 30 – 50 km denne. Vyššiu rýchlosť a energiu využíva iba pred bezprostredným nebezpečenstvom. Pri porovnaní s pohybom u väčšiny športových koní dnes, môžeme konštatovať, že kone sú každý deň vo výcviku menej času, ale vo vysokej intenzite, čo znamená, že majú tréning fyzicky náročný. Výsledkom tréningu, ktorý je pre koňa vhodný, je nenáročný, pružný a rytmický pohyb. Rytmický pohyb musí prechádzať cez celé telo koňa. Hlava koňa sa v kroku pohybuje ako kyvadlo, v kluse má ľahkú tendenciu k rotácii a v cvale sa hlava koňa pohybuje hore a dole (Shaw et al., 2021).

Výskumy ukazujú, že kone potrebujú v porovnaní s človekom dlhší čas na zotavenie sa po náročnom výkone. Ak kôň nebude mať dostatočný čas na odpočinok tak dochádza k pretrénovaniu (Logan a Nielsen, 2021). Kôň je v rámci tréningovej hodiny fyziologicky schopný vykonávať iba krátke úseky náročnej práce a potom potrebuje odpočinok. Pokiaľ mu ho neposkytneme tak sa kôň unaví a výsledkom bude strata koordinácie a zvýšené riziko zranenia. Pasquiet et al., (2022) potvrdili, že únava a najmä svalová únava je normálnym výsledkom fyzického cvičenia. Avšak oddialenie nástupu únavy je kľúčovým cieľom každého tréningového programu a je nevyhnutné pre športový úspech. Únava je spojená so zranením a nedostatočným výkonom. Identifikácia nástupu únavy a pochopenie jej účinkov sú nevyhnutné na optimalizáciu tréningu. Pasquiet et al. (2022) uvádza, že u koní je dĺžka a frekvencia krokov ovplyvnená únavou. Unavený kôň ľahšie stratí správny postoj tela. V kombinácii s hmotnosťou jazdca to vedie k tomu, že sa kôň prehne v chrbte a presunie hmotnosť na prednú časť tela. Ak jedeň deň v rámci tréningu privedieme koňa k limitu jeho fyzickej kapacity, potrebuje 36 – 48 hodín na zotavenie. Pokiaľ trénujeme znovu koňa v dobe, keď ešte nie je plne zotavený, môžu vzniknúť zranenia a týmto dochádza k pretrénovaniu. Pohyb podporuje regeneráciu vďaka zvýšenému prietoku krvi. Pohyb je ale niečo iné ako tréning. V tréningu hľadáme limity sily a vytrvalosti koňa, telo dostáva impulzy

aby zosilnelo, čím sa zvyšuje schopnosť znášať záťaž lepšie. Tréning je dôležitý pre zníženie zranení, ktoré môžu byť spôsobené namáhavým cvičením (Rosa et al., 2020).

1.4 Vplyv veku koní na biomechaniku

U mladých zvierat nie je celkom známe optimálne množstvo pohybu, ktoré je ideálne pre muskuloskeletálnu silu a výkonnosť v dospelosti. Z mnohých štúdií vyplýva, že nedostatočné zaťaženie vedie k oslabeniu tkanív a potenciálnej strate funkcie kostí, kĺbových chrupaviek a šliach a že systematický tréning vedie k dosiahnutiu požadovanej výkonnosti a pomáha pri dlhovekosti zdravia koní (Logan a Nielsen, 2021). Medzi odborníkmi a nadšencami koní sa vedie rozsiahla diskusia, kedy je vhodný čas zaradiť koňa do tréningu. Treba si uvedomiť, že kone vo veku 2 rokov nie sú vyspelé, rastú do výšky a čo je ešte dôležitejšie aj do šírky, čo je potrebné pri stabilizácii a zosilnení. Telo koňa je úplne vyvinuté až vo veku 7 – 8 rokov. U mladých koní (2-3 roky) sú veľmi pružné spojivové tkanivá, kvôli ktorým horšie vyvažuje vlastné telo a udržuje stabilitu. Preto je u koní v tomto veku veľmi ťažké nosiť jazdca. Pokiaľ je hmotnosť jazdca väčšia, ako tá, ktorú je kôň schopný nosiť, tak dochádza k prehýbaniu chrbta, prenášaniu hmotnosti na prednú časť a môže dôjsť k nepravidelnému pohybu a zraneniam. Vhodné prispôsobenie hmotnosti jazdca a koňa sa stáva čoraz dôležitejšou otázkou starostlivosti o športové kone, pretože ľudská populácia sa stáva ťažšou (Domino et al., 2022).V jazdeckom športe v ktorom dominujú ženy, sa telesná hmotnosť jazdcov uvádza v rozmedzí 50 – 90 kg (Forino et al., 2021), zatiaľ čo kone sa najčastejšie pohybujú v kategórii telesnej hmotnosti 500-600 kg (Kozak, 2017). U mladých koní je potrebné začať pracovať bez záťaže, teda bez jazdca na chrbte, potrebné je uskutočňovať prácu zo zeme, ktorá je vyhovujúca a funkčná a do budúcna umožní koňovi zniesť požadovanú záťaž. Kôň pri tréningu by mal byť kľudný a sebaistý. Ak u koňa sa začne rozvíjať problém vznikajúci vplyvom nevhodného tréningu, alebo iných faktorov, je to rozpoznateľné na zhoršenej kvalite pohybu koňa, stráca sa pružnosť a rytmus. Kôň skracuje jednotlivé kroky a na začiatku tréningovej jednotky sa prejavuje stuhnutosť (Pasquiet et al.,2022).

2 Záver

Každý chovateľ alebo jazdec, či už cielene alebo necielene, biomechaniku svojho koňa skúmal. Či už ide len o domácu diagnostiku krívania či zranenia, alebo o komplexnú analýzu pohybu pomocou najnovších technológií a senzorov, jedná sa o istú formu rozboru biomechaniky. Poznanie biomechaniky nám otvára nové obzory nielen pri výbere koňa, ale aj pre zdokonaľovanie tréningových metód a postupov, zhodnotenie tréningového režimu, diagnostiky chorôb a zranení ale aj ich rehabilitáciu. Posudzovanie biomechaniky je obzvlášť dôležité pri športových koňoch. Ako chovatelia koní sme v súčasnej dobe nútení využívať moderné poznatky a integráciou biomechanických prvkov a moderných tréningových postupov do tréningového procesu koní máme za cieľ dosiahnutie špičkového výkonu koní spôsobom, ktorý rešpektuje ich prirodzené schopnosti, pohodu a zbytočne nepoškodzuje ich zdravie.

Poďakovanie

Výskumné aktivity boli financované riešením projektu Grantovej agentúry FAPZ, SPU v Nitre 11/2024 a projektami VEGA 1/0437/24 a KEGA 028SPU-4/2023.

Použitá literatúra

ABLONDI Michaela, ERIKSSON Susanne, TETU Sasha, SABBIONI Alberto, VIKLUND Åsa, MIKKO Sofia. 2019, Genomic Divergence in Swedish Warmblood Horses Selected for Equestrian Disciplines, Genes, Ročník 10, Číslo 12, strana 976, [cit. 06-08-2024] Dostupné na: https://doi.org/10.3390/genes10120976.

CLAYTON H.M., HOBBS S.-J. The role of biomechanical analysis of horse and rider in equitation science. Appl. Anim. Behav. Sci. 2017;190:123–132. doi: 10.1016/j.applanim.2017.02.011.

De COCQ P., MULLER, M., CLAYTON, H. M., & van LEEUWEN, J. L., 2013, Modelling biomechanical requirements of a rider for different horse-riding techniques at trot. Journal of experimental biology, R 216 Č 10, Str 1850-1861 [cit. 24-07-2024] Dostupné na: https://doi.org/10.1242/jeb.070938

DOMINO M, BOROWSKA M, TROJAKOWSKA A, KOZŁOWSKA N, ZDROJKOWSKI Ł, JASIŃSKI T, SMYTH G, MAŚKO M. The Effect of Rider:Horse Bodyweight Ratio on the Superficial Body Temperature of Horse's Thoracolumbar Region Evaluated by Advanced Thermal Image Processing. Animals (Basel). 2022 Jan 13;12(2):195. doi: 10.3390/ani12020195.

EGAN Sonja, BRAMA Pieter, MCGRATH Denise, 2019, "Irish Equine Industry Stakeholder Perspectives of Objective Technology for Biomechanical Analyses in the Field" Animals, Ročník 9, Číslo 8, strana 539. [cit. 13-07-2024] Dostupné na: https://doi.org/10.3390/ani9080539.

EGENVALL Agneta, BYSTRÖM Anna, LINDSTEN Agneta, CLAYTON Hilary M., 2022, A Scoping Review of Equine Biomechanics Revisited, Journal of Equine Veterinary Science, Online, Ročník 113,103920, [cit. 13-07-2024] Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.jevs.2022.103920.

FERCHER Christina, 2017, The Biomechanics of Movement of Horses Engaged in Jumping Over Different Obstacles in Competition and Training, Journal of Equine Veterinary Science, R 49, Str 69-80, ISSN 0737-0806, [cit. 30-06-2024] Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.10.002.

FORBES Victoria, 2015, Equine biomechanics, Training for equestrian performance, Online, Wageningen Academic, strany 197–219, ISBN:978-90-8686-856-8, [cit. 16-7-2024] Dostupné na: https://doi.org/10.3920/9789086868568_014,9780702052934

FORINO S., CAMERON L., STONES N., FREEMAN M. Potential Impacts of Body Image Perception in Female Equestrians. J. Equine Vet. Sci. 2021;107:103776. doi: 10.1016/j.jevs.2021.103776.

KOZAK M.W. Equestrian Cultures in Global and Local Contexts. Springer; Cham, Switzerland: 2017. Making trails: Horses and equestrian tourism in Poland; pp. 131–152.

LOGAN, A.A.; NIELSEN, B.D. Training Young Horses: The Science behind the Benefits. Animals 2021, 11, 463. doi.org/10.3390/ani11020463

PASQUIET, BENOÎT, BIAU Sophie, TRÉBOT Quentin, DEBRIL Jean-François, DURAND François, FRADET Laetitia, 2022, "Detection of Horse Locomotion Modifications Due to Training with Inertial Measurement Units: A Proof-of-Concept", Sensors 22, no. 13: 4981. [cit. 06-07-2024] Dostupné na: https://doi.org/10.3390/s22134981.

ROSA TS, NEVES RVP, DEUS LA, SOUSA CV, DA SILVA AGUIAR S, DE SOUZA MK, et al. Sprint and endurance training in relation to redox balance, inflammatory status and biomarkers of aging in master athletes. Nitric Oxide. (2020) 102:42–51. 10.1016/j.niox.2020.05.004.

SHAW Karen, URSINI Tena, LEVINE David, RICHARDS Jim, ADAIR Steve 2021, The Effect of Ground Poles and Elastic Resistance Bands on Longissimus Dorsi and Rectus Abdominus Muscle Activity During Equine Walk and Trot, Journal of Equine Veterinary Science, R 107, 103772 [cit. 27-07-2024] Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103772

Kontaktné údaje: doc. Ing. Eva Mlyneková, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, eva.mlynekova@uniag.sk

ENDOKRINNÉ A ZÁPALOVÉ PROCESY POČAS ROZVOJA LAMINITÍDY U KONÍ
Endocrine and inflammatory processes during the development of laminitis in horses

Eva MLYNEKOVÁ[1], Marko HALO[1], Stanislav ZAŤKO[1], Marko HALO jr.[2]
[1]*Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská republika*
[2]*Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Slovenská republika*

Laminitída je závažné multifaktoriálne ochorenie koní, ktoré sa prejavuje poškodením lamelárneho dermo-epidermálneho spojenia a môže byť vyvolané rôznymi primárnymi ochoreniami. Táto literárna rešerš poskytuje prehľad o patogenéze laminitídy, pričom sa zameriava na endokrinopatickú laminitídu a laminitídu spojenú so sepsou. Endokrinopatická laminitída, často súvisiaca s hormonálnymi poruchami ako sú dysfunkcia pars intermedia hypofýzy a metabolickým syndrómom koní, je úzko prepojená s inzulínovou dysreguláciou a hyperinzulinémiou. Laminitída spojená so sepsou je výsledkom zápalových procesov, ktorá vyžaduje intenzívnu protizápalovú a analgetickú terapiu. Kľúčom k efektívnej diagnostike a liečbe je pochopenie rozdielov v patogenéze týchto dvoch typov laminitídy. Preventívne opatrenia, ako sú kontrola telesnej hmotnosti alebo riadenie príjmu sacharidov sú nevyhnutné pre minimalizáciu rizika rozvoja ochorenia. V súčasnosti je dôraz kladený na pokroky v molekulárnej biológii a výskume črevného mikrobiómu, ktoré môžu priniesť nové perspektívy v prevencii a manažmente laminitídy. Účinná liečba vyžaduje kombináciu včasnej diagnostiky, cieleného terapeutického prístupu a prispôsobeného manažmentu chovu.

Kľúčové slová: kôň, laminitída, endokrinopatia, sepsa, terapia

1 Úvod a prehľad literatúry

1.1 Úvod

Termín laminitída sa používa na opis klinických a patologických následkov narušenia lamelárneho dermo-epidermálneho spojenia (LJ). Keďže sa toto ochorenie vyskytuje sekundárne k rôznorodým primárnym ochoreniam alebo stavom, nemôžeme ho považovať za samostatné ochorenie (Eps et Burns, 2019). Lamelárne spojenie slúži ako závesný aparát kopytnej kosti (P3), ktorý prenáša telesnú hmotnosť koňa z P3 na kopytnú stenu (Shahkhosravi et al, 2022). Kontinuálny rast kopytnej steny funguje na príncípe prísne regulovaného cyklu spájania a odpájania dermálnych a epidermálnych buniek, pričom sa udržiava štrukturálna a funkčná integrita spojenia. Tento proces je riadený prostredníctvom matrix-metaloproteináz (MMPs) a ich tkanivovými inhibítormi (TIMP). Narušenie ich rovnováhy vedie k deštukcii bazálnej membrány, ktorá je súčasťou extracelulárneho matrixu a viaže lamelárne epidermálne bunky k derme. Nadmernú aktivitu MMPs môže okrem lokálnych príčin vyvolať aj hematogénny transport spúšťacích faktorov zo vzdialenejších miest ako je pleurálna a peritoneálna dutina alebo endometrium (Orsini et al., 2009).

Existujú spoločné mechanizmy, ktoré sa objavujú počas vývoja laminitídových lézií, a to na úrovni molekulárneho signalizovania, v procese zlyhávania adhézie v lamelárnom epiteli a v reakcii na poškodenie, ktorá je podobná bez ohľadu na príčinu. Rozdiely a podobnosti v patogenéze rôznych typov laminitídy majú významný vplyv na to, ako lekári efektívne pristupujú k jej prevencii a liečbe v rôznych klinických situáciách (Eps et Burns, 2019).

1.2 Patogenéza ochorenia

Laminitída sa môže prejavovať v rôznej intenzite, od miernych foriem až po vážne stavy, pričom jej príznaky sa môžu zmeniť z akútneho zápalu na chronické poškodenie

tkaniva.Takéto poškodenie často krát vedie k celoživotným zmenám v raste a tvare kopyta. Vývojová fáza nastáva medzi prvým inzultom a objavením počiatočných klinických príznakov. Akútna fáza siaha od prvých klinických príznakov po rotáciu P3, o ktorej sa predpokladá, že je výsledkom kombinácie napätia zo šľachy hlbokého ohýbača, zaťažovacích síl a rozpadu LJ. Ak nedôjde k rotácii P3 do 72 hodín, stav sa klasifikuje ako subakútny. Následné zlyhanie LJ s rotáciou P3 sa považuje za chronickú laminitídu (Yang et Lopez, 2019).

Zlyhanie závesného aparátu P3 sprevádzajú rôzne primárne a sekundárne patológie epidermy, dermy, ciev a kostí v akútnom aj chronickom štádiu. Epidermálne patológie sú viditeľné ako abnormálne hyperplastické tkanivo, ktoré vzniká medzi stenou kopyta a LJ. Histologicky sa možu prejaviť ako epidermálna dysplázia, metaplázia, hyperplázia, apoptóza alebo nekróza. Dermálna patológia je histologicky zjavná ako dermálna aktivácia, dermálna fibróza a strata dermálnej integrity (Galantino-Homer et Brooks, 2020).

Pri akútnej laminitíde dochádza k výraznému zvýšeniu teploty kopytnej steny. Pri perkusii kopyta sa objaví ostrá bolesť a dochádza tiež k hypertenzii v digitálnych a kolaterálnych artériách. Laminitída sa môže prejaviť rovnako na hrudníkových, panvových ale aj na všetkých štyroch končatinách, pričom u koní sú najčastejšie postihnuté hrudníkové končatiny (Marcato et Perillo, 2020). Tento rozdiel nie je spôsobený odlišnou závažnosťou základných spúšťacích procesov ale nerovnomerným rozložením hmotnosti, keďže hrudníkové končatiny nesú približne 60% hmotnosti koňa (Eps et Burns, 2019). Dislokácia P3 v kopytnom púzdre sa môže prejaviť v troch morfologických znakoch: dorzálna rotácia P3, symetrický distálny posun a asymetrický distálny posun na mediálnej alebo laterálnej strane. Abnormálna konformácia kopyta môže ovplyvniť jeho biomechaniku. Hlavnými indikátormi nepravidelného tvaru kopyta sú odchýlky v osi medzi končatinou a prstom (Shahkhosravi et al, 2022).

1.3 Endokrinopatická laminitída

Endokrinopatická forma laminitídy je v praxi najčastejšou príčinou laminitídy. Táto forma zahŕňa laminitídu spojenú s dysfunkciou pars intermedia hypofýzy (PPID), metabolickým syndrómom koní (EMS), inzulínovou dysreguláciou (ID) ale aj exogénnym podávaním steroidov (Rumfola et al, 2022). PPID je neurodegeneratívne ochorenie spojené s vekom, ktorého prevalencia sa vekom zvyšuje. V systematickom prehľade epidemiológie PPID neboli hlásené žiadne prípady u koní mladších ako 10 rokov. EMS nepovažujeme za samostatné ochorenie, ale skôr za súbor rizikových faktorov, pričom hlavným znakom tohto syndrómu je ID. Medzi faktory, ktoré zvyšujú riziko EMS, patrí vek, pohlavie, plemeno, nedostatok pohybu a obezita. U koní s ID je narušená rovnováha medzi koncentráciami inzulínu, glukózy a lipidov v krvnej plazme. Prejavuje sa ako rezistencia tkanív na inzulín a hyperinzulinémiou (McGowan et Ireland, 2023).

Posledné výskumy naznačujú, že ústrednú úlohu vo vývoji laminitídy bez ohľadu na základnú endokrinnú poruchu zohráva práve inzulín. V štúdií, v ktorej mali kone diagnostikovanú PPID mali hyperinzulinémiu iba kone s laminitídou, kým kone bez laminitídy mali v krvnom sére normálne hladiny inzulínu. Kone so súbežnými endokrinopatiami, t.j. PPID aj EMS, majú výraznejšiu hyperinzulinémiu ako kone s jednou endokrinopatiou. Hyperinzulinémia a predchádzajúce epizódy laminitídy sú zároveň rizikovými faktormi recidívy. Tieto zistenia podporujú dôležitosť diagnostiky a liečby ID pri liečbe laminitídy a prevencii ďalších epizód (Rumfola et al, 2022).

Endokrinopatická laminitída spôsobená pastvou sa najviac vyskytuje na jar a v lete, čo naznačuje, že špecifické podmienky pastvy môžu toto ochorenie zhoršiť. U koní náchylných na laminitídu je často prítomná endokrinopatia až v 90 % prípadov, najmä u obéznych zvierat, a to aj v prípade keď je hlavným spúšťačom pastva. Za zjednocujúci patogénny faktor pri endokrinopatickej laminitíde a takzvanej pastvinovej laminitíde môžeme považovať už spomínanú hyperinzulinémiu. Pri trávení cukrov a škrobov v gastrointestinálnom trakte kone absorbujú glukózu a súčasne uvoľňujú inzulín z pankreasu, aby uľahčili vstrebávanie glukózy do buniek, čím sa bunky stávajú citlivými na inzulín. Avšak, keď kone prijímajú veľké množstvo neštrukturálnych sacharidov, bunky sa stávajú rezistentnými na inzulín, čo vedie k rozvoju inzulínovej rezistencie. To má za následok zníženú schopnosť buniek prijímať

glukózu z krvi, čím sa vyčerpávajú zásoby glukózy alebo jej metabolizácia v bunkách, vrátane tých v kopyte. Navyše inzulín má schopnosť regulovať priechodnosť ciev, čo môže súvisieť s prepojením medzi inzulínovou rezistenciou a laminitídou. Prípadná vazokonstrikcia u koní s inzulínovou rezistenciou môže znížiť schopnosť ciev reagovať na rôznu stimuláciu (Marcato et Perillo, 2020).

Okrem pokrokov v biochemických intervenciách očakávame, že sa v nasledujúcich rokoch zvýši naše porozumenie črevnej bariéry. Mikrobiómu zadného čreva bola venovaná veľká pozornosť, najmä v súvislosti s modelom laminitídy spôsobenej prekŕmením sacharidmi, avšak defektná črevná bariéra je dôležitá nielen v tomto modele ale aj pri laminitíde vyvolanej závažnými črevnými poruchami, ako sú strangulačné obštrukcie a enterokolitída. Zachovanie alebo rýchle obnovenie zdravej črevnej bariéry sa pravdepodobne ukáže ako významný pokrok v schopnosti predchádzať a liečiť laminitídu zo spomínaných príčin. Prevencia spočíva najmä v riadení hmotnosti a kontrole príjmu sacharidov u obéznych koní a aplikáciou pergolidu u koní s PPID Očakáva sa, že pokroky v molekulárnych biologických technikách prispejú k ďalšiemu rozvoju preventívnych opatrení a liečby laminitídy (Orsini et al., 2009).

1.4 Laminitída spojená so sepsou

Štrukturálne zlyhanie digitálneho lamelárneho epitelu koňa je bežným následkom rôznych systémových ochorení, od endokrinných ochorení až po sepsu. Pravdepodobne je to spôsobené kombináciou veľkého fyzického stresu, ktorému sú tieto bunky vystavené kvôli svojej úlohe v závesnom aparáte P3, a spoločnými signalizačnými mechanizmami, ktoré sú týmito ochoreniami aktivované (Dern et al, 2020). V prítomnosti zápalových látok nazývaných cytokíny dochádza k zvýšenej produkcii MMPs, čo môže spôsobiť rozkladanie dôležitých bielkovín, ako je laminín, ktoré stabilizujú dermo-epidermálne spojenie (Yang et Lopez, 2019). Existuje však niekoľko ďalších hypotéz týkajúcich sa patofyziológie laminitídy spojenej so sepsou. Všeobecne sa predpokladá, že vzniká v dôsledku migrácie leukocytov do lamelárneho tkaniva a nadmernej produkcie zápalových mediátorov, čo vedie k vaskulárnej dysfunkcii. Lokálny zápal v lamelárnom tkanive je následkom systémovej zápalovej reakcie (SIRS) (Catunda et al, 2021). Takáto systémová zápalová reakcia je sprevádzaná výrazným zvýšením expresie ďalších zápalových mediátorov v lamelách vrátane enzýmu cyklooxygenázy (COX), ktorý katalyzuje tvorbu prostanoidov. To naznačuje, že COX-2 a jeho metabolity sú zapojené do iniciácie patologických zmien pozorovaných pri udalostiach ako napríklad popôrodná metritída, enterokolitída alebo kolika (Marcato et Perillo, 2020).

Keďže zápal môžeme považovať za kľúčový faktor v patogenéze laminitídy, protizápalová liečba sa stáva dôležitejšou ako len samotné zmierňovanie bolesti. Pri multimodálnej protizápalovej terapii sa uvažuje o aplikácií selektívnych inhibítorov COX-2, heparínu a inhibítorov MMPs. Rovnako dôležitá je aj analgetická terapia, ktorá môže zahŕňať nesteroidné protizápalové lieky (NSAID), ktoré sú však pri zvládaní bolesti u pacientov s ťažkou laminitídou nedostatočné. V takýchto prípadoch sa pristupuje k podávaniu opiátov alebo epidurálnych analgetík. Protizápalové lieky však môžu byť dôležité pri prevencii nervových zmien, o ktorých sa predpokladá, že sú spôsobené lokálnym zápalom. V niektorých prípadoch je nutné pristúpiť aj k tenotómii hlbokého ohýbača. Tenotómia môže poskytnúť nielen okamžitú a výraznú úľavu od bolesti, ale môže byť tiež život zachraňujúcim zákrokom, ak sa vykoná skôr, ako príde k extrémnemu poškodeniu LJ a digitálnej vaskulatúry. Prevencia laminitídy závisí od riadenia rizík, čo zahŕňa identifikáciu rizikových faktorov pre konkrétneho koňa a prispôsobenie manažmentu jeho chovu (Orsini et al., 2009).

Ako jeden z hlavný faktorov pri laminitíde spojenej so SIRS sa v najnovších štúdiach uznáva aktivácia neutrofilov, ktorá bola nedávno popísaná pri indikovanej endokrinopatickej laminitíde. Aktiváciou neutrofilov sa uvoľňujú neutrofilné extracelulárne pasce (NET) s cieľom zachytávať a eliminovať baktérie, ale zároveň tým spôsobujú významné poškodenia endotelových buniek. Je zaujímavé, že tvorba NET bola potvrdená aj pri neinfekčných endokrinologických ochoreniach. Avšak na určenie presnej úlohy NET v patofyziológii laminitídy je potrebný ďalší výskum (Storms et al., 2024).

2 Záver

Laminitída je závažné ochorenie, ktoré si vyžaduje komplexný prístup k liečbe a prevencii. Rozdielne mechanizmy, ktoré vedú k rozvoju laminitídy, poukazujú na potrebu individualizovanej starostlivosti, zameranej na špecifické príčiny a symptómy každého pacienta. Prevencia založená na správnom manažmente výživy, kontrole telesnej hmotnosti a včasnej diagnostike endokrinopatií môže významne znížiť výskyt laminitídy. Pokroky v molekulárnej biológii a zlepšenie terapeutických metód prinášajú nádej na účinnejšie riešenia pre postihnuté zvieratá, čo by malo byť prioritou pre vedcov a veterinárov.

Poďakovanie

Výskumné aktivity boli financované riešením projektu Grantovej agentúry FAPZ, SPU v Nitre 11/2024 a projektami VEGA 1/0437/24 a KEGA 028SPU-4/2023.

Použitá literatúra

CATUNDA, A.P.N. – ALVES, G.E.S. – PAES LEME, F.O. – CARVALHO, A.M. – LEISE, B.S. – JOHNSON, P.J. – FALEIROS, R.R. 2021. Apoptosis in epithelial cells and its correlation with leukocyte accumulation in lamellar tissue from horses subjected to experimental sepsis-associated laminitis. In *Research in Veterinary Science*. 136, s. 318-323

DERN, K. – BURNS, T.A. – WATTS, M.R. – EPS, A.W.VAN – BELKNAP, J.K. 2020. Influence of digital hypotermia on lamellar events related to IL-6/gp130 signalling in equine sepsis-related laminitis. In Equine Veterinary Journal. 52, s. 441-448.

EPS, A.W.VAN. – BURNS, T.A. 2019. Are There Shared Mechanisms in the Pathophysiology of Different Clinical Forms of Laminitis and What Are the Implications for Prevention and Treatment? In Vet Clin Equine. 35, s. 379-398.

GALANTINO-HOMER, H. – BROOKS, S.A. 2020. Genetics and Signaling Pathways of Laminitis. In Vet Clin Equine. 36, s 379-394.

MARCATO, P.S. – PERILLO, A. 2020. Equine laminitis New insight into the pathogenesis. *In Large Animal Review*. 26, s. 353-363.

McGOWAN, C.M. – IRELAND, J.J. 2023. Equine Endocrine Disease: Challenges With Case Definition for Research. In Journal of Equine Veterinary Science. Vol. 124.

ORSINI, J. – GALANTINO-HOMER, H. – POLLITT, CH. 2009. Laminitis in Horses: Throung the Lens of Systems Theory. In *Journal of Equine Veterinary Science*. Vol 29, No 2, s. 105-114.

RUMFOLA, E. – BANSE, H.E. – ATKINS, M. – McGOWAN, C.M. – IRELAND, J.L. 2022. Approaches to endocrinopathic laminitis in the field: Results of a survey of veterinary practitioners in North America. In *Journal of Equine Veterinary Science*. Vol. 110.

SHAHKHOSRAVI, N.A. – KAKAVAND. R., - DAVIES, H.M.S., - KOMEILI, A. 2022. The influence of equine hoof conformation on the initiation and progression of laminitis. In *Equine Veterinary Journal*. 55, s. 862-871.

STORMS, N. – REBIERE, G. – FRANCK, T. – MICKALAD, A.M. – SANDERSEN, CH. – CEUSTERS, J. – SERTEYN, D. 2024. Neutrophil extracellular traps and active myeloperoxidase concentrate in lamellar tissue of equids with naturally occurring laminitis. In *Veterinary Immunology and Immunopathology*. Vol.270, Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2024.110738 [dátum citovania 2024-07-27].

YANG, Q. – LOPEZ, M.J. 2019. The Equine Hoof: Laminitis, Progenitor (Stem) Cells, and Therapy Development. In *Toxicologic Pathology*. Vol.49, No.7, s. 1294-1307. Dostupné na: https://doi.org/10.1177/0192623319880469 [dátum citovania 2024-07-27].

Kontaktné údaje: doc. Ing. Eva Mlyneková, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, eva.mlynekova@uniag.sk

VÝŽIVNÁ HODNOTA, BACHOROVÁ DEGRADOVATEĽNOSŤ A ČREVNÁ STRÁVITEĽNOSŤ N-LÁTOK VEDĽAJŠÍCH PRODUKTOV SPRACOVATEĽSKÉHO PRIEMYSLU

Nutritive value, rumen degradability and intestinal digestibility of crude protein of by-products of the processing industry

Zuzana MLYNEKOVÁ, Zuzana FORMELOVÁ, Matúš RAJSKÝ
Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav živočíšnej výroby Nitra, Slovenská republika

Cieľom predkladanej práce bolo stanoviť výživnú hodnotu, bachorovú degradovateľnosť (metóda *in sacco*) a črevnú stráviteľnosť N-látok (metóda mobile bag) výliskov lisovaných za studena (z repky, slnečnice, ľanu, tekvice, sezamu a maku) vo výžive prežúvavcov. Experiment sme zrealizovali na troch suchostojacich kravách holsteinského plemena s veľkými bachorovými a duodenálnymi kanylami v proximálnom duodene. Analyzované výlisky sa vyznačovali vysokým obsahom N-látok, repkové, slnečnicové a ľanové výlisky - od 304,3 $g.kg^{-1}$ do 357,8 $g.kg^{-1}$ sušiny, makové 344,5 $g.kg^{-1}$ sušiny a tekvicové výlisky mali najvyšší obsah, až 620,7 $g.kg^{-1}$ sušiny. Efektívna degradovateľnosť N-látok sa pohybovala od 63,2 % (makové výlisky) po 87,1 % (slnečnicové výlisky). Rozpustná a degradovateľná frakcia „a“ bola vysoká v repkových (72,6 %) a makových výliskoch (55,3 %), kým nerozpustná a degradovateľná frakcia „b“ bola v týchto výliskoch najnižšia 23,9 % a 35,9 %. Črevná stráviteľnosť N-látok v tekvicových (97,4 %) a v sezamových výliskoch (93,7 %) bola výrazne vyššia ako u ostatných výliskov (46,3 % - 85,4 %).

Kľúčové slová: výlisky, metóda *in sacco*, metóda mobile bag

1 Úvod a prehľad literatúry

V súčasnosti existuje veľký spoločenský ale aj politický tlak na zníženie znečistenia životného prostredia súvisiaceho s činnosťami potravinárskych a priemyselných podnikov. Takmer všetky krajiny sa snažia meniť a prispôsobiť svoje výrobné postupy tak, aby ich zvyšky boli recyklované a mohli byť spätne a efektívne využité napr. v krmovinárskom priemysle. Ich využívanie má však vo výžive zvierat perspektívu a opodstatnenie, len ak sa pri ich používaní nezníži produktivita zvierat a nedôjde k negatívnemu ovplyvneniu ekonomiky chovu. To znamená, že vedľajšie produkty spracovateľského priemyslu by mali mať nízku cenu, nižšiu v porovnaní s bežne využívanými komponentami kŕmnych zmesí, a pri ich používaní by sa mala dosahovať aspoň rovnaká úžitkovosť zvierat pri zachovaní kvality produktu ako pri používaní bežných krmív.

Viacero faktorov vedie k zvýšeniu záujmu o vedľajšie kŕmne produkty, ako napr. znižovanie znečistenia a pravidlá regulácie, rastúce ceny odvozu odpadov a zmeny vo vnímaní hodnoty prostredníctvom krmiva ako ekonomickej alternatívy. Mnoho vedľajších produktov má ustálenú hodnotu ako krmivo pre zvieratá.

Najznámejšími vedľajšími produktami sú: repné rezky (vznikajú pri výrobe cukru), šupky sóje (pochádzajú z vonkajšej vrstvy sóje), sójová, ľanová múčka, kukuričná lepková múčka, slnečnicová múčka (získavajú sa mletím materiálu, ktorý vznikne po extrakcii oleja) a výlisky z rôznych plodín, ktoré vznikajú pri výrobe oleja. V závislosti od krmiva sa bežne používajú v krmovinárskom priemysle vďaka svojim vysokým výživovým hodnotám, ktoré súvisia s ich významným množstvom bielkovín (napr. výlisky) a vlákniny.

Cieľom predkladanej práce bolo stanoviť výživnú hodnotu, bachorovú degradovateľnosť N-látok (metóda *in sacco*) a črevnú stráviteľnosť N-látok (metóda mobile bag) výliskov (z repky, slnečnice, ľanu, tekvice, sezamu a maku) lisovaných za studena vo výžive prežúvavcov.

Zamerali sme sa na výlisky, ktoré sú vedľajším produktom získaným pri výrobe oleja. Ich skrmovaním zabezpečíme likvidáciu tohto vedľajšieho produktu a zároveň získame vhodné krmivo pre hospodárske zvieratá.

2 Materiál a metódy

Vo vybraných vzorkách za studena lisovaných repkových, ľanových, slnečnicových, tekvicových, sezamových a makových výliskov, sme chemickými metódami stanovili obsah základných živín podľa nariadenia komisie (ES) č. 152/2009 z 27. januára 2009, ktorým sa stanovujú metódy odberu vzoriek a analýzy na účely úradných kontrol krmív.

Pokus sme zrealizovali na NPPC, VÚŽV Nitra-Odbor výživy a malých hospodárskych zvierat, v schválenom zariadení v Laboratóriu fyziológie výživy prežúvavcov (SK U 03021). Metódou *in sacco* sme stanovili degradovateľnosť živín (Čerešňáková a kol., 2005). Experiment sme zrealizovali na troch suchostojacich kravách holsteinského plemena s veľkými bachorovými a duodenálnymi kanylami v proximálnom duodene (Szakács a kol., 1990). Zvieratá sme kŕmili 2 x denne záchovnou kŕmnou dávkou zloženou z lucernového sena, kukuričnej siláže a obilného šrotu (zmes pšenice a jačmeňa v pomere 1:1). Použili sme vrecká o veľkosti 9 x 15 cm zhotovené z polyamidového monofilu Uhelon T120, s veľkosťou pórov 47 µm. Navážka suchej vzorky pomletej cez sito s prepadom 3 mm bola cca 4 g sušiny (t.j. 15 mg krmiva na cm^2 plochy vrecka). Vrecká sme vkladali do bachora pred ranným kŕmením. Tesne pred vložením do bachora sme vrecká namočili na 10 minút do vlažnej vody. Vzorky krmív sme inkubovali v bachore v 3, 6, 9, 16, 24, 48 a 72 hodinových intervaloch. Po inkubácii sme vrecká zbavili hrubých nečistôt pod tečúcou vodou a vyprali sme ich v automatickej práčke v cykle 3 x 5 minút bez odstreďovania, a potom sme ich opláchli v destilovanej vode. Nultá inkubácia boli straty praním. Po vysušení po dobu 24 hodín a teplote 55 ºC, sme vrecká odvážili a ich obsah zosypali. Zvyšky vzoriek po inkubácií sme pomleli na veľkosť častíc 1 mm a použili sme ich na chemické analýzy.

Z úbytku sledovaných živín z každej inkubácie pomocou rovnice odporučenej Ørskovom a McDonaldom (1979), so zohľadnením strát praním sme vypočítali parametre degradovateľnosti a efektívnu degradovateľnosť N-látok podľa programu Neway (Rowett Research Institute, Aberdeen, Veľká Británia).

Intestinálnu stráviteľnosť N-látok nedegradovaných v bachore sme stanovili metódou mobile bag (Van Straalen a kol., 1993). Zvyšky krmiva po 16 h inkubácii v bachore sme zlyofilizovali, zhomogenizovali a navážili do vrecúšok (3 x 5 cm). Pred vložením do duodena sme vrecúška inkubovali 1 hodinu v roztoku pepsínu v 0,1 M HCl pri 39 ºC. Vrecúška sme získali späť do 20 hodín od vloženia z výkalov ich dôkladným premytím. Po vysušení pri teplote 55 ºC 24 h a odvážení, sme nestrávené zvyšky zhomogenizovali a použili na stanovenie sušiny a dusíka. Z rozdielov obsahu N pred a po pasáži črevným traktom sme vypočítali črevnú stráviteľnosť N-látok pre jednotlivé krmivá.

3 Výsledky a diskusia

V celosvetovom meradle sa zvyšuje záujem spotrebiteľov o nerafinovaný, za studena lisovaný olej. Zvýšenou produkciou oleja sa zvyšuje aj množstvo vyprodukovaných výliskov. Výlisky, mnohé netradičné, môžu byť považované za vhodný alternatívny zdroj prísad s obsahom cenných živín. Stupeň spracovania ovplyvňuje nielen dostupnosť živín, ale aj peristaltiku trávenia a má vplyv aj na zdravie gastrointestinálneho traktu zvierat.

Chemickými analýzami sme vo vzorkách krmív stanovili obsah živín (Tabuľka 1). Analyzované výlisky sa vyznačovali vysokým obsahom N-látok. Zdunczyk a kol. (1999) poukázali na to, že tekvicové výlisky obsahujú viac N-látok ako sójový šrot (598 $g.kg^{-1}$ vs. 474,2 $g.kg^{-1}$ sušiny). Marghazani (2013) stanovil obsah N-látok v repkových výliskoch na 36,74 %, čo je vyšší obsah ako v nami analyzovaných výliskoch (30,43 %). Rozdiely v chemickom zložení v obsahu N-látok v testovaných krmivách môžu byť výsledkom rozdielov v agronomických postupoch a v postupoch spracovania. Zo skúmaných výliskov mali tekvicové výlisky najnižší obsah hrubej vlákniny, ADV a NDV, ale vyznačovali sa najvyšším

obsahom N-látok až 62 %, čo potvrdzujú aj údaje z literatúry (Li a kol., 2022) a poskytujú dostatočný zdroj dusíka pre prežúvavce.

Tabuľka 1 Obsah živín vo výliskoch lisovaných za studena (g.kg^{-1} sušiny) / Content of nutrients in cold press cakes (g.kg^{-1} DM)

	Repkové výlisky	Slnečnicové výlisky	Ľanové výlisky	Tekvicové výlisky	Sezamové výlisky	Makové výlisky
Sušina	912,95	929,45	909,49	911,52	933,37	926,13
N-látky	304,32	338,02	357,76	620,67	495,94	344,51
Hrubá vláknina	148,94	206,27	85,03	35,81	73,71	136,09
Tuk	201,11	136,90	114,25	148,67	209,97	207,07
Popol	56,90	50,85	57,97	84,78	58,23	117,71
Organická hmota	943,10	949,15	942,02	915,22	941,77	882,29
ADV	177,61	235,90	136,27	48,14	101,72	203,75
NDV	158,52	311,54	190,47	134,83	216,02	182,46

N-látky - dusíkaté látky, NDV - neutrálnedetergentná vláknina, ADV - acidodetergentná vláknina/ N-látky- crude protein, NDV- neutral detergent fiber, ADV- acid detergent fiber

V testovaných výliskoch sme stanovili degradovateľnosť N-látok a vypočítali sme charakteristiky degradovateľnosti a efektívnu degradovateľnosť. Zistili sme veľké rozdiely v rozpustnej a degradovateľnej frakcii „a“, ktorá bola najvyššia v repkových výliskoch (72,6 %). Najnižšia bola v ľanových (19,6 %) a v tekvicových výliskoch (30,3 %), tieto vzorky mali najvyššiu nerozpustnú a degradovateľnú frakciu „b“. Efektívnu degradovateľnosť sme stanovili v rozpätí od 63,2 do 87,1 %. Najvyššiu degradovateľnosť N-látok mali slnečnicové a repkové výlisky (87,1 % a 83,4 %). Gao a kol. (2023) zistili 75 % efektívnu degradovateľnosť N-látok repkových výliskov, čo je menej ako vo výliskoch v tomto experimente 83,4 %.

Tabuľka 2 Charakteristiky *in sacco* degradovateľnosti N-látok v testovaných vzorkách a ich efektívna degradovateľnosť (EDg) / Characteristics of *in sacco* degradability of crude protein in the tested samples and their effective degradability (EDg)

Krmivá	a (%)	b (%)	c (%.h^{-1})	EDg (%)
Repkové výlisky	72,6	23,9	0,0835	83,41
Slnečnicové výlisky	52,0	56,3	0,1654	87,14
Ľanové výlisky	19,6	76,7	0,0712	65,00
Tekvicové výlisky	30,3	67,4	0,0991	72,93
Sezamové výlisky	47,1	49,8	0,1103	78,55
Makové výlisky	55,3	35,9	0,1038	63,15

a - rozpustná a degradovateľná frakcia/ soluble and degradable fraction /b- nerozpustná a degradovateľná frakcia/ unsoluble and degradable fraction/ c - rýchlosť degradácie frakcie b pri rýchlosti pasáže 0,06.h^{-1}/ degradation rate of fraction b at the passage rate of 0,06.h^{-1}/ EDg - efektívna degradovateľnosť/ effective degradability

Črevná stráviteľnosť N-látok sa pohybovala od 46,34 % do 97,38 %. Najnižšia v repkových a najvyššia v tekvicových výliskoch (Tabuľka 3). Liu a kol. (2022) zistili 85 % črevnú stráviteľnosť N-látok slnečnicových výliskov, Nedelkov a kol. (2019) - 82,4 % - 94 %, čo je vyššie, ako v nami analyzovaných výliskoch (79,66 %).

Tabuľka 3 Črevná stráviteľnosť N-látok stanovená metódou mobile bag / Intestinal digestibility of crude protein determined by the mobile bag method

Krmivá	Črevná stráviteľnosť (%)
Repkové výlisky	46,34
Slnečnicové výlisky	79,66
Ľanové výlisky	85,36
Tekvicové výlisky	97,38
Sezamové výlisky	93,71
Makové výlisky	61,62

Pokiaľ ide o stráviteľnosť živín za studena lisovaných výliskov, stále je k dispozícií málo informácií. Avšak rozdiely medzi výliskami toho istého druhu súvisia aj s rôznym stupňom spracovania výliskov, agronomických a agrotechnických parametrov.

4 Záver

Výlisky, ktoré vznikajú pri výrobe oleja, ako vedľajšie produkty potravinárskeho priemyslu, predstavujú potencionálny zdroj bielkovín vo výžive zvierat. Tieto krmivá, použité v kŕmnych dávkach zvierat, môžu byť považované za vhodný alternatívny zdroj prísad s obsahom cenných živín. Vďaka racionálnejšiemu využitiu môžu viesť tiež k finančnej úspore. Pre použitie týchto krmív vo výžive zvierat je potrebné komplexné vyhodnotenie zloženia, stráviteľnosti, funkčnosti a aj efektivity.

Využitím druhotných surovín dôjde k recyklácii suroviny a zároveň sa zabezpečí výživovo hodnotné, ekonomicky a ekologicky výhodné krmivo pre zvieratá.

Poďakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-22-0349.

Použitá literatúra

ČEREŠŇÁKOVÁ, Z. - FĽAK, P. - POLAČIKOVÁ, M. - CHRENKOVÁ, M. 2005. *In sacco* NDF degradability and mineral release from selected forages in the rumen. *Czech Journal of Animal Science*, Vol. 50, s.320 - 328.

GAO, M. - CIE´SLAK, A. - HUANG, H. - GOGULSKI, M. - PETRI, D. - RUSKA, D. - KUMAR, A. - PATRA, A. K. - EL-SHERBINY, M. - SZUMACHER-STRABEL, M. 2023. Effects of raw and fermented rapeseed cake on ruminal fermentation, methane emission, and milk production in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, Vol, 300. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115644.

LI, Y. - WU, Q. - LV, J. - JIA, X. - GAO, J. - ZHANG, Y. - WANG, L. 2022. Associations of protein molecular structures with their nutrient supply and biodegradation characteristics in different byproducts of seed-used pumpkin. *Animals*, Vol. 12, No. 8, s. 2 - 14. Dostupné na: https:// doi.org/10.3390/ani12080956

LIU, C. - ASANO, S. - OKADA, R. - TAKAYA, H. - TUNOKAMI, R. - TAKAHASHI, K. - KAJIKAWA, H. 2022. Ruminal protein degradability of sunflower cake, and effects of feeding sunflower cake on nutrient digestion, nitrogen balance, rumen fermentation, and blood metabolites compared with soybean meal. *Animal Science Journal*, Vol. 93, No. 1. Dostupné na: doi: 10.1111/asj.13768.

MARGHAZANI, I. B. - JABBAR, M. A. - PASHA, T. N. - ABDULLAH, M. 2013. Ruminal degradability characteristics in vegetable protein sources of Pakistan, *The Journal of Animal & Plant Sciences,* Vol. 23, No. 6, s.1578 - 1582.

NEDELKOV, K. - TODOROV, N. - SIMEONOV, M. 2019. Determination of rumen degradability, intestinal digestibility and protein nutritional value of sunflower cake produced in Bulgaria. *Archiva Zootechnica*, Vol. 22, No. 2, s. 12 - 21.

ØRSKOV, E. R. - MCDONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, Vol. 92, No. 2, s. 499 - 503. Dostupné na: https://doi.org/10.1017/S0021859600063048

SZAKÁCS, J. - CHRASTINOVÁ, Ľ. - VANČIŠIN, J. - KLEGA, K. 1990. Fistuláž bachora u hovädzieho dobytka. *Veterinární Medicina*, Vol. 35, s. 449 - 455.

THE DIRECTIVE OF THE COMMISSION (ES) no. 152/2009 from 27th January 2009, which defines the methods of sample collection and analysis for the purposes of official feed quality control.

VAN STRAALEN, W. M. - DOOPER, F. M. H. - ANTONIEWICZ, A. M. - KOSMALA, I. - VAN VUUREN, A. M. 1993. Intestinal digestibility in dairy cows of protein from grass and clover measured with mobile nylon bags and other methods. *Journal of Dairy Science*, Vol. 76, s. 2970 - 2981.

ZDUNCZYK, Z. - MINAKOWSKI, D. - FREJNAGE, L. S. - FLIS, M. 1999. Comparative study of the chemical composition and nutritional value of pumpkin seed cake, soybean meal and casein. *Nahrung* 43, s. 392 - 395.

Kontaktné údaje: Ing. Zuzana Mlyneková, PhD., NPPC - VÚŽV Nitra, Hlohovecká 2, 951 41 Lužianky, zuzana.mlynekova@nppc.sk

AKTUÁLNA SITUÁCIA V CHOVE A SPRACOVANÍ HYDINY V SR
Current situation in poultry breeding and processing in the SR

Daniel MOLNÁR
Únia hydinárov Slovenska, Slovak Republic

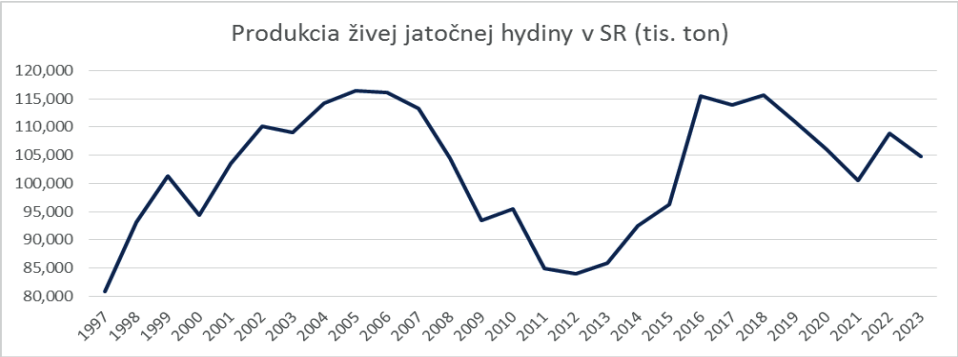
Od roku 2018 produkcia živej hydiny v SR zaznamenávala medziročné poklesy. Po miernom raste v roku 2022, v minulom roku bol zaznamenaný ďalší pokles produkcie v chove hydiny o 3,72 %, o 4 048 ton živej jatočnej hmotnosti. Produkcia živej jatočnej hydiny v roku 2023 bola podľa ŠÚ SR na úrovni 104 770 ton. V roku 2015 prišlo k zastaveniu úpadku produkcie hydinového mäsa v SR a od tohto roku produkcia hydinového mäsa v SR postupne mierne rástla a v posledných 3 rokoch sa drží na približne rovnakej úrovni. V roku 2023 sa na hydinových bitúnkoch v SR vyprodukovalo 77 356 ton hydinového mäsa, čo predstavuje mierny medziročný pokles o 0,02 % - o 16 ton. K poslednému dňu roka 2023 sa podľa ŠÚ SR na farmách v SR nachádzalo 2 098 185 kusov nosníc. V roku 2023 sa v SR vrátane samozásobenia podľa nášho prepočtu vyprodukovalo 937,6 miliónov ks konzumných slepačích vajec, čo predstavuje pokles o 6,7 % (67,1 miliónov kusov) oproti roku 2022. V intenzívnych chovoch na farmách sa vyprodukovalo 591,588 miliónov ks konzumných vajec, čo predstavuje oproti minulému roku pokles o 10,2 %.

Kľúčové slová: hydinové mäso, konzumné vajcia, produkcia, spotreba, sebestačnosť

1 Úvod

1.1 Produkcia živej jatočnej hydiny v SR

V období rokov 2005 až 2012 sme v sektore chovu zaznamenali postupný pokles produkcie živej hydiny v SR až o 28 %. Od roku 2013 sme zaznamenávali postupný rast produkcie živej jatočnej hydiny až na úroveň 115 610 ton, ktorú chov hydiny v SR dosiahol v roku 2018. Od roku 2018 opätovne produkcia živej hydiny v SR zaznamenávala medziročné poklesy. Po miernom raste v roku 2022, v minulom roku bol zaznamenaný ďalší pokles produkcie v chove hydiny o 3,72 %, o 4 048 ton živej jatočnej hmotnosti. Produkcia živej jatočnej hydiny v roku 2023 bola podľa ŠÚ SR na úrovni 104 770 ton (Graf 1).

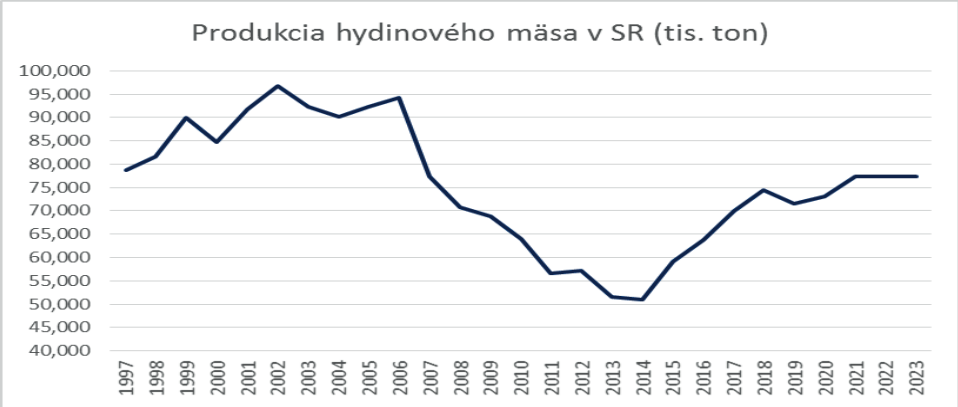


Graf 1 Produkcia živej jatočnej hydiny v SR / Production of live slaughter poultry in Slovakia

V SR sa v roku 2023 vychovalo 98 964 ton kurčiat (medziročný pokles o 4,3 %, čo predstavuje 4 425 ton), 1 962 ton sliepok (medziročný pokles o 359 ton - o 15,5 %), 3 618 ton moriek (medziročný nárast o 787 ton – o 27,8 %) a 226 ton kačíc (medziročný pokles

o 16,8 % - o 46 ton). Na produkcii živej hydiny v SR má produkcia brojlerových kurčiat podiel 94,5 %, produkcia sliepok 1,9 %, produkcia moriek 3,5 % a produkcia kačíc 0,2 %.

1.2 Produkcia hydinového mäsa v SR

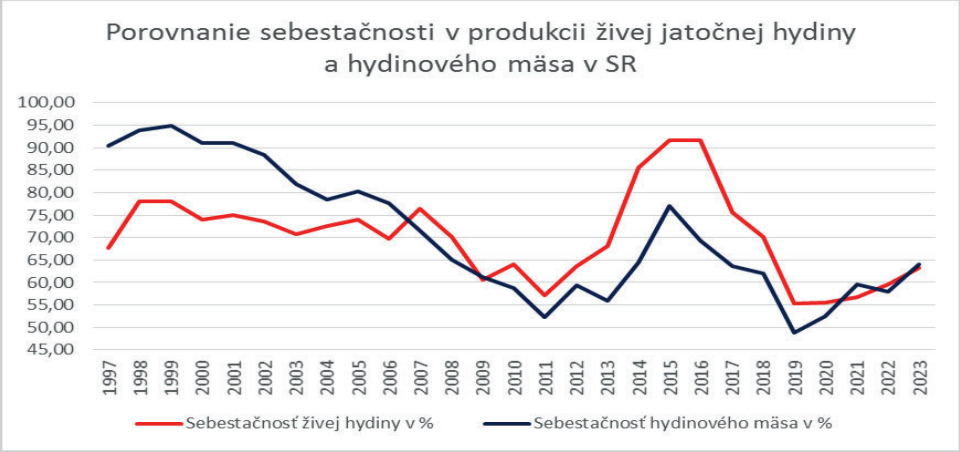


Graf 2 Produkcia hydinového mäsa v SR / Production of poultry meat in Slovakia

Produkcia hydinového mäsa na slovenských bitúnkoch zaznamenala v období rokov 2006 až 2014 postupný pokles až o 46 % (Graf 2). Objem produkcie hydinového mäsa poklesol v tomto období o 43 323 ton. V roku 2015 prišlo k zastaveniu úpadku odvetvia a od tohto roku produkcia hydinového mäsa v SR postupne mierne rástla a v posledných 3 rokoch sa drží na približne rovnakej úrovni. V roku 2023 sa na hydinových bitúnkoch v SR vyprodukovalo 77 356 ton hydinového mäsa, čo predstavuje mierny medziročný pokles o 0,02 % (o 16 ton).

Na hydinových bitúnkoch v SR sa v roku 2023 zabilo 44,795 miliónov ks kurčiat, z ktorých sa vyrobilo 75 214 ton kuracieho mäsa (97,2 % z celkovej produkcie mäsa), z 225 957 kusov moriek 2 058 ton morčacieho mäsa (2,7 %), zo 49 117 kusov sliepok 52 ton slepačieho mäsa (0,07 %) a zo 14 299 kusov kačíc 33 ton kačacieho mäsa (0,04 %). Na hydinových prevádzkach sa vyrobilo počas minulého roku 19 931 ton hydinových mäsových výrobkov, čo predstavuje medziročný nárast o 3 615 ton. Z vyprodukovaného kuracieho mäsa bolo 28 113 ton vyrobených pre privátne značky obchodných reťazcov, z toho bolo 7 221 ton celých kurčiat a 20 891 ton kuracích dielov. Medziročne prišlo k nárastu produkcie pre privátne značky o 17% - o 4 049 ton. Z kuracích dielov bolo 11 694 ton kuracích rezňov, 5 258 ton kuracích stehien a 1 218 ton kuracích krídel.

Na 1 obyvateľa sme vyprodukovali 14,21 kg hydinového mäsa, čo nás aj naďalej zaraďuje na posledné priečky v rámci EÚ. Po poklese spotreby hydinového mäsa počas pandémie v rokoch 2020 a 2021, bol v roku 2022 zaznamenaný opätovný rast spotreby hydinového mäsa. V roku 2023 nastal opätovný pokles spotreby hydinového mäsa z 24,5 kg na úroveň 22,2 kg.

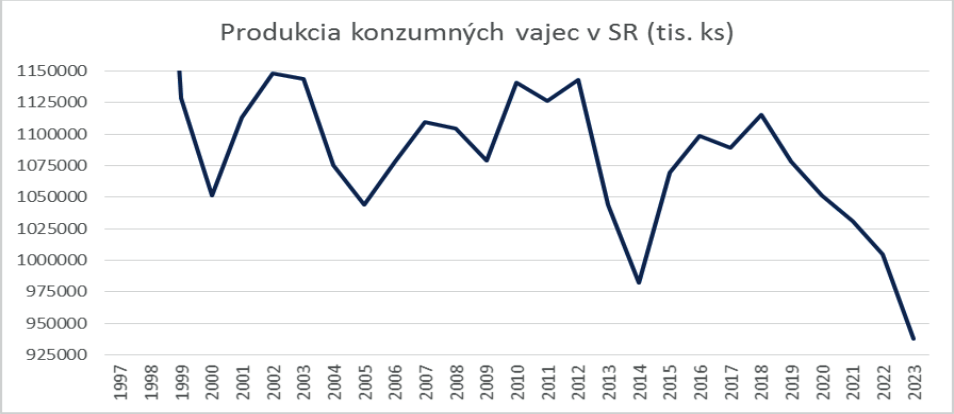


Graf 3 Porovnanie sebestačnosti v produkcii živej jatočnej hydiny a hydinového mäsa v SR / Comparison of self-sufficiency in the production of live slaughter poultry and poultry meat in Slovakia

Sebestačnosť v produkcii živej jatočnej hydiny sa v rokoch 2015 a 2016 dostala nad úroveň 90 %. Najvyššiu hodnotu sme zaznamenali v roku 2016 na úrovni 91,7 %. Od roku 2017 z dôvodu výrazného nárastu spotreby hydinového mäsa ako aj postupného poklesu produkcie živej jatočnej hydiny sebestačnosť neustále klesala. V roku 2023 sme zaznamenali z dôvodu poklesu spotreby hydinového mäsa medziročný rast sebestačnosti SR v produkcii živej jatočnej hydiny zo 59,6 % na 63,3 %.

Pred rokom 2000 bolo Slovensko v produkcii hydinového mäsa sebestačné. Sebestačnosť Slovenska v produkcii hydinového mäsa je za rok 2023 na úrovni 64,0 %. Tento údaj výrazne zaostáva za priemerom ostatných krajín EÚ (Graf 3).

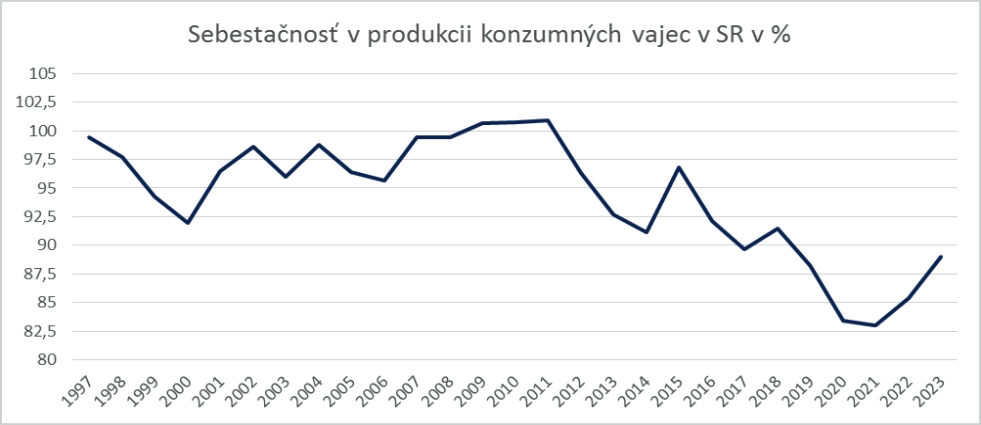
1.3 Produkcia konzumných vajec v SR



Graf 4 Produkcia konzumných vajec / Production of market eggs

V roku 2023 sa v SR vrátane samozásobenia podľa nášho prepočtu vyprodukovalo 937,6 miliónov ks konzumných slepačích vajec (Graf 4). V intenzívnych chovoch na farmách sa vyprodukovalo 591,588 miliónov ks konzumných vajec. Do zahraničia bolo vyvezených 18,372 miliónov kusov (3,1 %). Vajcia z klietkových chovov predstavovali 75,2 %, vajcia

z podstielkových chovov 19,1 %, vajcia z voľných výbehov a ekologických chovov 5,7 %. V roku 2023 sa predalo 90,342 miliónov kusov konzumných vajec označených pod privátnymi značkami obchodných reťazcov, z toho bolo 60,75 % vajec zo SR.



Graf 5 Sebestačnosť v produkcii konzumných vajec v SR / Self-sufficiency in the production of market eggs in Slovakia

Sebestačnosť v produkcii konzumných vajec sa v SR dlhodobo pohybovala v rozmedzí 90 – 100 %, čo bola najvyššia hodnota spomedzi všetkých živočíšnych komodít (Graf 5). Z dôvodu zvýšenia spotreby vajec, zníženia počtu nosníc z dôvodu rekonštrukcií klietkových chovov na alternatívne, ako aj poklesu produkcie vajec sa v posledných rokoch sebestačnosť v produkcii vajec znížila z 97 % na 83 %. V posledných dvoch rokoch však z dôvodu veľkého poklesu spotreby z 224 kusov na 191,5 kusov, vzrástla sebestačnosť na 89,0 %.

Záver

Situácia na Slovensku v chove a spracovaní hydiny je dlhodobo nepriaznivá a aj počas roku 2024 neprichádza k výraznému zlepšeniu. Vysoké výrobné náklady, neustály tlak na pokles odbytových cien, nárast dovozu hydinového mäsa, absencia systémovej finančnej podpory sektora, nedostatočné riešenie existujúcich problémov, nedostatočná prezentácia slovenských potravín, rozhodnutie zahraničných obchodných reťazcov o ukončení predaja slovenských vajec z klietkových chovov od roku 2025, nevyhnutnosť vyčlenenia finančných prostriedkov na rekonštrukcie klietkových chovov nosníc na iné systémy chovu sa aj v roku 2024 podieľajú na nepriaznivom vývoji sektora.

Použitá literatúra

https://www.uniahydinarov.sk
https://slovenskahydina.sk
https://slovak.statistics.sk

Kontaktné údaje: Ing. Mgr. Daniel Molnár, Únia hydinárov Slovenska, Krížna 52, 821 08 Bratislava, molnar.unihyd@azet.sk

HODNOTENIE PODIELU CHUDEJ SVALOVINY A HRÚBKY SLANINY NA ŽIVÝCH OŠÍPANÝCH
Evaluation of lean meat content and backfat thickness in live pigs

Daniel RAJČOK, Ivan IMRICH
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav chovu zvierat, Slovensko

Skúšky vlastnej úžitkovosti poskytujú chovateľovi informácie o úžitkových vlastnostiach mladých ošípaných pred ich zaradením do plemenitby. V súčasnej dobe sa na Slovensku pri hodnotení vlastnej úžitkovosti ošípaných stále používa aparatívna technika, ktorá bola zavedená do prevádzky začiatkom deväťdesiatych rokov minulého storočia. Používa sa ultrazvukový prístroj Piglog 105, ktorý slúži na meranie hrúbky chrbtovej slaniny a výpočet percentuálneho podielu chudého mäsa prostredníctvom merania hrúbky svalstva bedier na konkrétnych miestach na zvierati. Táto technika je už technicky zastaraná, robustná a jej servis je čoraz náročnejší.. Z tohto hľadiska je nevyhnutné naliehavo modernizovať proces hodnotenia úžitkovosti ošípaných modernou ultrasonografickou technikou s možnosťou vizualizácie hodnotených tkanív.

Kľúčové slová: ošípané, ultrasonografia, vlastná úžitkovosť

1 Úvod a prehľad literatúry

Bravčové mäso predstavuje takmer 40 % celosvetovej produkcie a spotreby mäsa (OACD/FAO, 2021). Je bohatým zdrojom kompletných bielkovín a obsahuje významné množstvo ľahko stráviteľného železa, zinku, selénu, medi a vitamínov zo skupiny B, ako aj bioaktívnych zlúčenín (Kasprzyk et al., 2015, Milczarek et al., 2019, Kasprzyk et al., 2020). Pod pojmom hodnotenie kvality jatočného tela ošípanej sa rozumie odhad podielu chudého svalstva. Je dôležité si uvedomiť, že tento termín nesmie byť zamieňaný s pojmom kvalita mäsa (Demo et.al., 2023). Ultrazvukové metódy sú široko používané na predpovedanie obsahu tuku a svaloviny u ošípaných. Ultrazvukové techniky sú aplikovateľné na živé ošípané aj na jatočné telá a poskytujú základy pre jednotný systém klasifikácie ošípaných pred a po porážke (Gresham, 2000, Youssao et al., 2002). V Európskej únii a v Kanade sa zvyčajne odhaduje obsah chudého mäsa na základe meraní hrúbky chrbtového tuku, hĺbky a niekedy aj plochy chrbtového svalu (Daumas et al., 1998, Pomar et al., 2001). Miles a Fursey (1974) ako prví použili sonografický prístroj na hodnotenie kvality jatočného tela. Hodnotenie kvality jatočného tela sa zameriava na zistenie celkového obsahu chudého mäsa (LMC) a podkožného tuku.

2 Kontrola úžitkovosti

Kontrola úžitkovosti v chove ošípaných je kontinuálnym procesom zhromažďovania dôležitých informácií o jednotlivých kategóriách ošípaných v chovoch. Tieto informácie sú následne spracované s cieľom identifikovať najkvalitnejší plemenný materiál pre ďalší šľachtiteľský proces (PSSR, 2009). Pri kontrole úžitkovosti je dôležité objektívne zisťovať reprodukčnú úžitkovosť, vlastnú úžitkovosť, výkrmnosť, jatočnú hodnotu a ukazovatele kvality mäsa u plemenných ošípaných. Získané údaje sa zaznamenávajú do plemennej knihy a slúžia ako základ pre stanovenie úžitkovosti ošípaných (Kicová, 2010).

2.1 Skúšky vlastnej úžitkovosti

Šľachtiteľské chovy zohrávajú dôležitú úlohu v procese chovu a zdokonaľovania genetických vlastností ošípaných. Sú nevyhnutným základom pre produkciu plemenných kancov, ktoré sú

kľúčové pre zlepšovanie plemenných línií. Na druhej strane, rozmnožovacie chovy majú hlavnú úlohu v produkcii plemenných prasníc, ktoré slúžia na reprodukciu a zachovanie kvalitných genetických vlastností. Hlavným spôsobom zabezpečenia účinnosti je selekcia v šľachtiteľských chovoch prostredníctvom kontroly úžitkovosti, pri ktorej sa využívajú predovšetkým testy reprodukcie u materských plemien a testy vlastnej úžitkovosti (Kováč a Bučko, 2009).

Skúšky vlastnej úžitkovosti poskytujú informácie o úrovni úžitkových vlastností mladých ošípaných pred ich zaradením do plemenitby. Tieto skúšky sa realizujú pomocou prístrojovej techniky PIGLOG 105 cestou farmových skúšok v šľachtiteľských a rozmnožovacích chovoch, alebo individuálnymi a skupinovými skúškami kancov (Ryba a Lojda, 2010).

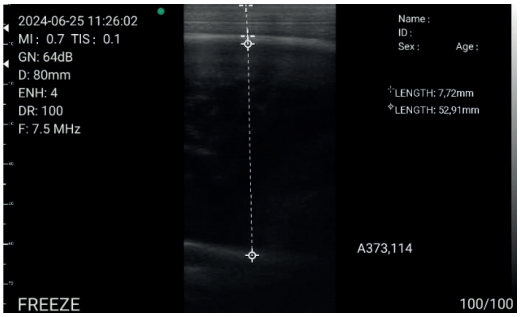
Hodnotenie úžitkovosti sa sústreďuje na určenie denných prírastkov a obsahu mäsa, pričom tieto parametre sa odhadujú prostredníctvom regresných rovníc založených na ultrazvukových meraniach hrúbky chrbtovej slaniny a výšky najdlhšieho chrbtového svalu (Szyndler-Nedza et.al., 2016). Pre hodnotenie vývoja a úžitkového typu každého zvieraťa sa vypočítava priemerný denný prírastok živej hmotnosti v gramoch od narodenia po deň ultrazvukového merania a taktiež sa zaznamenáva priemerná hrúbka slaniny pri meraní a vážení (Kováč, 1998).

2.2 Piglog 105

Prístroj Piglog 105 je ultrazvukové zariadenie (Youssao et.al.,2002). Prístroj bol navrhnutý na meranie živých ošípaných, ako aj na odhad obsahu chudého mäsa (FRONTMATEC). Podiel celkovej svaloviny sa odhaduje na základe meraní v bodoch ktoré ležia 7 cm od stredu chrbtovej línie vľavo (ŠPÚ SR, 2001). Používanie ultrazvukových prístrojov vo svete aj u nás vyvolalo zmeny v systéme hodnotenia úžitkovosti ošípaných čo následne viedlo k úpravám metód odhadu plemenných hodnôt zvierat (Kernerová et.al., 2006).

2.3 *Ultrasonografia*

Ultrasonografia je bezpečná, minimálne invazívna, jednoduchá, rýchla, ľahko interpretovateľná a menej nákladná v porovnaní s inými technológiami ako magnetická rezonancia, alebo počítačová tomografia (Lock et al., 2011). Technologický pokrok v tejto oblasti bol v posledných rokoch veľmi rýchly a ku konvenčným a dobre známym ultrazvukovým metodológiám, ako je ultrasonografia v a ultrasonografia založená na Dopplerovi, pridal niekoľko pokročilých techník, ako je ultrasonografia so zvýšeným kontrastom (CEUS) a ultrazvuková elastografia (UEI) (Mantziaras – Luvoni, 2020). Ultrasonografia (USG) sa pri zvieratách využíva na vizualizáciu morfologických abnormalít v dutinách, tkanive a mliečnej žľaze, ale taktiež aj pri gravidite (Amin et al.,2017).



Obrázok 1 Meranie hrúbky chrbtového svalu a hrúbky slaniny s vizualizáciou hodnotených tkanív / Measurement of longissimus muscle thickness and backfat thickness with visualization of evaluated tissues.

Ultrasonografia je diagnostická metóda, ktorá umožňuje detekciu a záznam energie odrazenej od rôznych rozhraní v tele po zasiahnutí zvukovým lúčom. Tento jav umožňuje

vytvárať dvojrozmerné obrazy s vysokým rozlíšením v odtieňoch šedej farby (obrázok 1). Ide o jedinú zobrazovaciu metódu schopnú dosiahnuť vysoké priestorové rozlíšenie v rozsahu 0,5 až 1,0 mm, čo umožňuje presné zobrazenie povrchových štruktúr, ako je napríklad koža (Whittle a Baldassare, 2004). S rozvojom softvéru sa zvýšila schopnosť manipulovať a spracovávať údaje, čo umožnilo získavať viac informácií z každého vyšetrenia (King, 2006).

3 Záver

Chov ošípaných na Slovensku ale aj vo svete stále napreduje a technologický pokrok je viditeľný ako v technológiach chovu, tak taktiež aj v hodnotení vlastnej úžitkovosti. Hodnotenie vlastnej úžitkovosti ošípaných pomocou ultrazvukového prístroja Piglog 105 dosiahlo svoje technologické maximum. Tento prístroj bol základom pre vykonávanie skúšok vlastnej úžitkovosti v minulosti. Pri modernizácii týchto skúšok sa dostávajú do popredia modernejšie ultrasonografické prístroje, ktoré sú rýchlejšie a presnejšie a taktiež kompatibilné s mobilným telefónom alebo tabletom. Táto modernizácia nielenže zlepší a urýchli proces merania hrúbky chrbtového svalu a chrbtovej slaniny, ale poskytne aj vizuálny pohľad počas merania.

Poďakovanie

Táto práca bola podporená projektom 06-GA-SPU-2024.

Použitá literatúra

AMIN, N. R.- PATIL, D. B. -KELAWALA, D. N. - PARIKH, P. V. - MER, D. R. - GAMETI, K. S., - GOHIL, K. M. 2017. Ultrasonography of udder and teat in dairy animals. In *Ruminant Science*, 6(1), 173-177.

DEMO, P. - TOMKA, J. - GONDEKOVÁ, M. - SALAGOVÁ, Z. 2023. Klasifikácia a hodnotenie kvality jatočného tela ošípaných budú objektívnejšie. In *Slovenský chov* XXVIII. https://agroporadenstvo.sk/zivocisna-vyroba-osipane?article=2984

FRONTMATEC. Piglog 105. [online]. Dostupné na https://www.frontmatec.com/en/other/instruments/livestock-measuring/piglog-105

GRESHAM, J. D. 1998. Study guide. In: Real-Time ultrasound training conference. Bovine applications. University of Tennessee at Martin.

KASPRZYK, A. - BOGUCKA, J. 2020. Meat quality of Pulawska breed pigs and image of longissimus lumborum muscle microstructure compared to commercial DanBred and Naima hybrids. In *Arch. Anim*. Breed, 63, 293–301. https://doi.org/10.5194/aab-63-293-2020

KASPRZYK, A. - TYRA, M. - BABICZ, M. 2015. Fatty acid profile of pork from a local and a commercial breed. In *Arch. Anim. Breed*, 58, 379–385. https://doi.org/10.5194/aab-58-379-2015

KERNEROVÁ, N. - VACLAVOVSKY, J. - MATOUSEK, V. - HANYKOVÁ, Z. 2006. The use of performance test parameters for selection of gilts before their placement into breeding. In Czech Journal of Animal Science, 51(6), 253. https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/cjs/2006/06/05.pdf

KICOVÁ - V.. 2010. Charakteristika vývoja CPH u prasníc materských plemien ošípaných. Diplomová práca. SPU Nitra. http://crzp.uniag.sk/Prace/2010/K/0C8B6701E6604D6AAF85B48F3415B5A9.pdf

KING, A.M. 2006. Development, advances and applications of diagnostic ultrasound in animals.. In The veterinary journal. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.10.014

KOVÁČ, Ľ. - BUČKO, O., 2009. Manažment chovu ošípaných, SPU Nitra, 2009. s 69-85.

KOVÁČ, Ľ.. 1998. Chov ošípaných, 1998 Devos – Pinus, 181s., ISBN 80 – 968016-7-8

LOCK, G. - SCHMIDT, C.- HELMICH, F. - STOLLE, E. - DIECKMANN, K.-P. 2011. Early Experience with Contrast-Enhanced Ultrasound in the Diagnosis of Testicular Masses: A Feasibility Study. Urology , 77, 1049–1053. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed] https://doi.org/10.1016/j.urology.2010.12.035

MANTZIARAS, G. L.- Gaia C. 2020 Advanced ultrasound techniques in small animal reproduction imaging. Reproduction in Domestic Animals, 2020, 55: 17-25.] https://doi.org/10.1111/rda.13587

MILCZAREK, A.- OSEK, M.- BANASZKIEWICZ, T. 2019. Chemical composition of meat from the Pulawska breed pigs, depending on their slaughter weight. J. Elem. 24, 639–648.

MILES C.A.- FURSEY G.A.J. 1997. A note on the velocity of ultrasound in living tissue. Anim. Prod., 18, 93–96. https://doi.org/10.1017/S000335610001730X

MILCZAREK, A.- OSEK, M.- BANASZKIEWICZ, T. 2019. Chemical composition of meat from the Pulawska breed pigs, depending on their slaughter weight. *J. Elem. 24*, 639–648.

PSSR - Plemenárske služby Slovenskej republiky, š.p. .2009. Zásady automatizovaného spracovania dát z chovu ošípaných. Užívateľská príručka.

RYBA. Š.- LOJDA, V., 2010. Zhodnotenie výsledkov v kontrole úžitkovosti ošípaných za rok 2009. In: Slovenský chov. Roč. XV., 2010. č. 4, s. 28-29 http://crzp.uniag.sk/Prace/2011/K/428E600555364E6C8FBCC4CE225E83CC.pdf

SZYNDLER-NĘDZA, M.- ECKERT, R. - BLICHARSKI, T. 2016. Estimation of meat content in the carcasses of young pigs based on performance testing of live animals and carcass evaluation. In Anim. Sci, 16.1: 275-286. https://sciendo.com/article/10.1515/aoas-2015-0069

ŠPÚSR - Štátny plemenárky ústav Slovenskej Republiky, 2001. Metodické pokyny pre kontrolu úžitkovosti ošípaných.

WHITTLE, C. - BALDASSARE, G. Ultrasonografia de piel y anexos. Revista chilena de radiología, 2004, 10.2: 81-88. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-93082004000200007&script=sci_arttext&tlng=en

YOUSSAO, A. K. I.- LEROY, P. L. 2002. Evaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc. In: Annales de médecine vétérinaire. ANNALES DE MEDECINE VETERINAIRES, p. 19-30. http://www.facmv.ulg.ac.be/amv/articles/2002_146_1_03.pdf

YOUSSAO, I. A. K.- VERLRYEN, V.- MICHAUX, C.- LEROY, P.L .2002. A comparison of the Fat Lean Meter (CGM), the ultrasonic device Pie Medical 200 and the Piglog 105 for estimation of the lean meat proportion in Piétrain carcasses. In Livestock Production Science, 78.2: 107-114. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00095-7

Kontaktné údaje: Ivan Imrich, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav chovu zvierat, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko, e-mail: ivan.imrich@uniag.sk;
Daniel Rajčok, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav chovu zvierat, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko, e-mail: xrajcok@uniag.sk

TRENDY VO VÝŽIVE FARMOVEJ RATICOVEJ ZVERI
Trends in nutrition of cloven hoofed game on farms

Matúš RAJSKÝ, Zuzana MLYNEKOVÁ, Zuzana FORMELOVÁ
Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav živočíšnej výroby Nitra, Slovenská republika

„Zdravá výživa – zdravé zviera - zdravé potraviny živočíšneho pôvodu“ platí všeobecne v živočíšnej výrobe a keďže za posledné dve decéniá vzrástol počet fariem s raticovou zverou z niekoľkých desiatok na niekoľko stoviek, venovali sme výskumu výživy a transferu poznatkov pozornosť úmernú požiadavkám chovateľov. Trendy vo výžive sa postupne menili. Prvotné chyby súviseli s nedostatkom relevantnej literatúry, s preberaním návodov kŕmenia od iných druhov, prípadne s aplikáciou postupov poľovníckeho prikrmovania. Od sena nízkej kvality, siláží po sekundárnej fermentácii, obilia a repy predkladaného v hromadách sa prechádza na kvalitné lúčne, lucernové a ďatelinové seno farby blížiacej sa pôvodnému porastu, trávne a lucernové siláže s príjemnou vôňou, vhodne kombinované v denných kŕmnych dávkach s jadrovými a minerálnymi krmivami, alebo vybilancovanými kŕmnymi zmesami a v prípadoch intenzívnych fariem aj k využitiu ošetrených krmív so zníženou bachorovou degradovateľnosťou používaných aj vo výžive dojníc.

Kľúčové slová: výživa, kŕmenie, výskum, prax, zver

1 Úvod a prehľad literatúry

Farmová zver? Podľa novely zákona o veterinárnej starostlivosti 184/2018 Z. z. patrí zver vo farme medzi hospodárske zvieratá. Keďže počet fariem raticovej zveri na Slovensku v roku 2018 dosiahol 540 a v roku 2024 až 770, je potrebné aj výžive raticovej zveri na farmách ako súčasti živočíšnej výroby venovať pozornosť. Z hľadiska geografickej distribúcie sú prevádzkarne lokalizované najmä v krajoch NR 22 %, BB 20 % a TT 14 % (spracované podľa registra farmových chovov zveri ŠVPS SR). Prevádzkovateľ farmy je podľa Vyhl. 178/2012 MPRV SR o identifikácii, registrácii a podmienkach farmového chovu zveri povinný viesť evidenciu o počtoch zveri. No keďže údaje nie sú sumarizované, nemáme k dispozícii celoslovenské údaje. Bolo by vhodné dopracovať tento systém, ktorý je v súčasnosti realizovaný spravidla iba na úrovni farmy (Rajský a kol. 2023). Podľa Pokorádiho (2022) Asociácia chovateľov jeleňovitých na Slovensku získala údaje o 11 345 jedincoch farmovej zveri v roku 2020 prostredníctvom interných informácií od farmárov.

Výživa? Tak ako v živočíšnej výrobe všeobecne, aj u zveri platí „zdravá výživa - zdravé zviera - zdravé potraviny“. Zo záverov zasadnutia Komoditnej rady MPRV SR pre zverinu v roku 2022 vyplynula potreba zvýšiť dodávky zveriny spracovateľským podnikom a aj touto cestou zvýšiť konzumáciu. Podľa Štatistického úradu SR bola spotreba zveriny v roku 2021 na 1 obyvateľa 1,2 kg, čo predstavuje v rámci celkovej spotreby mäsa 1,7 %. Trendy vo výžive a kŕmení sa postupne menili, pred 20 rokmi, keď došlo k rozmachu fariem, bolo potrebné: a) naformulovať výživové potreby, b) porozumieť fyziológii trávenia, c) navrhnúť postupy vo výžive, kŕmne zmesi, kŕmne dávky, d) zabezpečiť transfer poznatkov do praxe, e) spolupracovať s praxou. Chyby súviseli s nedostatkom relevantnej literatúry, neraz s preberaním návodov kŕmenia od iných druhov a aplikáciou postupov poľovníckeho prikrmovania do farmových chovov. Cieľom príspevku je stručný prehľad vybraných výstupov výskumu výživy raticovej zveri na VÚŽV Nitra.

2 Materiál a metódy

Za účelom výskumu a pomoci praxi bolo v roku 1999 vytvorené Medzinárodné pracovisko výživy a ekológie zveri ako spoločná experimentálna základňa VÚŽV Nitra a Stredoeurópskeho inštitútu ekológie zveri Viedeň. Výskum sa realizoval v laboratórnych podmienkach a tiež vo farmách a poľovných revíroch. Výskum výživy zveri bol realizovaný aj v rámci Laboratória fyziológie výživy prežúvavcov a Laboratória analytiky krmív a biologických materiálov VÚŽV Nitra. Základný a aplikovaný výskum sa realizoval v prvých rokoch prostredníctvom kanylovaných jeleňov, neskôr kŕmnych a bilančných pokusov. Pracovisko na VÚŽV Nitra bolo unikátnym v európskom priestore a z uvedeného dôvodu si objednávali zahraniční producenti krmív testovanie svojich produktov. V súčasnosti sa výskum a aplikácie realizujú v spolupráci s farmami a poľovnými revírmi.

3 Výsledky a diskusia

Trendy vo výžive raticovej zveri sú ovplyvňované výskumom, transferom poznatkov, záujmom a možnosťami chovateľa, chovateľským cieľom, regionálnou dostupnosťou krmív atď. V prvých rokoch činnosti pracoviska boli využité odborné skúsenosti s kanyláciou dobytka a bachorové kanyly boli aplikované aj u jeleňov. Cieľom bolo napr. preskúmať vplyv narušenia pastevných cyklov a kvality potravy na biochemické procesy v bachore. Pochopenie vplyvu týchto mechanizmov výživy a welfare prispelo k zlepšeniu zdravia a kvality zveri. V súčasnosti v Laboratóriu fyziológie výživy prežúvavcov využívame modelové prežúvavce - kanylovaný hovädzí dobytok (metódy in sacco *a* mobile bag). Duodenálna kanyla na stanovenie črevnej stráviteľnosti u prežúvavcov NPPC-VÚŽV Nitra bola v roku 2023 zapísaná Úradom Európskej únie pre duševné vlastníctvo ako Registrovaný dizajn Spoločenstva (Rajský a kol. 2024). Na kanylovaných kravách testujeme využiteľnosť všetkých kategórií krmív vyrábaných pre hovädzí dobytok, ovce, kozy, jelene, daniele a ďalšie prežúvavce. Táto výskumná technika zabezpečuje dlhovekosť kanylovaných zvierat a to 15 a viac rokov, čím aj opakované použitie vo viacerých projektoch vrátane služieb výrobcom krmív. Medzi nové trendy vo výžive raticovej zveri s intenzívnym chovom patrí používanie ošetrených krmív s cielene zníženou bachorovou degradovateľnosťou živín a ich by-pasom do tenkého čreva, kde sú lepšie využité zvieraťom.

V praxi sa mylne tradovalo, že jeleň konzumuje potravu 5 krát denne. Z našich sledovaní vyplynulo, že priemerný počet cyklov príjmu potravy je 10-11 za 24 hodín. Jeleň potrebuje až 48,6 % času na príjem potravy a prežúvanie. Potvrdilo to význam eliminácie rušivých faktorov na kvalitu produkcie, ako aj význam selekcie nielen na telesné parametre ale aj na povahu, sklony plašiť čriedu.

Medzi negatívne trendy, ktoré je zároveň komplikované eliminovať je nízka kvalita sena a siláže. Seno vyrobené pre účely kŕmenia hovädzieho dobytka nie je spravidla vhodné pre raticovú zver. Opätovne narážame na chyby či už pri starostlivosti o kosené lúky alebo pri zbere a sušení, resp. silážovaní fytomasy lúk. Napr. pri nedávnom poradenstve sa nám do rúk dostalo naozaj slabé seno. Trávny porast bol opakovane kosený až po odkvitnutí a vysemenení tráv. Hospodár sa domnieval, že ak sa mu trávy nevysemenia, tak bude mať následne slabý porast a slabú úrodu. Z analýz realizovaných v priebehu 20 rokov vyplynulo, že chovatelia predkladajú zveri spravidla priemerné až podpriemerné krmivá. Nájdu sa aj výnimky, ale je ich menej. Stretli sme sa s rôznymi zdôvodneniami, pritom jedno z „najbrilantnejších“ bolo, že „kosiť lúku pred odkvitnutím je akoby ste odtrhli nezrelú jahodu“. Vzorky bývali neraz plesnivé. Je kontraproduktívne tvrdenie, že „zver si z toho ešte niečo vyberie“. Vychádza to z trendov nesprávneho poľovníckeho prikrmovania, keď sa voľne žijúcej zveri predkladali dostupné krmivá bez ohľadu na ich kvalitu. Zveri v prírode však týmto nevznikal zásadný problém, lebo nekvalitné menej atraktívne krmivá konzumovala iba minimálne alebo nekonzumovala vôbec a svoje potreby pokrývala biomasou lesných drevín a agrárnych kultúr, keďže v kultúrnej krajine Slovenska má zver bohatý výber výživnej potravy. Diametrálne odlišnej situácii je vystavená farmová zver „za plotom“, ktorá nemôže za zdrojmi potravy migrovať a odkázaná je iba na to, čo jej poskytne farmár.

Kontraproduktívne výroky, že jeleňom môžete dať hocičo lebo strávia aj drevo, vyplývali z nedostatku informácií a ľahkovážnemu prístupu k zveri v prírode. Treba si uvedomiť, že jelenia, srnčia a ďalšia raticová zver si v prírode vyberá na základe zmyslov atraktívnu potravu s vysokou výživnou hodnotou. Stráviteľnosť organických látok kvalitného sena sme stanovili na úrovni 70 %, zatiaľ čo u nekvalitného sena to bolo 40 %. Denný príjem kvalitného sena jeleňmi je o 30 % vyšší ako u nekvalitného sena. V prípade ak je k dispozícii iná atraktívna potrava, ako napr. ohryz mladých častí drevín, jelene úplne prestanú konzumovať seno nízkej kvality. Pri trávnej siláži s priemernou kvalitou sme stanovili stráviteľnosť organickej hmoty 61,5 %. Významný štatistický rozdiel bol v stráviteľnosti trávnej siláži po 14 dňoch státia na vzduchu 40 %.

Nejasnosti sa týkali sezónnych zmien v trávení, využiteľnosti energeticky bohatých krmív, potreby mechanickej úpravy zrna atď. Transfer poznatkov má význam, vzhľadom na to, že niektorí autori v odbornej literatúre ešte aj v ostatných rokoch publikovali nepresnosti, ako napr. že k v zime dochádza k zníženej schopnosti využívať obilie, v dôsledku zmeny dĺžky denného svetla. Vo viacerých experimentoch sme stanovili, že trávenie prežúvavej zveri sa v prvom rade prispôsobuje obsahu prijímaných živín a nie ročnému obdobiu alebo dĺžke dňa. Morfológia papíl a namnoženie alebo naopak redukcia jednotlivých druhov mikroorganizmov sú primárne reakciou na prijímanú skladbu živín. V bilančných pokusoch na VÚŽV Nitra sme zistili vysokú stráviteľnosť - zmesí obilnín a koncentrátov aj v zimnom období. Stráviteľnosť organickej hmoty bola v priemere 75 % počas zimného aj letného obdobia. Podobne výsledky testovania siláží z cukrovarských repných rezkov ukázali, že stráviteľnosť bola v lete aj v zime zhodne 83 – 84 %.

Pozornosť sme ďalej venovali otázke potreby mechanickej úpravy obilia. Je známe, že v prípade hovädzieho dobytka je potrebné narušiť povrch obilného zrna, pretože väčšina zŕn následne prechádza tráviacim traktom do výkalov. Hovädzí dobytok väčšinu zŕn chrupom nenaruší, a to aj vzhľadom na veľkosť tohto druhu prežúvavca. Naopak srnčia zver, ktorá patrí k malým prežúvavcom - tam nie je potrebné upravovať zrná, pretože prechod celého zrna do výkalov podľa našich zistení tvoril 1 % a v prípade jelenej zveri pri väčších zrnách ako kukurica a ovos prešlo tráviacou sústavou menej 1 % a pri menších zrnách, ako je jačmeň a pšenica 10 – 11 %. U prežúvavej zveri neodporúčame preto šrotovanie obilia, aj vzhľadom na výskyt acidóz v praxi. Kŕmne zmesi s vyšším obsahom šrotovaného obilia sú použiteľné na farmách v prípade pravidelného každodenného predkladania vybilancovanej kŕmnej dávky.

Na základe kŕmnych a bilančných pokusov sme zostavili napr. publikáciu o výživových potrebách jeleňov (Rajský, M., Vodňanský, M., Slamečka, J., Jurčík, R., Rajský, D. 2015. Potreba živín pre jelene. NPPC-VÚŽV Nitra, ISBN 978-80-89162-62-8, 78 s.). Z nej vyberáme: u kategórie jelenčiat vo veku 195 dní pri priemernej hmotnosti 90 kg je potreba sušiny 2350 g, bielkovín 400 g, Ca 24 g, P 15 g. U dospelých jeleníc môžeme rozdeliť potrebu živín na dve hlavné obdobia s rozdielnou fyziologickou záťažou. V januári-marci je potreba živín znížená oproti (vs.) potrebe v lete počas laktácie a na jeseň. Potreba živín: sušina 2550 vs. 3450 g, bielkoviny 360 vs. 560 g, Ca 20 vs. 29 g, P 12 vs. 18 g. Samce majú podstatne väčšiu telesnú hmotnosť v lete pred rujou (275 kg) ako neskôr, počas ruje, keď prudko klesá, a to až o 30 % u hlavného jeleňa; s preukazne zníženým príjmom potravy a zvýšenou aktivitou. Denný príjem samcov v lete pri raste parožia vs. počas ruje: sušina 5010 vs. 1490 g, bielkoviny 830 vs. 202 g, Ca 54 vs. 16 g, P 31 vs. 9 g, celková metabolizovateľná energia 56 vs. 14 MJ. Následne sme vydali publikáciu o výživových potrebách srncov (Rajský, M., Vodňanský, M., Chrenková, M., Polačiková, M., Mlyneková, Z., Formelová, Z., Jurčík, R., Rajský, D. 2017. Potreba živín pre srnce a národná databáza krmív, NPPC – VÚŽV Nitra, ISBN 978-80-89162-66-6, 127 s.) v rámci, ktorej sme spracovali prehľad živinového zloženia nielen tradičných a netradičných krmív ale aj lesných drevín. Analytikou letorastov a terminálov drevín, ktoré zver konzumuje sa dospelo k hodnotným poznatkom o potrebách zveri. Napr. vo vegetačnom období sme stanovili najviac dusíkatých látok v sušine bazy 31,3 %, agáte 21 % a ostružine 20,6 %. Najviac tuku mal topoľ biely 4,3 %, minerálnych látok baza 10,8 % a svíb 10,6 %. Zistili sme preukazné korelácie medzi

živinami, napr. dreviny s nižším obsahom dusíkatých látok vynikajú na druhej strane buď obsahom tuku, alebo obsahom minerálnych látok.

Na trhu sa objavovali viaceré druhy doplnkových kŕmnych zmesí. Na základe požiadavky sme niektoré testovali. Zároveň sme vypracovali a do praxe zaviedli viaceré receptúry ako napr. pre zubry v Topoľčiankach, kde je výživa koordinovaná s NPPC-VÚŽV Nitra. V dôsledku zavedenia zubrej kŕmnej zmesi VÚŽV Nitra sa úmrtnosť mláďat znížila takmer na nulu, z pôvodnej úmrtnosti 30-50 %. Odchované mladé zubry môžu byť exportované do zahraničia. Jednu z ďalších navrhnutých a aplikovaných kompletných kŕmnych zmesí pre jelene (možné skrmovať monodiétne) s obsahom dendromasy, zapísal Úrad priemyselného vlastníctva SR do registra v roku 2023 ako úžitkový vzor.

4 Záver

Trendy vo výžive farmovej zveri ovplyvňovala úroveň dosiahnutých výsledkov výskumu, transfer poznatkov a zanietenosť chovateľov. Farmári boli v mnohých prípadoch aj poľovníkmi a aplikovali zaužívané poľovnícke spôsoby. Prinášalo to neraz výživové problémy a nedostatočnú kvalitu zveri. Môžeme konštatovať, že v mnohých farmách sa už prešlo od lúčneho sena a siláží otáznej výživnej a hygienickej kvality a nepravidelného kŕmenia na kvalitné krmivá a denný systém kŕmenia s cieľom poskytnúť zvieratám adekvátne spektrum živín. V časti fariem bude ešte potrebné zaviesť potrebné systémy výživy a kŕmenia, rotačného systému pastvy a technológií jatočného využitia až po výrobu vlastných produktov a predaj konečnému spotrebiteľovi, ináč neuspejú v konkurencii, resp. zostanú iba ako hobby chov. Ak sa farmár zamýšľa nad úrovňou výživy, resp. množstvom investovaných prostriedkov do výživy, mal by si stanoviť cieľ a jemu prispôsobiť výživu. Výživa priamo ovplyvňuje kvalitu produkcie. Vo vegetačnom období je pri extenzívnom spôsobe farmového chovu postačujúci kvalitný zelený porast. Raticová zver nekonkuruje chovu tradičných hospodárskych zvierat, je okrajovým odvetvím živočíšnej výroby. Hlavným účelom farmového chovu je produkcia kvalitnej regionálnej potraviny - zveriny, pričom uvedený druh mäsa pochádza prevažne z mladých jedincov vo veku 15 – 17 mesiacov, čo môže predstavovať určitú prednosť pred zverinou produkovanou v poľovných revíroch.

Poďakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-23-0077.

Použitá literatúra

POKORÁDI, J. 2022. The management of enclosed deer in Slovakia. In John Fletcher (ed.) The management of enclosed and domesticated deer. International husbandry system and diseases, Springer, 247-259, ISBN 978-3-031-05385-6.

RAJSKÝ, M. – MLYNEKOVÁ, Z. - FORMELOVÁ, Z. - POLAČIKOVÁ, M., ŽITŇAN, R. 2023. Manažment raticovej zveri v kontexte požiadaviek spoločnosti. Priebežná situačná správa o plnení projektu výskumu a vývoja MPRV SR, NPPC, 39 s.

RAJSKÝ, M. - SZAKÁCS, J. - FORMELOVÁ, Z. - MLYNEKOVÁ, Z. 2024. Flexible duodenal monocannula of the National agricultural and food centre design for the determination of intestinal nutrient digestibility in cattle. Slovak Journal of Animal Science, 57, 2024 (2), ISSN 1337-9984, E-ISSN 1338-0095, https://doi.org/10.36547/sjas.897.

ŠTÁTNA VETERINÁRNA A POTRAVINOVÁ SPRÁVA SR, www.svps.sk.

VYHL. 178/2012 Z. z. MPRV SR z 8. júna 2012 o identifikácii, registrácii a podmienkach farmového chovu zveri.

Kontaktné údaje: Ing. Matúš Rajský, PhD., NPPC-VÚŽV Nitra, Hlohovecká 2, 951 41 Lužianky, matus.rajsky@nppc.sk

KOKOSOVÝ TUK: NETRADIČNÁ KŕMNA SUROVINA VO VÝKRME OŠÍPANÝCH
Coconut fat: a non-traditional feed ingredient in pig fattening

Michal ROLINEC[1], Branislav GÁLIK[1], Michal GÁBOR[1], Juraj MEDO[2], Martina MILUCHOVÁ[1], Milan ŠIMKO[1], Miroslav JURÁČEK[1], Ondrej HANUŠOVSKÝ[1], Eva MIXTAJOVÁ[1], Tomáš KANKA[3], Zuzana SCHUBERTOVÁ[4], Stanislava DROTÁROVÁ[1], Mária KAPUSNIAKOVÁ[1], Matúš DŽIMA[1], Ela TARIŠKOVÁ[1], Štefánia BUSCHBACHER[1], Daniel BÍRO[1]

[1]*Ústav výživy a genomiky, FAPZ, SPU v Nitre, Slovensko*
[2]*Ústav biotechnológie, FBP, SPU v Nitre, Slovensko*
[3]*Ústav chovu zvierat, FAPZ, SPU v Nitre, Slovensko*
[4]*Ústav rastlinných a environmentálnych vied, FAPZ, SPU v Nitre, Slovensko*

Palma kokosová (*Cocos nucifera* L.) je v podmienkach Slovenska exotickou rastlinou. Avšak kokosový orech a produkty, či vedľajšie produkty, ktoré sa z neho vyrábajú sú Slovákom známe. Vyrábajú sa z neho rôzne potraviny, výživové doplnky, z ktorých medzi najznámejšie patrí kokosový tuk, resp. olej. Kokosový olej je známy tým, že približne polovica jeho mastných kyselín je tvorená kyselinou laurovou (C12:0). S kokosovým olejom boli na Katedre výživy zvierat realizované dva experimenty, v ktorých sa sledoval vplyv prídavku kokosového oleja do kŕmnych dávok ošípaných na mastné kyseliny v mäse a slanine ošípaných, ako aj na bakteriálnu komunitu tráviacej sústavy. Prídavok kokosového ojela zvýšil obsah kyseliny laurovej v mäse a aj slanine ošípaných a tiež mal vplyv na obsah kyseliny heptadekénovej, arachovej v mäse a olejovej, arachovej, SFA v slanine. Po prídavku kokosového oleja do kŕmnej dávky ošípaných sme zaznamenali zvýšenie *Alloprevotella, Bifidobacteriales, Lactobacillales* a pokles *Corynebacterium, Mitsuokela, Psychrobacter* a *Pseudomonadales*. Hoci prídavok kokosového oleja do kŕmnej dávky pre ošípané neovplyvnil indexy diverzity gastrointestinálnej komunity, mal pozitívny vplyv na početnosť skupín baktérií, ktoré sa považujú za komenzálne a probiotické.

Kľúčové slová: kokosový olej, kyselina laurová, mäso, slanina, baktérie tráviacej sústavy

---

1 Úvod a prehľad literatúry

Kokosový olej je ekonomicky najefektívnejším produktom kokosového priemyslu (Rohman a Indrayanto, 2024). Celosvetovo je využívaný ako vo výžive ľudí, tak aj pri kŕmení zvierat. Konzumácia tropických olejov bohatých na nasýtené mastné kyseliny (MK), ako je hydrogenovaný kokosový olej, zvyšuje hladinu cholesterolu. Štúdie preukazujúce tento účinok často zdôvodňujú nedostatkom esenciálnych mastných kyselín v týchto tropických olejoch (Elson, 1992). Kokosový olej pozostáva približne z 90 % nasýtených tukov a 9 % nenasýtených tukov. Nasýtený tuk v ňom má však iné zloženie ako nasýtené tuky v živočíšnych produktoch. Viac ako 50 % tuku v kokosovom oleji tvorí kyselina laurová (C12:0), a preto je kokosový olej najkoncentrovanejším rastlinným zdrojom kyseliny laurovej (Boateng et al., 2016). Kokosový olej má potenciál poskytovať ochranu nielen pred srdcovými ochoreniami, ale aj pred širokou škálou chronických zdravotných porúch, ako je cukrovka a rakovina. Kokosový olej sa používa aj ako prostriedok prevencie a dokonca liečby infekčných ochorení. Avšak tieto pozitívne účinky kokosového oleja sú často v úzadí, v dôsledku predsudkov voči nasýteným tukom. Konzumácia kokosových orechov znižuje hladinu cholesterolu, a tiež znižuje výskyt srdcových ochorení. Poznatky o kokosovom oleji ako funkčnej potravine uverejnil Enig (1996). Tvrdil, že kokosový olej je prinajhoršom neutrálny, pokiaľ ide o aterogenitu tukov a olejov, a v skutočnosti je pravdepodobne prospešný olej na prevenciu a liečbu niektorých srdcových ochorení. Okrem toho je kokosový olej zdrojom antimikrobiálnych lipidov pre osoby s oslabeným imunitným systémom a je to tuk, ktorý nepodporuje chemickú karcinogenézu. Kyselina laurová predstavuje

približne 45 až 53 % celkového zloženia mastných kyselín kokosového oleja. Puyalto a i. (2016) preto tvrdia, že všetky vlastnosti kokosového oleja možno skutočne pripísať vlastnostiam kyseliny laurovej. V tejto súvislosti bol na Katedre výživy zvierat (FAPZ, SPU v Nitre) realizovaný pokus s prídavkom kokosového oleja do krmiva vykrmovaných ošípaných s cieľom získať bravčové mäso s vyššou koncentráciou kyseliny laurovej (Experiment č.1) (Rolinec et al., 2024).

Experiment č. 2 realizovaný na Katedre výživy zvierat bol zameraný na vplyv prídavku kokosového oleja do kŕmnej dávky na gastrointestinálny mikrobióm prasiat v predvýkrme (Rolinec et al., 2020). Odstavené prasiatko predstavuje vynikajúci príklad veľmi dôležitej úlohy, ktorú zohráva gastrointestinálny mikrobióm. Odstav je kľúčovým obdobím v živote prasiatok. Zahŕňa oddelenie prasiatok od prasníc, a tiež prechod od vysoko stráviteľného mlieka k menej stráviteľným kŕmnym zmesiam. Počas obdobia odstavu sa znižuje aj príjem krmiva a vody, čo má za následok štrukturálne a funkčné zmeny gastrointestinálneho traktu, po ktorých zväčša nasleduje výskyt hnačiek a zvýšená mortalita (Imrich et al., 2012; Zeman et al., 2016; Van der Klis et al., 2002). K narušeniu gastrointestinálneho mikrobiómu dochádza najmä počas krátkeho obdobia po odstavení prasiatok. Presná definícia tohto stavu je zložitá, ale vo všeobecnosti ide o nerovnováhu v črevnom mikrobióme, ktorá sa prejavuje poklesom obligátnych anaeróbov, ako sú klostrídie a bakteroídie, a zároveň nárastom fakultatívnych anaeróbov, ako sú druhy z čeľade *Enterobacteriaceae* (Winter et al., 2013). Prítomnosť mastných kyselín s krátkym reťazcom v gastrointestinálnom trakte ošípaných sa zdá byť prospešná pre črevnú mikroflóru (Zhang et al., 2018). Hanczakowska (2017) však poznamenala, že vo výžive ošípaných a funkcii gastrointestinálneho traktu zohrávajú dôležitú úlohu aj mastné kyseliny so stredne dlhým reťazcom. Skupina mastných kyselín so stredne dlhým reťazcom ako sú kyselina kaprónová (C6), kaprylová (C8), kaprinová (C10) a laurová (C12) sa už môže čiastočne vstrebávať cez žalúdočnú sliznicu. Ich zodpovedajúce triacylglyceroly so stredne dlhým reťazcom môžu byť absorbované v neporušenej forme črevnými epitelovými enterocytmi a potom hydrolyzované mikrozomálnymi lipázami. Sú teda ľahko dostupným zdrojom energie a dokážu zlepšiť štruktúru črevnej epitelovej sliznice. Vyznačujú sa aj silnou antibakteriálnou aktivitou vďaka svojej schopnosti prenikať cez polopriepustné membrány baktérií a poškodzovať ich vnútorné štruktúry. Hanczakowska (2017) tiež uviedla, že vzhľadom na tieto vlastnosti by mohli byť vhodným doplnkom krmiva pre odstavčatá. Zlepšujú úžitkovosť prasiatok a môžu sa používať ako náhrada kŕmnych antibiotík. Okrem toho Puyalto et al. (2016) uvádzajú, že kyselina laurová je hlavnou mastnou kyselinou kokosového oleja, ktorá tvorí približne 45-53 % celkového obsahu mastných kyselín. Teda účinok kokosového oleja možno skutočne pripísať vlastnostiam kyseliny laurovej. Spomedzi všetkých nasýtených mastných kyselín má kyselina laurová najsilnejšiu antimikrobiálnu aktivitu proti grampozitívnym baktériám, niektorým vírusom a hubám. V *in vitro* štúdii vykázala kyselina laurová spomedzi všetkých testovaných nasýtených mastných kyselín najsilnejší inhibičný účinok proti týmto grampozitívnym organizmom: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, beta-hemolytické streptokoky (skupina A a iné ako skupina A), streptokoky skupiny D, *Bacillus subtilis*, *Sarcina lutea*, *Micrococcus* spp., *Nocardia asteroides*, *Corynebacterium* spp., Pneumokoky a *Candida albicans*. Pokiaľ ide o *Clostridium perfringens*, najvyššiu antimikrobiálnu aktivitu vykazovala kyselina laurová, po ktorej nasledovali kyselina myristová, kaprinová, olejová a kaprylová. Preto sme predpokladali, že kokosový olej má pozitívny vplyv na štruktúru črevných mikroorganizmov, čo znamená zvýšenie diverzity mikrobiómu GIT a zároveň podporu probiotických mikróbov. Cieľom experimentu č. 2 bolo určiť diverzitu a zloženie mikrobiómu v konečníku ošípaných kŕmených diétou doplnenou kokosovým olejom.

2 Materiál a metódy

2.1 Experiment č. 1 – Vplyv prídavku kokosového oleja do kŕmnej dávky ošípaných na mastné kyseliny v mäse (Rolinec et al., 2024)

V tomto experimente sme použili 12 ošípaných (kríženec biela ušľachtilá x duroc). Podmienky ustajnenia spĺňali požiadavky ošípaných. Kŕmny žľab umožnil všetkým ošípaným

v koterci prijímať krmivo v rovnakom čase. Ošípané sa kŕmili dvakrát denne (ranné a popoludňajšie kŕmenie). Ošípané sa vykrmovali na veľmi vysokú živú hmotnosť.

Tabuľka 1 Zloženie a nutričné parametre kŕmnych dávok použitých v experimente č. 1

	Zloženie kŕmnej dávky (kg)	
	Kontrola	Kokosový olej
Pšenica zrno	3,2	3,2
Jačmeň zrno	0,8	0,8
Sušený chlieb	1,5	1,5
Sušená lucerna	1,0	1,0
Vitamínovo-minerálny premix[1]	0,005	0,005
Kokosový olej	-	0,030
Spolu kŕmna dávka na kus a deň	6,505	6,535
	Vypočítané nutričné parametre	
	Kontrola	Kokosový olej
MEo (MJ/KD)	78,2	79,2
NL (g/KD)	785,8	785,8
Vláknina (g/KD)	438,5	438,5
Tuk (g/KD)	118,3	146,8
Popol (g/KD)	398,2	398,2
Lyzín (g/KD)	25,4	25,4
Fosfor (g/KD)	15,6	15,6
Fosfor stráviteľný (g/KD)	5,5	5,5
Vápnik (g/KD)	17.4	17,4
C6:0 (g/KD)	0	0,2
C8:0 (g/KD)	0	2,3
C10:0 (g/KD)	0	1,8
C12:0 (g/KD)	0,2	13,8
C14:0 (g/KD)	0,4	5,5
C16:0 (g/KD)	21,0	23,5
C16:1 (g/KD)	0,4	0,4
C18:0 (g/KD)	1,1	1,9
C18:1n-9 (g/KD)	16,9	18,8
C18:2 n-6 (g/KD)	63,3	63,8
C18:3 (g/KD)	10,6	10,6
C20:0 (g/KD)	0,4	0,4
C20:1 (g/KD)	1,2	1,2
C22:0 (g/KD)	0,1	0,1
C22:1 (g/KD)	0,5	0,5
C24:0 (g/KD)	0,1	0,1
SFA (g/KD)	23,1	49,5
MUFA (g/KD)	19,0	20,9
PUFA (g/KD)	73,9	74,4

KD – denná kŕmna dávka; [1] Mikros prasata/ošípané (Mikrop, Česko) v 1kg obsahuje: 280 g Ca; 65 g P; 36 g Na; 4,4 g Mg; 8,5 g L-lyzín; 3,7 g treonín; 520 mg $CuSO_4.5H_2O$; 2700 mg Fe; 2000 mg ZnO; 800 mg MnO; 15 mg $CoSO_4.7H_2O$; 4 mg Na_2SeO_3; 130000 IU vitamín A; 15000 IU vitamín D_3; 130 mg vitamín E; 80 mg vitamín B_2; 300 µg vitamín B_{12}; 50 mg niacín amid; 25 mg butylhydroxytoluén; 5 mg butylhydroxyanisol; 50 mg ethoxyquin; 500 mg aromatické látky; MEo – metabolizovateľná energia pre ošípané; C6:0 – kyselina kapronová; C8:0 – kyselina kaprylová; C10:0 – kyselina kaprinová; C12:0 – kyselina laurová; C14:0 – kyselina miristová; C16:0 – kyselina palmitová; C16:1 – kyselina palmitolejová; C18:0 – kyselina stearová; C18:1 n-9 – kyselina olejová; C18:2 n-6 – kyselina linolová; C18:3 – kyselina α-linolenová; C20:0 – kyselina arachová; C20:1 – kyselina eicosová; C22:0 – kyselina behenová; SFA – suma nasýtených mastných kyselín; MUFA – suma mono-nenasýtených mastných kyselín; PUFA – suma poly-nenasýtených mastných kyselín.

Ošípané boli rozdelené do dvoch skupín, do kontrolnej skupiny a skupiny s kokosovým olejom. Každá skupina ošípaných mala rovnaký pomer samcov a samíc. Pokus, ako aj pridávanie kokosového oleja do krmiva v skupine s kokosovým olejom (30 g na ošípanú a deň) sa začali 18 dní pred porážkou. Zloženie kŕmnej dávky počas experimentu je uvedené v Tabuľke 1. Kŕmna dávka sa pripravovala dvakrát denne, vždy pred kŕmením. Zložky kŕmnej dávky sa miešali a skrmovali v polotekutej forme. Prístup k vode, ako aj ku kŕmnej dávke bol *ad libitum*. Po 18-dňovom pokuse bola priemerná živá hmotnosť porážaných ošípaných 198 ± 8,7 kg. Starostlivosť o zvieratá počas celého pokusu bola v súlade so smernicou 2010/63/EÚ o ochrane zvierat používaných na vedecké účely. Na stanovenie mastných kyselín sa od každej z 12 ošípaných v experimente 24 hodín po usmrtení odobrali vzorky mäsa zo stehna (náhodne z troch svalov *Biceps femoris*, *Semimembranosus*, *Semitendinosus*), chrbtového tuku a z pečene. Vzorky mäsa zo stehna, chrbtového tuku a pečene boli odoberané tak aby boli čo najviac podobné. Získané vzorky sa vysušili mrazom a homogenizovali. Z každej vzorky bol vyextrahovaný tuk, ktorý bol ďalej spracovaný pre stanovenie mastných kyselín pomocou plynovej chromatografie, Agilent 6890A GC (Agilent Technologies, U.S.A.).

Získané hodnoty mastných kyselín boli štatisticky spracované prostredníctvom ANOVA v programe IBM SPSS v. 26.0. Rozdiely obsahu mastných kyselín medzi skupinami boli testované T-testom na hladine významnosti P 0,05.

2.2 Experiment č. 2 – Vplyv prídavku kokosového oleja do kŕmnej dávky ošípaných na gastrointestinálny mikrobióm ošípaných (Rolinec et al., 2020)

Experiment bol realizovaný na 19 ošípaných s priemernou hmotnosťou 22,5 ± 3,03 kg. Pred začiatkom experimentu boli ošípané chované v jednom koterci a kŕmené rovnakou kompletnou kŕmnou zmesou, ktorú počas experimentu dostávali ošípané v kontrolnej skupine. Pre potreby experimentu boli ošípané rozdelené do dvoch susediacich kotercov s podstieľkou slamy. V kontrolnej skupine bolo 9 ošípaných. V skupine s prídavkom kokosového oleja v množstve 3g/kg kompletnej kŕmne zmesi bolo 10 ošípaných. Všetky ošípané v pokuse mali *ad libitum* prístup ku krmivu a k pitnej vode. Zloženie a nutričné parametre kŕmnych dávok skrmovaných počas experimentu sú uvedené v Tabuľke 2. Starostlivosť o zvieratá počas celého pokusu bola v súlade so smernicou 2010/63/EÚ o ochrane zvierat používaných na vedecké účely. Pre zistenie vplyvu prídavku kokosového oleja do kŕmnej dávky na zmenu zloženia bakteriálnej komunity tráviacej sústavy boli ošípaným po 14 dňoch od začiatku experimentu vykonané rektálne výtery formou troch biologických replikátov na jedinca. Následne bola z každej odobratej vzorky extrahovaná celková bakteriálna DNA. Pre stanovenie zloženie rektálneho mikrobiómu a jeho následných zmien spôsobených pridaním kokosového oleja bola použitá hypervariabilná oblasť V4 génu 16S rRNA. Sekvenčná analýza bola vykonaná prístrojom Illumina MiSeq s použitím kitu V3 (Illumina,San Diego, CA, USA). Počiatočné sekvenčné dáta boli spracované softvérom SEED ver.2.1 (Větrovský et al., 2018) umožňujúcim identifikáciu jednotlivých vzoriek podľa špecifických indexov. Sekvencie priameho a spätného sekvenčného čítania boli spojené použitím softvéru FastJoin. Sekvencie s celkovou kvalitou nižšou ako Q30 ako aj sekvencie kratšie ako 250 báz alebo dlhšie ako 350 báz boli pred nasledujúcimi analýzami odstránené. Rovnako boli odstránené chimérické sekvencie, ktoré boli identifikované pomocou nástroja Vsearch (Rognes et al., 2016). Následne boli zostávajúce sekvencie použitím programu Vsearch a zvoleného 97 % prahového limitu sekvenčnej identity, zoskupené do operačných taxonomických jednotiek (OTU). Pre každú OTU bola nájdená najpočetnejšia sekvencia, ktorá bola identifikovaná pomocou RDPClassifier (Wang et al., 2007) porovnaním s databázou SILVA NR_123. Operačné taxonomické jednotky s početnosťou menšou ako tri boli s nasledujúcich analýz vylúčené. Počet sekvencií bol korigovaný podľa 16 rRNA génu s použitím rrnDB (Stoddard et al., 2015). Stanovené OTU boli spracované ako kontingenčná tabuľka v programe MS Excel (MS Office 2013). Vennov diagram bol zostrojený pomocou balíka venn v prostredí R (R-core team, 2019). Shannonov index diverzity bol vypočítaný v balíku vegan (Oksanen et al., 2007) a porovnaný pomocou analýzy rozptylu (ANOVA) v programe R. Analýza rozdielnosti vzhľadom na celé mikrobiálne spoločenstvo pozostávala z

stanovenia unifracovej vzdialenosti (Chen et al., 2012) založenej na distribúcii OTU vo vzorkách, ako aj na genetickej podobnosti OTU získanej z PhyML stromu maximálnej vierohodnosti (Guindon et al., 2010). Unifracové vzdialenosti sa použili aj na porovnanie mikrobiómov pomocou permutačnej viacrozmernej analýzy rozptylu (PERMANOVA) vo vegan.

Tabuľka 2 Zloženie a nutričné parametre kŕmnych dávok použitých v experimente č. 2

Skupina ošípaných	Kontrolná skupina	Skupina kokosový olej
	Zloženie kŕmnej dávky (%)	
Komerčná KKZ	100	99,70
Komerčný kokosový olej	-	0,30
	Nutričné parametre (%)	
Sušina	89,30	89,10
Dusíkaté látky	15,90	16,27
Lyzín	1,16	1,15
Tuk	3,33	4,04
Vláknina	4,23	4,76
BNLV	61,85	60,20
Škrob	47,20	43,90
Cukry	2,98	2,40
Popol	3,99	3,83
MEo (MJ/kg)	15,70	15,80
	Zastúpenie mastných kyselín v g/100g mastných kyselín	
C8:0	-	0,73
C10:0	-	0,64
C12:0	0,25	5,34
C14:0	0,67	2,49
C16:0	18,73	17,68
C16:1	1,72	1,60
C17:0	0,21	0,19
C18:0	5,67	5,47
C18:1cis n9	27,81	25,80
C18:2cis n6	38,35	34,09
C18:3 n3	3,34	2,94
C20:0	0,20	0,19
C20:1 n9	0,48	0,44
C20:2 n6	0,18	0,16
C20:4 n6	0,13	0,12
C22:0	0,14	0,12
Σ neidentifikovaných	2,12	2,00
PUFA	42,00	37,31
MUFA	30,01	27,84
SFA	25,87	32,85
Σn3/Σn6	0,09	0,09
Σn6/Σn3	11,57	11,69

KKZ – kompletná kŕmna zmes; MEo - metabolizovateľná energia pre ošípané; C8:0 – kyselina kaprylová; C10:0 – kyselina kaprinová; C12:0 – kyselina laurová; C14:0 – kyselina miristová; C16:0 – kyselina palmitová; C17:0 – kyselina heptadekénová; C16:1 – kyselina palmitolejová; C18:0 – kyselina stearová; C18:1 n-9 – kyselina olejová; C18:2 n-6 – kyselina linolová; C18:3 – kyselina α-linolenová; C20:0 – kyselina arachová; C20:1n9 – kyselina cetolová; C20:2n6 – kyselina eicosadienová; C20:4n6 – kyselina arachidonová; C22:0 – kyselina behenová; PUFA - polynenasýtené mastné kyseliny; MUFA - mononenasýtené mastné kyseliny; SFA – nasýtené mastné kyseliny; Σ3 – suma omega-3 mastných kyselín; Σ6 - suma omega-6 mastných kyselín.

Relatívna početnosť zástupcov mikrobiómu na rôznych taxonomických úrovniach medzi kontrolnou a experimentálnou skupinou sa hodnotilapomocou Mannovho-Whitneyho U-testu, pričom vplyv prídavku kokosového oleja do kŕmnej dávky sa hodnotil Wilcoxonovým Signed-Rank testom. V prípade 35 najčastejších rodov boli relatívne rozdiely ((po - pred)/(po + pred)) spôsobené prídavkom kokosového oleja do kŕmnej dávky ošípaných znázornené pomocou Heatmap3 (Zhao et al., 2014) v programe R.

3 Výsledky a diskusia

3.1 Experiment č. 1 – Vplyv prídavku kokosového oleja do KD ošípaných na mastné kyseliny v mäse (Rolinec et al., 2024)

V stehne ošípaných v skupine s prídavkom kokosového oleja bola kyselina laurová v koncentrácii 0,09 g/100g MK. Zatiaľ čo v kontrolnej skupine kyselina laurová stanovená nebola. Prídavok kokosového oleja do kŕmnej dávky zvýšil koncentráciu kyseliny laurovej aj v chrbtovej slanine z 0,08 na 0,14 g/100g MK ($P<0,05$). Prítomnosť kyseliny laurovej v pečeni sa v oboch skupinách nezistila (Tabuľka 3). V pečeni ošípaných, ktoré prijímali stravu s obsahom kokosového oleja, bola prítomná kyselina margarínová a kyselina eikosadiénová, zatiaľ čo v kontrolnej skupine sa tieto mastné kyseliny nezistili.Príjem kokosového oleja (30 g na kus a deň) v priebehu 18 dní významne zvýšil obsah kyseliny arachidovej v stehne a SFA v pečeni, tiež znížil obsah kyseliny margarínovej v stehne, kyseliny olejovej, arachidovej a MUFA v chrbtovej slanine a kyseliny palmitoolejovej v pečeni ($P<0,05$). Ostatné rozdiely v koncentráciách mastných kyselín medzi kontrolnou skupinou a skupinou s kokosovým olejom boli štatisticky nevýznamné ($P>0,05$). V stehne a chrbtovej slanine, bez ohľadu na skupinu, bola kyselina olejová najviac zastúpenou mastnou kyselinou, nasledovali kyselina palmitová a stearová. V pečeni kontrolných ošípaných bola najviac zastúpenou MK kyselina olejová nasledovaná kyselinou stearovou a palmitovou a v pečeni ošípaných v skupine s kokosovým olejom to bola kyselina stearová nasledovaná kyselinou olejovou a palmitovou. Kyselina laurová je s podielom 41,31 % dominantnou mastnou kyselinou v kokosovom oleji (Hovorková et al., 2018). Vojtaššáková et al. (2000) publikovali ešte vyšší podiel kyseliny laurovej (45,32 %) v kokosovom oleji. Na druhej strane mäso (Pećina et al., 2018) a pečeň (Daza et al., 2017; Vojtaššáková et al., 2002) ošípaných kyselinu laurovú neobsahujú. Gan et al. (2020) však stanovili kyselinu laurovú v svale *longissimus dorsi* v koncentrácii 0,17 až 0,29 g/100g MK. Oteyola et al. (2022), publikovali približne 1,7 g/100g MK kyseliny laurovej v chrbtovej slanine ošípaných, čo je oveľa viac, ako sa zistilo v chrbtovom tuku ošípaných kŕmených s prídavkom kokosového oleja v tejto štúdii. Keďže ošípaná je monogastrické zviera a mastné kyseliny prijimané potravou sa v tenkom čreve absorbujú v nezmenenej forme, konzumovaný olej ovplyvňuje mastné kyseliny zabudovávané do lipidového tkaniva (Wood et al., 1999). Výsledky tejto štúdie (Tabuľka 3.) poukazujú aj na možnosť zvýšenia koncentrácie kyseliny laurovej v mäse z bravčového stehna a chrbtovej slanine pridaním malého množstva krmiva s vysokou koncentráciou kyseliny laurovej do kŕmnej dávky.

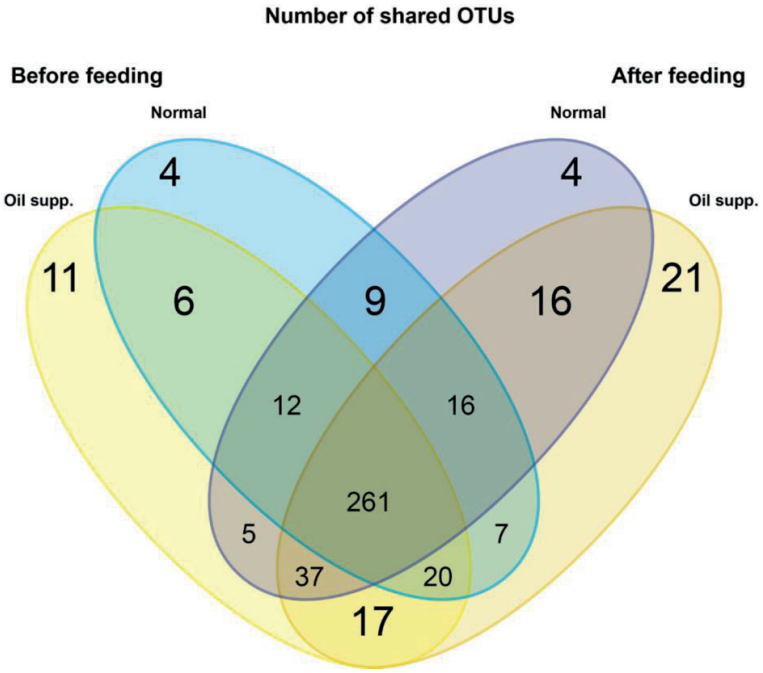
Tabuľka 3 Profil mastných kyselín v mäse, slanine a pečeni ošípaných podľa skupiny (g/100g mastných kyselín)

	Stehno		Chrbtová slanina		Pečeň	
Priemer ± s.d.	Kontrola	Kokosový olej	Kontrola	Kokosový olej	Kontrola	Kokosový olej
C12:0	n.d.	0,09 ±0,00	0,08 ±0,01	0,14 ±0,03*	n.d.	n.d.
C14:0	1,19 ±0,07	1,32 ±0,13	1,41 ±0,01	1,45 ±0,08	0,95 ±0,03	1,10 ±0,15
C16:0	22,93 ±0,55	23,08 ±0,68	23,92 ±0,41	23,60 ±0,76	21,37 ±1,67	22,47 ±0,77
C16:1	3,26 ±0,32	3,79 ±0,61	1,87 ±0,28	2,15 ±0,14	2,14 ±0,05	1,43 ±0,38*
C17:0	0,23 ±0,01	0,20 ±0,01*	0,34 ±0,07	0,43 ±0,16	n.d.	3,19 ±0,04
C18:0	9,83 ±0,17	8,99 ±0,61	13,53 ±0,42	12,56 ±1,41	22,41 ±5,76	26,90 ±0,41
C18:1 n-9 cis	50,48 ±0,85	50,38 ±0,85	45,76 ±0,13	45,07 ±0,08*	28,42 ±4,06	22,60 ±2,27
C18:2 n-6 cis	3,79 ±0,33	3,35 ±0,43	6,17 ±0,32	7,19 ±0,89	10,97 ±2,89	10,26 ±1,88
C18:3 n-3	0,26 ±0,03	0,26 ±0,04	0,44 ±0,04	0,65 ±0,21	n.d.	n.d.
C20:0	0,13 ±0,01	0,15 ±0,01*	0,19 ±0,01	0,17 ±0,00*	n.d.	n.d.
C20:1 n-9 cis	1,14 ±0,26	1,21 ±0,02	1,32 ±0,11	1,16 ±0,11	n.d.	n.d.
C20:2 n-6 cis	0,27 ±0,07	0,25 ±0,07	0,47 ±0,04	0,47 ±0,04	n.d.	1,52 ±0,02
C20:3 n-3 cis	n.d.	n.d.	0,14 ±0,00	0,16 ±0,03	n.d.	n.d.
C20:4 n-6	0,17 ±0,04	0,15 ±0,02	0,15 ±0,01	0,19 ±0,05	9,02 ±2,99	7,53 ±1,82
C24:1 n-9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3,66 ±0,91	3,24 ±0,39
SFA	34,31 ±0,78	33,84 ±0,21	39,48 ±0,08	38,35 ±1,90	44,26 ±3,56	52,07 ±2,37*
MUFA	54,88 ±0,80	55,38 ±0,08	48,94 ±0,29	48,37 ±0,18*	31,32 ±7,37	25,65 ±0,85
PUFA	4,49 ±0,46	4,01 ±0,40	7,37 ±0,40	8,66 ±1,22	19,99 ±5,87	18,55 ±2,85
Neidentifikov.	6,32 ±0,46	6,78 ±0,25	4,21 ±0,18	4,62 ±0,50	4,44 ±2,10	3,73 ±1,13

s.d. – štandardná odchýlka; C12:0 – kyselina laurová; C14:0 – kyselina miristová; C16:0 – kyselina palmitová; C16:1 – kyselina palmitolejová; C17:0 – kyselina heptadekénová; C18:0 – kyselina stearová; C18:1 n-9 – kyselina olejová; C18:2 n-6 – kyselina linolová; C18:3 n-3 – kyselina α-linolenová; C20:0 – kyselina arachová; C20:1n-9 – kyselina eikosenová; C20:2n-6 – kyselina eicosadienová; C20:3n-3 – kyselina eicosatrienová; C20:4n-6 – kyselina arachidonová; C24:1 – kyselina nervonová; PUFA - polynenasýtené mastné kyseliny; MUFA - mononenasýtené mastné kyseliny; SFA – nasýtené mastné kyseliny; n.d. – nestanovená; * - rozdiel priemernej hodnoty medzi kontrolnou skupinou a skupinou s prídavkom kokosového oleja je preukazný na hladine významnosti $P<0.05$.

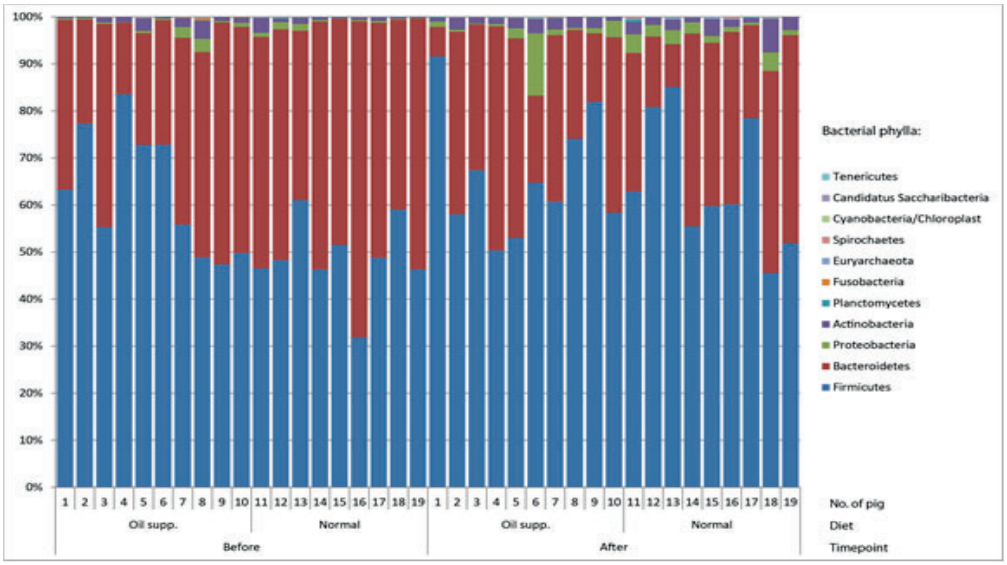
3.1 Experiment č. 2 – Vplyv prídavku kokosového oleja do kŕmnej dávky ošípaných na gastrointestinálny mikrobióm ošípaných (Rolinec et al., 2020)

Bez ohľadu na príslušnosť ku skupine (kontrola, kokosový olej), resp. bez ohľadu na čas odberu vzorky (pred alebo po príjme kokosového oleja) bolo celkovo detegovaných 446 OTU, z ktorých väčšina (261) bola spoločná pre všetky hodnotené skupiny ošípaných (Obrázok 1). Najviac unikátnych OTU (21) sa našlo v experimentálnej skupine po príjme kŕmnej dávky s prídavkom kokosového oleja. Najvyšší počet OTU zdieľajúcich dve skupiny sa zistil v skupine s prídavkom oleja (17) a tiež v oboch skupinách na konci experimentu (16) (Obrázok 1).



Obrázok 1 Operačné taxonomické jednotky (OTU) zistené počas experimentu
Number of shared OTUs – zastúpenie OTU podľa skupín a časov odberu vzorky; Before feeding – na začiatku experimentu; After feeding – po 14 dňovom experimente; Oil supp. – skupina s prídavkom kokosového oleja v množstve 3g/kg kŕmnej dávky; Normal – kontrolná skupina

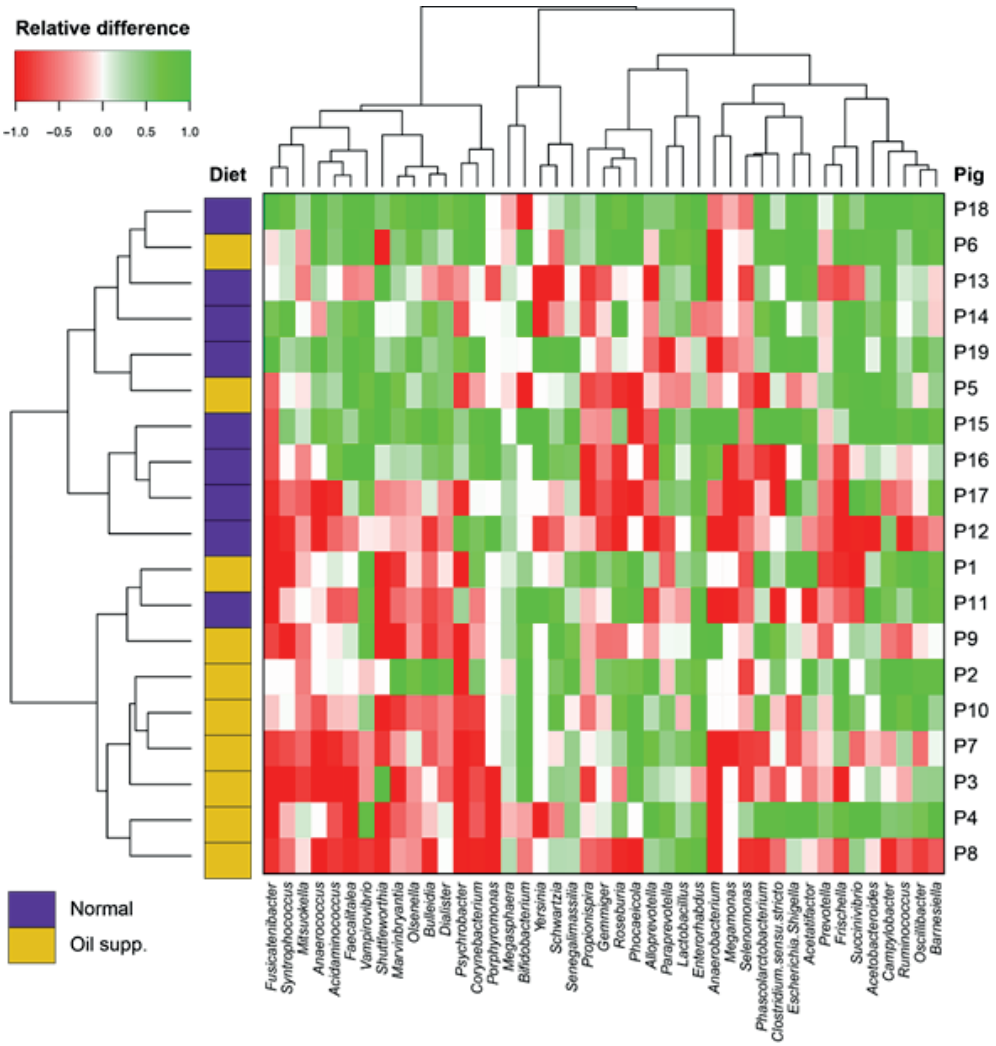
Bez ohľadu na ošetrenie alebo časový bod odberu vzoriek boli *Firmicutes* a *Bacteroidetes* najpočetnejšími bakteriálnymi kmeňmi u všetkých ošípaných (Obrázok 2). Ostatné bakteriálne kmene predstavovali menej ako 10 % spoločenstva vo všetkých vzorkách okrem jednej. Rod *Megasphera* dominoval v troch zo štyroch skupín vzoriek. Spolu s ďalšími rodmi *Negativicutes Dialister, Mitsuokella, Propionispira a Selenomonas* predstavovali väčšinu zástupcov z kmeňa *Firmicutes*, zatiaľ čo ostatní členovia tohto kmeňa, ako napríklad rady *Clostridialles* alebo *Lactobacillales*, sa vyskytovali oveľa menej s podielom len 1 - 3 %. V rámci *Bacteroidetes* dominoval rod *Prevotella*. Diverzita v rámci tohto rodu bola značne vysoká s celkovým počtom 89 OTU.



Obrázok 2 Bakteriálne kmene z rektálnych výterov ošípaných počas experimentu
Bacterial phylla – bakteriálny kmeň; Before – na začiatku experimentu; After – po 14 dňovom experimente; Oil supp. – skupina s prídavkom kokosového oleja v množstve 3g/kg kŕmnej dávky; Normal – kontrolná skupina

Pre lepšie znázornenie zmien v mikrobiálnom spoločenstve sme použili relatívne rozdiely prvých 35 najčastejších rodov, ktoré sme znázornili v „heatmap“ (obrázok 3). V tejto heatmap hodnota -1 predstavuje úbytok určitého rodu, zatiaľ čo hodnota +1 znamená jeho nárast z pôvodnej hodnoty 0. Je viditeľné zoskupenie ošípaných podľa stravy. Početnosť rodov z prvého zhluku (Fusicatenibacter, Mitsuokella, Corynebacterium alebo Porphyromonas) sa zvýšila najmä v skupine kŕmenej čistou komerčnou stravou, zatiaľ čo po pridaní kokosového oleja do krmiva mala tendenciu klesať.

V mikrobióme ošípaných v oboch skupinách sme zaznamenali nárast *Megasphaera* a pokles *Prevotella*. Táto zmena z *Prevotella* na *Megasphaera* nemala negatívny vplyv na zdravie zvierat, ako publikovali Liao a Nyachoti (2017). Bajagai et al. (2016) považujú *Prevotella bryantii* a *Megasphaera elsdenii* za probiotiká bežne používané vo výžive zvierat. Počas experimentu sa v oboch skupinách ošípaných zistil nárast počtu *Bifidobacteriales, Lactobacillus a Megasphaera* spolu s poklesom *Prevotella*. Gresse, et al. (2019) uvádzajú, že GIT s narušeným mikrobiómom je charakteristický poklesom Lactobacillus, stratou mikrobiálnej diverzity spolu s nárastom *Clostridium, Prevotella, Proteobacteria a E. coli*. Keďže v našej štúdii sme pozorovali najmä opačné zmeny, predpokladáme, že ošípané úspešne adaptovali svoj mikrobióm na zmenené podmienky pri kŕmení po odstave. Rod *Prevotella*, ktorý má v tejto štúdii druhú najvyššiu početnosť, je vo výžive ľudí spojený s prijímanými sacharidmi (De Filippis et al., 2016; Wu et al., 2011). Členovia *Clostridiales* ako *Clostridium, Blautia* alebo *Ruminococcus*, ktoré sú podobne ako *Prevotella* veľmi časté v gastrointestinálnom trakte cicavcov (Biddle et al., 2013), boli v našej štúdii menej početné. Tieto rody produkujú mastné kyseliny s krátkym reťazcom, hlavne kyselinu octovú, a preto je *Prevotella* schopná produkovať zdroj energie pre baktérie produkujúce butyrát (Looft et al., 2014; Vital et al., 2014). Butyrát zmierňuje črevný zápal a epitelové bunky ho môžu využívať ako zdroj energie (Hamer et al., 2008).



Obrázok 3 Heatmap relatívnych rozdielov v zastúpení rodov v rektálnych výteroch
Relative difference – relatívny rozdiel; Diet – kŕmna dávka; Oil supp. – kŕmna dávka s prídavkom kokosového oleja v množstve 3g/kg; Normal – kontrolná skupina s komerčnou KKZ

V oboch skupinách bol zistený pozitívny trend v množstve *Lactobacillus*. Výrazne sa však zvýšil len v skupine kŕmenej stravou doplnenou kokosovým olejom. Zvýšenie počtu *Lactobacillus* v skupine kŕmenej kokosovým olejom možno vysvetliť tvrdením Puyalto et al. (2016), ktorí dospeli k záveru, že príjem mastných kyselín pochádzajúcich z kokosu môže znížiť početnosť *Enterobacteriaceae* a zároveň zvýšiť početnosť *Lactobacillus* v GIT ošípaných.

V skupine s kŕmnou dávkou obohatenou o kokosový olej sme pozorovali aj zvýšenie početnosti *Bifidobacterium*. Vysoké hodnoty bakteriálnej diverzity spolu so zvýšeným výskytom probiotických baktérií ako *Lactobacillus* a *Bifidobacterium* vo vzorkách rektálnych výterov ošípaných sú pozitívne a žiaduce v chove ošípaných. Na rozdiel od výsledkov Puyalto et al. (2016) sme v skupine ošetrenej kokosovým olejom pozorovali nevýznamný nárast *Enterobacteriaceae*, avšak bez negatívneho vplyvu na zdravie ošípaných. Na druhej strane početnosť *Corynebacterium* v skupine ošípaných ošetrených kyselinou laurovou vo forme kokosového oleja bola v porovnaní s bežným kŕmením výrazne nižšia.

4 Záver

Realizáciou týchto experimentov sme dospeli k záveru, že prídavok kokosového oleja do kŕmnej dávky má vplyv na zloženie a zastúpenie mastných kyselín v mäse ošípaných. Tiež má vplyv na vlastnosti bakteriálnej komunity tráviaceho traktu ošípaných. Prídavok kokosového oleja do kŕmnej dávky ošípaných zlepšil indexy diverzity bakteriálnej komunity a mal vplyv na niektoré rody. Vo všeobecnosti sa dajú tieto vplyvy zhodnotiť ako pozitívne.

Poďakovanie

Tento článok bol finančne podporený projektom KEGA 016SPU-4/2024.

Použitá literatúra

BAJAGAI, Y.S. - KLIEVE, A.V. - DART, P.J. - BRYDEN, W.L. 2016. Probiotics in animal nutrition – Production, impact and regulation by FAO. FAO Animal Production and Health Paper, Rome.

BIDDLE, A. - STEWART, L. - BLANCHARD, J. - LESCHINE, S. 2013. Untangling the genetic basis of fibrolytic specialization by Lachnospiraceae and Ruminococcaceae in diverse gut communities. In *Diversity*. Vol. 5, No. 3, pp. 627-640, https://doi.org/10.3390/d5030627

DE FILIPPIS, F. - PELLEGRINI, N. - VANNINI, L. - JEFFERY, I.B. - LA STORIA, A. - LAGHI, L. - ERCOLINI, D. 2016. High-level adherence to a Mediterranean diet beneficially impacts the gut microbiota and associated metabolome. In *Gut*. Vol. 65, No. 11, pp. 1812-1821, https://doi.org/10.1136/gutjnl-2015-309957

GRESSE, R. - CHAUCHEYRAS DURAND, F. - DUNIÈRE, L. - BLANQUET-DIOT, S. - FORANO, E. 2019. Microbiota composition and functional profiling throughout the gastrointestinal tract of commercial weaning piglets. In *Microorganisms*. Vol. 7, No. 9, p. 343, https://doi.org/10.3390/microorganisms7090343

GUINDON, S. - DUFAYARD, J.F. - LEFORT, V. - ANISIMOVA, M. - HORDIJK, W. - GASCUEL, O. 2010. New algorithms and methods to estimate maximum-likelihood phylogenies: assessing the performance of PhyML 3.0. In *Systematic Biology*. Vol. 59, No. 3, pp. 307-321, https://doi.org/10.1093/sysbio/syq010

HAMER, H.M. - JONKERS, D.M.A.E. - VENEMA, K. - VANHOUTVIN, S.A.L.W. - TROOST, F.J. - BRUMMER, R.J. 2008. The role of butyrate on colonic function. In *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*. Vol. 27, No. 2, pp. 104-119, https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2007.03562.x

HANCZAKOWSKA, E. 2017. The use of medium-chain fatty acids in piglet feeding–a review. In *Annals of Animal Science*. Vol. 17, No. 4, pp. 967-977, https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0099

CHEN, J. - BITTINGER, K. - CHARLSON, E.S. - HOFFMANN, C. - LEWIS, J. - WU, G.D. - LI, H. 2012. Associating microbiome composition with environmental covariates using generalized UniFrac distances. In *Bioinformatics*. Vol. 28, No. 16, pp. 2106-2113, https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts342

IMRICH, I. - MLYNEKOVÁ, E. - MLYNEK, J. - MAD'AROVÁ, L. - KANKA, T. - MORAVCOVÁ, L. 2012. Behavioural activity in pigs at habitual test in relation to production traits. In *Pol. J. Nat. Sci*. Vol. 27, pp. 257–267.

LIAO, S.F. - NYACHOTI, M. 2017. Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization. In *Animal Nutrition*. Vol. 3, No. 4, pp. 331-343, https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.06.007

LOOFT, T. - ALLEN, H.K. - CASEY, T.A. - ALT, D.P. - STANTON, T.B. 2014. Carbadox has both temporary and lasting effects on the swine gut microbiota. In *Frontiers in Microbiology*. Vol. 5, p. 276, https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00276

OKSANEN, J. - KINDT, R. - LEGENDRE, P. - O'HARA, B. - STEVENS, M.H.H. - OKSANEN, M.J. - SUGGESTS, M.A.S.S. 2007. The vegan package. In *Community Ecology*

Package. Vol. 10, pp. 631-637.

PUYALTO, M. - SOL, C. - MALLO, J.J. 2016. Coconut oil: A new option for controlling pig pathogens. In *Pig Progress*. Vol. 32, pp. 35–36.

R CORE TEAM. 2019. R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria.

ROGNES, T. - FLOURI, T. - NICHOLS, B. - QUINCE, C. - MAHÉ, F. 2016. VSEARCH: a versatile open source tool for metagenomics. In *PeerJ*. Vol. 4, e2584, https://doi.org/10.7717/peerj.2584

ROHMAN, A. - INDRAYANTO, G. 2024. Virgin Coconut Oil: Extraction, Quality Control and Biological Functions. In *Coconut-Based Nutrition and Nutraceutical Perspectives*. Singapore: Springer Nature Singapore, pp. 151-168.

ROLINEC, M. - GÁLIK, B. - ŠIMKO, M. - JURÁČEK, M. - HANUŠOVSKÝ, O. - KANKA, T. - SCHUBERTOVÁ, Z. 2024. The effect of coconut oil intake on the meat fatty acid profile of pigs. In *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. Vol. 14, e10432, https://doi.org/10.55251/jmbfs.10432

ROLINEC, M. - MEDO, J. - GÁBOR, M. - MILUCHOVÁ, M. - BÍRO, D. - ŠIMKO, M. - GÁLIK, B. 2020. The effect of coconut oil addition to feed of pigs on rectal microbial diversity and bacterial abundance. In *Animals*. Vol. 10, No. 10, p. 1764, https://doi.org/10.3390/ani10101764

STODDARD, S.F. - SMITH, B.J. - HEIN, R. - ROLLER, B.R.K. - SCHMIDT, T.M. 2015. rrnDB: Improved tools for interpreting rRNA gene abundance in bacteria and archaea and a new foundation for future development. In *Nucleic Acid Research*. Vol. 43, pp. D593-D598, https://doi.org/10.1093/nar/gku1201

VAN DER KLIS, J. - JANSMAN, A. 2002. Optimising nutrient digestion, absorption and gut barrier function in monogastrics: Reality or illusion. In *Nutrition and Health of the Gastrointestinal Tract*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, pp. 15–36.

VĚTROVSKÝ, T. - BALDRIAN, P. - MORAIS, D. 2018. SEED 2: a user-friendly platform for amplicon high-throughput sequencing data analyses. In *Bioinformatics*. Vol. 34, No. 13, pp. 2292-2294, https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty071

VITAL, M. - HOWE, A.C. - TIEDJE, J.M. 2014. Revealing the bacterial butyrate synthesis pathways by analyzing (meta) genomic data. In MBio. Vol. 5, No. 2, https://doi.org/10.1128/mbio.00889-14

WANG, Q. - GARRITY, G.M. - TIEDJE, J.M. - COLE, J.R. 2007. Naive Bayesian classifier for rapid assignment of rRNA sequences into the new bacterial taxonomy. In *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 73, No. 16, pp. 5261-5267, https://doi.org/10.1128/AEM.00062-07

WINTER, S.E. - WINTER, M.G. - XAVIER, M.N. - THIENNIMITR, P. - POON, V. - KEESTRA, A.M. - BÄUMLER, A.J. 2013. Host-derived nitrate boosts growth of E. coli in the inflamed gut. In *Science*. Vol. 339, No. 6120, pp. 708-711, https://doi.org/10.1126/science.1232467

WU, G.D. - CHEN, J. - HOFFMANN, C. - BITTINGER, K. - CHEN, Y.Y. - KEILBAUGH, S.A. - LEWIS, J.D. 2011. Linking long-term dietary patterns with gut microbial enterotypes. In *Science*. Vol. 334, No. 6052, pp. 105-108, https://doi.org/10.1126/science.1208344

ZEMAN, L. - DOLEŽAL, P. - KOPRIVA, A. - MRKVICOVÁ, E. - PROCHÁZKOVÁ, J. - RYANT, P. - SKLÁDANKA, J. - STRAKOVÁ, E. - SUCHÝ, P. - VESELÝ, P.; et al. 2016. *Nutrition and Feeding of Farm Animals*. Prague: Profi Press, Czech Republic, p. 360.

ZHANG, Y.J. - LIU, Q. - ZHANG, W.M. - ZHANG, Z.J. - WANG, W.L. - ZHUANG, S. 2018. Gastrointestinal microbial diversity and short-chain fatty acid production in pigs fed different fibrous diets with or without cell wall-degrading enzyme supplementation. In *Livestock Science*. Vol. 207, pp. 105-116, https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.11.017

ZHAO, S. - GUO, Y. - SHENG, Q. - SHYR, Y. 2014. Advanced heat map and clustering analysis using heatmap3. In *BioMed Research International*. Vol. 2014, p. 986048, https://doi.org/10.1155/2014/986048

VPLYV SVETLA A PODSTIELKY NA ÚŽITKOVOSŤ A WELFARE KURČIAT MÄSOVÉHO TYPU

Effect of light and bedding material on performance and welfare of broiler

Jan STRAŠIFTÁK[1,2], Peter JUHÁS[1], Cyril HRNČÁR[1]
[1] *Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre*
[2] *De Heus, s.r.o.*

Vzhľadom na zmeny preferencie konzumentov a trhu s hydinovým mäsom začína byť stále viac dôležité v akých podmienkach zvieratá žijú. Výskyt pododermatitídy behákov je dôležitým indikátorom životnej pohody zvierat. Nepretržitá perióda tmy je dôležitá, aby zvieratá dokázali manifestovať svoje prirodzené správanie. Z toho dôvodu sme posudzovali tieto dva faktory a ich efekt na úžitkovosť kurčiat a zdravie behákov. Pri porovnaní vplyvu rašeliny a hoblín na výskyt pododermatitídy sa preukazne menej poranení vyskytovalo na rašeline ($P< 0,01$). Použitie rašeliny však nemalo pozitívny efekt na priemerný prírastok nakoľko hmotnosť v 35. dni bola na tomto type podstielky nižšia pričom zaostávala počas podstatnej časti pozorovania. Pri porovnaní svetelného režimu s 20 hodinami svetla a 4 hodinami tmy proti 23 hodinám svetla a 1 hodine tmy sme pozorovali štatisticky preukazný pozitívny ($P< 0,01$) na priemernú hmotnosť 35. dni napriek tomu, že v 28. dni bola hmotnosť vyššia v oboch skupinách s kratším svetelným režimom. Pri režime s dlhším obdobím tmy bol pozorovaný vyšší výskyt pododermatitídy. V rámci zlepšenia kvality života kurčiat je nevyhnutné prijímať rôzne opatrenia a postupne modernizovať postupy chovu. Nakoľko rôzne opatrenia však môžu mať protichodné efekty považujeme za kľúčové správne a dôkladne analyzovať ich vzájomné interakcie.

Kľúčové slová: hydina, pododermatitída, welfare

1 Úvod a prehľad literatúry

Hydinárstvo prešlo v posledných rokoch veľmi razantnými zmenami. Zatiaľ čo v rozvojových krajinách stavy chovanej hydiny stále narastajú a chov je prevažne intenzívny, v krajinách ekonomického západu narastá záujem konzumentov o ekologické aspekty a podmienky v ktorých sú zvieratá chované (Cornish et al. 2019). Intenzívna genetická selekcia, optimalizácia krmív a automatizácia technológie chovu mali za následok enormné zlepšenie technických výsledkoch v posledných desaťročiach. S rastúcou intenzitou rastu a podielom prsnej svaloviny však dochádza aj ku vyššiemu výskytu porúch pohybového aparátu (Phibbs, et al. 2021). Webster (2008) uvádza, že chronická bolesť končatín u intenzívne rastúcich hybridov kurčiat je jedna z najpodstatnejších priorít na zlepšenie životných podmienok kurčiat. Jedným z opatrení, aby sme zabránili bolesti končatín u kurčiat je zníženie výskytu dermatitídy behákov kurčiat. V ranných štádiách dermatitídy môžeme pozorovať hyperkeratózu, erózie pokožky a zmenu farby. V pokročilých štádiách dochádza ku výskytu vredov a nekrotických lézií. Tieto poranenia spôsobujú u kurčiat bolesť (Gussem et al. 2013). Jednou z techník managementu, ktorými je možné znížiť negatívny efekt intenzívneho rastu na zdravie zvierat je správny svetelný režim (Olenrewaju et al., 2006). Cieľom našej práce bolo porovnať vplyv jednotlivých podstielkových materiálov a rôznych svetelných režimov na úžitkovosť kurčiat a zdravie behákov.

1.1 Vplyv svetla

Svetelné programy u nosníc majú za cieľ dopĺňať premenlivú dĺžku dňa počas roku a stimulovať rozvoj pohlavných orgánov, stavbu tela a znášku. U brojlerových kurčiat kontrolujeme najmä príjem krmiva. Zatiaľ čo chovatelia často preferujú nepretržité osvetlenie alebo zaradenie len jednej hodiny tmy, Patel et al. (2016) uvádza, že dĺžka obdobia

nepretržitej tmy by mala byť minimálne 4 hodiny , i keď požiadavka na spánok je v niektorých obdobiach rastu pravdepodobne ešte vyššia. Toto potvrdzuje aj nariadenie rady 2007/43/ES, ktoré uvádza, že kurčatá musia mať od 7. dňa najmenej 6 hodín nepretržitého svetla.

1.2 Vplyv podstielky

Kurčatá sú v kontakte s podstielkou počas väčšiny života. Pokiaľ je podstielka vlhká, koža kurčiat, ktoré sú s ňou v kontakte mäkne a stáva sa následne náchylnejšou ku zraneniam od ostrých hrán bežne používaných podstielkových materiálov (Andrews a McPherson, 1963). Cengiz et al. (2011) pozorovali, že pokiaľ nechali podstielku zvlhnúť a následne ju vysušili, dokázali zvrátiť proces tvorby pododermatitídy. Vzhľadom na etiológiu vzniku dermatitídy behákov je schopnosť podstielky absorbovať čo najvyšší obsah vlhkosti ale zároveň ju uvoľniť pri sušení jej najpodstatnejšou vlastnosťou (Bilgili, 2009).

2 Materiál a metódy

Do jednej z menších hál na komerčnej farme bolo naskladnených 360 jednodňových kurčiat hybridu Ross 308 z liahne z Maďarskej republiky. Kurčatá neboli sexované a z transportných debničiek boli náhodne umiestnené do 4 oddelení takže v každom oddelení bolo 90 kurčiat.

Každé oddelenie bolo vybavené klobúkovými napájačkami, ručne plnenými tubusovými kŕmidlami a kvočkou na ohrev. Mikroklíma bola riadená automaticky pomocou termostatu a nútenej ventilácie. Kŕmnu zmes dostali všetky kurčatá rovnakú a to 4 fázovú granulovanú kompletnú kŕmnu zmes pre rýchlo rastúce hybridy kurčiat. Miestnosť bola rozdelená na dve samostatné časti netkanou textíliou uchytenou ku stropu, podlahe a stenám v strede miestnosti. Účelom tohto rozdelenia bola simulácia rozdielnych svetelných režimov. Ako podstielka na dvoch oddeleniach bola použitá rašelina, na druhých dvoch hobliny. Do 10 dňa bol zaradený rovnaký svetelný režim 1 hodina tmy a 23 hodín svetla (23:1). Od 11. do konca bola ľavá časť haly osvetlená v režime 4 hodiny nepretržitej tmy a 20 hodín svetla (20:4). Pravá časť pokračovala v pôvodnom režime 23:1. Kurčatá boli všetky individuálne vážené pri naskladnení ako aj každých 7 dní. Ku váženiu bola použitá nádoba umiestnená na váhe Mettler Toledo, model IP 65. Počas váženia bola kurčatám ešte skontrolovaná a ohodnotená plantárna časť behákov na prítomnosť pododermatitídy podľa metodiky Welfare Quality® Consortium (2009) na stupnici od 0-4. Počas 35. dňa bolo zároveň u všetkých zvierat pomocou sekundárnych pohlavných znakov určené pohlavie, aby bolo vylúžené, že výsledky ovplyvňuje podiel vyšší počet kohútikov oproti sliepočkám.

3 Výsledky a diskusia

Najvyššia priemerná telesnú hmotnosť bola v 35. dni nameraná na hoblinách 2 311,77 g a 2 236,7 g, zatiaľ čo na rašeline bola hmotnosť 2 198,74 g a 2 169,32 g. Priemerná hmotnosť pri svetelnom režime 20:4 bola vždy vyššia než v režime 23:1. Skupina s rašelinou a svetelným režimom 23:1 mala najnižšiu priemernú hmotnosť už na 0. deň napriek náhodnému rozdeleniu kurčiat do oddelení, pričom toto oneskorenie v raste bolo pozorované aj na 7. a 14. deň. Na 21. deň mala skupina 23:1 pri oboch druhoch podstielky takmer identickú hmotnosť 1 054,33 g a 1 054,18 g zatiaľ čo priemerná hmotnosť kurčiat v skupine 20:4 bola vyššia a to 1 116,32 g a 1 099,63 g. Všetky priemerné hmotnosti zachytáva Tabuľka 1. Z týchto hodnôt vyplýva, že zaradenie dlhšej periódy malo pozitívny efekt na rast kurčiat. Rašelina však napriek našim predpokladom ovplyvnila rast kurčiat negatívne. Predpokladáme však, že naše hodnoty môžu byť ovplyvnené nedokonalým prúdením vzduchu po hale, nakoľko v sekcii s rašelinou bolo viac cítiť prúdenie vzduchu. De Jong et al. (2014) pozorovali veľmi výrazný vplyv pododermatitídy na úžitkovosť zvierat. Pri vyššom výskyte lézií na behákov pozorovali vyššiu konverziu krmiva aj nižšie prírastky. V našom pozorovaní kurčatá, na hoblinách mali na konci vyššiu priemernú hmotnosť, než tie na rašeline.

Tabuľka 1 Vplyv podstielky a svetla na priemernú telesnú hmotnosť / The effect of bedding meterial and light on average bodyweight

Svetelný režim	Podstielka	Deň 0 (g)	Deň 7 (g)	Deň 14 (g)	Deň 21 (g)	Deň 28 (g)	Deň 35 (g)
20:4	**Rašelina**	45,86	201,41	567,93	1 116,32	1 569,40	2 198,74
20:4	**Hobliny**	45,26	203,54	566,74	1 099,63	1 562,98	2 311,77
23:1	**Rašelina**	43,17	189,07	539,61	1 054,33	1 587,52	2 169,32
23:1	**Hobliny**	44,90	201,49	553,91	1 054,18	1 642,89	2 236,70

Prvé známky poškodenia kože behákov sa začali objavovať od 21. dňa života kurčiat a to s výnimkou jedného kurčaťa na rašeline celkovo u 16 kurčiat na hoblinách v režime 20:4 a 4 kurčiat na hoblinách v režime 23:1. Pri meraní na 28. deň bolo možné pozorovať pododermatitídu už len u kurčiat na hoblinách v režime 20:4. Podiel behákov bez poškodenia sa znížil z 82,4 % na 73,3 %. U kurčiat na hoblinách v režime 23:1 už nebolo pozorované žiadne poškodenie. Počas 35. dňa života kurčiat sa vzhľadom na vyššiu vonkajšiu vlhkosť a zníženie vonkajšej teploty zhoršil aj stav podstielky. To sa prejavilo vo výraznom náraste výskytu pododermatitídy. Najviac zdravých behákov bez poranení bolo v 35. dni života pozorovaných na rašeline a to 95,3 % v skupine so svetelným režimom 23:1 a 90,7 % v skupine s režimom 20:4. Na hoblinách bol podiel zdravých behákov výrazne nižší a to 70 % v skupine 23:1 a 53,4 % v skupine 20:4. Podiel v jednotlivých skupinách počas troch meraní je zobrazený v tabuľke 2. Z týchto údajov usudzujeme, že zatiaľ čo použitie rašeliny má pozitívny vplyv na zdravie behákov, svetelný režim 20:4 má negatívny vplyv v porovnaní s 23:1. Vplyv podstielky aj svetelného režimu bol štatisticky preukazný ($P< 0,01$). Kaukonen, Norring & Valros (2017) a Brink et al. (2022) pozorovali pozitívny efekt rašeliny na zdravie behákov v porovnaní so slamou a hoblinami.

Tabuľka 2 Vplyv podstielky a svetla na výskyt pododermatitídy. Hodnotené na stupnici od 0-4 v % z celkového počtu zvierat v skupine / The effect of bedding material and light on an occurence of pododermatitis. Evaluated on scale 0-4 in percent from total amount of animals in group

Úroveň pododerma-titídy	21. deň					28. deň					35. deň				
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**
20:4 Rašelina	100	0	0	0	0	100	0	0	0	0	90,7	9,3	0	0	0
20:4 Hobliny	82,4	15,4	2,2	0	0	73,3	8,9	10	7,8	0	53,4	23,9	13,6	8	1,1
23:1 Rašelina	98,9	1,1	0	0	0	100	0	0	0	0	95,3	4,7	0	0	0
23:1 Hobliny	95,6	4,4	0	0	0	100	0	0	0	0	70	22,2	6,7	1,1	0

Podiel kohútikov bol v skupine 20:4 na rašeline 57% a na hoblinách 55 %. V skupine 23:1 bol podiel kohútikov 49 % na rašeline a 56 % na hoblinách. Vyšší počet kohútikov mohol mať pozitívny vplyv na kurčatá na rašeline v skupine 20:4, nakoľko tam bola zaznamenaná aj vyššia hmotnosť. U skupín na hoblinách však naopak bola vyššia hmotnosť zaznamenaná u skupiny kde bol nižší počet kohútikov.

4 Záver

V dvoch skupinách s rašelinou bol výskyt zdravých behákov v 35. dni 90,7 % a 95,3 % zatiaľ čo na hoblinách bol výskyt len 70 % a 53,4%. V oboch prípadoch bola pri zaradení svetelného režimu pozorovaná nižšia hodnota. V prípade vplyvu podstielky na telesnú

hmotnosť v 35. dni života kurčiat, bolo patrné, že vyššiu priemernú hmotnosť mali kurčatá na hoblinách 2 311,77 g a 2 236,7 g a nižšia bola na rašeline 2 198,74 g a 2 169,32 g. V oboch prípadoch boli vyššie hmotnosti v skupine so svetelným režimom 20:4. Z týchto pozorovaní je možné predpokladať, pozitívny vplyv rašeliny na zdravie behákov ako aj pozitívny vplyv zaradenia 4 hodín tmy oproti 1 hodine tmy na prírastky a telesnú hmotnosť kurčiat. Nepotvrdila sa však priama súvislosť medzi výskytom pododermatitídy behákov a rastom kurčiat ako ani pozitívny vplyv rašeliny na úžitkovosť. Z dostupných údajov je možné odvodiť, negatívny vplyv dlhšej periódy svetla na výskyt lézií. Výskyt pododermatitídy a úžitkovosť ovplyvňuje množstvo faktorov a ich vzájomné vzťahy by mali byť predmetom ďalšieho skúmania.

Použitá literatúra

ANDREWS, L. D., & MCPHERSON, B. N. 1963. Comparison of different types of materials for broiler litter. *Poultry Science*, Vol. 42. No. 1, s. 249-254. https://doi.org/10.3382/ps.0420249

BILGILI, S. F., HESS, J. B., BLAKE, J. P., MACKLIN, K. S., SAENMAHAYAK, B., SIBLEY, J. L. 2009. Influence of bedding material on footpad dermatitis in broiler chickens. In *Journal of Applied Poultry Research*, Vol. 18 No. 3, s. 583-589. DOI: https://doi.org/10.3382/japr.2009-00023

BRINK, M. et al. 2022. Ammonia concentrations, litter quality, performance and some welfare parameters of broilers kept on different bedding materials. In *British Poultry Science*, Vol. 63, No. 6, s. 768-778. https://doi.org/10.1080/00071668.2022.2106775

CENGIZ, Ö., HESS, J. B., BILGILIi, S. F. 2011 Effect of bedding type and transient wetness on footpad dermatitis in broiler chickens. In *Journal of Applied Poultry Research*, Vol. 20 No. 4, s. 554-560. DOI: https://doi.org/10.3382/japr.2011-00368

CORNISH, A. R., ASHTON, B., RAUBENHEIMER., & MCGREEVY. 2019. Australian consumers' knowledge and concern for animal welfare in food production: Influences on purchasing intentions. In: *society & animals*, Vol. *30,* No. 1, s. 23-50.

DE JONG, Ingird – GUNNINK, Henk – VAN HARN, Jan 2014. Wet litter not only induces footpad dermatitis but also reduces overall welfare, technical performance, and carcass yield in broiler chickens. In Journal of Applied Poultry Research, roč. 23, č. 1, s. 51-58. DOI: https://doi.org/10.3382/japr.2013-00803

GUSSEM, M. et al. 2013. Broiler signals: a practical guide to broiler focused management. 1. vydanie Roodbont Publishers. 120 s.

KAUKONEN, E., NORRING. M. & VALROS, A. 2017. Evaluating the effects of bedding materials and elevated platforms on contact dermatitis and plumage cleanliness of commercial broilers and on litter condition in broiler houses. In *British poultry science*, Vol. 58, s. 480-489. https://doi.org/10.1080/00071668.2017.1340588

OLENREWAJU, H. A. – THAXTON, J. P. – DOZIER W.A. et al. 2006. A review of lighting programs for broiler production. In *International journal of poultry science*, Vol.. 5, No. 4, s. 301-308.

PATEL, S. J. – PATEL, A.S. – PATEL, M.D. et al. 2016. Significance of light in poultry production: a review work, In *Advances in Life Sciences*, Vol. 5, No. 4

PHIBBS, V. D., GROVES J. P. & MUIR, I W. 2021. Leg health of meat chickens: impact on welfare, consumer behaviour, and the role of environmental enrichment. In *Animal Production Science*, Vol. 61, No. 12, s. 1203-1212. https://doi.org/10.1071/AN19511

WEBSTER, J. 2008. Animal Welfare: limping towards eden: A practical approach to redressing the problem of our dominion over the animals. John Wiley & Sons. 273 s.

WELFARE QUALITY® CONSORTIUM 2009. Welfare Quality® assessment protocol for poultry (broilers, laying hens). 111 s. Vydané: © 2009 by ASG Veehouderij BV in Lelystad, Netherlands. JMH Marec 3, 2017.

Kontaktné údaje: Jan Strašifták, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko, jstrasiftak@deheus.com

SÚČASNÁ SITUÁCIA PSÍCH ÚTULKOV A PROBLEMATIKA TÚLAVÝCH PSOV NA SLOVENSKU

The current situation of dog shelters and the issue of stray dogs in Slovakia

Iveta SZENCZIOVÁ[1], Mária MIČIAKOVÁ[2], Eva TÓTHOVÁ -TAROVÁ[1], Melinda NAGY[1]
[1] *Univerzita J. Selyeho, Katedra biológie, Pedagogická fakulta, Komárno, Slovensko*
[2]*Ústav chovu zvierat, FAPZ SPU v Nitre, Slovensko*

Súčasná situácia psích útulkov je na Slovensku kritická. Počty vyhodených, opustených a nechcených zvierat stúpajú každým rokom. Nekontrolované množenie, neprimerané chovné podmienky, nelegálne predaje bez odvádzania daní, neudelené sankcie, ignorácia veľkosti problému zo strany štátnych orgánov, nezodpovední chovatelia, marginalizované nevzdelané komunity a v neposlednom rade neochota zaviesť primerané tresty, to sú obrovské problémy, ktorým útulky dnes v 21. storočí na Slovensku čelia. Veľké množstvo psov a mačiek, ale aj iných zvierat (kone, ovce, malé kožušinové zvieratá, vtáky, plazy) sa ocitne na ulici, v zlých chovných podmienkach, alebo dokonca zahynie, kvôli zlyhaniu jedného spoločného faktora, a tým je človek, v našom prípade občan tohto štátu. Hlavným a dlhodobým problémom našej spoločnosti je malé povedomie a minimálne vzdelávanie sa v oblasti chovu a držby zvierat, ako aj ponímanie trestnej a právnej zodpovednosti za vlastné zviera, ktoré už nie je vec. Útulky, ktoré sú predmetom tohto článku, čelia každodenným existenčným problémom a obrovskému nátlaku v počte psov, ktoré potrebujú záchranu z ulice, resp. zo zlých chovných podmienok. Cieľom tohto článku je poukázať na katastrofálne stavy a problémy, ktoré musia dnes útulky na Slovensku riešiť. V neposlednom rade ide o apel na šírenie povedomia o tejto problematike a výzvu na aktívnu účasť v spoločnom projekte zameranom na zmapovanie aktuálnej situácie a stavu útulkov na Slovensku.

Kľúčové slová: pes, útulky pre psov, vzdelávanie mládeže, pedagogika

1 Stavy psích útulkov a kastračných staníc na Slovensku

Údajov a publikácií týkajúcich sa problematiky psích útulkov je na Slovensku minimum. V súčasnosti je najväčším problémom nedostatok spoľahlivých a verifikovaných zdrojov o počte a fungovaní psích útulkov. Neexistuje žiadna štúdia ani vedecky vypracovaná analýza, ktorá by poskytovala reálny obraz o aktuálnom stave. Tým pádom sú aj zdroje o reálnych počtoch psov, ktorí sú prijatí do útulkov alebo potrebujú pomoc, veľmi obmedzené. Útulky podľa platnej legislatívy spadajú pod jurisdikciu Štátnej veterinárnej a potravinovej správy (ŠVPS), ktorá je orgánom Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka. Avšak ani tieto štátne inštitúcie nemajú presné údaje o počte útulkov a túlavých psov. Hlavným dôvodom je aj fakt, že ako oficiálny útulok uznaný podľa zákonov, funguje iba asi 50 % psích útulkov. Ostatné zariadenia majú právne zaradenie občianskeho združenia, čo im umožňuje prijímať 2 % z daní a fungovať na základe menej prísnych kritérií, než aké sú vyžadované v prípade oficiálnych útulkov a kastračných staníc. Kritériá na založenie a prevádzku psích útulkov a kastračných staníc sú vysoko náročné a finančne nákladné. Byrokracia a administratívna záťaž na prevádzkovateľov je značná, pričom sankcie za nedodržanie ustanovení sú spojené s vysokými finančnými postihmi. Práve z tohto dôvodu existuje v súčasnosti oveľa viac občianskych združení (OZ), ktoré sa snažia funkciu psích útulkov čiastočne prebrať alebo nahradiť. Tieto OZ fungujú za pomoci dobrovoľníkov, dočasných opatrovateľov a azylov. Bez ich existencie by na Slovensku denne umierali tisíce psov a mačiek, ktoré sa z kapacitných dôvodov do psích útulkov nedostanú. Treba však podotknúť, že aj za pomoci OZ je aktuálna situácia na Slovensku katastrofálna a každý jeden útulok či OZ funguje na hranici svojej kapacity a je nútený každodenne odmietať zvieratá v núdzi. Podľa dostupných zdrojov je

počet aktívnych útulkov v SR odhadovaný na 130 – 150 [1,2]. Bohužiaľ, ani dvojnásobná kapacita dnes existujúcich útulkov a OZ by nestačila na pokrytie dopytu a záchranu všetkých zvierat, ktoré potrebujú pomoc.

2 Počet túlavých psov na Slovensku

V útulkoch po celom Slovensku sa každý mesiac podľa odhadov nachádza viac než 15 000 zvierat, ktoré hľadajú nový domov. Kapacity týchto zariadení sú celoročne prekročené, čo výrazne obmedzuje ich schopnosť prijímať nové zvieratá. Na Slovensku chýbajú presné štatistické údaje o počte túlavých zvierat, obsadenosti útulkov, dostupnej kapacite, ako aj týždenných a mesačných trendoch v jednotlivých regiónoch. Dôležitým aspektom je aj prístup samospráv a ich participácia na riešení negatívnych dopadov [3]. Existujú iniciatívy skupín dobrovoľníkov, napríklad z OZ POMÁHAJ A CHRÁŇ, o.z. r.s.p., ktoré sa prostredníctvom projektu dog2love v meste Humenné usilujú o prepojenie útulkov a dobrovoľníkov s cieľom zmapovať počty zvierat a ich financovanie samosprávami. Sloboda zvierat každoročne vydáva výročnú správu, v ktorej monitoruje situáciu vo svojich 25 útulkoch na území celej SR. V roku 2022 bolo v 25 útulkoch spadajúcich pod Slobodu zvierat prijatých 4 708 zvierat, z toho 3 593 zvierat našlo nový domov (hlavne v zahraničí) a 525 sa vrátilo pôvodnému majiteľovi [4]. Útulky a karanténne stanice majú zo zákona povinnosť nahlásiť do registra ŠVPS počty odchytených a túlavých psov. Tento tzv. Register odchytených a túlavých zvierat (ROTZ) slúži na spoločnú evidenciu a databázu všetkých odchytených a nájdených túlavých zvierat na Slovensku. ROTZ umožňuje evidenciu údajov o odchytených a túlavých zvieratách osobám schváleným na odchyt túlavých zvierat, karanténnym staniciam a útulkom. Tieto údaje sú čiastočne sprístupnené obciam a verejnosti. Aj keď tento register funguje, administratívna záťaž na jeho vedenie zo strany útulkov je značná a náročná. Občianske združenia nemajú povinnosť tento register používať, a tým pádom sú údaje v tomto registri neúplné a nie vždy aktuálne.

3 Aktuálna legislatíva a „riešenie“ štátu

Problematika túlavých psov a útulkov je riešená zákonom č. 39/2007 Z. z. o veterinárnej starostlivosti. V posledných rokoch prebehlo viacero novelizácií tohto zákona, ktoré mali za cieľ výrazne zlepšiť situáciu v chove a držbe psov, ako aj obmedziť problém túlavých psov. Asi najmedializovanejšou novelou bol zákon č. 184/2018 Z. z., ktorým došlo k novelizácii zákona č. 39/2007 Z. z. o veterinárnej starostlivosti a k zásadnej zmene chápania postavenia zvierat. Podľa tejto novely má živé zviera osobitný význam a hodnotu ako živý tvor, schopný vnímať vlastnými zmyslami, a v občianskoprávnych vzťahoch má osobitné postavenie. Táto tzv. novela „zviera už nie je vec“ bola pozitívne prijatá verejnosťou. Rieši starostlivosť o zvieratá, ich ochranu, zlepšuje evidenciu a zasahuje aj proti nelegálnym množiteľom. Zákon zároveň zintenzívňuje aj postihy za týranie zvierat. Zavádza sa tiež povinné čipovanie psov.

Vlastníkom psov chovaných na území Slovenskej republiky bola uložená povinnosť zabezpečiť trvalé označenie transpondérom (čipom) pred prvou zmenou vlastníka psa, najneskôr však do 12 týždňov veku. Následne musia byť identifikačné údaje psa a údaje o vlastníkovi psa zaznamenané v Centrálnom registri spoločenských zvierat, pričom tento zápis zabezpečuje veterinárny lekár. Novela tiež prísnejšie postihuje týranie zvierat, pričom zavádza nové kategórie týrania a definuje „utýranie“ zvieraťa, čo v zvýšenej miere pomôže pri objasňovaní prípadov orgánom činným v trestnom konaní. Pod týraním zvieraťa sa chápe napríklad nedostatok jedla a pitia, štvanie zvierat proti sebe, opustenie zvieraťa s úmyslom zbaviť sa ho, spôsobovanie bolesti a podobne. Ochrana práv zvierat, najmä pred týraním, sa zvýši tým, že sa posilnia právomoci veterinárnych inšpektorov. V prípade dôvodného podozrenia z týrania majú veterinárni inšpektori právo vstúpiť na pozemok alebo do obydlia (Z. z. 184/2018) [5, 6].

Ďalšou významnou novelou je zákon č. 272/2021 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon o veterinárnej starostlivosti, účinný pre všetky psy na Slovensku. Týmto zákonom sa končilo dvojročné prechodné obdobie, ktoré malo držiteľom psov slúžiť na prípravu vhodných

chovných podmienok bez reťaze. Počnúc 1. januárom 2024 tak psy nesmú byť v chovnom zariadení, t. j. v byte, dome, dvore či akomkoľvek priestore, kde je zviera dočasne alebo trvalo chované/držané, viazané na reťaz [7]. Na základe týchto platných zákonov by sa mohlo zdať, že Slovensko je pokrokovou krajinou, ktorá dbá o blaho psov. Avšak realita je oveľa kritickejšia z pohľadu problému nechcených zvierat. Štát argumentuje, že robí dostatok pre ochranu psov, avšak financovanie zo strany štátu je takmer neexistujúce a všetká právna zodpovednosť je neefektívne presunutá na samosprávy a obce.

3.1 Kto sa má teda postarať o túlavé psy

Pred novelizáciou zákona č. 184/2018 Z. z., platila vo vzťahu k obciam v zákone o veterinárnej starostlivosti len všeobecná povinnosť zriaďovať, prevádzkovať a spolupodieľať sa na prevádzke útulkov a karanténnych staníc pre zvieratá (§ 22 ods. 7 v predchádzajúcom znení). Obce mali súčasne povinnosť zabezpečiť odchyt túlavých zvierat na svojom území (§ 22 ods. 8 v predchádzajúcom znení). Novelizovaný zákon stanovuje, že hoci zodpovednosť za zriadenie a prevádzku karanténnych staníc a útulkov pre zvieratá naďalej nesie štát zastúpený rezortným ministerstvom spolu s obcami, tieto povinnosti sú teraz *primárne ukladané obciam*. Obce sú preto zodpovedné za zabezpečenie starostlivosti o opustené (túlavé) zvieratá na svojom území, pričom majú možnosť buď prevádzkovať tieto zariadenia samostatne, alebo využívať externé služby. Špecificky, *obce sú povinné zabezpečiť odchyt túlavých zvierat a ich umiestnenie do karanténnej stanice alebo útulku* prostredníctvom schválenej osoby, alebo prevziať túlavé zviera od nálezcu a zabezpečiť jeho umiestnenie v príslušnom zariadení. Ďalej sú obce povinné dohliadať na začipovanie psov na svojom území a môžu ukladať sankcie za nedodržanie tejto povinnosti. Napriek tomu, niektoré obce túto povinnosť nedostatočne plnia, čo vedie k presúvaniu nezačipovaných zvierat medzi obcami, keďže starostlivosť o tieto zvieratá predstavuje pre obce značné finančné a organizačné zaťaženie. V prípade nálezu túlavého zvieraťa je obec, na ktorej území sa zviera nachádza, povinná ho prevziať a zabezpečiť jeho ďalšiu starostlivosť. Nie všetky samosprávy však túto povinnosť plnia dostatočne. Kontrola MPRV SR odhalila nedostatky vo viac ako 50 % prípadov zo skúmaných 400 obcí, často z dôvodu neuzavretia zmlúv na odchyt zvierat. Keby každá obec dôsledne kontrolovala začipovanie psov na svojom území, tlak na útulky by sa výrazne znížil a začipované psy by sa mohli vrátiť pôvodným majiteľom.

Problém túlavých psov na Slovensku nie je systematicky riešený. Každý túlavý pes predstavuje značnú finančnú záťaž pre samosprávy. Existujú prípady obcí s približne 800 obyvateľmi, ktoré v priebehu roka musia čeliť až 60-70 túlavým psom, pričom tieto psy sú následne evidované na rodné číslo starostu, ktorý je povinný platiť za ne daň a zabezpečovať ich starostlivosť v súlade so zákonom. Združenie miest a obcí Slovenska navrhuje ako riešenie čipovanie a kastráciu psov. Kastrácie by viedli k zníženiu počtu nechcených psov najmä v marginalizovaných oblastiach, zatiaľ čo čipovanie by umožnilo efektívnejšiu identifikáciu ich majiteľov. Realita je však často opačná. Napriek platnej legislatíve je počet nezačipovaných psov stále veľmi vysoký, čo značne komplikuje dohľadanie ich majiteľov. Zvieraťa sa často zbavujú tým, že ich odvážajú medzi obce alebo do iných dedín, aby sa stali problémom niekoho iného [8]. V lepšom prípade sa takto vyhodené túlavé psy, dostanú do útulkov, kde sú po veterinárnom ošetrení, čipovaní a kastrácii ponúkané na adopciu. Avšak adopcie sú na Slovensku dlhodobo na veľmi nízkej úrovni. Staré, choré alebo inak postihnuté psy sú prakticky neadoptovateľné a ostávajú v útulkoch dlhé roky často až do smrti ale to je už podla kompetentných problémom útulkov [9].

4 Slovensko je množiareň EÚ

Slovensko nemá v žiadnej inej oblasti takú zlú reputáciu, akú má v ochrane práv zvierat. V roku 2023 podľa Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky (MPRV SR) bolo legálnym spôsobom vyvezených zo Slovenska takmer 12 400 zvierat. Tento počet však môže byť oveľa väčší, vzhľadom na existenciu nelegálnych „chovných“ staníc, ktoré operujú bez povinnej registrácie a sprievodných dokumentov potrebných na

vývoz do zahraničia. Na Slovensku stále neexistuje adekvátna legislatíva na reguláciu tohto problému. V minulosti organizácie ako Sloboda Zvierat a iniciatíva Zvierací ombudsman vykonali viacero aktivít zameraných na sprísnenie legislatívy v oblasti chovu a ponuky psov a mačiek. Napriek týmto snahám však návrhy zo strany agrorezortu a veterinárnych orgánov v oblasti regulácie nadmerného rozmnožovania psov v nevhodných podmienkach, prichádzajú pomaly a často sú nedostatočné. Tisíce zvierat z množiarne a ich chorých potomkov z inzerátov na internetových portáloch vyžadujú konkrétne a odborné riešenia. *Je nevyhnutné zaviesť jasné predpisy týkajúce sa ponuky na predaj, zvýšiť transparentnosť a dohľadateľnosť predávajúcich, vytvoriť schvaľovací proces pre registráciu chovných zariadení a povinnosť registrácie všetkých chovateľov, nielen tých, ktorí vykonávajú export* [10, 11].

Za súčasného stavu nemožno považovať za problematické iba nelegálne množiarne, ktoré sú mimo dohľadu veterinárnych orgánov. Iniciatíva Zvierací ombudsman identifikuje ako problematické *aj legálne množiarne*, teda zariadenia registrované v súlade so zákonom, ale ich charakter chovu sa podobá veľkochovom hospodárskych zvierat. Podľa zistení, veterinárne orgány často nevykonávajú pred registráciou zariadení dôkladnú kontrolu alebo, aj keď kontrolu vykonajú, nepreskúmajú pohodu a zdravotný stav jednotlivých zvierat. Kontrolné orgány zvyčajne iba konštatujú, že zariadenie spĺňa minimálne požiadavky a zdravotný stav zvierat je v poriadku. Tento prístup nemožno považovať za dostatočný, najmä v prípade veľkochovov spoločenských zvierat, kde počet chovaných dospelých jedincov určených na rozmnožovanie môže dosiahnuť až 130. Regionálne veterinárne a potravinové správy (RVPS) vykonávajú kontroly týchto zariadení náhodne a nemajú zákonom definované povinnosti. Na Slovensku bolo v roku 2023 v 26 regionálnych zastúpeniach ŠVPS (zo 40 existujúcich) registrovaných 927 chovných zariadení psov a mačiek. Veterinári RVPS vykonali kontrolu iba v 11 % registrovaných zariadeniach. V týchto zariadeniach sa nachádzalo 1 520 dospelých psov, z ktorých približne 81 % boli samice. Za predpokladu, že 1 230 samíc by malo v priemerne 3 šteňatá, sa odhaduje počet narodených šteniat na takmer 3 700, iba z 91 chovných zariadení. Podľa aktuálnych údajov existuje na Slovensku takmer 1 500 registrovaných chovných zariadení psov a mačiek, pričom ročne sa môže v týchto zariadeniach narodiť až 15 000 šteniat a mačiat. Veľké množstvo týchto zvierat končí nelegálne v zahraničí [12].

5 Riešenie problému a čo môžeme urobiť dnes

Analyzovať situáciu útulkov na Slovensku predstavuje komplexný úlohu. Napriek tomu, že zavedenie sociálnych sietí zlepšilo komunikáciu medzi verejnosťou a útulkami, problém počtu nechcených zvierat a ich zhoršujúci sa stav na Slovensku zostáva závažný a pretrvávajúci. V súčasnosti čelíme množstvu problémov vrátane: nedostatočného financovania útulkov zo strany štátu, závislosti útulkov na online zbierkach, ktoré podporujú len jednotlivci, nedostatku dobrovoľníkov, nízkej miery adopcií na Slovensku v porovnaní s vyšším počtom adopcií v zahraničí, apatie verejnosti k utrpeniu zvierat, nehlásenia týrania, vysokých veterinárnych nákladov na liečbu zanedbaných zvierat, preplnenosti útulkov mladými a neadoptovanými šteniatkami a mačiatkami, absencii čipovania a kastrácie zvierat, nelegálnym predajom zvierat bez príslušných daní, neudeleným sankciám a ignorovaniu problému zo strany štátnych orgánov, nezodpovedných chovateľov a marginalizovaných komunít s nízkym vzdelaním. Aj keď sa tento článok sústreďuje na psie útulky, je dôležité si uvedomiť, že problém s opustenými a nechcenými mačkami je rovnako závažný. Počet mačacích útulkov a azylov je výrazne menší, pričom počet nechcených mačiek a ich utrpenie sú porovnateľné s problémami psov. Útulky pre mačky sú rovnako závislé na podpore darcov a dobrovoľníkov.

Riešenie tohto problému vyžaduje systémový prístup, ktorý zahŕňa štátne inštitúcie, školstvo a zmenu verejného povedomia. Prvotným krokom by mali byť vedecké výskumy a analýzy, ktoré poskytnú presné údaje o aktuálnom stave útulkov a problémových situáciách s túlavými zvieratami (psami a mačkami). Na základe týchto dát bude možné implementovať konkrétne opatrenia a vypracovať návrhy na dlhodobé zlepšenie situácie.

V rámci riešenia je kľúčové zvyšovanie povedomia verejnosti o tejto problematike, podobne ako v rozvinutých západných krajinách, kde je opustenie zvieraťa považované za neprijateľné a zahanbujúce. V týchto krajinách existujú dlhoročné vzdelávacie systémy, ktoré začínajú na úrovni základných škôl a zahŕňajú výučbu etiky, zodpovedného chovu a úcty k zvieratám. Až keď naše deti začnú vnímať týranie, opustenie a zlé zaobchádzanie so zvieratami ako morálne neakceptovateľné, môžeme očakávať výrazné zlepšenie v správaní k zvieratám a následne zníženie počtu túlavých zvierat. Výchova novej generácie s vyšším etickým povedomím o zvieratách by mala byť prioritou v úsilí štátu o zlepšenie situácie týkajúcej sa túlavých zvierat a ich vnímania v spoločnosti na Slovensku.

6 Záver

Problematika psích útulkov nie je každodennou témou v chovateľstve či poľnohospodárstve. Aj keď je dostatočne medializovaná z hľadiska výskumu a vedeckej obce je úplne zanedbaná. Žiadna univerzita či vedecká organizácia sa nepodujala na spracovanie štúdie či analýzy stavov útulkov a túlavých psov. Cieľom tohto článku je upozorniť vedeckú obec na túto skutočnosť a na nutnosť spracovania týchto údajov, pre budúce celoplošné zlepšenie situácie na Slovensku. Preto, by sme my, ako autori chceli týmto vyzvať ľudí z agrosektora, chovateľstva, vedeckej obce, aby sa pripojili k našej snahe o vedecké spracovanie problematiky na úrovni budúceho projektu (VEGA, KEGA). Dúfame, že dôležitosť takéhoto výskumu, bude podložená a dostatočne podporená aj na národnej úrovni. Je to v záujme nás všetkých a hlavne v záujme tých tisícok zvierat, ktoré za svoj osud nemôžu.

Poďakovanie

Publikácia bola podporená projektom KEGA č. 011PU-4/2024 „Inovácia metód a foriem univerzitnej výučby predmetu Fyziológia živočíchov a človeka“.

Použitá literatúra

[1] Zoznam schválených karanténnych staníc a útulkov podľa §39 ods.11 zákona 39/2007 Z.z. vplatnom znení.https://zoznamy.svps.sk/default.asp?typ=zoznam-vet-schvalene&cmd=resetall&Zoznamy=ostatne&Sekcia=46&Cinnost=0&Podsekcia=0

[2] Zoznam útulkov žiadajúcich pomoc - https://www.preutulky.sk/utulky-mesacne-potrebuju/

[3] PR. 2023. Autor portálu dog2love: Chceme vedieť presný počet túlavých psov na Slovensku, zatiaľ máme len odhady. *Nový Čas*, 19. 12. 2023. https://www.cas.sk/clanok/2877715/autor-portalu-dog2love-chceme-vediet-presny-pocet-tulavych-psov-na-slovensku-zatial-mame-len-odhady/

[4] Zápisnica zo zasadnutia Zhromaždenia členov občianskeho združenia Slobody zvierat https://slobodazvierat.sk/wp-content/uploads/2022/01/V%C3%BDro%C4%8Dn%C3%A1-spr%C3%A1va-2021.pdf

[5] Zákon č. 184 Z.z. z 25. mája 2018,ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 39/2007 Z. z. o veterinárnej starostlivosti v znení neskorších predpisov a ktorým sa menia a dopĺňajú niektoré zákony, dostupné na: https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2018/184/20191031

[6] Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky. 2018. Od 1. septembra zviera už nie je vec. *Aktuality*, 31. 08. 2018. https://www.mpsr.sk/aktualne/od-1-septembra-zviera-uz-nie-je-vec/13332/

[7] Zákon č. 272/2021 Z. z 22. júna 2021, ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 39/2007 Z. z. o veterinárnej starostlivosti v znení neskorších predpisov a ktorým sa menia a dopĺňajú niektoré zákony, dostupné na: https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2021/272/20220101

[8] Tóthová, J. 2021. Túlavé psy sú na Slovensku stále problém. Niektoré samosprávy si neplnia povinnosti. *Noviny*, 15. 10. 2021. https://www.noviny.sk/slovensko/637064-tulave-psy-su-na-slovensku-stale-problem-niektore-samospravy-si-neplnia-povinnosti

[9] Jedličnová, E. 2023. Situácia útulkov a karanténnych staníc pre zvieratá je na Slovensku kritická. Ľudia o adopciu nemajú záujem. *Aktuality.sk*, 25. 06. 2023. https://www.aktuality.sk/clanok/aHSPxN7/situacia-utulkov-a-karantennych-stanic-pre-zvierata-je-na-slovensku-kriticka-ludia-o-adopciu-nemaju-zaujem/

[10] Výstup z tlačovej konferencie v NR SR zo dňa 28. júna 2023 - https://slobodazvierat.sk/wp-content/uploads/2023/06/TS_Mno%C5%BEiarne_28.6.2023.pdf

[11] Jedličnová, E. 2023. Slovensko nemá v žiadnej inej oblasti takú zlú reputáciu, akú má v ochrane práv zvierat (rozhovor). *Aktuality.sk*, 27. 10. 2023. https://www.aktuality.sk/clanok/YQnESeE/slovensko-nema-v-ziadnej-inej-oblasti-taku-zlu-reputaciu-aku-ma-v-ochrane-prav-zvierat-rozhovor/

[12] Výstup z tlačovej konferencie v NR SR zo dňa 22. marca 2024 - https://slobodazvierat.sk/wp-content/uploads/2024/01/TS_SLOVENSK%C3%8D-MNO%C5%BDIARI-Z%C3%81SOBUJ%C3%9A-ZVIERATAMI-E%C3%9A-TRHY.pdf

Kontaktné údaje: Iveta Szenciová, Katedra biológie, Fakulta pedagogiky, Univerzita J. Selyeho v Komárne, Bratislavská cesta 3322, 945 01 Komárno, szenciovai@ujs.sk;
Mária Mičiaková, Ústav chovu zvierat, FAPZ, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, maria.miciakova@uniag.sk

CHOV KONÍ V DOBŠINEJ A NA MURÁNI
Horse breeding in Dobšiná and Muráň

Vladimír ŠMELKO
Národný park Muránska planina, SCHK Dobšiná, Slovenská republika

Ak sa niekedy hovorilo, že chov koní patrí k základným odvetviam poľnohospodárskej výroby, dnes táto rokmi proklamovaná veta nemá svoje opodstatnenie. Kone, ktoré sa kedysi vo veľkej miere uplatňovali v poľnohospodárskej prvovýrobe a ktoré sa uplatňovali aj v armáde, postupne strácali na význame v tejto sfére. Modernizácia armády a dynamický rozvoj mechanizácie s využitím komplexnej techniky pri zvyšovaní pracovnej produktivity v poľnohospodárskej výrobe prispeli k znižovaniu celkového stavu koní, ba priam takmer k ich likvidácii.

K zníženiu stavu koní a k celkovému poklesu úrovne chovu na Slovensku došlo koncom minulého a začiatkom tohto storočia aj tzv. transformáciou chovov v takých podnikoch ako boli Motešice, Nový Tekov, Šamorín či Veľký Šariš. Bohužiaľ, v tomto prípade platí, že slovo transformácia je synonymom slova likvidácia.

Chov koní prešiel výraznou zmenou svojej funkcie, ktorú si vyžiadali celospoločenské zmeny. Napriek tomuto konštatovaniu nemožno povedať, že význam chovu koní sa dá vo všeobecnosti bagatelizovať. Práve naopak. Toto odvetvie je významnou súčasťou nášho života. Jeho význam vzrastá úmerne so záujmom najmä mladej generácie o športové a rekreačné jazdenie, s ekologizáciou obhospodarovania lesov a aj s narastajúcou túžbou ľudí po relaxe v prírode, čo prispieva k rozvoju agro a lesoturistiky. Nové uplatnenie získavajú kone v zdravotníctve – v hipoterapii.

Chov koní prechádza v poslednom období zložitým obdobím najmä z pohľadu ekonomických ukazovateľov. Z tohto aspektu je treba trvale venovať pozornosť predovšetkým skĺbeniu poznatkov vedy a praxe. Nevyhnutnosťou je uplatňovanie najnovších poznatkov z oblasti výživy, reprodukcie, hodnotenia výkonnosti a vlastností koní, hodnotenia exteriéru. V chove koní sa uplatňujú poznatky všetkých biologických disciplín.

Špecificky významným činiteľom, ktorým sa chov koní líši od chovu iných hospodárskych zvierat, je dlhý generačný interval. Z toho vyplýva, že chovateľská a šľachtiteľská práca je dlhodobá. Využitie koní v lesnom hospodárstve má svojich odporcov i zástancov. Faktom však zostáva, že napriek vysokému stupňu mechanizácie nie je možné modernými mechanizačnými prostriedkami priblížiť všetku vyťaženú drevnú hmotu. Súvisí to predovšetkým s terénnymi a klimatickými podmienkami. Boli, sú a aj budú ťažko prístupné terény, kde jediným možným variantom približovania dreva bude použitie koní. V súčasnosti je v lesníctve vysoko preferované prírode blízke obhospodarovanie lesov, jemnejšie výchovné a obnovné postupy a využitie koní je tam prioritné. Na Slovensku kvôli prírodným podmienkam je potrebné ročne priblížiť koňmi 6 – 7 % všetkého vyťaženého dreva. Význam chladnokrvných koní bude narastať aj pri približovaní dreva v chránených oblastiach a národných parkoch. Kôň sa dokáže obratne pohybovať na strmých svahoch, na rozbahnenom teréne i zľadovatených miestach. Vykonáva prácu v podmienkach pre traktor nevýhodných a pritom neprodukuje s prírodou nezlučiteľné znečistenie prostredia. Prax ukázala, že pri približovaní dreva v strmých, ťažko prístupných terénoch s veľkým výškovým prevýšením, kde sa vyžaduje obratnosť a odolnosť voči nepriaznivým podmienkam, je najlepšie využiteľný kôň norický. Pôvod norického koňa sa viaže k starorímskej alpskej provincii Noricum, ktorá sa nachádzala približne na území dnešného Rakúska. Význam tejto provincie spočíval v obchode so soľou. Cez toto územie prechádzali karavány nosných koní a vozov zásobujúce soľou väčšinu územia rímskeho impéria. Norik vďačí sa svoj rozvoj rímskemu pragmatizmu. Rimania vedeli na chove koní zarábať a na území svojej obrovskej ríše budovali žrebčíny, ktoré ich zásobovali koňmi. Predkovia norika boli pravdepodobne príbuzní ťažkých bojových koní, ktoré sa chovali neďaleko dnešného Salzburgu a slúžili na ťahanie vozov a nosenie nákladov. Podľa dostupných

informácií sa v 16. – 19. storočí uskutočnili pokusy zlepšiť norický chov taliansko-španielskymi žrebcami. Tieto pokusy však vyzneli negatívne, tak isto ako pokus o prílev krvi holštajnskými, clydesdalskými a normandskými žrebcami. Prvý hipologický opis norika pochádza z r. 1878 od majora Cristofa Joscha, bývalého veliteľa vojenského žrebčinca v Bábolne v Uhorsku. V tejto dobe sa označenie „kôň norického typu“ používalo ako súhrnné pomenovanie pre všetky plemená a typy ovplyvnené norikom. Čistý typ, dnes známy ako norik, sa od iných plemien odlišoval a bol označovaný ako „pinzgauský kôň“. Chov norika sa v dvadsiatom storočí rozšíril okrem svojej pôvodnej vlasti aj do iných krajín, a vzhľadom k určitej uzatvorenosti v jednotlivých chovných oblastiach a vplyvom prostredia a spôsobu odchovu sa vytvorili viaceré rázy tohto plemena. Jednotlivé rázy sú typovo odlišné, napríklad norik bavorský je mohutnejší ako norik rakúsky. Najznámejšími typmi sú napríklad norik bavorský, sliezsky a na Slovensku norik muránsky. Norik je kôň stredného rámca. Je obľúbený pre svoju výkonnosť a pevnú konštitúciu. Práve konštitúcia je najdôležitejším selekčným kritériom pri jeho chove. Norik má predĺženú dobu ontogenézy, je to kôň dlhoveký. Norik sa chová v niekoľkých líniách: Diamant, Nero, Elmar, Vulkan a Schaunitz. Zakladateľom línie Diamant bol žrebec Bravo narodený v r. 1877, líniu Nero založil žrebec Optimus nar. r. 1885, líniu Elmar žrebec Arnulf nar. r. 1886, líniu Vulkan žrebec Vulkan nar. r. 1887, a zakladateľom línie Schaunitz bol žrebec Amor nar. r. 1888. Norický kôň je najtypickejším predstaviteľom skupiny koní západných, okcidentálnych. Táto skupina sa líši od koní východného typu robustnejšou telesnou stavbou. Aj toto plemeno prešlo vplyvom vonkajších podmienok dlhodobým vývojom. Dnes je norické plemeno upevnené a zreteľne definované. Najvýznamnejším chovateľov chladnokrvných koní v rámci Slovenskej republiky je stredisko chovu koní Dobšiná, ktoré do leta 2024 patrilo pod Lesy Slovenskej republiky, š. p. a v súčasnosti pod správu Národného parku Muránska planina.

Chov koní bol založený v r. 1950 na Veľkej Lúke pri Muráni. Podnetom k jeho založeniu bola potreba produkcie koní pre lesné hospodárstvo a armádu. Pretože toto stredisko nebolo kapacitne postačujúce na odchov potrebného počtu koní, do r. 1956 sa vybudovali ďalšie 4 strediská: Paseky, Dobšinská Ľadová Jaskyňa, Dobšiná a Betlanovce.

Dnes je chov sústredený v dvoch strediskách – v Dobšinej a Veľkej Lúke.

Počas svojej existencie je pre žrebčín charakteristická niekoľkonásobná zmena chovného cieľa ako výsledok meniacich sa požiadaviek na exteriér a úžitkovosť ťažných koní zo strany lesných závodov.

V chove koní na Muráni rozlišujeme 3 základné etapy, ktoré nie sú presne časovo ohraničené a navzájom sa prelínajú:

1. Chov hucula v čistokrvnej forme
2. Zmohutňovací proces hucula krížením s plemenami fjord, hafling a norik
3. Chov norika

Prvá etapa je charakteristická pre päťdesiate roky. Základom chovu bolo stádo huculských kobýl, resp. kobýl huculského typu, vykúpených zo zemského chovu na východnom Slovensku. V druhej polovici 50-tych rokov požadovali lesné závody kone s väčším telesným rámcom a väčšou hmotnosťou. Preto sa pristúpilo k zmohutňovaciemu procesu hucula krížením s plemenami fjord, hafling a neskôr plemenom norik. Cieľom takéhoto kríženia bolo vytvorenie nového plemena – slovenský horský kôň. Tento produkt mal mať mohutnejší telesný rámec pri zachovaní dobrých úžitkových vlastností huculského plemena. Zámer sa čiastočne podarilo dosiahnuť, ale pretože nie sú podklady vyhodnocujúce celý proces a nedosiahla sa tvarová a typová vyrovnanosť podľa šľachtiteľského cieľa, nemôžeme hovoriť o samostatnom plemene. Dôkazom tohto tvrdenia je aj záver z práce ,,Odborná expertíza o plemenárskej práci žrebčína Muráň za dobu jeho trvania, t. j. od roku 1950 – 1967 a stanovenie ďalšej perspektívy plemenárskej práce k vyšľachteniu vhodného koňa pre potreby lesného hospodárstva“. Túto prácu vypracovali v roku 1968 MVDr. Richter, Dr Ing. Munk a Ing. Toperczer. Mimo iného sa tu konštatuje ,,... na podklade zhodnotenia výsledkov doterajšej chovateľskej práce žrebčína Muráň a v súlade s názormi chovateľských odborníkov konštatujeme, že napriek nespornému zmohutňovaciemu procesu, ku ktorému došlo v priebehu 17 rokov existencie žrebčína

za použitia metódy kríženia huculských koní so žrebcami mohutnejších i chladnokrvných plemien, sa až doteraz nepodarilo v priemere dosiahnuť u produktov žrebčína mierového a váhového limitu, stanoveného žrebčínu ako úloha pri vytváraní horského koňa pre potrebu lesných závodov krížením“.

Z hľadiska pôsobenia chladnokrvných žrebcov za celé obdobie existencie chovu treba spomenúť niekoľko skutočností. Prvé chladnokrvné žrebce začali pôsobiť v roku 1959, boli to žrebce 1733 Agritus 3 a 2544 Brigadýr. Za celé doterajšie obdobie tu pôsobilo 74 chladnokrvných žrebcov (tabuľka 1).

Tabuľka 1 Počet žriebät narodených po žrebcoch pôsobiacich v chove norika muránskeho

Počet narodených žriebät	Počet žrebcov
1 – 10	25
11 – 20	11
21 – 30	8
31 – 40	6
41 – 50	5
51 – 60	5
61 – 70	1
71 – 80	4
81 – 90	0
91 – 100	0
101 a viac	7

V tabuľke 2 sú uvedené žrebce s viac ako 100 potomkami.

Tabuľka 2 Žrebce s najvyšším počtom narodených žriebät

Žrebec	Počet narodených žriebät
4069 Bachbas	179
4493 Galvani Diamant XIV	155
4445 Neugot z Lán 9	145
4093 Kriminál	142
4444 Štart	133
4446 Pištolník	111
4595 Hochberg Schaunitz XV	103

Tieto žrebce mali aj najväčší vplyv na zloženie chovného stáda kobýl.

Tabuľka 3 Prehľad žrebcov podľa počtu dcér zaradených do chovu

Žrebec	Počet dcér v chove
4093 Kriminál	22
4493 Galvani Diamant XIV	20
4069 Bachbas	17
4444 Štart	15
4445 Neugot z Lán 9	13
4595 Hochberg Schaunitz XV	13

Najviac synov zaradených v plemenitbe v zemskom chove má žrebec 4493 Galvani Diamant XIV, a to 7 žrebcov.

Z hľadiska líniovej plemenitby, podľa počtu narodených žriebät, najviac – 313 potomkov zanechal žrebec 4273 Streiter Zdislavický so svojimi synmi 4444 Štart a 4351 Šafár a s vnukom 4446 Pištolník.

Importovaný žrebec 304 Bachbauer Vulkan X so svojimi synmi 4069 Bachbas, 4089 Bachan a 4091 Bachník zanechali 267 potomkov. Ďalšiemu importovanému žrebcovi 301 Krim Nero VIII s jeho synmi 4093 Kriminál a 4094 Krížnik sa narodilo 219 potomkov.

Z hľadiska počtu zastúpenia žrebcov v línii bola najpočetnejšia línia po žrebcovi 2686 Rytíř, po ktorom pôsobil v chove jeden jeho syn – 1077 Rytíř 1 a traja vnuci (1653 Gerson, 4394 Roy, 11 Royal). Po týchto žrebcoch sa narodilo 144 potomkov.

Okrem týchto žrebcov s ich potomkami pôsobilo v chove ešte ďalších sedem žrebcov. Boli to žrebce 2542 Geran (4050 Gerlach), 3238 Neugot z Netolic 9 (3414 Nuget z Podolia), 2544 Brigadýr (4047 Brigádnik), 4365 Poker Elmar XIII (4498 Princ Elmar), 1119 Kisgyalán (1684 Groš), 4594 Zeisig Schaunitz XV (4638 Pardus, 4652 Sebastián), 4595 Hochberg Schaunitz XV (4664 Valent).

Pri zaraďovaní kobýl do chovu sa venuje pozornosť aj udržiavaniu rodín.

Tabuľka 4 Prehľad rodín z hľadiska početnosti kobýl v rodine

Rodina	**Počet kobýl**
Jamaika	27
Franca	26
Anča	23
Megica	21
Septima	21
Róza	19
Jiva	17
Sylva	16
Rita	13
Cikra	13
Daňa	10

Začiatkom 80-tych rokov 20. storočia bola v spolupráci s Výskumnou stanicou pre chov koní v Slatiňanoch vypracovaná koncepcia „Rozvoja chovu koní na Muráni pre roky 1984 – 1990“. Podľa tejto koncepcie je potrebné zamerať sa na chov norika v čistokrvnej forme, ktorý plne vyhovuje požiadavkám lesného hospodárstva. V roku 1991 bola vypracovaná „Koncepcia chovu koní na SCHK Dobšiná“, ktorá bola aktualizovaná v roku 1993. Práve osemdesiate roky sú začiatkom uskutočňovania schváleného koncepčného a konsolidačného zámeru chovu koní na Muráni s cieľom realizovať postupne prevodné kríženie v tej dobe heterogénneho stáda matiek. Tento zámer zohľadňuje požiadavky lesnej prevádzky. K schváleniu koncepcie prevodného kríženia použitím norických žrebcov viedol rad aspektov. Jedným z nich bola aj skutočnosť, že realizácia trojplemenného kríženia nepriniesla požadovaný efekt, nakoľko výsledný materiál nedosahoval parametre požadované odberateľmi. Do plemenitby sa od tohto obdobia zaraďovali len plemenníky typické pre dané plemeno. Od roku 1983 sa pravidelne realizujú bonitácie plemenného materiálu, a od roku 1988 sa do plemenitby zaraďujú len jedince po absolvovaní skúšok výkonnosti. Cieľom chovu je produkcia kvalitných, ľahko ovládateľných koní, použiteľných v lesnej prevádzke, poľnohospodárstve a agroturistike, a produkcia plemenných žrebcov. Chovateľský program plemena norik muránskeho typu sa riadi štatútom plemennej knihy tohto plemena. Tento program je realizovaný vybranými chovateľskými metódami, hodnotením exteriéru, výkonnostnými skúškami, stanovením plemennej hodnoty

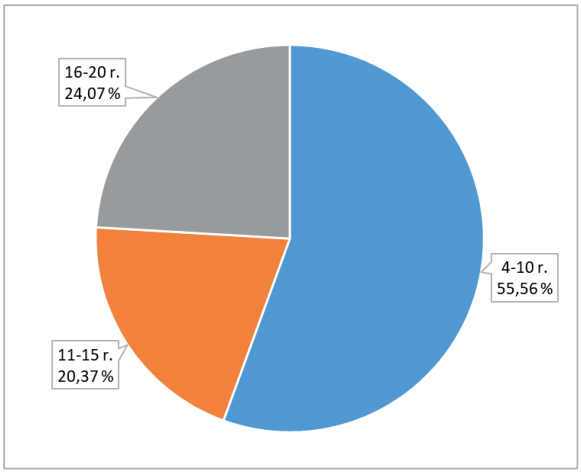
a selekčnými opatreniami. Do chovateľského programu sú zahrnuté všetky žrebce a kobyly zapísané v plemennej knihe. Cieľom chovateľského programu je zabezpečenie a sústavné skvalitňovanie genetickej úrovne celej populácie. Základné vlastnosti plemena a jeho požadovanú úroveň určuje chovný cieľ a štandard plemena. Chovná oblasť norika muránskeho typu je vymedzená územím Slovenskej republiky. Chovným cieľom je chladnokrvný kôň dospievajúci vo štvrtom – piatom roku, stredne veľkého obdĺžnikového rámca, s dobrým osvalením. Hlava je ťažšia, s výrazným okom, krk stredne dlhý, stredne vysoko nasadený, s mierne výrazným kohútikom, lopatka dobre uhlovaná. Hrudník je priestranný, stredne hlboký, dlhší a oválny, panva oválna, zadok sklonený. Je to kôň silný, kostnatý, suchý, kopytá pevné, pružné, dobre utvárané. Kĺby sú menej výrazné, sponka krátka, pevná. Norik muránskeho typu je pracovitý a dobre ovládateľný kôň primeraného temperamentu, dobrého charakteru, dobre živiteľný, pohyblivý, so stredne priestornou chôdzou. Vhodný je najmä pre horské oblasti. Pred zaradením do plemenitby musia jedince absolvovať výkonnostné skúšky, ktoré pozostávajú z hodnotenia exteriéru a výkonnosti. Pri posudzovaní exteriéru sa hodnotí plemenný typ, pohlavný výraz, telesná stavba a celkový súlad koňa. Pri posudzovaní výkonnosti sa posudzuje predovšetkým charakter, konštitučná tvrdosť, temperament, ochota k práci, korektnosť a pravidelnosť chôdze a ovládateľnosť.

Chov koní v rámci Správy Národného parku Muránska planina – v Stredisku chovu koní Dobšiná má dva hospodárske dvory. V Dobšinej sú ustajnené plemenné žrebce, plemenné kobyly so žriebätami do odstavu a kobyly od jedného roka do predaja, resp. zaradenia do stáda matiek. Na Veľkej Lúke sú ustajnené žriebätá od odstavu do jedného roka bez rozdielu pohlavia a žrebce a valachy od jedného roka do predaja. Prevádzkové objekty a obhospodarované územie je umiestené v dvoch národných parkoch – Slovenský raj a Muránska planina. Už sama táto skutočnosť vyžaduje od chovateľa realizáciu mimoriadnych opatrení pri zabezpečení chovu koní. A niektoré tieto opatrenia zabezpečujúce režim platný pre chránené územia vyžadujú ďalšie finančné prostriedky. Spolupráca s vedením obidvoch národných parkov je dobrá. Obidve strany rešpektujú vzájomné pripomienky a hľadajú možnosti ako eliminovať prípadné negatívne dopady chovu koní na prírodu.

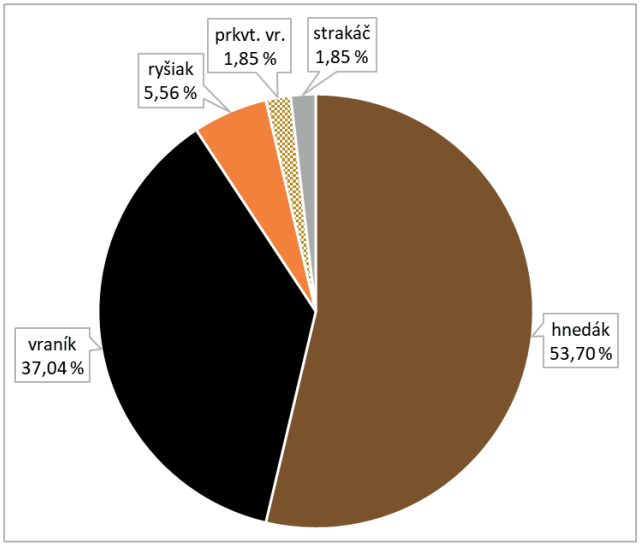
Hospodársky dvor Dobšiná sa nachádza v oblasti mierne teplej a vlhkej, so strednou zimou. Priemerná ročná teplota je 7,8 °C, a priemerný ročný úhrn zrážok je 600 – 650 mm. Priemerný úhrn teplôt za vegetačné obdobie je 14 – 15 °C, a priemerný úhrn zrážok za vegetačné obdobie je 500 – 550 mm. Po stránke geomorfologickej sa stredisko nachádza v severnej časti Gemerského rudohoria. Táto oblasť je charakteristická veľmi členitým terénom so strednou a silnou svahovitosťou. Medzi jednotlivými údoliami sa vyskytujú náhorné plošiny. Priemerná nadmorská výška poľnohospodárskych pozemkov je asi 850 m. n. m. Z pohľadu pôdnych pomerov podstatnú časť tvoria hnedé pôdy podzolové s plytkou pôdou.

Hospodársky dvor Veľká Lúka sa nachádza v oblasti chladnej a vlhkej. Priemerná ročná teplota je 5,5 °C, a priemerný ročný úhrn zrážok je 950 mm. Priemerná teplota za vegetačné obdobie je 11,5 °C, a priemerný úhrn zrážok za vegetačné obdobie je 550 mm. Územie Veľkej Lúky po geomorfologickej stránke patrí do Muránskej planiny. Reliéf terénu je členitý. Priemerná nadmorská výška pozemkov je 1 100 m. n. m. Podstatnú časť pôdotvorného substrátu tvoria vápence, typické pre toto krasové územie. Poľnohospodárske pôdne typy obsahujú v rôznej miere prímes dolomitického vápenca. Z tohto prehľadu o klimatických podmienkach je zrejmé, že výroba objemových krmív z trvalých trávnych porastov nie je jednoduchá. Poľnohospodárske pozemky sa obhospodarujú extenzívne, obnova trvalých trávnych porastov sa neprevádza. Priemerné hektárové výnosy sa pohybujú cca okolo 20 q/ha.

Stredisko chovu koní neobhospodaruje ornú pôdu, preto celú potrebu jadrových krmív a slamy zabezpečuje nákupom. Počet kobýl v základnom stáde matiek v r. 1988 bol 116 ks, v posledných rokoch sa stabilizoval na úrovni 45 – 50 kobýl.



Graf 1 Veková štruktúra chovných kobýl



Graf 2 Rozdelenie chovných kobýl podľa sfarbenia

Pri hodnotení percenta gravidity môžeme konštatovať, že v tejto oblasti sa dosahujú dobré výsledky. Za posledné roky sa percento gravidity stabilizovalo na úrovni cca 80 %.

Mladé kobyly pred zaradením do chovu absolvujú skúšky výkonnosti. Za posledných 10 rokov absolvovalo výkonnostné skúšky pred zaradením do chovu 35 mladých perspektívnych kobýl. Všetky skončili v triede Elita. To je dôkaz, že zaraďovaniu kobýl do základného stáda a príprave výkonnostných skúšok sa venuje náležitá pozornosť.

Okrem kobýl, ktoré pred zaradením do chovu absolvujú skúšky výkonnosti, sa vykonáva aj výcvik mladých koní určených na prácu v lesnom hospodárstve. Výcvik prebieha v dvoch turnusoch v období november – apríl. Jeden turnus trvá 3 mesiace a je ukončený výkonnostnými skúškami. Na Stredisku chovu koní Dobšiná sa 2x ročne uskutočňujú bonitácie a v rámci jarnej bonitácie aj výkonnostné skúšky kobýl a žrebcov. V zápisniciach z bonitácií sa konštatuje dodržiavanie zoohygienických a zooveterinárnych predpisov.

Nevyskytujú sa ani zootechnické nedostatky. Pri odchove mladých koní môžeme konštatovať niektoré špecifiká tohto chovu:

- žriebätá už od veku dvoch mesiacov chodia na pastvu vzdialenú niekoľko kilometrov.
- mladé kone od jedného roka sú v období od začiatku júna do konca októbra na vonkajších pastvinách, kde sú celé leto vystavené vonkajším poveternostným vplyvom. Kone chodia denne za vzdialenou pastvou a v noci sú ustajnené v ohradách bez prístrešku. Takéto náročné podmienky zvyšujú odolnosť ich organizmu.
- každodenný pohyb na pastve umožňuje nadobudnutie výbornej pohyblivosti a prirodzenej obratnosti, čo je dôležitým predpokladom pri využití týchto koní pri práci v lese.

Takýto odchov prináša so sebou aj nevýhodu. Kone sú v tomto období bez jadrového krmiva. Tento deficit vo výžive má za následok neskoršie dospievanie a má vplyv aj na utváranie exteriéru. Môžeme konštatovať, že najmä z tohto dôvodu je norik muránsky menej mohutný ako norik rakúsky. V posledných rokoch sa deficit jadrového krmiva u časti mladých koní vyriešil vytvorením samostatného stáda mladých kobyliek vo veku 1 – 1,5 roka, ktorým sa jadrové krmivo podáva aj počas letného obdobia. Obe strediská, Dobšiná aj Veľká Lúka, ležia na samote vzdialenej niekoľko kilometrov od najbližšie obývaných oblastí.

Aj chov koní na Muráni a v Dobšinej prechádza zložitým obdobím z pohľadu ekonomických ukazovateľov. Zvyšujúce sa ceny energií, nákladov na zabezpečenie veterinárnych opatrení a mnohých iných vstupov do výroby zvyšujú náklady na kŕmny deň, pričom predajná cena koní nestúpa. Bohužiaľ, budúcnosť chovu norika muránskeho typu v rámci Správy Národného parku Muránska planina nie je len v rukách chovateľov. Optimálnejšie a koncepčnejšie riešená politika finančnej podpory pre chovateľov norika muránskeho by v oveľa väčšej miere prispela aj k optimalizácii programu rozvoja vidieka, ktorý má okrem iného riešiť aj problémy zamestnanosti a rastu národného hospodárstva.

Chov norika muránskeho typu bol v r. 1995 uznaný za šľachtiteľský chov a v r. 1997 bol vyhlásený za chránený chov. Kone z tohto chovu pravidelne získavajú ocenenia na rôznych výstavách. Chov koní vo všeobecnosti nie je lacná záležitosť. Jeho návratnosť je síce ťažko priamo vyčísliteľná, ale nesmieme zabudnúť, že kultúra národa sa nehodnotí len materiálnymi hodnotami, ale aj tým, ako sa vie postarať o svoje kultúrne a prírodné bohatstvo. A súčasné stádo plemenných kobýl, plemenných žrebcov a mladých koní predstavuje nielen materiálnu, ale aj veľkú biologickú a kultúrnu hodnotu.

Použitá literatúra

DRUML T., 2006: Das Noriker Pferd

DUŠEK J. a kolektív, 1999: Chov koní

EDWARDS E. H., 1997: Obrazová encyklopédia koní

FEDÁKOVÁ, 1988: Plán zužitkovania organických hnojív na LZ Revúca

LESY SR, š. p., 2000: 50 rokov chovu koní na Muráni

RICHTER, L., MUNK, Z., TOPERCZER, Z., 1968: Odborná expertize o plemenářské práci hřebčína Muráň za dobu jeho trvání, t. j. od r. 1950 – 1967 a stanovení další perspektivy plemenářské práce k vyšlechtění vhodného koně pro potřeby lesního hospodářství.

ZCHKS - družstvo, 2006: Štatút plemennej knihy plemena Norik muránskeho typu

ZCHKS - družstvo, 2006: Štatút plemennej knihy plemena Belgik

Kontaktné údaje: Ing. Vladimír Šmelko, SCHK Dobšiná, Správa Národného parku Muránska planina so sídlom v Revúcej, Slovenská republika, e-mail: vladimir.smelko@lesy.sk

CIRKULÁRNÍ KRMNÉ SUROVINY JAKO KONCEPT UDRŽITELNÉ VÝŽIVY ZVÍŘAT
Circular feed ingredients as a concept of sustainable animal nutrition

Ondřej ŠŤASTNÍK, Jakub NOVOTNÝ, Eva MRKVICOVÁ, Leoš PAVLATA
Ústav výživy zvířat a pícninářství, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Brno, Česká republika

Do roku 2050 se očekává nárůst populace na 9 miliard lidí a spotřeba živočišných produktů by měla vzrůst o 60–70 %, což vyžaduje udržitelné zdroje potravin. Evropská unie proto podporuje koncept cirkulárních krmiv, který využívá vedlejší produkty potravinářské výroby, jež nejsou vhodné pro lidskou spotřebu. Cirkulární krmiva zahrnují celou řadu dobře známých a již používaných krmiv ale také inovativní zdroje, jako jsou řasy a hmyz. Chov hmyzu představuje příklad „nutričního upcyklování“, kdy méně hodnotné materiály jsou přeměňovány na hodnotné krmivo. Produkce řas má potenciál přeměňovat odpadní vody na krmivo, což by mohlo zlepšit cirkulaci živin na farmách.

Klíčová slova: upcyklace, udržitelnost, hmyz, řasy

1 Úvod

Podle odhadů se do roku 2050 očekává zvýšení lidské populace na 9 miliard lidí, s čímž je spojeno zvýšení spotřeby živočišných produktů o 60 až 70 %. Tento nárůst spotřeby potravin bude vyžadovat obrovské zdroje, které jsou ale limitované omezenou dostupností přírodních zdrojů, pokračující změnou klimatu a konkurencí mezi „jídlem-krmivem-palivem“ (Makkar et al., 2014). Pro výrobu 1 kg živočišných produktů je v závislosti na druhu zvířat a podmínkách chovu potřeba 2–15 kg rostlinných krmiv. Obecně se také uvádí, že 40–50 % z globální sklizně obilovin je použito pro výrobu krmiv (Profetas, 2018). Pokud by v budoucnu došlo k omezení dostupnosti v dnešní době nejpoužívanějších konvenčních zdrojů bílkovinných krmiv (jako je sójový extrahovaný šrot či rybí moučka; Makkar et al., 2014) zvýšila by se pravděpodobně globální konkurence v oblasti zajištění dostatku bílkovin pro lidskou spotřebu a pro výrobu krmiv pro zájmová a hospodářská zvířata. Z tohoto důvodu se v současnosti rozvíjí snaha najít alternativní a zároveň udržitelné zdroje bílkovin (Van Huis et al., 2013). I z těchto důvodů představila Evropská federace výrobců krmných směsí FEFAC praktickou interpretaci konceptu cirkulárních (oběhových) krmiv v evropském krmivářském průmyslu a poskytuje příklady toho, jak toto odvětví přispívá k obnově živin z oběhového hospodářství.

2 Koncept cirkulárních krmiv

Oběhovost (cirkularita) znamená smýšlení o produkci potravin jako o koloběhu (cyklu) místo lineárního procesu čerpání zdrojů. Koncept cirkulárních krmiv vychází z historického hlediska, kdy byla hospodářská zvířata krmena tím, co člověk nedokázal zkonzumovat (např. píce nebo zbytky z výroby potravin). Koncept cirkulárního krmiva poskytuje „nejmodernější“ perspektivu popisující význam regenerace živin prostřednictvím výživy a krmení zvířat. Tento koncept může koexistovat s poměrem konverze krmiva, což je tradiční ukazatel produkční účinnosti krmiv, který zohledňuje účinnost vstupu a výstupu z kg krmiva na kg živočišného přírůstku. Přístup cirkulárních krmiv zohledňuje, jak složka krmiva vznikla a do jaké míry může konkurovat přímé produkci potravin. Vedlejší produkty používané jako krmiva jsou obecně považovány za nepoživatelné potraviny (ať už kvůli vysokému obsahu vlákniny nebo jiným vlastnostem, které činí surovinu nepotravinářské jakosti). To znamená, že tyto suroviny nejsou v přímé konkurenci se spotřebou potravin a zároveň přispívají k zajišťování potravin. FAO odhaduje, že na globální úrovni je asi 86 % krmiv pro hospodářská zvířata nevhodná pro lidskou spotřebu. V 1. zprávě o pokroku Charty udržitelnosti krmiv FEFAC vydané v

červnu 2021 FEFAC odhaduje, že 96 % krmiv používaných výrobci krmných směsí nedosahuje potravinářské kvality (FEFAC, 2024).

3 Přechod od mentality vedlejšího produktu k mentalitě spoluproduktu

Ačkoli neexistuje žádné právní objasnění rozdílu mezi termíny vedlejší produkt a spoluprodukt, FEFAC vždy obhajoval posun od mentality vedlejšího produktu (by-product) k mentalitě spoluproduktu (co-product). Vedlejším produktem je obvykle nevyhnutelný zbytek, který je třeba zlikvidovat levným způsobem. Vedlejší produkt je uznáván pro svou hodnotu jako zdroj živin a je s ním zacházeno se stejnou péčí a pozorností jako s hlavním produktem. Využití spoluproduktu jde nad rámec pouhého právního souladu s bezpečnostními požadavky a často vede k úpravě hlavních zpracovatelských technik k zajištění jeho lepší kvality. Rovněž je kladen důraz na zachování nutriční integrity zdroje, což má přidanou socioekonomickou hodnotu (FEFAC, 2019). Dříve se produkty vzniklé při výrobě potravin označovaly jako odpady potravinářského průmyslu. Termín odpad ve spojení se surovinou určenou pro využití jako krmiva však nepřipadá v úvahu. Odpad je určen k likvidaci, kdežto vedlejší produkty či spoluprodukty mají svou hodnotu a měli by být dále využity.

4 Příklady cirkulárních krmiv

Mezi cirkulární krmiva lze zařadit širokou plejádu surovin. Mezi běžně známé a v podmínkách ČR a SR běžně používané patří otruby (pšeničné, ovesné, rýžové), cukrovarské řízky, melasa, pivovatské mláto a kvasnice, pšeničný a bramborový protein, kukuřičný lepek, lihovarské výpalky, pokrutiny (řepkové, slunečnicové, konopné, ostropestřecové, ze semen révy vinné).

Mezi potenciální cirkulární krmiva se řadí například rozbitá vejce z líhní a balíren vajec, hydrolyzovaná péřová moučka a potravinový odpad jako krmivo pro hmyz. Tyto zmíněné suroviny však není aktuálně možné zkrmovat, neboť to neumožnuje současná legislativa (Feed Navigator, 2019; FEFAC, 2019; FEFAC, 2022).

5 Vize cirkularity do budoucna

Jedná se z velké míry o výzvu k přehodnocení regulačního rámce EU s cílem usnadnit bezpečné získávání živin prostřednictvím procesu upcyklace (FEFAC, 2022).

5.1 Řasy nebo velmi malé rostliny

Produkce řas je relativně novým odvětvím v akvakultuře s řadou biohospodářských aplikací, včetně možnosti využití jako krmiva. Jako rostliny mají řasy unikátní schopnost absorbovat a přeměňovat odpadní vody na biomasu s vysokou nutriční hodnotou, aniž by bylo nutné využívat ornou půdu. Existuje řada výzkumných projektů, které zkoumají potenciál využití různých odpadních substrátů (jako je anaerobní digestát, chlévská mrva nebo komunální a průmyslový odpad) jako substrát pro výrobu biomasy řas využitelné v krmivech pro zvířata. Použití hnoje v těchto procesech může navíc přispět ke zlepšení cirkulace živin na farmách, protože živiny ztracené při trávení krmiva (a vyloučené výkaly) by mohly být zpětně získány. Pro udržitelný potravinový systém by proto regulační klasifikace (například hnoje) neměla automaticky vylučovat možnost jeho využití v krmivovém řetězci (FEFAC, 2022). Podle FEFAC (2022) se v tomto případě nejdná o bezpodmínečné povolení všech projektů, ale o možnost schválení pouze těch, které jsou kontrolované, dohledatelné a bezpečné.

5.2 Chov hmyzu

Chov hmyzu je dobrým existujícím příkladem „nutričního upcyklování“, které již nyní přeměňuje vstupy s nižší hodnotou na vysoce hodnotné krmivo pro všechna hospodářská zvířata. V EU mohou být substráty pro krmení hmyzu v současnosti pouze z rostlinných materiálů nebo jiných živočišných produktů, které jsou také povoleny pro jiná hospodářská zvířata. Jinými slovy lze hmyz krmit pouze krmivy (nikoly odpady). Evropský sektor chovu

hmyzu by mohl významně přispět k posílení cirkularity v potravinové produkci a naplno využít svůj potenciál, pokud by bylo rozšířeno spektrum povolených vstupů pro chov hmyzu. To by navíc umožnilo evropskému sektoru živočišné výroby a akvakultury nepřímý přístup k široké škále cenné biomasy, protože hmyz má schopnost přeměnit tyto materiály na hodnotné krmivo. Hmyz by tak působil jako mezičlánek v řetězci, čímž by se zároveň dodržel zákaz zkrmování krmiv (živin) v rámci jednoho živočišného druhu. FEFAC doporučuje postupně identifikovat vhodné substráty, kdy dobrý výchozí bod by mohly sloužit zmetkové potraviny obsahující (vařené) maso a ryby, za předpokladu, že jejich bezpečnost bude potvrzena EFSA a zákonodárci definují podmínky pro jejich bezpečnou výrobu a použití jako krmiva. Produkce krmiva na bázi hmyzu by i tímto způsobem zůstala vynikajícím příkladem cirkulárního krmiva, protože upcyklace prostřednictvím hmyzu umožňuje zpětné získání živin z biomasy bohaté na živiny, která by jinak byla ztracena z potravinového řetězce, a zároveň lze výkaly hmyzu použít jako biohnojivo (FEFAC, 2022).

6 Závěr

Vzhledem k očekávanému nárůstu světové populace a předpokládanému zvýšení spotřeby živočišných produktů je nezbytné nalézt udržitelné alternativy krmných surovin. Tradiční zdroje, jako jsou sójový extrahovaný šrot a rybí moučka, mohou v budoucnu čelit nedostatku, což vyžaduje inovativní přístupy. Koncept cirkulárních krmiv, který vychází z myšlenky regenerace živin prostřednictvím krmení zvířat vedlejšími produkty, představuje klíčové řešení. Tento přístup nejenže využívá suroviny, které by jinak byly ztraceny, ale také přispívá k efektivnímu využívání přírodních zdrojů. Příklady cirkulárních krmiv zahrnují širokou škálu materiálů, od otrub a melasy po inovativní zdroje jako řasy a hmyz. Produkce řas a chov hmyzu jsou příklady, které ukazují, jak lze využívat odpadní materiály k výrobě vysoce hodnotného krmiva. Tato řešení mohou přispět k udržitelnému rozvoji potravinového systému tím, že zlepší cirkulaci živin a sníží potřebu konvenčních zdrojů bílkovin. Je však důležité zajistit, aby regulace umožnily využívání těchto nových surovin, pokud splňují bezpečnostní standardy. Postupná identifikace a schvalování vhodných substrátů, jak doporučuje FEFAC, mohou podpořit rozvoj cirkulárních krmiv a přispět k udržitelné budoucnosti zemědělství.

Použitá literatura

FEFAC. 2019. Resource efficiency champions. Co-products, an essential part of animal nutrition. Dostupné na: https://fefac.eu/resources/publications/

FEFAC. 2022. Circular feed - Optimised nutrient recovery through animal nutrition. Dostupné na: https://fefac.eu/newsroom/news/fefac-publication-on-circular-feed/

FEFAC. 2024. Circular Feed. Dostupné na: https://fefac.eu/priorities/sustainability/circular-economy/

Feed Navigator.com. 2019. EU feed industry´s use of co-products highlighted. Dostupné na: https://www.feednavigator.com/Article/2019/06/03/EU-feed-industry-s-use-of-co-products-highlighted

Makkar, H.P.S. - Tran, G. - Heuze, V. - Ankers, P. 2014. Stateof-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 197, s. 1-33. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008 [datum citování 2024-08-18]

Profetas, 2018. Background; social transitions; results. Dostupné na: http://www.profetas.nl

van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*. Vol. 58, s. 563-583. Dostupné na: https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704 [datum citování 2024-08-18]

Kontaktní údaje: doc. Bc. Ing. Ondřej Šťastník, Ph.D., Ústav výživy zvířat a pícninářství, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, ondrej.stastnik@mendelu.cz

ZDRAVOTNÉ BENEFITY KONZUMÁCIE MLIEČNYCH PRODUKTOV OVIEC VO VZŤAHU K VÝSKYTU ESENCIÁLNYCH PRVKOV Z EKOLOGICKÉHO POĽNOHOSPODÁRSTVA

The health benefits of consuming sheep dairy products in relation to the occurrence of essential elements from organic farming

Róbert TOMAN, Martina PŠENKOVÁ, Vladimír TANČIN, Ivona JANČO
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

Cieľom práce bolo analyzovať prítomnosť esenciálnych prvkov (Ca, Na, K, Mg, Mn, Fe, Zn, Se) metódou optickej emisnej spektrometrie s indukčne viazanou plazmou v mlieku a mliečnych produktoch oviec. Analyzovali sa produkty z dvoch fariem s ekologickým spôsobom hospodárenia zo severnej a strednej časti Slovenska. Medzi farmami sa zaznamenali preukazné rozdiely v koncentrácii Ca, K, Mg, Fe, Mn, Se. Vyššie koncentrácie sme všeobecne zistili na farme zo severu SR, okrem mlieka zo strednej časti SR, kde sa vyskytovali vyššie koncentrácie všetkých prvkov. Ovčie mlieko a čerstvý ovčí syr prispievajú významným podielom na odporúčanom dennom príjme Ca a Se. Bolo by potrebné zvýšiť priemernú konzumáciu ovčích mliečnych produktov, čím sa zabezpečia zdravotné benefity príjmu esenciálnych prvkov.

Kľúčové slová: chemické prvky, mlieko, mliečne produkty, ovce

1 Úvod a prehľad literatúry

Ekologické poľnohospodárstvo, na rozdiel od konvenčného, využíva postupy, ktoré nezaťažujú prostredie chemikáliami, nepoužíva antibiotiká a zabezpečuje chov zvierat takým spôsobom, ktorý zabezpečuje ich zdravie a prirodzené správanie. Tieto podmienky zabezpečujú vysokú produkciu a jej dobrú kvalitu. Ako však uvádza Rey-Crespo et al. (2013), štandardy, ktoré sú spojené s produkciou v rámci ekologického hospodárenia, nezaručujú, že potraviny vyprodukované týmto spôsobom budú nevyhnutne obsahovať vyššie množstvo živín v porovnaní s konvenčným hospodárením.

Produkcia mlieka patrí k základným činnostiam živočíšnej výroby. Mlieko prežúvavcov, najmä kráv, je významná zložka výživy človeka. Je dobrým zdrojom bielkovín, ale aj esenciálnych prvkov, ako je vápnik, fosfor, zinok a selén (Turck, 2013). Okrem mlieka sa často konzumujú mliečne produkty, ako sú syry a fermentované mliečne výrobky. V distribúcii chemických prvkov v mliečnych výrobkoch, na rozdiel od surového mlieka, hrajú hlavnú úlohu procesy spracovania a výroby (Coni et al., 1999). Vzhľadom na spôsob hospodárenia má však základný vplyv na kvalitu prvotnej suroviny, mlieka, samotné prostredie a jeho kontaminácia.

Na Slovensku je chov oviec tradičným odvetvím poľnohospodárstva. Tiež produkcia špeciálnych ovčích výrobkov je typická pre slovenské ovčiarske oblasti. Z uvedených dôvodov bolo cieľom práce porovnať výskyt esenciálnych prvkov v ovčom mlieku a mliečnych výrobkoch v ekologickom poľnohospodárstve a vyjadriť podiel príjmu týchto produktov na odporúčanom príjme esenciálnych prvkov človekom.

2 Materiál a metódy

Vzorky mlieka a mliečnych produktov oviec sa odoberali v dvojtýždňových intervaloch počas laktácie (apríl – september). Celkovo sa odobralo 24 bazénových vzoriek surového mlieka, srvátky, žinčice a ovčieho hrudkového syra. Vzorky sa odoberali na dvoch farmách s ekologickým spôsobom hospodárenia, z hľadiska environmentálnej regionalizácie SR v nenarušenej oblasti (Lieskovská a Micuda, 2019), ale v odlišných geografických podmienkach (sever a stred Slovenska). Každá farma okrem mliečnej produkcie vyrábala aj

vlastné mliečne výrobky, ktoré sú uvedené vyššie. Približne 500 ml surového mlieka sa odobralo z tanku na každej farme a uskladnilo sa v PET fľašiach pri teplote -20°C až do spracovania a analýz.

Vo všetkých vzorkách surového mlieka oviec sa analyzovalo nasledovné esenciálne prvky: Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, Se a Zn metódou optickej emisnej spektrometrie s indukčne viazanou plazmou (ICP-OES). Na analýzu sa odobrali 2 ml vzorky mlieka. Mliečne výrobky sa zhomogenizovali pomocou ručného homogenizéra Diax 600 (Heidolph, Germany). Z homogenátu sa odobralo 2 g vzorky na chemické analýzy. Vzorky sa mineralizovali vo vysoko výkonnom mikrovlnnom systéme Ethos UP (Milestone Srl, Sorisole, BG, Taliansko) a následne analyzovali na prístroji Agilent - ICP OES 720 (Agilent Technologies Australia (M) Pty Ltd.).

Štatistická analýza údajov sa uskutočnila pomocou softvéru Statistica CZ ver. 10 (TIBCO Software, Inc., Palo Alto, CA, USA). Rozdiely medzi farmami sa porovnali pomocou ANOVA a Studentovho t-testu. Získané údaje sa vyjadrili ako priemer a štandardná chyba priemeru.

3 Výsledky a diskusia

Výsledky porovnania koncentrácií analyzovaných esenciálnych prvkov v mlieku a mliečnych výrobkoch na sledovaných farmách zobrazuje tabuľka 1.

Tabuľka 1 Esenciálne prvky v mlieku a mliečnych výrobkoch oviec z rôznych fariem / Essential elements in milk and milk products of sheep from different farms (mg.kg^{-1})

	Ca	Na	K	Mg	Fe	Mn	Zn	Se
Farma 1 – sever SR (x ± SE)								
Mlieko	8649,9 ±42,05	234,75 ±10,67	580,43 ±9,34	89,93 ±3,03	1,04 ±0,06	ND	2,49 ±0,11	0,102 ±0,04
Srvátka	247,34 ±6,37	406,55 ±16,92	921,84 ±13,80	83,13 ±1,56	1,02 ±0,05	ND	0,11 ±0,03	0,091 ±0,03
Žinčica	468,96 ±13,30	399,62 ±20,17	927,06 ±18,05	93,40 ±2,50	1,10 ±0,15	ND	0,19 ±0,03	0,120 ±0,04
Ovčí syr	5409,29 ±138,97	285,95 ±27,42	693,38 ±36,20	330,03 ±13,99	7,25 ±0,31	0,487 ±0,057	18,53 ±0,62	0,279 ±0,06
Farma 2 – stred SR (x ± SE)								
Mlieko	1284,19 ±51,58**	357,08 ±12,76	808,83 ±17,33*	123,58 ±5,56**	1,38 ±0,06	0,14 ±0,01	3,22 ±0,15	0,24 ±0,03*
Srvátka	278,47 ±18,15	353,62 ±12,99	615,77 ±24,82**	75,79 ±3,27	0,43 ±0,07	0,19 ±0,02	0,10 ±0,02	0,24 ±0,04**
Žinčica	343,58 ±15,74	424,96 ±30,08	588,04 ±26,53**	84,90 ±1,96	0,55 ±0,13	0,24 ±0,01	0,15 ±0,03	0,25 ±0,08**
Ovčí syr	5874,43 ±224,02	289,62 ±6,79	563,28 ±17,55	319,04 ±11,06	2,51 ±0,09**	0,09 ±0,02**	19,06 ±0,61	0,24 ±0,08

SE – štandardná chyba priemeru; ND – koncentrácie pod LOD; *P<0,05; **P<0,01

Zo všetkých analyzovaných esenciálnych prvkov sme zistili iba Mn v mlieku, srvátke a žinčici na farme 1 pod úrovňou LOD. Preukazne vyššie koncentrácie Ca sme zaznamenali v prípade mlieka z farmy 2. Porovnaním našich výsledkov s analýzami kravského mlieka, ktoré publikoval Toman et al. (2022) sme zistili, že ovčie mlieko obsahovalo vyššie hodnoty Ca ako kravské mlieko. Avšak Li et al. (2022) uvádza v mlieku oviec až hodnoty 2 000 mg.kg^{-1}. Z hľadiska využiteľnosti Ca pri príjme človekom sa jeho biodostupnosť z ovčieho mlieka významne nelíši od mlieka ľudského, kravského a kozieho a pohybuje sa v rozmedzí 18-23% (Shen et al., 1995). Koncentrácie Ca zistené v našich analýzach pokrývajú dennú potrebu Ca pri spotrebe 500 ml mlieka denne u dojčiacich žien, ktoré majú najvyššiu potrebu Ca, na 27% z farmy 1 a 40% z farmy 2 a konzumácia ovčieho syra, v množstve 100 g

pokrýva potrebu Ca v tejto kategórii z farmy 1 na 33% a z farmy 2 na 37%. Zvýšenie príjmu týchto výrobkov by zabezpečilo dostatočný príjem Ca pre túto kategóriu, ale aj pre kategóriu rastúcich detí.

Sodík sa vyskytuje najmä v spracovaných syroch, ako je bryndza a ovčí syr. V mlieku je jeho výskyt pomerne nízky a koncentrácie, ktoré sme zistili v ovčom mlieku sú porovnateľné s kravským mliekom (Toman et al., 2022). Podobne Khaldi et al. (2021) zistil koncentrácie Na v rozpätí 380 – 400 $mg.kg^{-1}$, čo sa zhoduje s našimi výsledkami.

Draslík patrí tiež medzi makroprvky a je dôležitý v prevencii hypertenzie (Ozemek et al., 2018). Pri porovnaní obsahu K v mlieku a mliečnych produktoch sme zistili preukazne vyššie koncentrácie v mlieku z farmy 2 a naopak, preukazne nižšie koncentrácie K v srvátke a žinčici z farmy 2. Podobne aj Qin et al. (2021) uvádza preukazne vyššie koncentrácie K v konvenčnom mlieku v porovnaní s ekologickým v zimnom období. Celkovo sa vo svete vyskytuje nízky príjem K potravou, preto je z tohto hľadiska významný vplyv ekologického farmárstva.

Koncentrácia Mg bola preukazne vyššia iba v mlieku z farmy 2. Qin et al. (2021) nezistil rozdiel medzi ekologickým a konvenčným mliekom v hladine Mg. Koncentrácie, ktoré autori uvádzajú pre ekologické mlieko (95 $mg.kg^{-1}$), boli nižšie, ako v našom experimente z farmy 2. Li et al. (2022) zistili v mlieku oviec vyššie koncentrácie Mg (180 $mg.kg^{-1}$) s vyššími hodnotami na konci sezóny. Ekologické farmárstvo však poskytlo vyššie koncentrácie Mg v ovčom syre z oboch fariem. Odporúčaný denný príjem Mg pre chlapcov vo veku 15 – 18 rokov so zvýšenou fyzickou aktivitou je 430 mg. Ovčí syr zabezpečí pri spotrebe 100g 7,7% dennej potreby Mg z farmy 1 a 7,4% z farmy 2.

Mlieko sa považuje za chudobný zdroj Fe a nižšie koncentrácie Fe v mlieku oviec (0,8 $mg.l^{-1}$) zaznamenali Pietrzak-Fiećko a Kamelska-Sadowska (2020). Mlieko a mliečne výrobky oviec však obsahujú vyššie koncentrácie Fe, ako produkty kráv. V našom prípade sa preukazne vyššie hladiny zistili v ovčom syre z farmy 1. Potreba Fe pre kategóriu tehotné ženy s najvyššou potrebou je 30 mg. Ovčí syr pri spotrebe 100g pokrýva túto potrebu iba na 2,5% z farmy 1 a z farmy 2 bol tento podiel ešte nižší, čiže sa jedná o zanedbateľný príspevok k celkovému príjmu Fe.

Koncentrácie Mn boli vo väčšine vzoriek z farmy 1 pod LOD (0,03 $mg.kg^{-1}$) s výnimkou ovčieho syra, kde bola jeho koncentrácia preukazne vyššia na farme 1. Magdas et al. (2019) uvádzajú v tradičných syroch z oblasti Transylvánie v Rumunsku hodnoty Mn 0,729 a 1,678 $mg.kg^{-1}$. V kravskom mlieku sa zisťujú vyššie koncentrácie Mn. V prípade Mn je nutné sledovať jeho koncentrácie v mlieku a mliečnych produktoch najmä v priemyselných oblastiach, pretože jeho nadmerný príjem, najmä deťmi, môže mať neurotoxické účinky (Scher et al., 2021).

Zinok je esenciálny prvok, ktorého bioprístupnosť z mlieka je nízka a v prípade ovčieho mlieka dosahuje iba 1% (Shen et al., 1995). Raynal-Ljutovac et al. (2008) uvádzajú najvyššie hodnoty Zn práve v mlieku oviec (5200 – 7470 $\mu g.kg^{-1}$) v porovnaní s ostatnými prežúvavcami a človekom. Porovnaním koncentrácie Zn v syroch v našom experimente s odporúčaným denným príjmom Zn podľa odporúčaní MZSR (MZ SR, 2015) sme zistili, že konzumácia 100g ovčieho syra z oboch fariem pokrýva dennú potrebu pre mužov s namáhavou prácou na 11-12%. Ovčie syry však môžu u detí významne prispievať k príjmu tohto dôležitého kovu, keďže ich potreba Zn je nižšia.

Selén sa v našich analýzach vyskytoval v preukazne vyšších koncentráciách v mlieku, srvátke a žinčici na farme 1. Yanardağ and Orak (1999) v ovčom mlieku v Turecku sa zistili výrazne nižšie koncentrácie Se (13,5 – 78,92 $ng.g^{-1}$) ako v našich analýzach. Podobne aj v rôznych druhoch syrov zistili autori hodnoty nižšie (77,07 – 129,69 $ng.g^{-1}$) ako v našom prípade. Aj napriek tomu, že Slovensko sa nachádza v oblasti s nižším prirodzeným výskytom Se v prostredí, jeho koncentrácia v mlieku a v mliečnych produktov je významná. Z hľadiska potreby Se pre kategóriu s jeho najvyššou potrebou (muži a ženy s vyčerpávajúcou prácou a dojčiace ženy) pokrýva spotreba 100g ovčieho syra dennú potrebu Se na 37% a v ostatných produktoch z farmy 2 na 34%.

4 Záver

Výsledky našej práce ukazujú, že obsah esenciálnych prvkov v mliečnych výrobkoch oviec z ekologického chovu bol viac zastúpený na farme zo severu Slovenska. Naopak, mlieko zo strednej časti Slovenska obsahovalo všetky prvky vo vyšších koncentráciách, ako z farmy zo severu SR. Ovčie mlieko a čerstvý ovčí syr pokrýva pomerne významný podiel z odporúčaného denného príjmu Ca aj v kategóriách populácie SR, ktoré majú najvyššiu potrebu tohto prvku. V podmienkach Slovenska je tiež významný príjem Se prostredníctvom ovčieho syra z analyzovaných fariem. Na základe prepočtov krytia dennej potreby esenciálnych prvkov konzumáciou mliečnych produktov oviec, by bolo potrebné zvýšiť priemernú konzumáciu ovčích mliečnych produktov, ktorá je na Slovensku veľmi nízka. Tým by sa zabezpečili zdravotné benefity príjmu tých esenciálnych prvkov, ktoré bežná populácia prijíma v nízkych až nedostatočných koncentráciách.

Poďakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-22-0206.

Použitá literatúra

CONI, E. - BOCCA, B. - CAROLI, S. 1999. Minor and trace element content of two typical Italian sheep dairy products. In *J Dairy Res*, Vol. 66, No. 4, s. 589-598.

KHALDI, Z. – NAFTI, M. - JILANI, M.T. 2021. Small ruminants milk from Tunisian oasis: physicochemical characteristics, mineral contents, and microbiological quality. In *Trop Anim Health Prod*, Vol. 54, s. 1.

LI, S. - DELGER, M. - DAVE, A. et al. 2022. Seasonal Variations in the Composition and Physicochemical Characteristics of Sheep and Goat Milks. In *Foods*, Vol. 11, No. 12, s. 1737.

LIESKOVSKA, Z. - MICUDA, J. 2019. State of the Environment Report – Slovak Republic 2019, Ministry of Environment of the Slovak Republic, Slovak Environmental Agency, Bratislava, Banská Bystrica.

MAGDAS, D.A. - FEHER, I. - CRISTEA, G. et al. 2019. Geographical origin and species differentiation of Transylvanian cheese. Comparative study of isotopic and elemental profiling vs. DNA results. In *Food Chem*, Vol. 277, s. 307-313.

MZ SR. 2015. Odporúčané výživové dávky pre obyvateľstvo Slovenskej republiky (9. revízia), In Bulletin MZ SR, Vol. 63, s. 17-28.

OZEMEK, C. - LADDU, D.R. - ARENA, R. et al. 2018. The role of diet for prevention and management of hypertension. In *Curr Opin Cardiol*, Vol. 33, No. 4, s. 388-393.

QIN, N. - FALUDI, G. - BEAUCLERCQ, S. et al. 2021. Macromineral and trace element concentrations and their seasonal variation in milk from organic and conventional dairy herds. In *Food Chem*, Vol. 359, s. 129865.

PIETRZAK-FIEĆKO, R. - KAMELSKA-SADOWSKA, A.M. 2020. The Comparison of Nutritional Value of Human Milk with Other Mammals' Milk. In *Nutrients*, Vol. 12, No. 5, s. 1404.

REY-CRESPO, F. - MIRANDA, M. - LÓPEZ-ALONSO, M. 2013. Essential trace and toxic element concentrations in organic and conventional milk in NW Spain. In *Food Chem Toxicol*, Vol. 55, s. 513-518.

SHEN, L. - ROBBERECHT, H. - VAN DAEL, P. et al. 1995. Estimation of the bioavailability of zinc and calcium from human, cow's, goat, and sheep milk by an in vitro method. In *Biol Trace Elem Res*, Vol. 49, No. 2-3, s. 107-118.

TOMAN, R. - PŠENKOVÁ, M. - MIKLÁŠ, Š. et al. 2022. Chemical elements in milk of different producers from supermarket in Slovakia and risk assessment of their intake. Slovak University of Agriculture, Nitra, s. 82-93.

TURCK, D. 2013. Cow's milk and goat's milk. In *World Rev Nutr Diet*, Vol. 108, s. 6-62.
YANARDAĞ, R. - ORAK, H. 1999. Selenium content of milk and milk products of Turkey. II. In *Biol Trace Elem Res*, Vol. 68, s. 79-95.

Kontaktné údaje: Róbert Toman, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 94976 Nitra, robert.toman@uniag.sk.

VÝSKYT *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* V MLIEKU DOJNÍC A JEHO ANTIBIOTCKÁ REZISTENCIA

Occurrence of *Staphylococcus aureus* in milk of dairy cows and its antibiotic resistance

Kristína TVAROŽKOVÁ[1], Vladimír TANČIN[1,2], Barbora GANCÁROVÁ[1], Miriam ÁRVAYOVÁ[3], Dušan VAŠÍČEK[3], Ľudovít ČERNEK[3]
[1]*Ústav chovu zvierat, FAPZ, SPU v Nitre, Nitra*
[2]*NPPC, Výskumný ústav živočíšnej výroby v Nitre, Lužianky*
[3]*VETWELL, s.r.o., Lužianky*

Mastitída je závažným zdravotným problémom ako aj hlavnou hrozbou pre ziskovosť mliečnych fariem.Zápal mliečnej žľazy je tiež hlavným dôvodom pre aplikáciu antibiotickej liečby počas laktácie alebo v období zasušenia. Cieľom štúdie bolo zistiť výskyt *Staphylococcus (S.) aureus* ako pôvodcu mastitíd vemena dojníc a jeho antibiotickej rezistencie v podmienkach slovenskej chovateľskej praxe. Vzorky mlieka (2130) boli odobraté od dojníc s podozrením na mastitídu. *S. aureus* bol na jednotlivých farmách identifikovaný od 5,73 % do 11,75 %. Vo všeobecnosti bola najúčinnejším antibiotikom amoxicilín/kyselina klavulánová a antibiotikum s najvyššou rezistenciou bol streptomycín. Identifikácia pôvodcov mastitíd v mlieku dojníc a zisťovanie ich rezistencie na antibiotiká je veľmi dôležité pre liečbu a prevenciu tohto ochorenia, znižovanie rezistencie patogénov na antibiotiká a pre efektívne riadenie chovu dojníc.

Kľúčové slová: mastitída, dojnice, patogén, rezistencia na antibiotiká

1 Úvod a prehľad literatúry

Mastitída dojníc je celosvetovo najrozšírenejším ochorením mliečnej žľazy. Zdravie mliečnej žľazy je veľmi dôležité, pretože toto ochorenie má negatívny vplyv na úžitkovosť a kvalitu mlieka, dobré životné podmienky zvierat, ekonomiku fariem a bezpečnosť potravín (Smistad et al., 2023). Mlieko od dojníc trpiacich mastitídou má zvyčajne vysoký celkový počet baktérií a somatických buniek, čo vedie k zníženiu kvality a výkupnej ceny (Gomes a Henriques, 2016). Odhaduje sa, že viac ako 40 % dojníc na celom svete trpí rôznymi typmi mastitíd (Zhylkaidar et al., 2021). Mastitídu najčastejšie spôsobujú najbežnejšie patogény, ako sú *Staphylococcus* spp, *Str. agalactiae, Str. dysgalactiae, Str. uberis* a rôzne gramnegatívne baktérie (Holko a kol., 2019). Mastitída je najdôležitejším dôvodom aplikácie antibiotickej liečby (Duse et al., 2021). Takmer 60 - 70 % všetkých antibiotík podávaných v chovoch dojníc sa používa na prevenciu a liečbu mastitíd (Čobirka et al., 2020). Napriek tomu, že antibiotiká sú stále najbežnejšou liečbou mastitíd, rastú obavy z nárastu baktérií rezistentných voči antibiotikám (Elbayoumy et al., 2024). Je podstatné zabezpečiť správne aplikovanie antibiotík a minimalizovať riziko vzniku a šírenia rezistencie voči antibiotikám (Persson et al.,2011; Kerro Dego a Vidlund, 2024).

Cieľom štúdie bolo zistiť výskyt *S. aureus* ako jedného z infekčných pôvodcov mastitíd vemena dojníc a zhodnotiť jeho rezistenciu voči antibiotikám v podmienkach slovenskej chovateľskej praxe.

2 Materiál a metódy

2.1 Odber vzoriek

Vzorky mlieka z štvrtiek vemena boli odobrané veterinármi dojniciam s podozrením na mastitídu. Vzorky pochádzali z 52 stád dojníc v roku 2017, z 32 stád v roku 2018, z 31 stád v roku 2019, zo 44 stád v roku 2020, zo 40 stád v roku 2021, z 33 stád v roku 2022 a z 38 stád

v roku 2023. Od dojníc s podozrením na mastitídu na základe vysokého počtu somatických buniek, NK testu alebo viditeľných abnormalít v mlieku bolo odobratých celkovo 2130 vzoriek mlieka zo štvrtiek vemena.

2.2 Bakteriálna kultivácia

Vzorky mlieka (10 µl) sa aeróbne inkubovali na krvnom agare (MkB Test a.s. Rosina. SR) pri teplote 37 °C počas 24 h. Vyrastené bakteriálne kolónie sa najprv identifikovali podľa morfológie, hemolýzy, testovali sa aktivity katalázy, hydrolýzy eskulínu, farbenia podľa Grama, morfológie buniek a cytochrómoxidázy C (Bactident Oxidase. Merck). Predpokladaný *S. aureus* sa overoval pomocou clumping faktor testu (DiaMondiaL Staph Plus Kit. Nemecko). Všetky narastené kolónie boli identifikované pomocou MALDI-TOF MS (Bruker Daltonics. Bremen. Germany) (Tvarožková et al.. 2021). Vzorky mlieka sa považovali za pozitívne, ak sa zistila aspoň jedna kolóniu tvoriaca jenotka (KTJ) *S. aureus*. Vzorka bola klasifikovaná ako kontaminovaná a vyradená z analýzy údajov, ak sa na krvnom agare zistili tri a viac rôznych typov kolónií, pričom ani jedna nebola *S. aureus*.

2.3 Testovanie rezistencie voči antibiotikám

S. aureus bol testovaný na citlivosť na 19 antibiotík (amoxycilín/klavulán, ampicilín, streptomycín, neomycín, kloxacilín, marbofloxacín, cefchinóm, nafpenzal, penicilín, cefalexín, kanamycín, rifaximín, novobiocín, cefoperazón, linkomycín, tetracyklín, cefapirín, ceftiofur. linkomycín/neomycín). Citlivosť izolátov na antibiotiká sa stanovila štandardným diskovou difúznou metódou (CLSI. 2018). Priemery inhibičných zón boli vyhodnotené (citlivé stredne, rezistentné) podľa EUCAST a CLSI.

3 Výsledky a diskusia

Výskyt *S. aureus* bol pomerne vyrovnaný s miernym poklesom a následným nárastom na rovnakú úroveň ako na začiatku štúdie (tabuľka 1). Výskyt *S. aureus* bol v sledovanom súbore vzoriek pomerne nízky. Podobne aj Kovačević et al. (2023) vo svojej štúdii pozorovali nízky výskyt *S. aureus* v rozsahu od 4,57 % do 6,09 %. Výskyt *S. aureus* v inej štúdii realizovanej na Slovensku bol 12,50 % (Holko et al., 2019). Persson et al (2011) zaznamenali *S. aureus* ako najčastejší patogén (19,00 %). Vyšší výskyt *S. aureus* (16,50 %) zaznamenali Zigo et al. (2022) v podmienkach slovenskej chovateľskej praxe. Podobne aj Sweeney et al. (2024) vo svojej štúdii zistili vysoký výskyt *S. aureus* (29,33 %).

Tabuľka 1 Výskyt *S. aureus* v mlieku dojníc v rokoch 2017-2023 (n - počet izolovaných patogénov, % výskytu zo všetkých identifikovaných izolátov)

Patogén	**2017**		**2018**		**2019**		**2020**		**2021**		**2022**		**2023**	
Staphylococcus aureus	41	**11,75**	20	**8,81**	33	**9,46**	18	**5,73**	32	**5,90**	29	**9,01**	36	**9,40**

Izoláty *S. aureus* vykazovali v sledovaných rokoch najvyššiu rezistenciu voči streptomycínu a neomycínu od 90 % do 100 %. Na druhej strane najnižšia rezistencia bola zistená voči amoxicilínu/kyseline klavulánovej od 0 % do 12,5 % a rifaximínu od 0 % do 11 % (tabuľka 2). Zigo et al. (2022) pozorovali, že najúčinnejšími antibiotikami boli amoxicilín/kyselina klavulánová (100 %), rifaximín (94,7 %) a tetracyklín (94,7 %) a najvyššiu rezistenciu *S. aureus* zistili voči streptomycínu (29,0 %) a neomycínu (29,0 %). Najvyššia citlivosť (100 %) *S. aureus* bola pozorovaná na amoxicilín, amoxicilín/kyselina klavulánová, ceftiofur, cefchinóm a rifaximín v štúdii Holka et al (2019). V rovnakej štúdii bola zaznamenaná najvyššia rezistencia izolátov *S. aureus* voči streptomycínu (44,6 %) a neomycínu (21,5 %). Balemi et al. (2021) zistili rezistenciu voči penicilínu (100 %), zatiaľ čo v našej štúdii sme zaznamenali nižšiu rezistenciu izolátov voči penicilínu (6,3 - 30,0 %). Na

rozdiel od výsledkov našej štúdie, Shehab et al. (2023) zaznamenali vysokú rezistenciu *S. aureus* voči ampicilínu (100 %), amoxicilínu/kyseline klavulánovej (98,1 %). Brito a Costa (2024) zistili vyššiu rezistenciu *S. aureus* voči penicilínu (94,3 %) a ampicilínu (88,6 %) a na druhej strane zistili nižšiu rezistenciu izolátov voči streptomycínu (22,9 %). Nízka rezistencia izolátov *S. aureus*, ktorú Sweeney et al. (2024) zistili voči ceftiofuru (0,1 %) a cefoperazónu (1,2 %), bola v porovnaní s našimi výsledkami nižšia.

Tabuľka 2 Antibiotická rezistencia *S. aureus* (n - počet testovaných patogénov, % rezistentných patogénov, NT- netestované) z mlieka dojníc v rokoch 2017-2023

Rok	**2017**		**2018**		**2019**		**2020**		**2021**		**2022**		**2023**	
Antibiotiká	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**
Amoxicillín/kyselina klavulánová	37	**2,7**	20	**0,0**	30	**10,0**	16	**12,5**	25	**4,0**	29	**6,9**	35	**0,0**
Ampicilín	31	**3,2**	14	**0,0**	14	**35,7**	2	**50,0**	15	**20,0**	25	**16,0**	15	**0,0**
Streptomycín	30	**100**	15	**100**	26	**96,2**	18	**100**	21	**100**	28	**100**	30	**100**
Neomycín	40	**100**	15	**100**	11	**100**	10	**90,0**	10	**90,0**	NT	**NT**	NT	**NT**
Kloxacilín	37	**24,3**	15	**46,7**	27	**51,9**	13	**76,9**	2	**100**	15	**100**	15	**86,7**
Marbofloxacín	30	**20,0**	20	**55,0**	24	**33,3**	14	**21,4**	25	**28,0**	27	**85,2**	35	**85,7**
Cefquinome	41	**34,2**	16	**37,5**	32	**37,5**	14	**21,4**	16	**12,5**	20	**10,0**	2	**50,0**
Nafpenzal	37	**18,9**	14	**0,0**	NT	**NT**	NT	**NT**	NT	**NT**	2	**100**	NT	**NT**
Penicilín	37	**27,0**	20	**10,0**	30	**30,0**	17	**23,5**	32	**6,3**	NT	**NT**	NT	**NT**
Cephalexin	30	**46,7**	17	**29,4**	30	**26,7**	15	**33,3**	22	**31,8**	22	**45,5**	35	**17,1**
Kanamycín	30	**83,0**	12	**83,0**	27	**63,0**	12	**33,3**	25	**72,0**	18	**66,6**	36	**69,4**
Rifaximín	30	**7,0**	4	**0,0**	27	**11,0**	12	**8,3**	21	**4,8**	26	**7,7**	32	**6,3**
Novobiocín	14	**100**	12	**41,7**	33	**57,6**	5	**100**	7	**57,1**	1	**0,0**	NT	**NT**
Cefoperazone	8	**12,5**	NT	**NT**	5	**60,0**	NT	**NT**	NT	**NT**	5	**0,0**	17	**17,6**
Lincomycín	NT	**NT**	4	**25,0**	9	**100**	8	**87,5**	7	**100**	NT	**NT**	NT	**NT**
Tetracyklín	19	**57,9**	5	**60,0**	2	**100**	10	**30,0**	25	**28,0**	28	**35,7**	34	**20,6**
Cephapirín	13	**23,1**	NT	**NT**	NT	**NT**	1	**0,0**	NT	**NT**	3	**33,3**	NT	**NT**
Ceftiofur	NT	**NT**	2	**0**	NT	**NT**	9	**77,8**	28	**14,3**	13	**15,4**	34	**0,0**
Lincomycín/ neomycín	NT	**NT**	NT	**NT**	22	**9,1**	5	**60,0**	19	**52,6**	19	**42,1**	35	**37,1**

4 Záver

Na záver možno konštatovať, že výskyt *S. aureus* bol na pomerne nízkej úrovni. Identifikácia pôvodcov mastitíd je potrebná nielen pre aplikáciu následnej terapie, ale aj pre aplikáciu vhodných opatrení proti mastitídam na ďalšiu prevenciu. Vo všeobecnosti identifikované izoláty vykazovali najnižšiu rezistenciu voči amoxicilínu/kyseline klavulánovej. Rozhodnutia o použití antibiotík by mali vychádzať z testov rezistencie, aby sa zabránilo šíreniu rezistentných kmeňov v populácii dojníc.

Poďakovanie “APVV-18-0121”

Použitá literatúra

BALEMI, A.- GUMI, B.- AMENU, K.- GIRMA, S.- GEBRU, M.- TEKLE, M.- RÍUS, A.A.- D’SOUZA, D.H.- AGGA, G.E.- KERRO DEGO, O. 2021. Prevalence of Mastitis and Antibiotic Resistance of Bacterial Isolates from CMT Positive Milk Samples Obtained from Dairy Cows, Camels, and Goats in Two Pastoral Districts in Southern Ethiopia. In *Animals,* Vol. 11, 1530.

Dostupné na: https://doi.org/10.3390/ani11061530.

BRITO, D.A.P. A COSTA, F.N. 2024. Antimicrobial resistance of bacterial agents of bovine mastitis from dairy properties in the metropolitan region of São Luís – MA. In *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 25, 01 - 11, 20230033. Dostupné na:http://dx.doi.org/10.1590/S1519-994020230033.

CLSI. 2018. Performance standards for antimicrobial disk and dilution susceptibility test for bacterial isolated from animals. In CLSI standard VET01. 5th ed. Clinical and Laboratory Standards Institute..

ČOBIRKA, M.- TANČIN, V.- SLAMA, P. 2020. Epidemiology and Classification of Mastitis. In *Animals*, Vol. 10, No. 12, 2212; Dostupné na: https://doi.org/10.3390/ani10122212.

DUSE, A.- PERSSON-WALLER, K. A PEDERSEN, K. 2021. Microbial Aetiology, Antibiotic Susceptibility and Pathogen-Specific Risk Factors for Udder Pathogens from Clinical Mastitis in Dairy Cows. In *Animals*, Vol. 11, No. 7, 2113; Dostupné na: https://doi.org/10.3390/ani11072113.

ELBAYOUMY, M. K.- ALLAM, A. M.- GHAZY, A. A. A NASR, S. M. 2024. Advances in Controlling Bacterial Mastitis in Dairy Cows. Egyptian In *Journal of Veterinary Sciences*, Vol. 55, No. 1, s. 1-20.Dostupné na: https://doi.org/10.21608/EJVS.2023.201158.1467

GOMES, F. A HENRIQUES, M. 2016. Control of bovine mastitis: old and recent therapeutic approaches. In *Current Microbiology*, Vol. 72, No. 4, s. 377–382. Dostupné na:https://doi.org/10.1007/s00284-015-0958-8.

HOLKO, I.- TANČIN, V.- VRŠKOVÁ, M. A TVAROŽKOVÁ, K. 2019. Prevalence and antimicrobial susceptibility of udder pathogens isolated from dairy cows in Slovakia. In *Journal of Dairy Research*, Vol. 86, No. 4, s. 436-439. Dostupné na: https://doi.org/10.1017/S0022029919000694.

KERRO DEGO O. A VIDLUND J. 2024. Staphylococcal mastitis in dairy cows. In *Frontiers in Veterinary Science*, Vol. 11:1356259. Dostupné na: https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1356259.

KOVAČEVIĆ, Z.- SAMARDŽIJA, M.- HORVAT, O.- TOMANIĆ, D.- RADINOVIĆ, M.- BIJELIĆ, K.- VUKOMANOVIĆ, A.G.- KLADAR, N. 2023. Is There a Relationship between Antimicrobial Use and Antibiotic Resistance of the Most Common Mastitis Pathogens in Dairy Cows?2023. In *Antibiotics,* Vol. 12, No. 3. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/antibiotics12010003.

PERSSON, Y.A.- NYMAN, K. A GRONLUND-ANDERSSON, U. 2011. Etiology and antimicrobial susceptibility of udder pathogens from cases of subclinical mastitis in dairy cows in Sweden. In *Acta Veterinaria Scandinavica*, Vol. 53, No. 1, s. 36. Dostupné na: https://doi.org/10.1186/1751-0147-53-36.

SHEHAB, A.- ELKENANY, R. YOUNIS, G. 2023. Antimicrobial Resistance of Staphylococcus aureus and Coagulase-negative Staphylococci from Bovine Mastitis Milk with Detection of Interleukins in Milk and Serum of Infected Cows. In *Journal of Advanced Veterinary Research*, Vol. 13, No. 6, s. 915-921. Dostupné na: https://advetresearch.com/index.php/AVR/article/view/1298

SMISTAD, M.- BAKKA, H. CH.- SØLVERØD, L.- JØRGENSEN, H.J. A WOLFF, C. 2023. Prevalence of udder pathogens in milk samples from Norwegian dairy cows recorded in a national database in 2019 and 2020. In *Acta Veterinaria Scandinavica*, Vol. 65, No. 19. Dostupné na: https://doi.org/10.1186/s13028-023-00681-2.

SWEENEY, M. T.- GUNNETT, L.- KUMAR, D. M.- LUNT, B. L.- MOULIN, V.- BARRETT, M.- GURJAR, A.- DORÉ, E.- PEDRAZA, J. R.- BADE, D.- MACHIN, CH. 2024. Antimicrobial susceptibility of mastitis pathogens isolated from North American dairy cattle, 2011-2022. In *Veterinary Microbiology* Vol. 291, 110015. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2024.110015..

TVAROŽKOVÁ, K.- VAŠÍČEK, J.- UHRINČAŤ, M.- MAČUHOVÁ, L.- HLEBA, L. A TANČIN, V. 2021. The presence of pathogens in milk of ewes in relation to the somatic cell counts and subpopulations of leukocytes. In *Czech Journal of Animal Science*, Vol. 66, No. 8) s. 315-322. Dostupné na: https://doi.org/10.17221/43/2021-CJAS.

ZHYLKAIDAR, A.- ORYNTAEV, K.- ALTENOV, A.- KYLPYBAI, E. CHAYXMET, E. 2021.

Prevention of bovine mastitis through vaccination. In *Archives of Razi Institute*, Vol. 76, No. 5, s. 1381–1387. Dostupné na: https://doi.org/10.22092/ari.2021.356008.1764.

ZIGO, F.- FARKAŠOVÁ, Z.- VÝROSTKOVÁ, J.- REGECOVÁ, I.- ONDRAŠOVIČOVÁ, S.- VARGOVÁ, M.-SASÁKOVÁ, N.- PECKA-KIELB, E.- BURSOVÁ, Š. A KISS, D.S. 2022. Dairy cows' udder pathogens and occurrence of virulence factors in Staphylococci. In *Animals* Vol. 12, No. 4, s. 470. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/ani12040470.

Kontaktné údaje: Kristína Tvarožková, Ústav chovu zvierat, FAPZ, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, kristina.tvarozkova@uniag.sk

VÝZNAM HODNOTENIA MATERSKÝCH VLASTNOSTÍ MÄSOVÉHO DOBYTKA
The importance of assessing maternal traits in beef cattle

Klára VAVRIŠÍNOVÁ, Jaroslav DÓBI, Ondřej BUČKO, Martin JANÍČEK
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Slovenská republika

V súvislosti so stúpajúcimi početnými stavmi mäsového dobytka stúpa aj význam hodnotenia nielen priamych úžitkových vlastností, ale aj nepriamych úžitkových vlastností, ku ktorým sa zaraďujú aj materské vlastnosti týchto plemien. Do súboru materských vlastností sa zaraďujú tak reprodukčné parametre matiek, priebeh telenia, ale tiež aj produkcia mlieka, avšak dôležitými sú aj ukazovatele vzťahu k teľatám po pôrode, ošetrovanie a stimulácia teľaťa. Dôležitosť vzťahu matka – mláďa vzhľadom na stádový spôsob chovu mäsového dobytka je nepostrádateľná. Cieľom práce popísať význam hodnotenia materských vlastností mäsových kráv a zhodnotiť čiastkové výsledky hodnotenia týchto vlastností v chovateľských podmienkach na Slovensku.

Kľúčové slová: materské vlastnosti, vzťah matka-mláďa, priebeh telenia, rastové ukazovatele

1 Úvod a prehľad literatúry

Cieľom práce popísať význam hodnotenia materských vlastností mäsových kráv azhodnotiť čiastkovévýsledky hodnotenia týchto vlastností v chovateľských podmienkach na Slovensku.

Posledné roky sme svedkami klesajúceho počtu hovädzieho dobytka pod vplyvom mnohých faktorov. Jedinou kategóriou dobytka, kde sú zaznamenané stúpajúce stavy, sú počty mäsových a dojčiacich kráv. Systém manažmentu mäsového dobytka má svoje špecifiká a značne sa odlišuje od manažmentu chovu dojníc. Keďže v našich podmienkach sa jedná o mladé odvetvie živočíšnej výroby, jeho neustále zlepšovanie si vyžaduje sledovanie a vyhodnocovanie priamych a nepriamych úžitkových vlastností, ktoré výrazne ovplyvňujú ekonomiku chovu. Hlavnou odlišnosťou v chove mäsových kráv je spoločný chov matiek a teliat počas obdobia laktácie kravy, preto vyhodnocovanie materinského správania musí zohrávať významnú úlohu.Říha et al. (2022) uvádzajú, že hodnotenie materskej úžitkovosti zahŕňa široký komplex úžitkových a biologických charakteristík, ktoré v nemalej miere ovplyvňujú ekonomiku chovu mäsových stád.Jediným tržným produktom mäsového systému je odchované teľa, preto významnými požiadavkami na kravy sú bezproblémové reprodukčné funkcie, telenie bez komplikácií, dosahovanie optimálnej dĺžky medziobdobia, primerané materské vlastnosti, dostatočná produkcia mlieka na výživu teliat, dobré rastové schopnosti, ktoré prenášajú na potomstvo (Brouček et al., 2011). Ku komplexu materských vlastností podľa rôznych štúdií sa zahŕňajú: zdravie, pohlavné dospievanie, vek pri prvom otelení, pravidelná reprodukcia, priebeh gravidity, priebeh telenia, ošetrovanie teľaťa matkou, životaschopnosť teliat, produkcia mlieka, schopnosť dojčenia, ale aj dlhovekosť kráv (Říha et al., 2002;Moore, 2011;Beeby, 2021; Nevard et al., 2023). Kľúčový faktor materského inštinktu u všetkých cicavcov súvisí so zložitou súhrou hormónov a neurotransmiterov v čase pôrodu (Gonzáles a Poindron, 2002; Nevard et al., 2023). Po pôrode najintenzívnejšia činnosť, ktorá je pozorovaná u kravy je olizovanie teliat. Táto činnosť stimuluje teľa, aby sa postavilo, aby aktívne cicalo, je dôležitým aspektom na zníženie tepelných strát a uľahčuje vytvorenie väzby medzi matkou a potomstvom (Keyserlingk a Weary, 2007).Lidforsová a Jensen (1988) pri svojich sledovaniach zistili, že frekvencia olizovania teliat do 30 minút po otelení bola významne vyššia ako medzi 30. a 60. minútou po otelení. Zistili tiež, že výrazne dlhšie trvalo dojčenie teliat – jalovičiek oproti dojčeniu teliat – býčkov. Frekvencia dojčenia za hodinu, čas dojčenia za hodinu a trvanie každého dojčenia sa významne nezmenili ani medzi 27. až 167. dňom veku. Teľatá - býky vo veku od 27 do 167 dní mali výrazne vyššiu frekvenciu očuchávania dospelých cudzích kráv, nie vlastných matiek. Podľa autorov

Matamala et al. (2021) je štúdium vzťahov medzi správaním sa kráv pred telením dôležitým indikátorom priebehu pôrodu, ktorý následne ovplyvní aj správanie sa matiek po pôrode. Konštatujú však, že takýchto štúdií nie je veľa a často poskytujú protichodné výsledky. Uvádzajú, že pôrod je jednou z najnáročnejších a najbolestivejších skúseností pre kravy a proces, ktorý zahŕňa zvládanie fyzických a fyziologických zmien, ako aj stresorov súvisiacich so životným prostredím a manažmentom. Určujúcimi faktormi produktivity v chove mäsového dobytka sú prežitie a vývoj teliat, ktoré vo veľkej miere závisia od schopností matky a genetického potenciálu zvieraťa. Pri tomto spôsobe chovu mlieko zohráva primárnu zložku kŕmenia teliat od narodenia do odstavu. Produkcia mlieka sa preto považuje za kľúčovú schopnosť matky (Contreras, et al., 2015). Podľa zistení Pelmusovej et al. (2023) hmotnosť pri narodení a hmotnosť pri odstave boli silne ovplyvnené priamymi genetickými vplyvmi. Vplyv matky bol pri oboch znakoch nižší ako priamy genetický vplyv tak u plemena charolais, ako aj u plemena limousine. Priama dedivosť pôrodnej hmotnosti a odstavovej hmotnosti bola zistená 0,67 a 0,35 pre plemeno charolais a u plemena limousine to bolo 0,70 a 0,69. Maternálny efekt pre pôrodnú a odstavovú hmotnosť bol zistený 0,26 a 0,12 pre plemeno charolais a 0,245, 0,249 pre plemeno limousine.

2 Materiál a metódy

Do hodnotenia boli zahrnuté kravy plemena charolais a ich krížencov s kombinovanými plemenami.V rámci sledovaných ukazovateľov bol hodnotený vzťah matka – mláďa po pôrode, priečom sme vytvorili dve skupiny zvierat: prvú skupinu tvorili zvieratá, kde nebol zaznamenaný žiaden problém kráv po pôrode vo vzťahu k teľaťu, tzn. bezproblémový vzťah, ktorý znamenal bezprostrednú starostlivosť o narodené teľa (olizovanie, stimulácia k vstávaniu a cicaniu) a druhú skupinu tvorili zvieratá, ktoré vykazovali známky akékoľvek problémového správania matka - mláďa (agresivita, neochota ošetrovať-olizovať teľa, nezáujem o narodené teľa, apatia). Toto správanie sme vyhodnotili vo vzťahu k priebehu pôrodu a živej hmotnosti teliat pri narodení a vo veku 120 dní. Výsledky boli štatisticky spracované v programe MS Excel.

3 Výsledky a diskusia

Z hodnoteného súboru kráv kríženiek(199 ks) plemena charolais s kombinovanými plemenami sme zistili 1 % kráv, s poruchami správania vo vzťahu k narodenému teľaťu a v súbore čistokrvných kráv plemena charolais (175 ks) to bolo 4,19 %.

Tabuľka 1 Úžitkové parametre súboru pochádzajúceho od kráv s bezproblémovým vzťahom matka – teľa po pôrode

Ukazovateľ		**Priem. známka za priebeh pôrodu**	**ŽH pri narodení (kg)**	**ŽH vo veku 120 dní (kg)**
CH	$\bar{x}$	1,13	42,01	147,27
	s	0,51	5,22	28,24
Krížence	$\bar{x}$	1,00	41,39	157,01
	s	0,00	4,86	25,35
T test		***	ns	*

V tabuľke 1 sú uvedené základné variačno-štatistické ukazovatele vybraných ukazovateľov v súbore zvierat, kde boli zahrnuté zvieratá, u ktorých vzťah matka-mláďa po pôrode nevykazoval pri etologických sledovaniach žiadne odchýlky od normálneho materinského správania. Priemerná známka za priebeh pôrodu (hodnotená štandardnou 4-bodovou metodikou: od bezproblémového pôrodu – hodnota 1, až po pôrod veľmi komplikovaný s veterinárnym zásahom – hodnota 4) bola v súbore čistokrvných kráv veľmi nízka, s potrebou pomoci pri pôrode u 8,1 % kráv z celkového hodnoteného počtu zvierat. V hodnotenom súbore kráv-kríženiek neboli zistené žiadne problémy pri pôrodoch. Rozdiely

medzi skupinami boli vysoko štatisticky preukazné. Živá hmotnosť teliat pri narodení bola zistená vyššia (štatisticky nepreukazná) v skupine čistokrvných zvierat, čo súviselo aj s vyššou známkou za priebeh pôrodu, keďže priemerná hmotnosť teliat s potrebnou pomocou pri pôrode bola zistená 47 kg.

Vyššiu hmotnosť teliat vo veku 120 dní sme na úrovni štatistickej preukaznosti (P<0,05) zistili u teliat krížencov. Vyššia hmotnosť teliat pri odstave u krížencov môže súvisieť aj s faktom, že mnohé hodnotené zvieratá pochádzali z kríženia slovenského strakatého plemena s plemenom charolais, čo mohlo prispieť k výraznejšej mliekovej úžitkovosti matiek, čo potvrdzuje fakt, že na intenzitu rastu u mäsového dobytka ma značný vplyv produkcia a kvalita mlieka matiek (Contreras, et al., 2015).

Tabuľka 2 Úžitkové parametre súboru pochádzajúceho od kráv s problémovým vzťahom matka – teľa po pôrode

Ukazovateľ		**Priem. známka za priebeh pôrodu**	**ŽH pri narodení (kg)**	**ŽH vo veku 120 dní (kg)**
CH	$\bar{x}$	1,77	46,31	139,17
	s	0,69	4,32	26,61
Kríženec	$\bar{x}$	2,25	39,25	140,33
	s	0,43	5,07	14,70
T test		ns	*	ns

Z tabuľky 2 vyplýva, že u obidvoch hodnotených súboroch, ktoré boli tvorené zvieratami, u ktorých sa vyskytli odchýlky od štandardného materinského správania sa po pôrode, sme zistili u kráv výraznejšie problémy pri pôrode. U čistokrvných teliat sme zistili aj významne vyššiu živú hmotnosť pri narodení. Oproti súboru teliat, ktoré pochádzali od matiek s bezproblémovým vzťahom k teľatám sme zistili tak u čistokrvných teliat, ako aj u krížencov výrazne nižšiu hmotnosť vo veku 120 dní. Výsledky, podobne ako viacero literárnych zdrojov (Gonzáles a Poindron, 2002; Matamala et al., 2021; Nevard et al., 2023), dokladujú úzky vzťah problémov pri pôrode k ďalším úžitkovým vlastnostiam, a teda aj k poruchám správania sa zvierat. Dokonca v práci autorov Talib a Faraidoon (2016) sa uvádza, že až 80 % teliat z ťažkých pôrodov sa narodilo mŕtvych. V práci tiež uvádzajú, že tieto problémy výrazne súviseli aj s poradím telenia kráv. Veľkosť narodených teliat patrila aj k významným príčinám úhynu matiek pri pôrode, hlavne u prvorodičiek.

4 Záver

Na základe našich prvotných zistení, ale aj literárnych zdrojov, je možné konštatovať, že pre úžitkovosť a zdravie teliat v systéme mäsového dobytka, kde sa realizuje prirodzený chov matiek s teľatami od narodenia do odstavu, má materské správanie bezprostredne po pôrode, ale aj počas celého odchovu do odstavu teliat nezastupiteľné miesto. Z uvedeného je zrejmé, že sledovanie aj nepriamych úžitkových vlastností v chove mäsového dobytka má aj ekonomické opodstatnenie a má byť podkladom pre následnú selekciu kráv.

Poďakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja, projektu KEGA č. 017SPU-4/2022a projektu VEGA1/0572/22.

Použitá literatúra

Agriculture and Horticulture Development Board - AHDB: Maternal Matters: Selecting Maternal Traits. 2024. Dostupné na: https://ahdb.org.uk/knowledge-library/maternal-matters-selecting-maternal-traits. [dátum citovania 2024-07-25].

BEEBY, R. 2021. Cowefficiency: The aspects of maternal cattle. Dostupné na: https://www.heritageshorthorn.org/cattle-viewpoints/tag/Maternal+Traits+in+Cattle. [dátum citovania 2024-07-25]

BROUČEK, J. - ŠOCH, M. - BRESTENSKÝ, V. - TANČIN, V. 2011. Optimalizace chovu masných plemen skotu a ovcí v marginálních oblastech trvale udržitelného zemědělství. Certifikovaná metodika. 1. vyd. České Budějovice : JU, 123 s. ISBN 978-80-7394-338-7.

CONTRERAS, V.I.P. - BRACAMONTE, G.M.P. - BUSTAMANTE, L.A.L. - MEDINA, V.R.M. - ANA MARÍA SIFUENTES RINCÓN, A.M.S. 2015. Milk composition and its relationship with weaning weight in Charolais cattle. In *R. Bras. Zootec*. Vol. 44, No. 6, s. 207-212. ISSN 1806-9290. Dostupné na: www.sbz.org.br. [dátum citovania 2024-06-29].

GONZÁLEZ, M.G. - POINDRON, P. 2002. 3 – Parental Care in Mammals: ImmediateInternal and Sensory Factors of Control. In *Hormones, Brain and Behavior*. Vol. 1, s. 215-298. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/B978-012532104-4/50005-6. [dátum citovania 2024-07-02].

KEYSERLINGK, M.A.G. - WEARY, D.M. 2007. Maternal behavior in cattle. In *Hormones and Behavior*. Vol. 52, No. 1, s. 106-113. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.015. [dátum citovania 2024-07-15]

LIDFORS, L. - JENSEN, P. 1988. Behaviour of free-rangingbeefcows and calves. In *Applied Animal Behaviour Science*. Vol. 20, No. 3-4, s. 237-247. Dostupné na: https://doi.org/10.1016/0168-1591(88)90049-4. [dátum citovania 2024-05-16].

MOORE, K. 2011. Utilising Maternal Trait EBVs of Beef Bulls. Technical Note TN641. The Scottish Agricultural College : Edinburgh. ISSN 0142 7695.

NEVARD, R.P. - PANT, S. D. - BROSTER, J.C. - NORMAN, S.T. - ŠTEFAN, C.P. 2023. Maternal Behavior in Beef Cattle: The Physiology, Assessment and Future Direction - A Review. In *Vet. Sci.* Vol. 10, No. 1, s. 10. Dostupné na: https://doi.org/10.3390/vetsci10010010. [dátum citovania 2024-05-12].

PELMUȘ, R.S. - GROSU, H. - ROTAR, M.C. - GRAS, M.A. - VAN, C. 2023. Genetic parameters for growth traits of Charolais and Limousine cattle breeds. In *Acta fytotechnica et zootechnica*, Vol. 26, No. 4, s. 342-346. Dostupné na: https://doi.org/10.15414/afz.2023.26.04.342-346. [dátum citovania 2024-07-02].

SANDELÍN, B.A. - BROWN Jr. A.H. - JOHNSON, Z.B. - HORNSBY, J.A. - BAUBLITS, R.T. - KUTZ, B.R. 2005. Postpartum Maternal Behavior Score in Six Breed Groups of Beef Cattle over Twenty-Five Years. In *The Professional Animal Scientist*. Vol. 21, No. 1, s. 13-16. Dostupné na: https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31160-8. [dátum citovania 2024-04-20].

TALIB, G.M.A. - FARAIDOON, A.S.M.A. 2016. Causes and treatment of dysctocia in cows in Sulaimani province. In *Assiut Vet. Med. J*. Vol. 62 No. 148, s. 152-157. Dostupné na: Doi:10.21608/AVMJ.2016.169233. [dátum citovania 2024-07-02].

Kontaktné údaje: Klára Vavrišínová, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Ústav chovu zvierat, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika, ✉ klara.vavrisinova@uniag.sk

Názov publikácie:	**„Aktuálne smerovanie v rastlinnej a živočíšnej produkcii“**
Zostavil:	kolektív FAPZ
Autori:	kolektív
Náklad:	200 ks
Počet strán:	350
Vydavateľ:	Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Vydanie:	prvé
Tlač:	Vydavateľstvo SPU v Nitre

Rukopis neprešiel redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU.

ISBN 978-80-552-2763-4