

vedecký časopis pre racionálne využívanie agrochemikálií v poľnohospodárstve
scientific journal for rational utilization of agrochemicals in agriculture

AGRO

chémia | chemistry

volume XXIV. (60)

2020

AGRO

c h é m i a

vedecký časopis pre racionálne využívanie
agrochemikálií v poľnohospodárstve



AGRO

c h e m i s t r y

scientific journal for rational utilization
of agrochemicals in agriculture

Ročník XXIV. (60), číslo 2/2020, vydané november 2020

Vychádza dvakrát ročne

Šéfredaktor: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
Zást. šéfredaktora: prof. Ing. Ladislav Ducsay, Dr.
Vedúca redaktorka: Ing. Ľubica Ďudáková

Redakčná rada:
predseda: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
prof. Ing. Jiří Balík, CSc. (ČZU Praha, ČR)
prof. Ing. Ladislav Ducsay, Dr.
prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc.
(MENDELU Brno, ČR)
prof. Ing. Peter Kováčik, CSc.
Ing. František Kotvas, CSc.
Ing. Vincent Lacko
prof. Ing. Tomáš Lošák, PhD.
(MENDELU Brno, ČR)
prof. dr. hab. Barbara Filipek-Mazur
(Akademia Rolnicza, Krakow, Poľsko)
doc. Ing. Peter Ondříšek, CSc.
prof. Ing. Rostislav Richter, DrSc.
(MENDELU Brno, ČR)
doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
(MENDELU Brno, ČR)
prof. Dr. hab. Ewa Szychaj-Fabisiak
(UT-P, Bydgoszcz, Poľsko)
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc.
(ČZU Praha, ČR)
prof. Ing. Ján Tomáš, CSc.
Ing. Kamil Valí (Duslo, a. s.)
prof. Ing. Václav Vaněk, CSc.
(ČZU Praha, ČR)

Adresa redakcie: Vydavateľstvo SPU, Tr. A. Hlinku 2,
949 76 Nitra
Tel.: 037/641 45 61
e-mail: lubica.dudakova@uniag.sk
otto.lozek@uniag.sk
ladislav.ducsay@uniag.sk

Povolené MK SR pod registračným číslom 1711/97
Časopis je excerpovaný do medzinárodného systému
AGRIS FAO

Časopis je možné zakúpiť alebo objednať v predajni
odbornej literatúry v pavilóne „CH“ SPU v Nitre

web: www.agrochemia.uniag.sk

Sadzba: Tatiana Šmehilová

ISSN 1335-2415, EV 3392/09

© SPU Nitra a Duslo, a. s., 2020

Volume XXIV. (60), Number 2/2020

It is published twice a year

Editor-in chief: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
Co-Editor: prof. Ing. Ladislav Ducsay, Dr.
Executive editor: Ing. Ľubica Ďudáková

Editorial board:
Chairman: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
prof. Ing. Jiří Balík, CSc. (ČZU Praha, ČR)
prof. Ing. Ladislav Ducsay, Dr.
prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc.
(MENDELU Brno, ČR)
prof. Ing. Peter Kováčik, CSc.
Ing. František Kotvas, CSc.
Ing. Vincent Lacko
prof. Ing. Tomáš Lošák, PhD.
(MENDELU Brno, ČR)
prof. dr. hab. Barbara Filipek-Mazur
(Akademia Rolnicza, Krakow, Poľsko)
doc. Ing. Peter Ondříšek, CSc.
prof. Ing. Rostislav Richter, DrSc.
(MENDELU Brno, ČR)
doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
(MENDELU Brno, ČR)
prof. Dr. hab. Ewa Szychaj-Fabisiak
(UT-P, Bydgoszcz, Poľsko)
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc.
(ČZU Praha, ČR)
prof. Ing. Ján Tomáš, CSc.
Ing. Kamil Valí (Duslo, a. s.)
prof. Ing. Václav Vaněk, CSc.
(ČZU Praha, ČR)

Address of editorial office: Publishing centre of SUA
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR
Tel.: 037/641 45 61
e-mail: lubica.dudakova@uniag.sk
otto.lozek@uniag.sk
ladislav.ducsay@uniag.sk

Permitted by MK SR with registration number 1711/97
The journal is comprised in international system
of AGRIS FAO

The journal can be bought or ordered at the Slovak University
of Agriculture in Nitra

web: www.agrochemia.uniag.sk

Set-type: Tatiana Šmehilová

ISSN 1335-2415, EV 3392/09

© SPU Nitra and Duslo, a. s., 2020

Je dlhodobé minerálne hnojenie vhodný nástroj na zlepšenie štruktúrneho stavu piesočnatých pôd?

Is long-term mineral fertilization a suitable tool for improving the structural state of sandy soils?

**Martin Juriga, Vladimír Šimanský,
Jerzy Jonczak**

In this paper, the impact of the long-term application of mineral fertilizers and manure on the soil structure of a sandy soil is quantified, and the relationships between the soil organic matter, Al and Fe oxides and soil structure of sandy soil with a dependence on the length of fertilizers application are determined. Soil samples were taken from all three long-term field experiments in Poland (sandy Arenic Planosol), which were located at Skierniewice experimental station including a 94-year-old experiment with mineral fertilization, a 41-year-old experiment with mineral fertilization and a 25-year-old experiment with mineral fertilization + farmyard manure. The results showed that in 94-year-old experiment the state of soil structure was the most favourable compared to other experiments (25- and 41-year-old). In 94-year-old experiment, NPK rather than CaNPK fertilization had a more pronounced effects on soil structure parameters in comparison to unfertilized control. In NPK treatment the higher content of water-stable macro-aggregates (WSA_{ma}) in size classes of: >5, 5–3, 3–2 and 2–1 mm (by 89, 76, 71 and 71%), lower content of WSA_{ma} 0.5–0.25 mm (by 61%) and higher value of weight mean diameter of water-stable aggregates (MWDm) (by 48%) in comparison to unfertilized control were observed. Especially in 94-year experiment the content of total organic carbon (C_{org}), labile carbon (C_L), humic substances carbon (C_{HL}), fulvic acids carbon (C_{FA}) as well as iron and aluminium amorphous oxides improved soil structure parameters. All in all, the fertilization had different effects on soil structure in the sandy soil with relation to long-term of individual experiments and the highest correlations: SOM, Al, Fe and its forms vs. soil structure were in 94-year >25-year >41-year-old experiment.

water-stable aggregates, soil organic matter, mineral fertilization

Pôdna štruktúra je najvýznamnejšou fyzikálnou vlastnosťou pôdy, ktorá kontroluje celý rad pôdnych procesov, ako napr. pohyb a zadržiavanie vody, živín, prevzdušenie pôdy, vznik erózie, rozvoj koreňového systému, či aktivitu mikroorganizmov. Základnou jednotkou pôdnej štruktúry je agregát. Tvorba a stabilita pôdnych agregátov je všeobecne závislá od prítomnosti cementačných činidiel, spájajúcich pôdne častice do mikro-agregátov a mikro-agregáty do makro-agregátov, z ktorých kľúčovým je pôdna organická hmota (POH) (4, 20, 23). Obsah POH môže

v značnej miere meniť vlastnosti povrchových častíc pôdy ako aj ich povrchových nábojov, plochu merného povrchu a hustotu povrchového náboja, čo môže výrazne ovplyvniť interakcie medzi pôdnymi časticami (4). Stav pôdnej štruktúry môže byť okrem iného ovplyvnený aj prítomnosťou kovových iónov. Katióny Fe^{3+} a Al^{3+} stimulujú zrážanie zlúčenín, ktoré pútajú elementárne pôdne častice a v pôdach s nízkym pH a obsahom POH vytvárajú mostíky prostredníctvom ktorých tiež spájajú pôdne častice navzájom, čím sa môžu podieľať na tvorbe pôdnych agregátov (4, 20, 21). Okrem toho môžu k vyššej agregácii pôdy výrazne prispieť aj oxidy Fe a Al. Vďaka veľkej ploche merného povrchu sú schopné absorbovať organické látky, a to prostredníctvom elektrostatických väzieb (23). Okrem účasti jednotlivých cementačných činidiel má v agregáčnom procese významné postavenie zrnitostné zloženie pôdy. Častice ílu sú vďaka veľkej ploche merného povrchu a vysokému počtu funkčných skupín vysoko reaktívne a ich prítomnosť prispieva k priaznivejšiemu stavu pôdnej štruktúry. Naopak so zvyšujúcim sa podielom pieskových zrn býva pozorovaný menej priaznivý štruktúrny stav pôdy (14). Piesočnaté pôdy sa vyznačujú vysokým podielom piesku (viac ako 90 %) a nízkym podielom ílu (menej ako 10 %). V rámci celosvetovej výmery pôdy zaberajú približne 900 miliónov ha. Všeobecne sú charakteristické nízkou úrodnosťou a horšími vlastnosťami. Vyznačujú sa slabou pôdnou štruktúrou s vysokým sklonom k erózii a tvorbe pôdneho prúsu. Majú veľmi slabé zmršťovacie a rozpínacie vlastnosti, kvôli nízkemu obsahu ílovitej frakcie alebo obsahu ílu s nízkou aktivitou. Obsah POH je v týchto pôdach nízky a zvyčajne predstavuje menej ako 1 % (18). Pravidelné pridávanie väčšieho množstva organických hnojív v kombinácii s adekvátnymi dávkami minerálnych hnojív je kľúčový postup pri zlepšovaní kvality a úrodnosti týchto pôd. Pridané organické hnojivá zlepšujú agregáciu piesočnatých pôd priamo väzbou s ílovitými časticami a nepriamo zvyšovaním mikrobiálnej aktivity a tým i množstva spojív pre pôdne častice, ako sú slizy a hýfy húb. Minerálne hnojenie môže tiež podporovať aktivitu pôdnych mikroorganizmov, či produkciu koreňovej biomasy rastlín, a tak zvyšovať zásobu POH a agregáciu. Hnojenie organickými i minerálnymi hnojivami je teda významný atribút pri tvorbe a stabilite pôdnych agregátov piesočnatých pôd (6).

Cieľom tejto práce bolo:

1. vyhodnotiť účinky dlhodobého (25-, 41- a 94-ročné) minerálneho hnojenia na parametre pôdnej štruktúry,
2. posúdiť vzájomné vzťahy medzi parametrami pôdnej organickej hmoty, humusu, či jednotlivými formami železa, hliníka a parametrami pôdnej štruktúry v jednotlivých experimentoch.

Na základe vyššie uvedeného kontextu sme predpokladali, že:

1. štruktúrny stav piesočnatej pôdy sa v dôsledku dlhodobého minerálneho hnojenia zlepší,
2. účinok hnojenia sa bude zvyšovať spolu s dĺžkou experimentu,
3. čím bude dĺžka experimentu väčšia, tým viac štatisticky významných vzťahov medzi parametrami pôdnej organickej hmoty, humusu, jednotlivými formami železa, hliníka a parametrami pôdnej štruktúry bude pozorovaných.

Materiál a metódy

Štúdia bola vykonaná na experimentálnej stanici Miedniewice (z. š. 51° 85' 05", z. d. 20° 11' 22"), ktorá leží asi 3 km východne od mesta Skierniewice v Poľsku. Na tejto ploche prevládajú plytké pôdy s kyslou pôdnou reakciou a nízkym obsahom pôdneho organického uhlíka. Hlavným pôdnym typom je Pseudoglej (Arenic Planosol). Plocha má rovinný charakter a nachádza sa v nadmorskej výške približne 150 m n. m. Toto územie patrí do mierneho klimatického pásma, s premenlivým vlhkým, prímorským podnebí. Priemerná ročná teplota v tejto oblasti je 8,0 °C, priemerný ročný úhrn atmosférických zrážok 528 mm a vlhkosť vzduchu sa pohybuje okolo 79 % (5).

Experimentálna plocha má veľkosť 5 ha a je rozdelená na niekoľko pokusných plôch, na ktorých prebiehajú experimenty s rôznymi spôsobmi a stupňami hnojenia v 6 rozdielnych osevných postupoch. Všetky pokusy sú založené metódou náhodného rozloženia. Každé políčko v rámci každého experimentu má veľkosť 4 × 9 m a každý jeden pokusný variant v rámci každého experimentu je založený v 3-násobnom opakovaní. Pre účely tejto štúdie boli pôdne vzorky odobraté z troch dlhodobých experimentov s minerálnym hnojením:

- 25-ročný experiment s hnojením maštaľným hnojom (MH) v kombinácii s minerálnym hnojením, založený v roku 1992. Varianty: MH, MH + NPK a MH + CaNPK;
- 41-ročný experiment s rôznymi úrovňami minerálneho hnojenia bol založený v roku 1975. Varianty: kontrola, NPK a CaNPK;
- 94-ročný experiment s rôznymi úrovňami minerálneho hnojenia, založený v roku 1923. Varianty: kontrola, NPK a CaNPK.

Vo všetkých pokusoch bol dusík aplikovaný ako síran amónny (30 kg.ha⁻¹ N od roku 1923 do 1975 a 90 kg.ha⁻¹ N od roku 1976), fosfor ako superfosfát (30 kg.ha⁻¹ P₂O₅ od 1923 do 1975 a 26 kg.ha⁻¹ P₂O₅ od roku 1976) a draslík ako chlorid draselný (30 kg.ha⁻¹ K₂O od roku 1923 do 1975 a 91 kg.ha⁻¹ K₂O od roku 1976). Vápnik bol aplikovaný raz za 4 roky v dávke 1,6 t.ha⁻¹ CaO. V 25-ročnom experimente bol maštaľný hnoj aplikovaný v 4-ročnom cykle v dávke 25 t.ha⁻¹.

Odber pôdných vzoriek bol realizovaný rýľom, z hĺbky 0 – 0,3 m. Po odbere boli pôdne vzorky zhomogenizované a následne prenesené do laboratória, kde boli vysušené pri laboratórnej teplote.

V pôdných vzorkách boli stanovené nasledujúce parametre:

- obsah jednotlivých veľkostných tried vodoodolných makro-agregátov – WSA (frakcie: >5 mm, 5 – 3 mm, 3 – 2 mm, 2 – 1 mm, 1 – 0,5 mm, 0,5 – 0,25 mm a <0,25 mm) Bakšajevovou metódou (12),
- stredný vážený priemer agregátov získaných preosievaním za sucha – MWDs,
- stredný vážený priemer agregátov získaných preosievaním za mokra – MWDm,
- koeficient zraniteľnosti – Kv (26),
- index stability vodoodolných makro-agregátov – Sw (11),
- obsah organického uhlíka v pôde (C_{org}) – oxidometricky (24),
- obsah labilného uhlíka v pôde (C_L) (16),
- skupinové zloženie humusových látok (7),
- farebný kvocient humusových látok (Q_{HL}) a farebný kvocient humínových kyselín (Q_{HK}),

- obsahy celkového železa (Fe_t) a celkového hliníka (Al_t) boli stanovené po rozklade vzoriek pôdy so zmesou 40 % HF a 60 % HClO₄ pomocou atómovej emisnej spektrometrie s mikrovlnne indukovanou plazmou /MP-AES/(Agilent 4100 MP-AES),

- obsahy amorfných oxidov železa (Fe_o) a hliníka (Al_o) boli stanovené po extrakcii metódou MP-AES (27).

Jednotlivé parametre pôdnej štruktúry, pôdnej organickej hmoty a humusu ako i jednotlivé formy železa a hliníka boli vyhodnotené štatistickou analýzou prostredníctvom programu Statgraphics Centurion XV. I (Statpoint Technologies, Inc., USA) s použitím jednofaktorovej analýzy rozptylu (ANOVA). Na porovnanie účinkov jednotlivých spôsobov hnojenia bol použitý LSD test s hladinou významnosti $P \leq 0,05$. Závislosť medzi parametrami pôdnej organickej hmoty, humusu, celkovými obsahmi železa, hliníka, ich amorfných oxidov a parametrami pôdnej štruktúry bola vyhodnotená pomocou jednoduchej korelačnej matice.

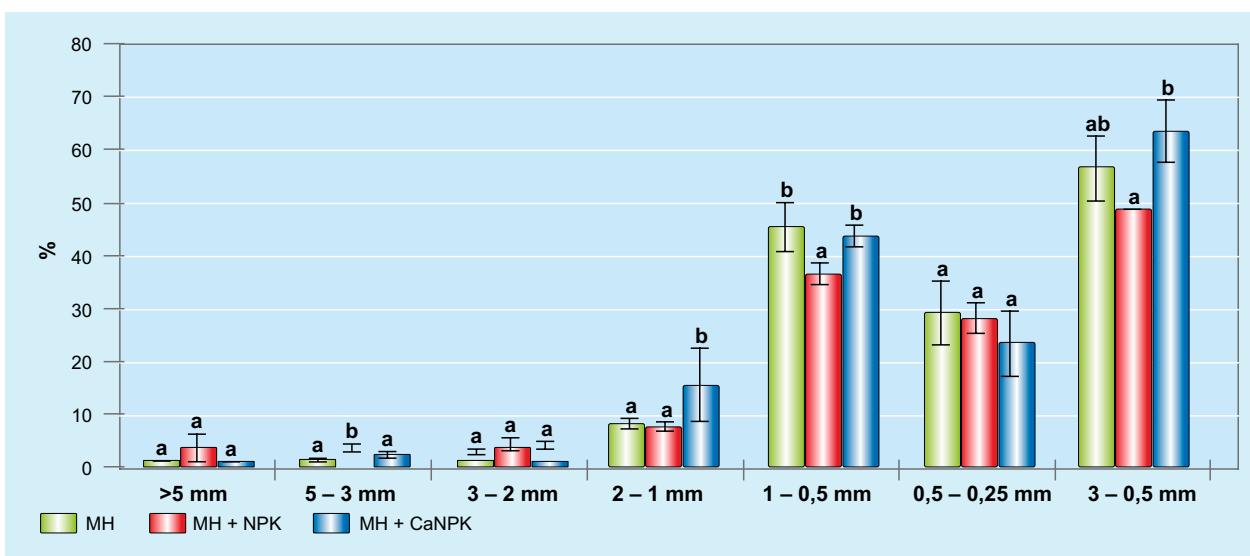
Výsledky a diskusia

Vyhodnotenie parametrov pôdnej štruktúry

Racionálna stratégia hnojenia je považovaná za kľúčové opatrenie ako zlepšiť štruktúrny stav piesočnatých pôd. Z literárnych zdrojov vyplýva, že jedným z najčastejšie používaných organických hnojív na piesočnatých pôdach je maštaľný hnoj. Z minerálnych hnojív sú z dôvodu možnosti kombinovať obsah živín dodávaných do pôdy používané najmä NPK hnojivá. Priaznivé účinky dlhodobého hnojenia maštaľným hnojom ako i NPK hnojivami na pôdnu štruktúru v piesočnatých pôdach boli preukázané v mnohých štúdiách (3, 10). Bembi et al. (3), ale i Hati et al. (10) v rámci 20- a 31-ročných experimentov zistili, že z hľadiska zvyšovania tvorby a stability pôdnej štruktúry je efektívnejšia kombinovaná aplikácia maštaľného hnoja s NPK hnojivami ako ich samostatná aplikácia. Ich zistenia však nekorešponujú s našimi výsledkami. 25-ročné hnojenie maštaľným hnojom v kombinácii s NPK ani s CaNPK významne neovplyvnilo celkový obsah vodoodolných makro-agregátov (WSA_{ma}) ani obsah vodoodolných mikro-agregátov (WSA_{mi}) v porovnaní s hnojením samotným maštaľným hnojom (tabuľka 1). Vo variante MH + NPK bol síce zaznamenaný štatisticky významne vyšší obsah WSA_{ma} vo veľkostnej triede 5 – 3 mm (o 60 %) ale zároveň nižší obsah WSA_{ma} 1 – 0,5 mm (o 19 %) ako vo variante MH (obrázok 1A). Vo variante MH + CaNPK bol na jednej strane zistený významný nárast obsahu WSA_{ma} 2 – 1 mm (o 48 %) no na druhej strane pokles hodnoty indexu stability vodoodolných makro-agregátov (Sw) o 23 % v porovnaní s variantom MH (tabuľka 1). Štatisticky významné rozdiely boli v zastúpení jednotlivých veľkostných tried WSA_{ma} pozorované aj medzi variantmi s minerálnym hnojením. Variant MH + CaNPK vykazoval významne nižší obsah WSA_{ma} 5 – 3 mm (-34 %) a vyšší obsah 1 – 0,5 mm (+16 %) ako variant MH + NPK (obrázok 1A).

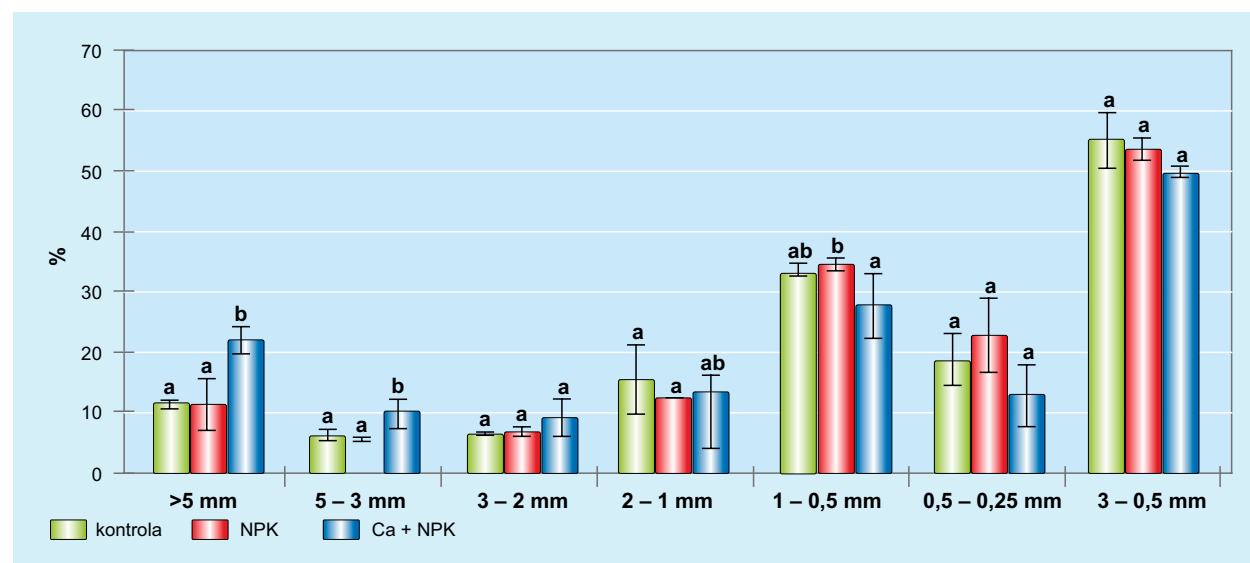
V prípade 41-ročného experimentu so samotným minerálnym hnojením pôsobilo hnojenie NPK a CaNPK odlišne na hodnotené parametre pôdnej štruktúry (Tabuľka 1; obrázok 1B). Oba spôsoby hnojenia síce oproti kontrole zvýšili celkový obsah WSA_{ma} a znížili obsah WSA_{mi}, no tieto zmeny neboli štatisticky významné. Hnojenie CaNPK však významne zvýšilo obsah WSA_{ma} >5 a 5 – 3 mm, a to o 48 a 39 % v porovnaní s kontrolou. Hnojenie NPK sa oproti kontrole prejavilo pozitívne na poklese koeficientu zraniteľnosti pôdnej štruktúry (Kv) o 43 %, no zároveň

Obrázok 1A: Percentuálny podiel jednotlivých veľkostných tried vodoodolných agregátov v 25-ročnom experimente
Figure 1A: The percentage of individual size classes of water-stable aggregates in 25-years-old experiment



Rozdielne písmená (a, b, c) medzi variantmi znázorňujú štatisticky významný rozdiel podľa LSD testu s hladinou významnosti 95%
 Different letters (a, b, c) between treatments represent statistically significant differences according to LSD test at $P \leq 95\%$

Obrázok 1B: Percentuálny podiel jednotlivých veľkostných tried vodoodolných agregátov v 41-ročnom experimente
Figure 1B: The percentage of individual size classes of water-stable aggregates in 41-years-old experiment



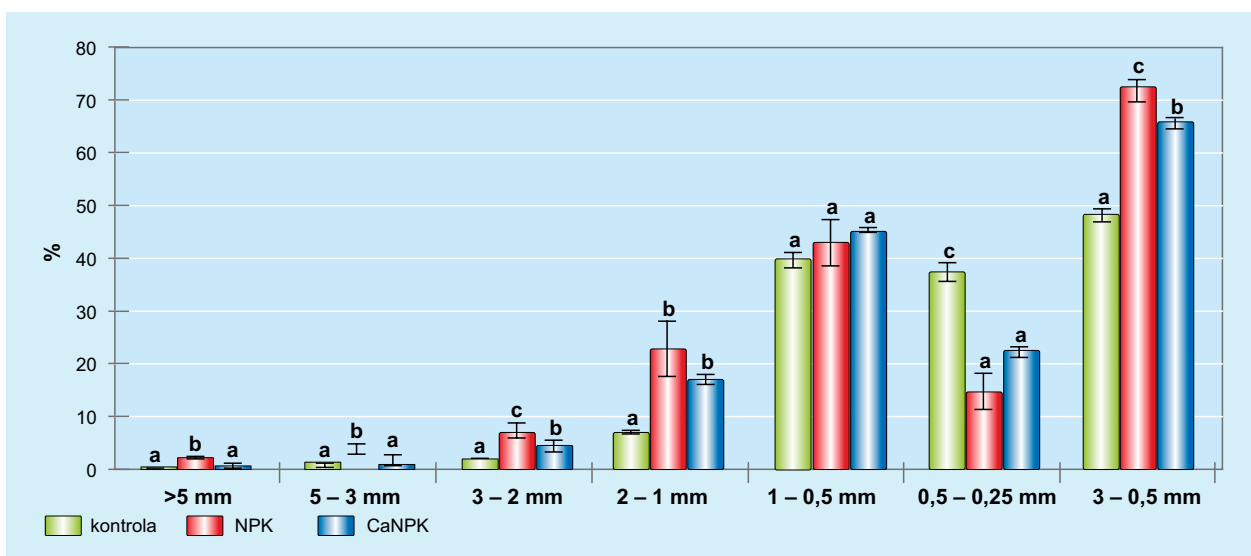
Rozdielne písmená (a, b, c) medzi variantmi znázorňujú štatisticky významný rozdiel podľa LSD testu s hladinou významnosti 95%
 Different letters (a, b, c) between treatments represent statistically significant differences according to LSD test at $P \leq 95\%$

indukovalo i pokles hodnoty Sw (-15 %). Navyše boli vo variante CaNPK zistené výrazne vyššie hodnoty stredného váženého priemeru agregátov získaných preosievaním za sucha (MWDs) a stredného váženého priemeru agregátov získaných preosievaním za mokra (MWDm) (2,07 a 1,86 mm) v porovnaní s kontrolou (1,53 a 1,24 mm). Výraznejší účinok NPK hnojenia spolu s vápnením ako samotného NPK hnojenia na obsah WSA_{ma} potvrdili aj Manna et al. (17) v rámci 30-ročného poľného experimentu na piesočnato-hlinitej pôde. Podľa Paradelo et al. (19) môže vápnenie prispieť k väčšej interakcii medzi minerálnymi pôdnymi časticami a časticami POH prostredníctvom

katiónových mostíkov Ca^{2+} na základe zvýšeného obsahu Ca^{2+} v pôde. Vápnenie tiež efektívne znižuje toxicitu Al^{3+} iónov a zvyšuje pH kyslých pôd, čo vedie k podpore mikrobiálnej aktivity a teda i agregácie (4, 19). Zároveň sme tiež pozorovali výrazné rozdiely medzi hnojenými variantmi. Obsah $WSA_{ma} >5$ a $5-3$ mm bol vo variante CaNPK o 48 a 43 % vyšší a obsah $WSA_{ma} 1-0,5$ mm o 20 % nižší ako vo variante NPK. Hnojenie CaNPK významne zvýšilo hodnoty MWDs a MWDm (2,07 a 1,86 mm) v porovnaní s hnojením samotným NPK (0,89 a 1,23 mm).

Ani 94-ročné minerálne NPK a CaNPK hnojenie štatisticky významne neovplyvnilo obsah WSA_{ma} a WSA_{mi}

Obrázok 1C: Percentuálny podiel jednotlivých veľkostných tried vodoodolných agregátov v 94-ročnom experimente
Figure 1C: The percentage of individual size classes of water-stable aggregates in 94-years-old experiment



Rozdielne písmená (a, b, c) medzi variantmi znázorňujú štatisticky významný rozdiel podľa LSD testu s hladinou významnosti 95%
 Different letters (a, b, c) between treatments represent statistically significant differences according to LSD test at $P \leq 95\%$

(tabuľka 1). Vo variante NPK však bol zistený výrazne vyšší obsah WSA_{ma} vo veľkostných triedach: >5, 5 – 3, 3 – 2 a 2 – 1 mm (o 89, 76, 71 a 71 %) a nižší obsah WSA_{ma} 0,5 – 0,25 mm (o 61 %) v porovnaní s kontrolou. Hnojenie CaNPK oproti kontrole významne zvýšilo zastúpenie WSA_{ma} 3 – 2 (+54 %) a 2 – 1 mm (+60 %) a tiež znížilo zastúpenie WSA_{ma} 0,5 – 0,25 mm (-41 %). V oboch hnojenných variantoch bol v porovnaní s kontrolou zaznamenaný výrazne vyšší obsah agronomicky cenných veľkostných tried WSA_{ma} (3 – 0,5 mm): NPK (+33 %) a CaNPK (+27 %). Po 94-rokoch minerálneho hnojenia sa oproti kontrole vý-

znamne zvýšila hodnota MWDs, a to v prípade hnojenia CaNPK z 0,45 mm na 2,11 mm. Hodnota MWDm bola významne zvýšená účinkom oboch spôsobov hnojenia. Výraznejšie zvýšenie oproti kontrole bolo pozorované vo variante NPK (+48 %) ako vo variante CaNPK (+27 %). Zatiaľ čo NPK hnojenie nemalo významný vplyv na hodnotu Kv, hnojenie CaNPK viedlo k jej výraznému zvýšeniu (o 69 %) v porovnaní s kontrolou. Hodnota Sw nebola minerálnym hnojením významne ovplyvnená. V tomto prípade sa teda efektívnejšie prejavilo samotné NPK ako CaNPK hnojenie (obrázok 1C). Aye et al. (1) zistili, že 34-ročné vápnenie

Tabuľka 1: Priemerné hodnoty parametrov pôdnej štruktúry ovplyvnené dlhodobým minerálnym hnojením
Table 1: The average values of soil structure parameters affected by long-term mineral fertilization

Variant (1)	WSA_{ma} (9)	WSA_{mi} (10)	MWDs (11)	MWDm (12)	Kv (13)	Sw (14)
	(%)		(mm)			
25-ročný experiment (2)						
MH (5)	88,44 ±0,66a	11,57 ±0,67a	0,80 ±0,15a	0,55 ±0,05a	1,45 ±0,15a	5,57 ±0,63b
MH + NPK (6)	84,19 ±0,29a	15,82 ±0,28a	0,70 ±0,17a	0,71 ±0,16a	1,10 ±0,49a	5,03 ±0,22ab
MH + CaNPK (7)	90,29 ±0,47a	9,71 ±0,47a	0,78 ±1,15a	0,64 ±0,07a	1,21 ±0,08a	4,31 ±0,12a
41-ročný experiment (3)						
Kontrola (8)	91,03 ±0,62a	8,97 ±0,61a	1,53 ±0,11ab	1,24 ±0,04a	1,24 ±0,13b	5,14 ±0,13b
NPK	93,36 ±0,40a	6,64 ±0,40a	0,89 ±0,23a	1,23 ±0,24a	0,71 ±0,07a	4,39 ±0,43a
CaNPK	94,28 ±0,26a	5,72 ±0,26a	2,07 ±0,65b	1,86 ±1,24b	1,08 ±0,21b	4,70 ±0,39ab
94-ročný experiment (4)						
Kontrola	86,53 ±0,87a	13,48 ±0,88a	0,45 ±0,02a	0,44 ±0,02a	1,04 ±0,10a	4,87 ±0,33a
NPK	93,01 ±0,66a	6,99 ±0,66a	0,96 ±0,46ab	0,85 ±0,08c	1,09 ±0,44a	4,97 ±0,35a
CaNPK	89,99 ±0,76a	10,02 ±0,75a	2,11 ±1,09b	0,61 ±0,04b	3,36 ±1,57b	4,47 ±1,04a

Rozdielne písmená (a, b, c) medzi riadkami vyjadrujú štatistickú významnosť, podľa LSD testu, WSA_{ma} – obsah vodoodolných makro-agregátov, WSA_{mi} – obsah vodoodolných mikro-agregátov, MWDs – stredný vážený priemer agregátov získaných preosievaním za sucha, MWDm – stredný vážený priemer agregátov získaných preosievaním za mokra, Kv – koeficient zraniteľnosti pôdnej štruktúry, Sw – index stability vodoodolných makro-agregátov

Different letters (a, b, c) between treatments indicate statistically significant differences according to LSD test, (1) treatment, (2) 25-year-old experiment (organic and mineral fertilization), (3) 41-year-old experiment (mineral fertilization), (4) 94-year-old experiment (mineral fertilization), (5) manure, (6) manure + NPK, (7) manure + CaNPK, (8) control, (9) content of water-stable macro-aggregates, (10) content of water-stable micro-aggregates, (11) mean weight diameter of aggregates for dry sieving, (12) mean weight diameter of aggregates for wet sieving, (13) vulnerability coefficient of soil structure, (14) stability index of water-stable macro-aggregates

na piesočnatej intenzívne obrábanej pôde znížilo podiel $WSA_{ma} > 2$ mm o 30 % a zvýšilo obsah WSA_{mi} o 54 % v porovnaní s kontrolou. Vápnenie tiež viedlo k poklesu MWDm z 1,13 mm na 1,01 mm. Podľa nich by tieto účinky mohli súvisieť s vyššou intenzitou obrábania pôdy. V tomto (94-ročnom) ako aj v 25-ročnom experimente bola pôda pravidelne obrábaná pre pestovanie obilnín, ale v 41-ročnom experimente nebola obrábaná, pretože sa na nej od roku 1976 pestovali čučoriedky, pričom sa pôda nekyprila. Okrem toho zvýšenie mikrobiálnej aktivity vplyvom vápnenia môže zvyšovať mieru mineralizácie POH, čo sa môže odraziť na uvoľňovaní CO_2 z pôdy do atmosféry a na znížení zásob POH a teda i na zhoršení stavu pôdnej štruktúry (19). Aj v dôsledku 94-ročného minerálneho hnojenia sme zistili významné rozdiely medzi hnojenými variantmi. Obsah WSA_{ma} vo väčších veľkostných triedach bol vo variante NPK vyšší ako vo variante CaNPK a to o 80, 54 a 36 %, pre $WSA_{ma} > 5$, 5 – 3 a 3 – 2 mm a nižší vo WSA_{ma} 0,5 – 0,25 mm o 36 %. V tomto experimente sa teda na zvýšení obsahu väčších veľkostných tried WSA_{ma} prejavilo výraznejšie NPK ako CaNPK hnojenie, na rozdiel od 41-ročného experimentu, v ktorom sa významne prejavilo iba CaNPK hnojenie.

Vzájomné vzťahy medzi parametrami pôdnej organickej hmoty, humusu a parametrami pôdnej štruktúry

Pravidelná aplikácia organických hnojív do pôdy má tendenciu zvyšovať obsah celkového organického uhlíka (C_{org}), ktorý je dôležitým ukazovateľom zmien v obsahu POH (6, 22). Hati et al. (10) na základe výsledkov získaných v rámci 31-ročného experimentu poukázali na to, že hnojenie samotným maštalným hnojom ako aj samotné NPK hnojenie výrazne zvýšilo obsah C_{org} v pôde, ktorý sa významne podieľal na agregácii pôdy. Ich zistenia sú v súlade s výsledkami Šimanský et al. (22), z ktorých vyplýva, že 25-ročné hnojenie maštalným hnojom v kombinácii s NPK hnojením štatisticky významne zvýšilo obsah C_{org} . Korelačné koeficienty medzi parametrami pôdnej organickej hmoty, humusu a parametrami pôdnej štruktúry sú uvedené v tabuľke 2. V rámci 25-ročného experimentu zvýšený obsah C_{org} významne prispel k tvorbe troch najväčších veľkostných tried WSA_{ma} : >5, 5 – 3 a 3 – 2 mm. Zároveň bol potvrdený jeho významne negatívny korelačný vzťah s K_v a pozitívny s MWDm, čo čiastočne naznačuje jeho podiel na stabilite vodoodolných makro-agregátov. Obsah labilného uhlíka (C_L) je dôležitým ukazovateľom kvality pôdy, ktorý môže taktiež významne prispieť k tvorbe a stabilite pôdných agregátov, čo doposiaľ potvrdili autori mnohých štúdií (13, 20). V rámci 25-ročného experimentu sa obsah C_L významne podieľal na tvorbe WSA_{ma} : 5 – 3 a 3 – 2 mm. Dlhodobé organické hnojenie, môže prispieť aj k vyššiemu obsahu humusových látok v pôde, ktoré sú tiež považované za stabilné cementačné látky pre pôdne častice (8). Šimanský et al. (22) uviedli, že 25-ročné hnojenie maštalným hnojom spolu s minerálnymi hnojivami zvýšilo extrahovateľnosť uhlíka humusových látok (C_{HL}), uhlíka fulvokyselín (C_{FK}), znížilo však pomer uhlíka humínových kyselín k uhlíku fulvokyselín ($C_{HK} : C_{FK}$) a zvýšilo hodnotu farebného kvocientu humusových látok (Q_{HK}). Výsledky tejto štúdie poukázali na to, že obsah WSA_{ma} bol negatívne ovplyvnený extrahovateľnosťou C_{HL} ($r = -0,685$, $P \leq 0,05$) ako aj extrahovateľnosťou uhlíka humínových kyselín (C_{HK}) ($r = -0,921$, $P \leq 0,001$). Na druhej strane hodnota MWDm bola pozitívne ovplyvnená extrahovateľnosťou C_{HL} ($r = 0,998$, $P \leq 0,001$),

C_{HK} ($r = 0,889$, $P \leq 0,01$), a C_{FK} ($r = 0,997$, $P \leq 0,001$), čo potvrdzuje účasť týchto humusových látok na stabilite vodoodolných makro-agregátov.

Aj samotné minerálne hnojenie má potenciál zvyšovať obsah POH a zlepšovať tak stav pôdnej štruktúry, avšak jeho účinky bývajú menej výrazné ako účinky organického hnojenia (4, 19). Podľa výsledkov Šimanský et al. (22) spôsobilo 41-ročné minerálne hnojenie významný nárast obsahu C_{org} , extrahovateľnosti C_{HK} a C_{FK} , ako aj hodnoty farebného kvocientu humínových kyselín (Q_{HK}) a pokles pomeru $C_{HK} : C_{FK}$. Obsah vodoodolných makro-agregátov nebol v dôsledku 41-ročného minerálneho hnojenia významne ovplyvnený obsahom C_{org} ani C_L (tabuľka 2). Oba tieto kvantitatívne parametre sa podieľali na tvorbe WSA_{ma} 2 – 1 mm. Okrem toho výrazne prispeli k nižšej zraniteľnosti pôdnej štruktúry, ale zároveň negatívne korelovali s hodnotou Sw. Obsah vodoodolných makro-agregátov bol v tomto prípade významne pozitívne ovplyvnený extrahovateľnosťou C_{HL} ($r = 0,793$, $P \leq 0,05$), ale najmä extrahovateľnosťou C_{HK} ($r = 0,972$, $P \leq 0,001$). Vápnenie pôdy môže významne prispieť agregácii pôdy prostredníctvom tvorby kationových mostíkov medzi humusovými látkami a minerálnymi pôdnymi časticami. Pri vyššom obsahu Ca^{2+} , ale aj iných dvoj alebo trojmocných kationov sa zvyšuje reaktivita humínových kyselín s ílovými minerálmi, iónmi, organickými molekulami a inými zložkami v pôde, čo prispieva k vyššej agregácii (15). Hodnoty C_{HL} , C_{HK} , C_{FK} významne negatívne korelovali s obsahom WSA_{ma} 2 – 1 mm a hodnota C_{HK} pôsobila negatívne aj na obsah agromicky cenných veľkostných tried WSA_{ma} .

Vplyvom 94-ročného minerálneho hnojenia bol obsah WSA_{ma} priaznivo ovplyvnený zvýšeným obsahom C_{org} ako aj C_L . Obsah C_{org} prispel k tvorbe väčšiny veľkostných tried WSA_{ma} : >5, 5 – 3 – 3 – 2, 2 – 1, a 1 – 0,5 mm. Okrem toho negatívne koreloval s obsahom WSA_{ma} v najmenšej veľkostnej triede (0,5 – 0,25 mm). Obsah C_L sa podieľal na formovaní WSA_{ma} 3 – 2, 2 – 1 a 1 – 0,5 a tiež negatívne koreloval s WSA_{ma} 0,5 – 0,25 mm. Hodnoty C_{HL} a C_{FK} sa významne podieľali na formovaní väčšiny veľkostných tried WSA_{ma} (>5, 5 – 3, 3 – 2, 2 – 1 a 1 – 0,5 mm). K vyššej stabilite vodoodolných makro-agregátov prispela aj extrahovateľnosť C_{HK} , o čom svedčí jej negatívny korelačný vzťah s hodnotou K_v ($r = -0,951$, $P \leq 0,001$) a pozitívny s hodnotou Sw ($r = 0,867$, $P \leq 0,001$). Okrem toho vyššia hodnota Sw bola tiež významne pozitívne ovplyvnená vyššou stabilitou humusových látok a aj humínových kyselín.

Celkovo najväčší počet pozitívnych vzťahov medzi POH, humusom a pôdnou štruktúrou bol pozorovaný v 25- a 94-ročnom experimente. V oboch týchto experimentoch bola pôda intenzívne obrábaná a ako je známe z literatúry, v intenzívne obrábaných pôdach môže byť kvalita humusových látok vyššia (25), čo má pozitívny dopad na pôdnu štruktúru (4).

Vzájomné vzťahy medzi jednotlivými formami železa hliníka a parametrami pôdnej štruktúry

Účinky dlhodobého minerálneho hnojenia na obsah celkového železa (Fe_e) celkového hliníka (Al_e), amorfných oxidov železa (Fe_o) a hliníka (Al_o) na rovnakých experimentoch boli hodnotené v štúdií Šimanský a Jonczak (21). Z ich výsledkov vyplýva, že 41-ročné NPK ako i CaNPK hnojenie štatisticky významne zvýšilo obsah Fe_o a 94-ročné NPK hnojenie obsah Al_o v porovnaní s kontrolou. Korelačné vzťahy medzi jednotlivými formami železa, hliníka a parametrami pôdnej štruktúry sú uvedené v tabuľke 3.

Tabuľka 2: Korelačné koeficienty medzi parametrami pôdnej organickej hmoty, humusu a pôdnej štruktúry
Table 2: Correlation coefficients between soil organic matter, humus and soil structure parameters

25-ročný experiment (organické a minerálne hnojenie) (1)							
Parameter (4)	WSA _{ma} (13)	WSA _{mi} (14)	MWDs (15)	MWDm (16)	Kv (17)	Sw (18)	
C _{org} (5)	-0,515	0,514	-0,863**	0,988***	-1,000***	-0,600	
C _L (6)	-0,178	0,178	-0,629	0,870**	-0,935***	-0,844**	
C _{HL} (7)	-0,685*	0,684*	-0,951***	0,998***	-0,977***	-0,417	
C _{HK} (8)	-0,921***	0,921***	-0,995***	0,889**	-0,808**	-0,013	
C _{FK} (9)	-0,560	0,560	-0,889**	0,997***	-0,999***	-0,556	
C _{HK} : C _{FK} (10)	0,144	-0,144	0,602	-0,853**	0,923***	0,862**	
Q _{HL} (11)	-0,361	0,360	-0,765*	0,948***	-0,985***	-0,727*	
Q _{HK} (12)	-0,928***	0,928***	-0,635	0,308	-0,159	0,695*	
Parameter	WSA _{ma} (mm)						
	>5	5 – 3	3 – 2	2 – 1	1 – 0,5	0,5 – 0,25	3 – 0,5
C _{org}	0,696*	0,953***	0,978***	0,151	-0,853**	-0,369	0,983***
C _L	0,397	0,783*	0,989***	0,491	-0,613	-0,674*	0,003
C _{HL}	0,832**	0,997***	0,911***	-0,062	-0,944***	-0,163	-0,541
C _{HK}	0,985***	0,949***	0,666*	-0,461	-0,997***	0,250	-0,835**
C _{FK}	0,733*	0,968***	0,965***	0,097	-0,879**	-0,318	-0,400
C _{HK} : C _{FK}	-0,365	-0,762*	-0,983***	-0,520	0,585	0,699*	-0,037
Q _{HL}	0,563	0,887**	0,999***	0,317	-0,751*	-0,522	-0,186
Q _{HK}	0,820**	0,452	-0,052	-0,952***	-0,651	0,859**	-0,980***
41-ročný experiment (minerálne hnojenie) (2)							
Parameter	WSA _{ma}	WSA _{mi}	MWDs	MWDm	Kv	Sw	
C _{org}	0,591	-0,592	-0,654	-0,156	-0,995***	-0,971***	
C _L	0,538	-0,539	-0,702*	-0,219	-0,999***	-0,953***	
C _{HL}	0,793*	-0,793*	-0,418	0,126	-0,929***	-0,999***	
C _{HK}	0,972***	-0,972***	-0,014	0,517	-0,700*	-0,898***	
C _{FK}	0,737*	-0,737*	-0,495	0,039	-0,958***	-0,999***	
C _{HK} : C _{FK}	-0,782*	0,782*	0,433	-0,109	0,935***	1,000***	
Q _{HL}	0,441	-0,441	-0,777*	-0,327	-0,997***	-0,913***	
Q _{HK}	0,700*	-0,701*	-0,540	-0,013	-0,972***	-0,995***	
Parameter	WSA _{ma} (mm)						
	>5	5 – 3	3 – 2	2 – 1	1 – 0,5	0,5 – 0,25	3 – 0,5
C _{org}	-0,125	-0,252	-0,016	-0,902***	0,312	0,534	-0,128
C _L	-0,189	-0,313	-0,080	-0,872**	0,372	0,587	-0,064
C _{HL}	0,156	0,028	0,263	-0,987***	0,035	0,277	-0,399
C _{HK}	0,543	0,431	0,632	-0,968***	-0,373	-0,136	-0,736*
C _{FK}	0,070	-0,059	0,179	-0,969***	0,121	0,360	-0,318
C _{HK} : C _{FK}	-0,139	-0,011	-0,247	0,984***	-0,052	-0,293	0,383
Q _{HL}	-0,297	-0,418	-0,191	-0,812**	0,474	0,674*	0,048
Q _{HK}	0,017	-0,111	0,127	-0,954***	0,173	0,408	-0,268

* P ≤ 0,05, ** P ≤ 0,01, *** P ≤ 0,001

C_{org} – celkový organický uhlík, C_L – labilný uhlík, C_{HL} – uhlík humusových látok, C_{HK} – uhlík humínových kyselín, C_{FK} – uhlík fulvokyselín, C_{HK} : C_{FK} – pomer uhlíka humínových kyselín k uhlíku fulvokyselín, Q_{HL} – farebný kvocient humusových látok, Q_{HK} – farebný kvocient humínových kyselín, WSA_{ma} – obsah vodoodolných makro-agregátov, WSA_{mi} – obsah vodoodolných mikro-agregátov, MWDs – stredný vážený priemer agregátov získaných preosievaním za sucha, MWDm – stredný vážený priemer agregátov získaných preosievaním za mokra, Kv – koeficient zraniteľnosti pôdnej štruktúry, Sw – index stability vodoodolných makro-agregátov

(1) 25-year-old experiment (organic and mineral fertilization), (2) 41-year-old experiment (mineral fertilization), (3) 94-year-old experiment (mineral fertilization), (4) parameter, (5) total organic carbon, (6) labile carbon, (7) humic substances carbon, (8) humic acids carbon, (9) fulvic acids carbon, (10) humic acids carbon to fulvic acids carbon ratio, (11) colour quotient of humic substances, (12) colour quotient of humic acids, (13) content of water-stable macro-aggregates, (14) content of water-stable micro-aggregates, (15) mean weight diameter of aggregates for dry sieving, (16) mean weight diameter of aggregates for wet sieving, (17) vulnerability coefficient of soil structure, (18) stability index of water-stable macro-aggregates

Pokračovanie tabuľky 2
Continuation of the table 2

94-ročný experiment (minerálne hnojenie) (3)							
Parameter	WSA _{ma}	WSA _{mi}	MWDs	MWDm	Kv	Sw	
C _{org}	0,862**	-0,862**	0,766*	0,785*	0,555	-0,373	
C _L	0,798**	-0,798**	0,835**	0,708*	0,648	-0,477	
C _{HL}	0,999***	-0,999***	0,384	0,982***	0,111	0,096	
C _{HK}	-0,363	0,363	-1,000***	-0,233	-0,951***	0,867**	
C _{FK}	0,972***	-0,972***	0,547	0,931***	0,291	-0,088	
C _{HK} : C _{FK}	-0,905***	0,905***	-0,704*	-0,838**	-0,477	0,286	
Q _{HL}	0,214	-0,215	-0,849**	0,345	-0,963***	0,998***	
Q _{HK}	0,077	-0,077	-0,914***	0,212	-0,991***	0,997***	
Parameter	WSA _{ma} (mm)						
	>5	5 – 3	3 – 2	2 – 1	1 – 0,5	0,5 – 0,25	3 – 0,5
C _{org}	0,536	0,694*	0,831**	0,912***	0,949***	-0,929***	0,952***
C _L	0,435	0,606	0,762*	0,858**	0,979***	-0,880**	0,910***
C _{HL}	0,864**	0,947***	0,994***	0,999***	0,698*	-0,997***	0,986***
C _{HK}	0,101	-0,099	-0,309	-0,461	-0,941***	0,501	-0,558
C _{FK}	0,758*	0,873**	0,957***	0,992***	0,817**	-0,997***	1,000***
C _{HK} : C _{FK}	-0,611	-0,757*	-0,879**	-0,945***	-0,916***	0,959***	-0,976***
Q _{HL}	0,636	0,469	0,270	0,108	-0,595	-0,063	-0,005
Q _{HK}	0,523	0,342	0,134	-0,031	-0,700*	0,076	-0,143

* P ≤ 0,05, ** P ≤ 0,01, *** P ≤ 0,001

C_{org} – celkový organický uhlík, C_L – labilný uhlík, C_{HL} – uhlík humusových látok, C_{HK} – uhlík huminových kyselín, C_{FK} – uhlík fulvokyselín, C_{HK} : C_{FK} – pomer uhlíka huminových kyselín k uhlíku fulvokyselín, Q_{HL} – farebný kvocient humusových látok, Q_{HK} – farebný kvocient huminových kyselín, WSA_{ma} – obsah vodoodolných makro-agregátov, WSA_{mi} – obsah vodoodolných mikro-agregátov, MWDs – stredný vážený priemer agregátov získaných preosievaním za sucha, MWDm – stredný vážený priemer agregátov získaných preosievaním za mokra, Kv – koeficient zraniteľnosti pôdnej štruktúry, Sw – index stability vodoodolných makro-agregátov

(1) 25-year-old experiment (organic and mineral fertilization), (2) 41-year-old experiment (mineral fertilization), (3) 94-year-old experiment (mineral fertilization), (4) parameter, (5) total organic carbon, (6) labile carbon, (7) humic substances carbon, (8) humic acids carbon, (9) fulvic acids carbon, (10) humic acids carbon to fulvic acids carbon ratio, (11) colour quotient of humic substances, (12) colour quotient of humic acids, (13) content of water-stable macro-aggregates, (14) content of water-stable micro-aggregates, (15) mean weight diameter of aggregates for dry sieving, (16) mean weight diameter of aggregates for wet sieving, (17) vulnerability coefficient of soil structure, (18) stability index of water-stable macro-aggregates

V 25-ročnom experimente bol obsah vodoodolných makro-agregátov významne pozitívne ovplyvnený obsahom celkového hliníka (Al_t). Podľa Golberg et al. (9) oxidy Fe a Al prispievajú skôr k tvorbe menších agregátov, čo sa v tomto experimente nepotvrdilo, pretože obsahy celkového železa, hliníka a ich amorfných oxidov prispeli skôr k formovaniu väčších veľkostných tried WSA_{ma} a negatívne korelovali práve s obsahmi menších veľkostných tried WSA_{ma}. Výsledky ďalej naznačili čiastočný podiel amorfných oxidov železa a hliníka na stabilite vodoodolných makro-agregátov. Obsahy Fe_o a Al_o významne pozitívne korelovali s hodnotou MWDm a negatívne s Kv.

V pôdach s nízkym obsahom ílu a POH môže byť agregácia podporená skôr kationmi Fe³⁺ a Al³⁺, ktorých mobilita narastá spolu kyslosťou pôdy. Na druhej strane v pôdach s vysokým obsahom POH sa na tvorbe pôdnych agregátov môžu významne podieľať skôr oxidy Fe (2). Piesočnaté pôdy sú všeobecne známe nízkym obsahom POH, preto by dlhodobé hnojenie na základe zvýšenia obsahu POH mohlo zvyšovať podiel celkového Fe, Al a ich oxidov na agregáčnom procese. V 41-ročnom experimente s minerálnym hnojením bol zaznamenaný významne pozitívny vzťah medzi celkovým obsahom WSA_{ma} a obsahom Fe_t (r = 0,831, P ≤ 0,01), ale významne negatívny vzťah medzi WSA_{ma} a Al_t (r = -0,715, P ≤ 0,05). Amorfné oxidy Fe a Al prispeli k vyššiemu obsahu WSA_{ma}. Obsah Al_o bol významným prvkom pri tvorbe najväčších veľkostných tried WSA_{ma} >5 a 5 – 3 mm. Obsah veľkostnej triedy WSA_{ma}

2 – 1 mm negatívne koreloval s Fe_o, Fe_t a Al_o, ale pozitívne s Al_t. Jednotlivé formy Fe a Al pôsobili rôzne na stabilitu pôdnych agregátov (tabuľka 3).

V rámci 94-ročného experimentu sa na zvyšovaní celkového obsahu vodoodolných makro-agregátov podieľali amorfné oxidy Al a Fe. Organické látky na svojom povrchu absorbujú oxidy Fe a Al a pomocou elektrostatických väzieb sú schopné tvoriť mostíky medzi pôdnymi časticami (4, 21, 23). Tvorba väčších veľkostných tried ako aj agronomicky cenných tried WSA_{ma} bola tiež významne podporená amorfnými oxidmi Fe a Al. Celkové formy železa a hliníka prispeli významne k tvorbe WSA_{ma} 1 – 0,5 mm. Obsah WSA_{ma} 0,5 – 0,25 mm bol negatívne ovplyvnený celkovými obsahmi železa a hliníka ako aj ich amorfnými oxidmi.

Z uvedených výsledkov (tabuľka 3) vyplýva, že tvorba a stabilita pôdnej štruktúry bola v jednotlivých experimentoch podporená výraznejšie amorfnými oxidmi železa a hliníka ako ich celkovými obsahmi a tieto vzťahy boli výraznejšie v 94-ročnom experimente v porovnaní s 25- a 41-ročným experimentom.

Záver

Na základe získaných výsledkov môžeme skonštatovať, že 25-ročné hnojenie maštalným hnojom v kombinácii s NPK hnojivami významne neovplyvnilo štruktúrny stav piesočnatej pôdy v porovnaní s hnojením samotným maštalným hnojom. Avšak 41- a 94-ročné minerálne

Tabuľka 3: Korelačné koeficienty medzi celkovými obsahmi železa, hliníka, ich amorfných oxidov a parametrami pôdnej štruktúry
Table 3: Correlation coefficients between the content of total iron, aluminium, their amorphous oxides and soil structure parameters

25-ročný experiment (organické a minerálne hnojenie) (1)							
Parameter (4)	WSA _{ma} (9)	WSA _{mi} (10)	MWDs (11)	MWDm (12)	Kv (13)	Sw (14)	
Fe _t (5)	0,393	-0,393	-0,097	0,455	-0,586	-1,000***	
Fe _o (6)	0,031	-0,031	-0,453	0,748*	-0,841**	-0,937***	
Al _t (7)	0,678*	-0,678*	0,242	0,131	-0,281	-0,937***	
Al _o (8)	-0,222	0,221	-0,663	0,891**	-0,950***	-0,819**	
Parameter	WSA _{ma} (mm)						
	>5	5 – 3	3 – 2	2 – 1	1 – 0,5	0,5 – 0,25	3 – 0,5
Fe _t	-0,174	0,312	0,743*	0,889**	-0,076	-0,969***	0,553
Fe _o	0,197	0,637	0,936***	0,661	-0,435	-0,813**	0,211
Al _t	-0,494	-0,024	0,477	0,991***	0,262	-0,997***	0,800**
Al _o	0,437	0,810**	0,994***	0,451	-0,647	-0,640	-0,041
41-ročný experiment (minerálne hnojenie) (2)							
Parameter	WSA _{ma}	WSA _{mi}	MWDs	MWDm	Kv	Sw	
Fe _t	0,831**	-0,832**	-0,356	0,191	-0,902***	-0,994***	
Fe _o	0,826**	-0,827**	-0,365	0,183	-0,906***	-0,995***	
Al _t	-0,715*	0,715*	0,523	-0,007	0,966***	0,997***	
Al _o	0,992***	-0,992***	0,347	0,791*	-0,395	-0,679*	
Parameter	WSA _{ma} (mm)						
	>5	5 – 3	3 – 2	2 – 1	1 – 0,5	0,5 – 0,25	3 – 0,5
Fe _t	0,222	0,095	0,327	-0,995***	-0,032	0,213	-0,459
Fe _o	0,213	0,085	0,318	-0,994***	-0,023	0,221	-0,451
Al _t	-0,038	0,091	-0,147	0,960***	-0,153	-0,389	0,287
Al _o	0,809**	0,727*	0,869**	-0,813**	-0,682*	-0,484	-0,931***
94-ročný experiment (minerálne hnojenie) (3)							
Parameter	WSA _{ma}	WSA _{mi}	MWDs	MWDm	Kv	Sw	
Fe _t	0,298	-0,297	0,999***	0,165	0,970***	-0,900***	
Fe _o	0,929***	-0,929***	-0,365	0,870**	0,423	-0,228	
Al _t	0,351	-0,350	1,000***	0,220	0,955***	-0,874**	
Al _o	0,943***	-0,943***	0,001	0,979***	-0,279	0,470	
Parameter	WSA _{ma} (mm)						
	>5	5 – 3	3 – 2	2 – 1	1 – 0,5	0,5 – 0,25	3 – 0,5
Fe _t	-0,170	0,03	0,242	0,399	0,915***	-0,770*	0,499
Fe _o	0,658	0,795*	0,906***	0,963***	0,890**	-0,974***	0,987***
Al _t	-0,114	0,086	0,297	0,450	0,936***	-0,489	0,547
Al _o	0,991***	0,998***	0,960***	0,902***	0,369	-0,881**	0,847**

* P ≤ 0,05, ** P ≤ 0,01, *** P ≤ 0,001

Fe_t – celkové železo, Fe_o – amorfné oxidy železa, Al_t – celkový hliník, Al_o – amorfné oxidy hliníka, WSA_{ma} – obsah vodoodolných makro-agregátov, WSA_{mi} – obsah vodoodolných mikro-agregátov, MWDs – stredný vážený priemer agregátov získaných preosievaním za sucha, MWDm – stredný vážený priemer agregátov získaných preosievaním za mokra, Kv – koeficient zraniteľnosti, Sw – index stability vodoodolných makro-agregátov

(1) 25-year-old experiment (organic and mineral fertilization), (2) 41-year-old experiment (mineral fertilization), (3) 94-year-old experiment (mineral fertilization), (4) parameter, (5) total iron content, (6) iron amorphous oxides, (7) total aluminium content, (8) aluminium amorphous oxides, (9) – content of water-stable macro-aggregates, (10) content of water-stable micro-aggregates, (11) mean weight diameter of aggregates for dry sieving, (12) mean weight diameter of aggregates for wet sieving, (13) vulnerability coefficient of soil structure, (14) stability index of water-stable macro-aggregates

hnojenie výrazne zvýšilo tvorbu a stabilitu pôdnych agregátov. Najpriaznivejšie boli parametre pôdnej štruktúry ovplyvnené 94-ročným NPK hnojením. Vo variante NPK bol v porovnaní s nehnojenou kontrolou zaznamenaný výrazne vyšší obsah vodoodolných makro-agregátov vo väčších veľkostných triedach: >5, 5 – 3, 3 – 2 a 2 – 1 mm, ako i vyššia hodnota stredného váženého priemeru agregátov získaných preosievaním za mokra. V jednotlivých experimentoch boli parametre pôdnej štruktúry pozitívne ovplyvnené obsahom pôdnej organickej hmoty ako i extrahovateľnosťou uhlíka humusových látok a v 94-ročnom

experimente i amorfnými oxidmi železa a hliníka. Výrazne vyšší počet pozitívnych vzťahov medzi pôdnou organickou hmotou, humusom a pôdnou štruktúrou bol pozorovaný v 25- a 94-ročnom ako v 41-ročnom experimente.

Zrinitosne ľahké pôdy zaberajú na Slovensku približne 9 % z poľnohospodárskeho pôdneho fondu. Je teda opodstatnené zaoberať sa problematikou zvyšovania úrodnosti týchto pôd. Voľba správnej stratégie hnojenia predstavuje v tomto smere kľúčové opatrenie. Efektívnosť hnojenia však závisí od mnohých faktorov ako sú: druh hnojiva, aplikovaná dávka, vlastnosti pôdy, obrábanie pôdy a iné, čo

je potrebné zväziť. Obzvlášť cennými sú výsledky najmä z dlhodobých experimentov. Preto veríme, že aj naše výsledky hoci sú získané v rámci dlhodobých experimentov prebiehajúcich v Poľsku poslúžia k rozšíreniu poznatkov o účinkoch dlhodobého minerálneho hnojenia na pôdnu štruktúru piesočnatých pôd aj v rámci Slovenskej republiky. Aj keď sa používanie samotných minerálnych hnojív nepovažuje za vhodný spôsob hnojenia môže v správne zvolených kombináciách a aplikačných dávkach významne zlepšovať pôdne vlastnosti vrátane pôdnej štruktúry.

Literatúra

- (1) AYE, N. S. – SZALE, P. W. G. – TANG, C. 2016. The impact of long-term liming on soil organic carbon on aggregate stability in low-input acid soils. In *Biology and Fertility of Soils*, vol. 241, 2016, pp. 155–176.
- (2) BARRAL, M. T. – ARIAS, M. – GUERIF, J. 1998. Effects of soil iron and organic matter on the porosity and structural stability of soil aggregates. In *Soil and Tillage Research*, vol. 46, 1998, pp. 261–272.
- (3) BEMBI, D. K. – BISWAS, C. R. – BAWA, S. S. – KUMAR, K. 1998. Influence of farmyard manure, inorganic fertilizers and weed control practices on some physical properties in a long-term experiment. In *Soil Use and Management*, vol. 14, 1998, pp. 52–54.
- (4) BRONICK, C. J. – LAL, R. 2005. The soil structure and land management: a review. In *Geoderma*, 2005, vol. 124, 2005, pp. 3–22 [online].
- (5) CHOJNICKI, J. – KWASOWSKI, W. – PIOTROWSKI, M. – OKTABA, L. – KONDRAS, M. 2016. Trace elements in arable Cambisols and Luvisols developed from boulder loam and fluvioglacial sands of the Skierniewicka Upland (central Poland). In *Soil Science Annual*, vol. 66, 2016, pp. 198–203.
- (6) DONG, W. Y. – ZHANG, X. Y. – DAI, X. Q. – FUX, L. – YANG, F. T. – LIU, X. Y. – SUN, X. M. – WEN, X. F. – SCHAEFFER, S. 2014. Changes in soil microbial community composition in response to fertilization of paddy soils in subtropical China. In *Applied Soil Ecology*, vol. 84, 2014, pp. 140–147.
- (7) DZIADOWIEC, H. – GONET, S.S. 1999b. Estimation of fractional composition of soil humus by Kononova-Bielcikova's method. In *Methodical guide-book for soil organic matter studies*, vol. 120, 1999, pp. 31–34.
- (8) GALANTINI, J. – ROSELL, R. 2006. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamic under different production systems in semiarid Pampea soils. In *Soil and Tillage Research*, vol. 87, 2006, pp. 72–79.
- (9) GOLBERG, S. 1989. Interaction of aluminium and iron oxides and clay mineralogy and their effect on soil physical properties. In *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, vol. 20, 1989, pp. 1181–1207.
- (10) HATI, K. M. – SWARUP, A. – SINGH, D. – MIRSA, A. K. – GHOSH, P. K. 2005. Long-term continuous cropping, fertilisation, and manuring effects on physical properties and organic carbon content of a sandy loam soil. In *Australian Journal of Soil Research*, vol. 44, 2005, pp. 487–495 [online].
- (11) HÉNIN, S. – GRAS, R. – JUNGERIUS, P. D. 1969. Le profil cultural: l'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Paris : Masson, 1969, 332 p.
- (12) HRAŠKO, J. – ČERVENKA, L. – FACEK, Z. – KOMÁR, J. – NĚMČEK, J. – POSPÍŠIL, J. – SIROVÝ, V. 1962. Rozbory pôd. Bratislava : Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 1962, 334 s.
- (13) JURIGA, M. – ŠIMANSKÝ, V. – HORÁK, J. – KONDRLOVÁ, E. – IGAZ, D. – POLLÁKOVÁ, N. – BUCHKINA, N. – BALASHOV, E. 2018. The effect of different rates of biochar and biochar in combination with N fertilizer on the parameters of soil organic matter and soil structure. In *Journal of Ecological Engineering*, vol. 19, 2018, no. 6, pp. 153–161 [online].
- (14) KHALID, A. A. – BONSU, H. – TUFOUR, H. O. – PARETR, B. Q. 2014. Effect of poultry manure and NPK fertilizer on physical properties of a sandy soil in Ghana. In *International Journal of Scientific Research in Agricultural Science*, vol. 1, 2014, pp. 1–5.
- (15) KLOSTER, N. – BRIGANTE, M. – ZANINI, G. – AVENA, M. 2013. Aggregation kinetics of humic acids in the presence of calcium ions. In *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 427, 2013, pp. 76–82 [online].
- (16) LOGINOW, W. – WISNIEWSKI, W. – GONET, S. S. – CIESCINSKA, B. 1987. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation. In *Pol. J. Soil Sci.*, 1987, pp. 47–52.
- (17) MANNA, M. C. – SWARUP, A. – WANJARI, R. M. – MISHRA, B. – SHARI, D. K. 2007. Long-term fertilization, manure and liming effects on soil organic matter and crop yields. In *Soil and Tillage Research*, vol. 94, 2007, pp. 397–409.
- (18) OSMAN, K. T. 2018. Management of soil problems. 2018, pp. 37–65. ISBN 978-3-319-755-27-4.
- (19) PARADELO, R. – VIRTO, I. – CHENU, C. 2015. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: A review. In *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 202, 2015, pp. 98–107.
- (20) POLLÁKOVÁ, N. – ŠIMANSKÝ, V. – KRAVKA, M. 2018. The influence of soil organic matter fractions in aggregates stabilization in agricultural and forest soils of selected Slovak and Czech hilly lands. In *Journal of Soils and Sediment*, 2018, pp. 1–11.
- (21) ŠIMANSKÝ, V. – JONCZAK, J. 2020. Aluminium and iron oxides affect the soil structure in a long-term mineral fertilized soil. In *Journal of Soils and Sediments*, vol. 20, 2020, pp. 2008–2018.
- (22) ŠIMANSKÝ, V. – JURIGA, M. – JONCZAK, J. – UZAROWICZ, X. – STĘPIEŃ, W. 2019. How relationships between soil organic matter parameters and soil structure characteristics are affected by the long-term fertilization of a sandy soil. In *Geoderma*, vol. 342, 2019, pp. 75–84.
- (23) SIX, J. – BOSSUYT, H. – DEGRYZE, S. – DENEFF, K. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter Dynamics. In *Soil and Tillage Research*, vol. 79, 2004, pp. 7–31.
- (24) ŤURIN, I. V. 1966. K metodike analiza deje sravnitel'nogo izučeniya sostava počvennogo peregrnoja ili gumusa. In *Voprosy genezisa i plodorodija počv.*, Moskva : Nauka, 1966.
- (25) VÁCHALOVÁ, R. – KOLÁŘ, L. – MUCHOVÁ, Z. 2016. Primární organická půdní hmota a humus, dvě složky půdní organické hmoty. 1. vyd., Nitra : SPU, 2016. 122 s. ISBN 978-80-552-1467-2.
- (26) VALLA, M. – KOZÁK, J. – ONDRÁČEK, V. 2000. Vulnerability of aggregates separated from selected anthrosols developed on reclaimed dumpsites. In *Rostlinná výroba*, roč. 46, 2000, č. 2, s. 563–568.
- (27) VAN REEUWIJK, L. 1995. Procedures for soil analysis. Technical Paper 9, International Soil Reference and Information Centre, 1995.

*Ing. Martin Juriga, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
FAPZ, Katedra pedológie a geológie,
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra
e-mail: xjuriga@uniag.sk*

Podakovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: „Údajová a vedomostná podpora pre systémy rozhodovania a strategického plánovania v oblasti adaptácie poľnohospodárskej krajiny na klimatické zmeny a minimalizáciu degradácie poľnohospodárskych pôd“ (kód ITMS2014+ 313011W580), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja

Vplyv podmienok pestovania na úrodu a kvalitu zrna pšenice letnej formy ozimnej

Influence of growing conditions on yield and grain quality of winter wheat

Eva Candráková

Field multifactorial experiment with winter wheat was carried out on the experimental basis of Dolná Malanta in 2018 and 2019. Three methods of soil cultivation were investigated: K – conventional (ploughing to a depth of 0.24 m), R – reduced (ploughing to a depth of 0.15 m), M – minimal (disc tools to a depth of 0.12 m) and also three fertilization variants: H1 – control without fertilization, H2 – fertilization with industrial fertilizers, H3 – fertilization with industrial fertilizers and incorporation of preceding crop plant residues. Grain yield of wheat was high significantly influenced by the conditions of the year. We achieved a grain yield of 5.52 t.ha⁻¹ in 2019 but only 3,68 t.ha⁻¹ in 2018. Fertilization variants impacted the grain yield significantly. The highest yield was in variant H3 (4.87 t.ha⁻¹). The yield in variant H2 was higher by 0.55 t.ha⁻¹ than in the control variant with a yield of 4.19 t.ha⁻¹. After shallow soil cultivation with disc tools, we achieved significantly higher grain yield (5.02 t.ha⁻¹) in variant M than in variant R (4.42 t.ha⁻¹) and variant K (4.35 t.ha⁻¹). 1). With a lower grain yield, we found out a higher content of all evaluated substances in 2018. As the amount of Nitrogen substances in the grain increased (13.93%), the gluten content also increased (29.69%). Within the soil cultivation methods, the highest content of Nitrogen substances and gluten content was achieved on variants K and R, where ploughing was used. Fertilization variants H3 and H2 had a significant effect on the content of N-substances and the content of gluten.

winter wheat, yield, quality, conditions wheather

Najvýznamnejšou skupinou poľných plodín na Slovensku sú obilniny. Celková plocha obilnín v roku 2019 bola 769,1 tis ha a úroda 5,34 t.ha⁻¹. Najviac zastúpenou obilninou je pšenica letná (*Triticum aestivum*, L.), ktorej podiel tvoril 52,9 %. V roku 2018 sa pšenica zberala z plochy 403,4 tis ha s úrodou 4,78 t.ha⁻¹. V roku 2019 sa zberová plocha zvýšila na 406,8 tis. ha a úroda bola 4,77 t.ha⁻¹ (12). Význam pšenice je všeobecne známy. Vo výžive obyvateľstva, spolu s ražou, pokrýva zhruba 20 až 40 percent kalorickej a bielkovinovej potreby a 11 percent tukovej potreby. Pekárenské výrobky zo zrna pšenice sú súčasťou každodennej potreby ľudí. Okrem dobrej úrody zrna sa preto kladie veľký dôraz na kvalitu dopestovaného zrna. Tú ovplyvňujú podmienky, v akých pšenice rastie. Okrem intenzifikačných vstupov, ktoré vie človek ovplyvniť, dôležitú úlohu zohrávajú najmä poveternostné podmienky počas vegetačného obdobia pšenice. Človek ich priamo ovplyvniť nevie, ale ich negatívny vplyv môže zmierniť predvídanosťou a schopnosťou sa im čo najlepšie prispôbiť

Cieľom pokusu bolo zistiť tvorbu úrody a kvality zrna pšenice letnej formy ozimnej v závislosti od poveternostných podmienok, spôsobov obrábania pôdy a hnojenia v rokoch pestovania 2017/2018 a 2018/2019.

Materiál a metódy

Prezentované výsledky pochádzajú z poľného polyfaktorového pokusu realizovaného na Výskumno-experimentálnej báze, Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov SPU v Nitre, na lokalite Dolná Malanta, ktorá sa nachádza východne od mesta Nitra, v nadmorskej výške 170 m (E 18° 09', N 48° 19'). Územie spadá do teplého, veľmi suchého, nížinného klimatického regiónu. Zeminy z orníc sú prachovito-hlinité s objemovou hmotnosťou 1 500 – 1 680 kg.m⁻³ (15). Súčasťou pokusu bola pšenica letná forma ozimná, odroda Ponticus, vysiatá po predplodine ďateline lúčnej. Pokus bol založený metódou dlhých pásov s kolmo delenými blokmi. Veľkosť pokusnej plochy variantu bola 20 m² (10 × 2) s tromi opakovaniami. Hodnotíme dosiahnuté výsledky za obdobie rokov 2018 a 2019. Faktormi pokusu sú spôsob obrábania pôdy a varianty hnojenia s použitím priemyselných hnojív samostatne aj v kombinácii s pozberovými zvyškami predplodiny.

Spôsoby obrábania pôdy:

- K – konvenčné (orba do hĺbky 0,24 m),
- R – redukované (orba do hĺbky 0,15 m),
- M – minimálne (tanierovanie do hĺbky 0,12 m).

Pri každom spôsobe obrábania pôdy boli tri varianty hnojenia náhodne usporiadané s cieľom eliminovať heterogenitu pôdy:

- H1 – kontrola bez hnojenia,
- H2 – aplikácia priemyselných hnojív na jeseň (P vo forme superfosfátu a K vo forme 40 % draselnej soli).
- H3 – aplikácia priemyselných hnojív na jeseň (P vo forme superfosfátu a K vo forme 40 % draselnej soli) plus zapravenie rastlinných zvyškov predplodiny.

Na regeneračné a produkčné hnojenie porastov bol použitý dusík vo forme liadku amónneho s vápencom.

Termín sejby: 17. 10. 2017; 10. 10. 2018.

Vysievali sme 4,5 mil. klíč. semien na ha do hĺbky 0,04 m s medziriadkovou vzdialenosťou 0.125 m. Odroda Ponticus je stredne skorá, odolná proti suchu. Je vhodná pre pestovanie najmä v kukuričnej výrobní oblasti. Má vysokú odolnosť voči poliehaniam a vymrznutiu.

Zber sa uskutočnil maloparcelovým kombajnom: 11. 7. 2018 a 8. 7. 2019.

Dávky priemyselných hnojív boli určené na základe analyticky zisteného obsahu prístupných živín v pôde a doplnené na plánovanú úrodu zrna 6 t.ha⁻¹. Použitý bol normatív odberu živín jednou tonou zrna a príslušného množstva slamy pšenice podľa autorov (3): N 25 kg, P 5,7 kg, K 21 kg.

Obsah prístupného fosforu podľa Mehlicha III bol vyhovujúci až dobrý, obsah draslíka dobrý až vysoký a obsah horčíka dobrý až veľmi vysoký. Dusík bol použitý na regeneračné a produkčné hnojenie. Pôdna reakcia je slabo kyslá až neutrálna.

V zrne pšenice bol stanovený obsah látok na prístroji AgriCheck. Získané výsledky boli vyhodnotené štatistickým softwarom Statgraphics Plus. Pre vyhodnotenie

významnosti jednotlivých faktorov na sledované parametre bola použitá viacfaktorová analýza rozptylu (ANOVA). Rozdiely medzi variantmi boli posúdené LSD testom s minimálnou hladinou významnosti α 0.05 a α 0.01.

Výsledky a diskusia

Úspešné pestovanie poľných plodín je vo veľkej miere ovplyvňované priebehom poveternostných podmienok. V ostatných rokoch dochádza k teplotným a vlhkovým výkyvom počas vegetačného obdobia, čo sa potvrdilo aj v našom pokuse. Pšenicu letnú formu ozimnú sme v obidvoch hodnotených rokoch siali na začiatku mesiaca október a zber sa v obidvoch rokoch uskutočnil v prvých dňoch mesiaca júl. Preto do vykazovania množstva zrážok a priemernej teploty sú zahrnuté mesiace október až jún.

V pestovateľskom roku 2017/2018, počas vegetačného obdobia (od termínu sejby po zber), mali porasty pšenice k dispozícii 381 mm zrážok, čo bolo oproti normálu (387 mm) menej iba o 6,0 mm. V roku 2018/2019 bola situácia priaznivejšia. Počas vegetačného obdobia sa zvýšilo množstvo zrážok na 456,4 mm, čo je oproti normálu viac o 69,4 mm (17,9 %). Mimoriadne bohatý na zrážky bol mesiac máj, kedy spadlo až 134,8 mm, čím sa vyrovnal deficit za mesiace február, marec a apríl. Priemerné teploty za vegetačné obdobie, v obidvoch rokoch, sú porovnateľné, ale vznikli rozdiely medzi mesiacmi. Ide najmä o vysokú teplotu v mesiaci apríl (13,2 °C) v roku 2018, ktorá bola oproti normálu (10,4 °C) vyššia o 2,8 °C a v mesiaci máj dosiahla teplota priemernú hodnotu 15,9 °C, čo je zvýšenie o 0,8 °C oproti normálu (15,1 °C). Naopak, v roku 2019 bol zaznamenaný pokles teploty v mesiaci apríl na 9,4 °C (menej oproti normálu o 1 °C) a v mesiaci máj bola priemerná teplota iba 9,3 °C, čo je oproti normálu zníženie až o 5,8 °C. Teploty a zrážky z obdobia rokov 2017 až 2019, ako aj dlhodobý normál za roky 1961 – 1990 sú uvedené v tabuľke 1.

Ako uvádza (7), obilniny majú vysokú schopnosť efektívne využívať vonkajšie faktory prostredia pre tvorbu úrody v dôsledku autoregulačnej schopnosti danej odnožováním. Oziminy odnožujú hlavne na jar v období od polovice marca do konca apríla a vrcholía v poslednej dekáde apríla a v prvej dekáde mája.

Výsledkom pôsobenia poveternostných vplyvov na porasty pšenice letnej formy ozimnej sú rozdiely v úrode a kvalite zrna pšenice. Vysokopreukazný rozdiel v úrode

zrna pšenice bol zaznamenaný v roku 2019 (5,52 t.ha⁻¹). V porovnaní s rokom 2018 (3,68 t.ha⁻¹) bola úroda zrna vyššia o 33,34 %. Podľa zdroja (11), v rokoch 2004 až 2006, mali na úrodu zrna pšenice najväčší vplyv podmienky ročníka (42,1 %), podiel hnojenia bol 32,9 % a spôsoby obrábania pôdy tvorili iba 3,3 %. Autori (6), po vyhodnotení viacročných výsledkov zistili, že po kompletom a dostatočnom hnojení vykazovali úrody pšenice preukazne menšiu závislosť od poveternostných podmienok.

Zo spôsobov obrábania pôdy sa prejavila minimálna práca pôdy ako vhodnejšia v porovnaní s použitím pluhu v konvenčnom a redukovanom spôsobe prípravy pôdy. Úroda zrna 5,02 t.ha⁻¹ bola vysokopreukazná v porovnaní s konvenčnou prípravou pôdy (4,35 t.ha⁻¹) a redukovaným spôsobom obrábania pôdy (4,42 t.ha⁻¹). Vo svojich pokusoch autori (1) potvrdili, že v klimaticky nevyrovnaných podmienkach reagovali plodiny, ako aj pšenice, lepšie v minimalizačných a pôdoochranných technológiách, čo pripisujú lepšiemu hospodáreniu pôdy s vlhkou. V suchých podmienkach Austrálie zistili (2), že pri obrábaní pôdy bez orby sa v pôde absorbuje viac vody ako po použití pluhu, ale úrody zrna boli o 8 % vyššie na variantoch po orbe pluhom. Po aplikácii dusíka sa rozdiely v úrode medzi variantmi zmenšili. Využitie dusíkatých hnojív po orbe je vyššie asi o 30 % (8). Nižšiu úrodu zrna po konvenčnom spôsobe orby, v porovnaní s neoraným spôsobom, potvrdili v podmienkach Švajčiarska. Dostupnosť dusíka, v závislosti od spôsobu obrábania pôdy, nebola rozhodujúca (14). Po 6-tich rokoch obrábania pôdy bez orby, v porovnaní s orbou, sa v porastoch pšenice letnej formy ozimnej zvýšila rýchlosť fotosyntézy, plocha listov, využitie dusíka a vody z pôdy (5).

Variety hnojenia v našom pokuse pôsobili na úrodu zrna preukazne. Najvyššia úroda bola zaznamenaná po aplikovaní priemyselných hnojív a pozberových zvyškov predplodiny (4,87 t.ha⁻¹) a vo variante H2 (4,74 t.ha⁻¹), v ktorom boli použité iba priemyselné hnojivá (tabuľka 2). Autori (16) poukazujú na fakt, že efektívnosť hnojenia závisí od priebehu klimatických podmienok, ktoré sa dajú iba ťažko predpovedať. Preto na vývoj počasia môžeme vhodne reagovať delenými dávkami dusíka. Ako uvádzajú (9), priaznivé ekonomické výsledky sa dosiahnu pri správne zvolenej odrode a pestovateľskej technológii. Prioritou je správna kombinácia s priebehom počasia, ktoré ovplyvňuje efektívnosť použitých vstupov. Na základe získaných výsledkov sa potvrdilo, že správnou cestou je

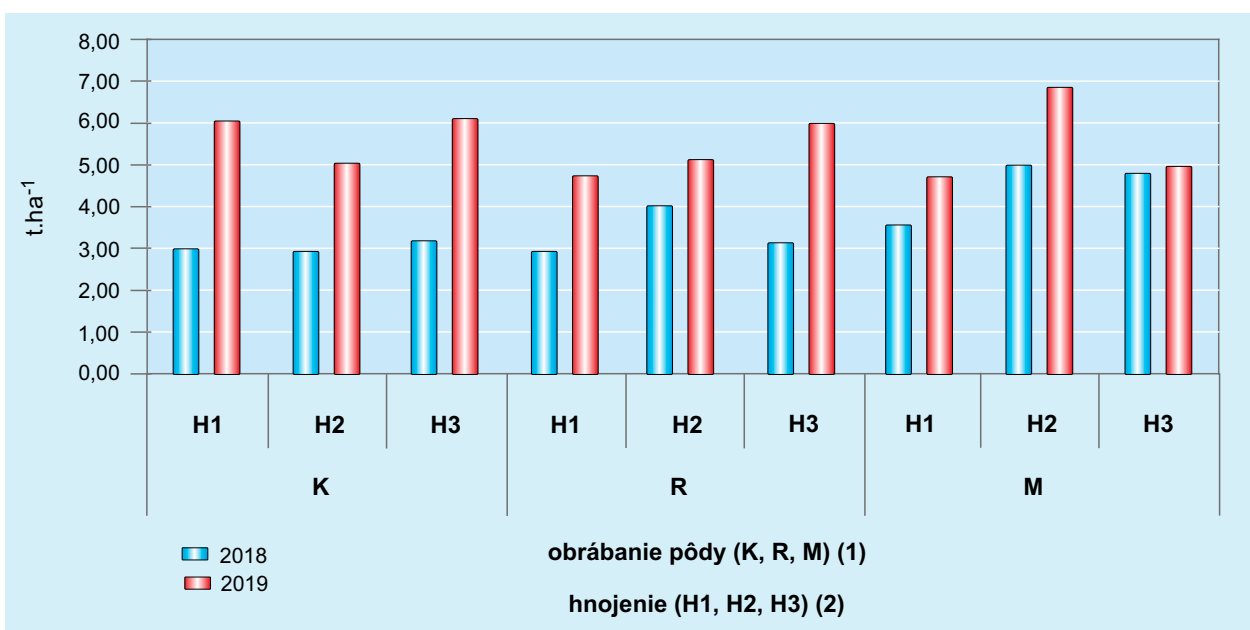
Tabuľka 1: Teploty a zrážky v rokoch 2017/2018 – 2018/2019 v porovnaní s dlhoročným normálom

Table 1: Temperatures and precipitation in year 2017/2018 a 2018/2019 compared to de long-term normal

Rok/mesiac (1)	Zrážky (mm) (2)												Úhrn (4)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
1961 – 1990	31,0	32,0	30,0	39,0	58,0	66,0	52,0	61,0	40,0	36,0	55,0	40,0	540,0
2017	12,8	26,4	20,6	27,2	21,8	32,6	74,0	24,0	89,4	48,2	36,2	75,8	489,0
2018	30,6	27,8	38,1	12,2	14,6	97,5	12,9	3,0	57,2	14,4	23,8	57,6	389,7
2019	54,8	27,4	22,4	21,4	134,8	29,0	52,2	64,0	52,8	17,8	95,4	53,4	625,4
	Teplota (°C) (3)												Priemer (5)
1961 – 1990	-1,7	0,7	5,0	10,4	15,1	18,0	19,8	19,3	15,6	10,4	4,5	0,1	9,8
2017	-9,1	0,1	6,2	7,0	13,4	18,3	18,3	19,9	12,0	8,1	2,2	-1,1	7,9
2018	-0,2	-3,2	0,9	13,2	15,9	17,8	18,3	19,0	13,8	9,7	3,9	-1,6	9,0
2019	-3,5	0,9	5,0	9,4	9,3	18,7	18,0	18,4	12,6	8,7	5,0	-0,1	8,5

(1) year/month; (2) rainfall; (3) temperature, (4) total, (5) average

Obrázok 1: Úroda zrna pšenice letnej formy ozimnej v rokoch 2018 a 2019
Figure 1: Winter wheat yield of grain in 2018 and 2019



(1) soil tillage (K – control; R – reduced; M – minimal), (2) fertilization (H1 – control; H2 – mineral fertilizers; mineral fertilizers + postharvest residues)

prispôsobivosť pestovateľských opatrení pôdnym a poveternostným podmienkam ročníka.

Rozdielne teplotné a vlhkové podmienky v jednotlivých rokoch pestovania pšenice sa prejavili aj na kvalite zrna. Autori (13) poukazujú na to, že teplé a suché počasie podporuje tvorbu bielkovín v zrne. To sa potvrdilo aj v našich výsledkoch, keď vyššia teplota a nedostatok vody v roku 2018 spôsobili pokles úrody zrna, ale preukázalo sa zvýšením obsahu všetkých hodnotených parametrov kvality zrna pšenice. Na obrázku 2 je viditeľná závislosť medzi úrodou a obsahom N-látok v zrne pšenice. V roku 2018, pri nízkej úrode zrna (3,68 t·ha⁻¹), bol obsah dusíkatých látok vyš-

ší o 2,83 % ako v roku 2019 (11,10 %) pri úrode zrna 5,52 t·ha⁻¹. V požiadavkách potravinárskej pšenice je uvedený obsah dusíkatých látok pre triedu B v množstve 10,5 % a pre triedu E sa vyžaduje obsah 13,0 %. Aj pri znížených hodnotách, v roku 2019, odroda Ponticus splnila požiadavky na potravinárske využitie. Množstvo mokrého lepku (24,78 %) v roku 2019 spĺňa požiadavky pre triedu B (23,0 %) a v roku 2018 pre triedu A (26,0 %) aj pre triedu E (28,0 %).

So zvýšením úrody zrna v roku 2019 poklesol obsah N-látok a obsah lepku, ako aj hodnoty sedimentačného testu a čísla poklesu.

Tabuľka 2: Úroda a kvalitatívne ukazovatele zrna pšenice letnej formy ozimnej v rokoch 2018 a 2019

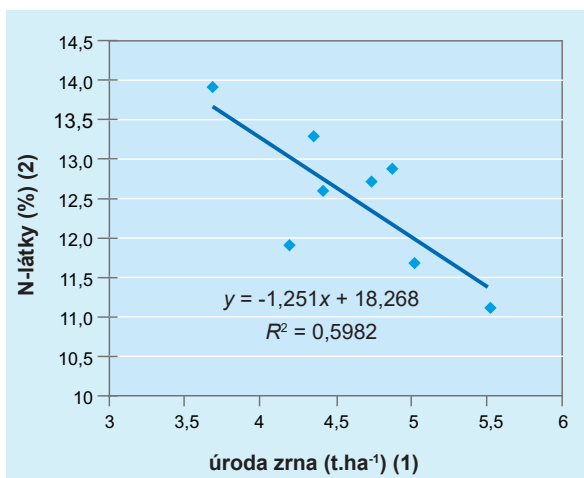
Table 2: Yield and quality of grain winter wheat in year 2018 and 2019

Faktor (1)	Úroda zrna (t·ha ⁻¹) (11)	N- látky (%) (12)	Lepok (%) (13)	Sedimentačný index (ml) (14)	Číslo poklesu (s) (15)	
Rok (2)	2018	3,68a	13,93b	29,69b	62,69b	288,04b
	2019	5,52b	11,10a	24,78a	31,86a	266,29a
Hd (α = 0,05)	0,3029	0,2253	0,5619	2,0834	9,6875	
Hd (α = 0,01)	0,4087	0,3039	0,7580	2,8105	13,0683	
Obrábanie pôdy (3)	K (4)	4,35a	13,27c	29,64c	48,86b	274,19a
	R (5)	4,42a	12,60b	26,54b	46,73ab	276,56a
	M (6)	5,02b	11,68a	25,53a	46,24a	280,75a
Hd (α = 0,05)	0,3710	0,2759	0,6882	2,5517	11,8647	
Hd (α = 0,01)	0,5005	0,3722	0,9284	3,4421	16,0053	
Hnojenie (7)	H1 (8)	4,19a	11,92a	25,29a	47,92a	273,42a
	H2 (9)	4,74b	12,73b	27,59b	46,20a	273,93a
	H3 (10)	4,87b	12,89b	28,83c	47,70a	284,15a
Hd (α = 0,05)	0,3710	0,2759	0,6882	2,5517	11,8647	
Hd (α = 0,01)	0,5005	0,3722	0,9284	3,4421	16,0053	

(1) factor, (2) year, (3) soil tillage, (4) conventional, (5) reduced, (6) minimal, (7) fertilization, (8) control, (9) mineral fertilizers, (10) mineral fertilizers + postharvest residues, (11) grain yield, (12) crude protein, (13) gluten, (14) sedimentation index, (15) falling number

Obrázok 2: Závislosť medzi úrodou zrna a obsahom dusíkatých látok

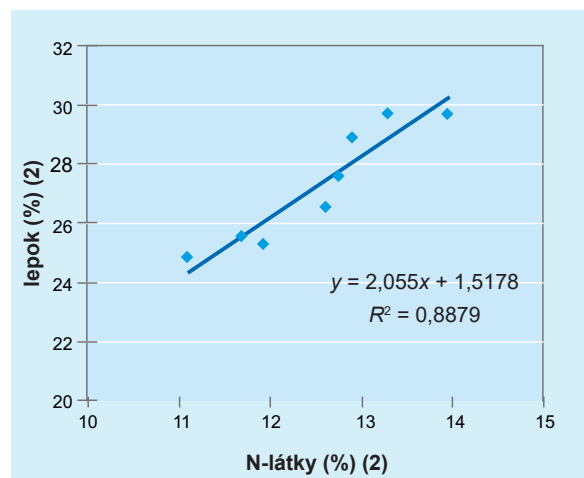
Figure 2: Relationship between the grain yield and crude protein



(1) grain yield, (2) crude protein

Obrázok 3: Závislosť medzi obsahom dusíkatých látok a obsahom lepku

Figure 3: Relationship between the crude protein and gluten content



(1) crude protein, (2) gluten

Priama závislosť bola zistená medzi obsahom dusíkatých látok a množstvom lepku (obrázok 3). Tieto závislosti boli zistené aj v predchádzajúcich rokoch pokusu 2012 až 2014, ktoré publikovali vo svojej práci (4).

Aplikácia priemyselných hnojív vo variante H2, ako aj v kombinácii s pozberovými zvyškami predplodiny vo variante H3 významne podporila zvýšenie obsahu dusíkatých látok a lepku oproti kontrole, ale štatisticky preukazne neovplyvnila sedimentačný index a číslo poklesu. Priaznivý vplyv na zvýšenie obsahu bielkovín a lepku v zrne pšenice zistili vo svojich pokusoch aj výskumníci (10).

Sedimentačný index je zo všetkých sledovaných znakov kvality najviac podmienený genotypom, s nízkym podielom vplyvu prostredia. Preto základnou podmienkou pre splnenie kritérií daného parametra je správny výber odrody. Požiadavky na jeho hodnotu sú podľa STN 46 1100-2 v rozpätí od 22 ml (trieda B) po 40 ml (trieda E). Odroda Ponticus tieto hodnoty vysoko prekročila, čo ju predurčuje na potravinárske využitie.

Číslo poklesu charakterizuje aktivitu alfa-amylázy, hydrolytického enzýmu štiepiaceho škrob, ktorý sa aktivuje na začiatku klíčenia zrna. Enzymatická aktivita zrna je ovplyvnená priebehom počasia v dobe dozrievania a zberu. Teplota a zrážky v tomto období determinujú parametre potravinárskej kvality v interakciách s mnohými ďalšími faktormi, ako je napríklad odroda, výživa, zdravotný stav, štruktúra porastu, poľahnutie a iné. Číslo poklesu je menej závislé na genotype, ale je viacej ovplyvnené priebehom poveternostných podmienok. V našom pokuse bolo číslo poklesu preukazne ovplyvnené podmienkami ročníka.

V roku 2018 dosiahlo hodnotu 288,04 s a v roku 2019 o 21,75 s menej (tabuľka 2).

Záver

Výsledky z pestovania pšenice letnej formy ozimnej pochádzajú z rokov 2018 a 2019, ktoré sa vyznačovali rozdielnymi poveternostnými podmienkami v priebehu vegetačného

obdobia. Odroda Ponticus na ne reagovala výškou úrody a kvalitou zrna. Priaznivejšie teplotné a vlhové podmienky v roku 2019 spôsobili, že úroda zrna bola o 1,64 t.ha⁻¹ vyššia ako v roku 2018 (3,68 t.ha⁻¹). Porovnaním spôsobov prípravy pôdy s použitím orby a tanierového náradia sme zistili, že pšenici vyhovuje aj plytšie obrábanie pôdy bez orby. Na pôde pripravenej tanierovým náradím sme dosiahli významne vyššiu úrodu zrna (5,02 t.ha⁻¹) ako na variante s plytkou orbou (4,42 t.ha⁻¹) a variante s hĺbkou orbou do 0,24 m (4,35 t.ha⁻¹). Aplikovanie priemyselných hnojív a priemyselných hnojív spolu so zapravením pozberových zvyškov predplodiny pôsobilo na úrodu zrna preukazne. V porovnaní s nehnojeným variantom (4,19 t.ha⁻¹) bola úroda na variante aj s pozberovými zvyškami vyššia o 0,68 t.ha⁻¹. Varianty hnojenia priaznivo vplývali aj na obsah N-látok a mokrého lepku v zrne pšenice, ktoré boli vyššie ako na nehnojenom variante. Preukazný obsah N-látok (13,27 %) a obsah lepku (29,64 %) bol dosiahnutý po konvenčnej príprave pôdy v porovnaní s minimalizačnou. Podmienky ročníka ovplyvnili obsah N-látok, lepku, sedimentačný index a číslo poklesu vysokopreukazne. Vyššie hodnoty všetkých parametrov boli dosiahnuté pri nižšej úrode zrna v roku 2018 v porovnaní s rokom 2019. Z výsledkov vyplýva, že plnému využitiu produkčného potenciálu plodiny bránia nepriaznivé poveternostné podmienky, hlavne z dôvodu nerovnomerného rozdelenia zrážok počas vegetačného obdobia plodiny. Na to je potrebné využívať šetrné poľnohospodárske postupy orientované na šetrenie vlahy v pôde a priramanú výživu porastov.

Literatúra

- (1) BUŠO, R. – HRČKOVÁ, K. 2011. Úroda vybraných plodín pri rôznych technológiách obrábania pôdy v klimaticky nesúrodých ročníkoch. In Pestovateľské technológie a ich význam pre prax. Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie, Piešťany, 2011, s. 43–47. ISBN 978-80-89417-31-5.
- (2) DREW, J. LYON – WALTER W. STROUP – RANDALL E. BROWN. ET AL. 1998. Crop production and soil water sto-

- rage in long-term winter wheat–fallow tillage. In *Soil and Tillage Research*, vol. 49, 1998, no. 1–2, pp. 19–27. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(98\)00151-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(98)00151-2)
- (3) FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. Nitra : SPU, 2000, 442 s. ISBN 80-7137-777-5.
- (4) HANÁČKOVÁ, E. – CANDRÁKOVÁ, E. 2016. Vplyv rozdielnych technológií pestovania pšenice letnej f. ozimnej na úrodu a vybrané ukazovatele kvality zrna. In *Agrochémia*, roč. XX (56), s. 8–15. ISSN 1335-2415.
- (5) HABBIB, H. – HIREL, B. – SPICHER, F. – DUBOIS, F. – TÉTU, T. 2020. Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.), No-Till Improves Photosynthetic Nitrogen and Water-Use Efficiency. In *Journal of Crop Science and Biotechnology*, vol. 23, 2020, pp. 39–46.
- (6) JAMRIŠKA, P. – HAŠANA, R. 2005. Vplyv poveternostných podmienok na účinok hnojenia a fungicídov pri tvorbe úrody zrna ozimnej pšenice. In *Agrochémia*, roč. IX. (45), 2005, č. 1, s. 13–16. ISSN 1335-2415.
- (7) KOSTREJ, A. a i. 1998. Ekofyziológia produkčného procesu porastu a plodín. Nitra : SPU, 1998, 187 s. ISBN 80-7137-528-4.
- (8) KOVÁČ, K. – NOZDROVICKÝ, L. – MACÁK, M. a i. 2010. Minimálnizačné a pôdochranné technológie. Nitra : Agroinštitút, 2010, 142 s. ISBN 972-80-7139-139-5.
- (9) KRÉN, J. – MÍŠA, P. – SMUTNÝ, V. 2011. Výsledky medzinárodného porovnávania pšestebných technológií ozimé pšenice. In *Pestovateľské technológie a ich význam pre prax. Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie, Piešťany, 2011*, s. 27–32. ISBN 978-80-89417-31-5.
- (10) LOŽEK, O. – HANÁČKOVÁ, E. 2016. Výživa pšenice letnej formy ozimnej. Nitra : SPU, 2016, 101 s. ISBN 978-80-552-1565-5.
- (11) LOŽEK, O. – SLAMKA, P. 2013. Efektívnosť dusíka, síry a horčíka pri pestovaní ozimnej pšenice. In *Agrochémia*, roč. XVII. (53), 2013, č. 3, s. 3–7. ISSN 1335-2415.
- (12) MASÁR, I. 2020. Obilniny. Situačná a výhľadová správa k 31. 12. 2019. roč. XXVII, 2020, č. 1. ISSN 1338-483X.
- (13) PRUGAR, J. – BARANYK P. – BÁRTA, J. 2008. Kvalita rastlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Kvalita jako odrůdový znak. Praha : VÚPS a.s. v spolupráci s Komisí jakosti rostlinných výrobků, ČSZV, 2008, 327 s. ISBN 978-80-86576-28-29.
- (14) RIEGER, S. – RICHNER, W. – STREIT, B. – FROSSARD, E. – LIEDGENS, M. 2008. Growth, yield, and yield components of winter wheat and the effects of tillage intensity, preceding crops, and N fertilisation. In *European Journal of Agronomy*, vol. 28, 2008, no. 3, pp. 405–411.
- (15) TOBIÁŠOVÁ, E. – ŠIMANSKÝ, V. 2009. Kvantifikácia pôdných vlastností a ich vzájomných vzťahov ovplyvnených antropickou činnosťou. 1. vyd., Nitra : SPU, 2009, p. 114. ISBN 978-80-552-0196-2.
- (16) UŽÍK, M. – ŽOFAJOVÁ, A. 2008. vplyv klimatických podmienok a hnojenia na kvalitu zrna pšenice letnej f. ozimnej (*Triticum aestivum* L.). In *Agrochémia*, roč. XII. (48), 2008, č. 2, s. 14–20. ISSN 1335-2415.

doc. Ing. Eva Candráková, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Katedra rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov
Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra,
e-mail: Eva.Candrakova@uniag.sk

Podakovanie
VEGA: 1/0530/18 2018 – 2020.
Výskum produkcie a kvality významných druhov
poľných plodín v klimaticky meniacich sa podmienkach



ilustračné foto

Vplyv biologicky aktívnych látok, hybridov a ročníka na produkciu a kvalitu slnečnice ročnej (*Helianthus annuus L.*)

Effect of biological active substances, hybrids and year on sunflower production and quality

**Alexandra Zapletalová, Ivan Černý,
Dávid Ernst, Rastislav Bušo**

Two-year experiments were based on the fields of Biology and Ecology Center of FAFR SUA in Nitra Dolná Malanta, where were used two-line sunflower hybrids NK Dolbi, NK Kondi, NK Tristan with application of supporting fertilizer Route with stimulated effect. The trials were established by split plot design with randomized complete blocks base design in three replications. The results were evaluated by LSD test. Selected production parameters of sunflower were influenced statistically high significant by growing year, the year 2011 was more favorable for sunflower cultivation. Within the evaluation of biological material, which statistically high significant affected the yield and achene quality, the hybrid NK Kondi was the most powerful. The highest yields and fat content were achieved on control variants in comparison with variant treated by biological active substances Route and Sunagreen.

sunflower, biological active substances, hybrids, year, achene yield, fat content

Význam olejnin spočíva najmä v tom, že umožňujú priamo a rýchlejšie získať dvojnásobné množstvo tuku z jednotky plochy v porovnaní so živočíšnou výrobou. V plodoch, semenách, resp. iných častiach rastliny kumulujú lipidy v takom množstve, že je rentabilné ich získavať lisovaním alebo extrakciou. Získané oleje sú využívané v odvetviach potravinárskeho, kozmetického, farmaceutického, chemického, strojárkeho priemyslu. Samotné pestovanie niektorých olejnin poskytuje aj mnoho výhod pestovateľských či organizačných (15, 18).

Jednou z najvýznamnejších olejnin je slnečnica ročná. Na dopestovanie slnečnice ročnej s čo najvyšším a stabilným obsahom kyseliny olejovej v oleji je nevyhnutné prispôbiť technológiu pestovania hybridom s vysokým obsahom kyseliny olejovej. V tomto zmysle je dôraz kladený najmä na zníženie hustoty porastu, prispôbenie termínu zberu a izolovanie parcely od klasických hybridov (9). Pri intenzívnej technológii pestovania je dôraz kladený hlavne na optimálnu skladbu hybridov, ale aj na kvalitné osivo (11). Preto je nutné si uvedomiť, že pre maximálne využitie genetického potenciálu hybridu je nevyhnutné tzv. „svoje“ výkonné prostredie, v rámci ktorého je hospodárska úroda daná komplexom a komplexnosťou vzťahov medzi genetickým potenciálom hybridu a pôdno-poveternostnými podmienkami pestovateľského stanovišťa (2).

Ďalším faktorom ovplyvňujúcim úrodový potenciál slnečnice ročnej je komplexná a harmonická výživa (10).

Pre dosiahnutie požadovanej kvality produkcie je potrebné okrem základného hnojenia aplikovať potrebné živiny i počas vegetačnej doby plodiny. Jednou z možných spôsobov prihnojovania je listovou výživou (23). Základom foliárnej výživy je neprečeňovať a nesnažiť sa ňou riešiť zanedbanie pôdneho prostredia. Predovšetkým v prípade makroprvkov, nemôže listová výživa nahradiť pôdnu výživu a mala by byť len jej vhodným doplnkom. Aplikáciou na list nie je možné plodine dodať celkové – potrebné množstvo N, P, K alebo Mg, pričom hlavne fosfor je povrchom listov ťažšie resorbovateľný. Aj pri týchto prvkoch má listová aplikácia výrazný stimulačný efekt, zvlášť v prípade ich zhoršeného príjmu z pôdy. Iné sú podmienky v prípade mikroelementov, ktoré je možné listovou aplikáciou väčšinou dodať v požadovanom množstve a navyše ekonomicky výhodnejšie než pri ich aplikácii do pôdy. Ale tu platia výnimky, kedy niektoré prvky sú listovou plochou ťažšie resorbované a preto je výhodnejšia aplikácia pôdna (17).

V rámci aplikácie foliárnej výživy sú na trhu dostupné a v širokej miere využívané biologicky aktívne látky. Biosťimulátory ako biologicky aktívne látky obsahujúce hormóny, enzýmy, proteíny, aminokyseliny, mikroelementy a iné komponenty, ktoré keď sa aplikujú v malých dávkach regulujú životné procesy na úrovni bunky, jednotlivých orgánov a organizmu ako celku. Aktivujú metabolizmus, čo sa následne prejaví v zlepšení rastu a vývinu rastlín. Počas vývinu rastlín dochádza k rôznej intenzívnej potrebe živín, vrátane stopových prvkov, mení sa postupne i potreba a pomery endogénnych fytohormónov, čo ovplyvňuje látkovú premenu, účinnosť enzýmov, tvorbu aminokyselín a bielkovín, z ktorých mnohé ovplyvňujú odolnosť rastlín voči nepriaznivým vplyvom stanovišťa a suchu. Rastové stimulátory zlepšujú ukladanie asimilátov do zásobných orgánov, tým sa zvyšuje hmotnosť nažiek, plody sú rovnomerne vyvinuté, s vyšším obsahom zásobných látok (cukry, škrob, olej) (12,19). O miere vplyvu rastových stimulátorov na produkčné ukazovatele rozhodujú poveternostné podmienky pestovateľského roka (4, 16). Viacerí autori sú názoru, že biologicky aktívne látky sú považované za alternatívny prostriedok navyšovania potenciálnej produkcie (3).

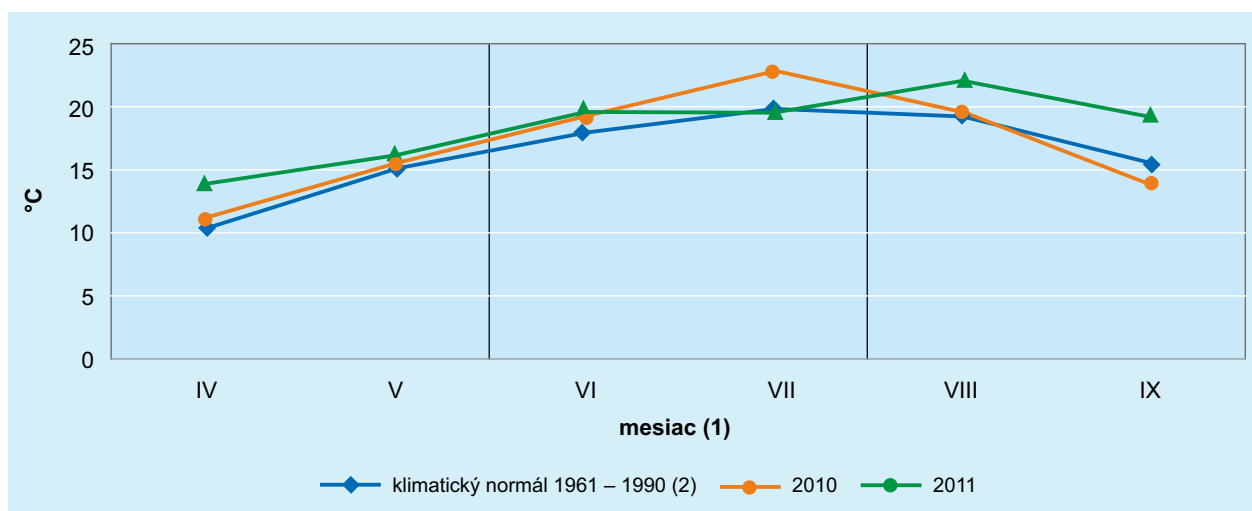
Materiál a metódy

Poľné polyfaktorové experimenty s dvojlíniovými hybridmi slnečnice ročnej (*Helianthus annuus L.*) NK Kondi, NK Dolbi, NK Tristan boli realizované v experimentálnom období rokov 2010 – 2011 na experimentálnej báze (EXBA).

Dolná Malanta (zemepisná šírka 48° 19' 00"; zemepisná dĺžka 18° 09' 00"; nadmorská výška 175 m n. m.). Experimentálna báza je zaradená do kukuričnej výrobnjej oblasti a klimatologicky je charakterizovaná teplým a mierne suchým podnebím počas vegetačného obdobia.

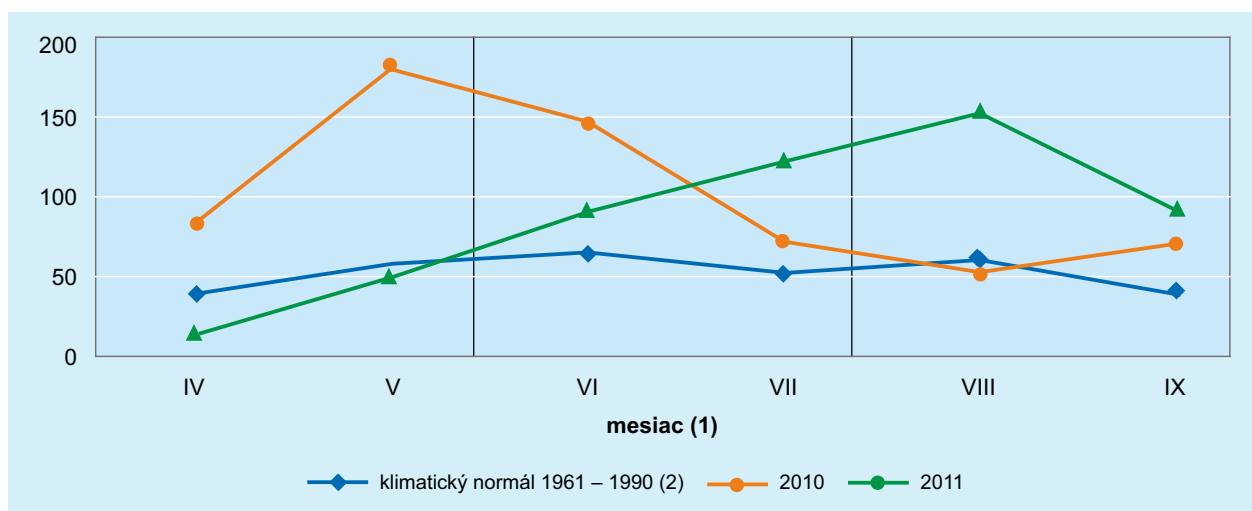
Technológia pestovania slnečnice ročnej bola konvenčná. Predplodinou bol jačmeň siaty jarný (*Hordeum vulgare L.*). Základné hnojenie bolo uskutočnené na základe agrochemického rozboru pôdy bilančnou metódou na plánovanú úrodu 3 t.ha⁻¹. Pri základnom obrábaní pôdy bola uskutočnená stredne hlboká orba. V jarnom období bolo aplikované minerálne hnojivo NPK (15 : 15 : 15) v dávke korešpondujúcej 45,0 kg.ha⁻¹ N, 19,6 kg.ha⁻¹ P a 37,3 kg.ha⁻¹ K. Výsev bol vykonaný v prvej dekáde apríla v spone 0,70 × 0,22 m spolu s aplikáciou herbicídu Wing P (BASF) v dávke zodpovedajúcej množstvu 4 l.ha⁻¹. Použitý biologický materiál tvorili hybridy NK Dolbi a NK Tristan, ktoré

Obrázok 1: Priemerné teploty rokov 2010 a 2011 a klimatický normál
Figure 1: Average temperatures of years 2010 and 2011 and climatic normal



(1) month, (2) climatic normal

Obrázok 2: Priemerný úhrn zrážok rokov 2010 a 2011 a klimatický normál
Figure 2: Average amount of precipitation of years 2010 and 2011 and climatic normal



(1) month, (2) climatic normal

sú klasifikované ako hybridy skoré. NK Kondi je stredne neskorý hybrid. V priebehu vegetačnej periódy bol v dvoch termínoch (BBCH 51 – fáza hviezdčky; BBCH 61 – fáza kvitnutia) aplikovaný fungicíd Pictor (dávka 0,5 l.ha⁻¹). Po-
 veternostné podmienky jednotlivých vegetačných rokov slnečnice ročnej boli vyhodnotené prostredníctvom priemernej mesačnej teploty v °C a mesačným úhrnom zrážok v mm (obrázok 1, obrázok 2).

Počas vegetačného obdobia boli foliárne aplikované, na báze biologicky aktívnych látok, dva prípravky a to biostimulátor Sunagreen, a podporné hnojivo Route.

Stimulátor Sunagreen obsahuje synergickú zmes prekurzora auxínu a fenolického inhibítora (kyselina 2-hydroxybenzoová). Prekurzorom auxínu je kyselina 2-amino-benzoová, ktorá sa v rastlinách jednoducho metabolizuje

až na samotný auxín v množstve zodpovedajúce rastovej fáze. V prítomnosti fenolického inhibítora dochádza k spomaleniu enzymatického odbúravania vzniknutého auxínu, a tým k predĺženiu jeho pozitívneho účinku na rast rastlín. V rastline je počas 2 dní celkovo metabolizovaný na aktívne rastové látky. V pôde ho mikroorganizmy využívajú ako zdroj živín.

Route je podporné roztokové hnojivo – Zn vo forme komplexu s octanom amónnym (8,5 %). Route spôsobuje zvýšenie tvorby „auxínov“ – fytohormónov v rastline. Auxíny sa transportujú z listov do koreňov, kde zodpovedajú za predĺžovací rast.

Aplikačné dávky, termín aplikácie v pestovateľských rokoch 2010 a 2011 sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Varianty slnečnice ročnej ošetrované biostimulátormi rastu v pestovateľských rokoch 2010 – 2011

Table 1: Variants treated by growth biostimulators in cultivated years 2010 – 2011

Variant (1)	Rastová fáza (2)	Dávka (l.ha ⁻¹) (3)
Kontrola (4)	–	-
Route	BBCH 15	0,5
Sunagreen	BBCH 15	0,8
	BBCH 51	0,8

(1) variant, (2) growth phase, (3) dose (liter per hectare), (4) control

Poľné, polyfaktorové pokusy boli založené metódou kolmo delených blokov. Stupne faktorov boli rozmiestnené v náhodnom usporiadaní v troch opakovaniach. Veľkosť pokusnej parcelky bola 2,1 x 7 m. Výsledky experimentu boli vyhodnotené štandardnými grafickými a štatistickými metódami (LSD test), v štatistickom programe Statistica 7.

Výsledky a diskusia

Úrodový potenciál slnečnice ročnej úzko súvisí s priebehom poveternostných podmienok. Dosahované úrody nažiek v našich agroekologických podmienkach sa pohybujú priemerne v rozpätí 2,5 – 3,5 t.ha⁻¹ (14). Tento fakt potvrdzujú aj nami dosiahnuté výsledky, kde boli dosiahnuté úrody v roku 2010 2,58 t.ha⁻¹ a v roku 2011 3,92 t.ha⁻¹ (tabuľka 2). Nízke priemerné teploty v roku 2010 na začiatku a konci vegetačného obdobia slnečnice ročnej (obrázok

1) a vysoké priemerné hodnoty úhrnu zrážok v roku 2010 v porovnaní s klimatickým normálom (obrázok 2) ovplyvnili produkčný proces slnečnice ročnej štatisticky vysoko preukazne. Rovnako pri hodnotení olejnatosti slnečnice ročnej bol dosiahnutý štatisticky vysoko preukazne vyšší obsah tuku v nažkách, 50,51 %, v roku 2011 v porovnaní s rokom 2010, kde obsah tuku bol nižší 41,64 % (tabuľka 3). Ako je vo viacerých štúdiách uvedené, poveternostné podmienky v danom pestovateľskom roku aj v rámci rozdielnych stanovišť, sú značne limitujúcim faktorom produkčného potenciálu slnečnice ročnej (20, 22).

Vplyvu poveternostných podmienok sa v súčasnosti podriaďuje aj hybridná skladba slnečnice ročnej. Pestovanie skorších hybridov môže byť v suchších podmienkach výhodnejšie v porovnaní s neskorými hybridmi. Limitujúcim môže byť zásoba pôdnej vody, skrátenie vegetačného obdobia a skorší nástup jesenných mrazov (7). Z uvedených dôvodov je dôležité, pre dosiahnutie vysokej

Tabuľka 2: Vplyv roka na úrodu nažiek (t.ha⁻¹), LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 0,05826, sv = 28,000

Table 2: Effect of year on achene yield (t.ha⁻¹), LSD test

Rok (1)	Úroda nažiek (2)	1	2
2010	2,58	****	
2011	3,92		****

(1) year, (2) achene yield

Tabuľka 3: Vplyv roka na obsah tukov (%) LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 3,2969, sv = 28,000

Table 3: Effect of year on fat content (%) LSD test

Rok (1)	Obsah tuku (2)	1	2
2010	41,64	****	
2011	50,52		****

(1) year, (2) fat content

Tabuľka 4: Priemerné hodnoty úrody (t.ha⁻¹) a obsahu tuku (%) za roky 2010 a 2011

Table 4: Average yields (t.ha⁻¹) and fat content (%) in years 2010 and 2011

Rok (1)	Hybrid (6)			Aritmetický priemer (2)	Smerová odchýlka (3)
	NK Dolbi	NK Kondi	NK Tristan		
Úroda nažiek (4)					
2010	2,38	2,89	2,58	2,62	0,26
2011	4,07	4,19	3,44	3,90	0,40
Aritmetický priemer (2)	3,23	3,54	3,01	3,26	
Smerová odchýlka (3)	1,20	0,92	0,61		0,30
Obsah tuku (5)					
2010	40,75	42,22	41,95	41,64	0,78
2011	52,04	56,30	43,19	50,51	6,69
Aritmetický priemer (2)	46,40	49,26	42,57	46,08	
Smerová odchýlka (3)	7,98	9,96	0,88		4,77

(1) year, (2) arithmetic average, (3) standard deviation, (4) achene yield, (5) fat content, (6) hybrid

Tabuľka 5: Vplyv hybridu na úrodu nažiek (t.ha⁻¹), LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 0,05826, sv = 28,000

Table 5: Effect of hybrids on achene yield (t.ha⁻¹), LSD test, $\alpha = 0.01$

Hybrid (1)	Úroda nažiek (2)	1	2
NK Tristan	3,01	****	
NK Dolbi	3,17	****	
NK Kondi	3,57		****

(1) hybrid, (2) achene yield

Tabuľka 6: Vplyv hybridu na obsah tuku (%), LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 3,2969, sv = 28,000

Table 6: Effect of hybrid on fat content (%), LSD test, $\alpha = 0.01$

Hybrid (1)	Obsah tuku (2)	1	2	3
NK Tristan	42,59	****		
NK Dolbi	46,40		****	
NK Kondi	49,26			****

(1) hybrid, (2) fat content

Tabuľka 7: Priemerné úrody nažiek jednotlivých hybridov v rámci foliárneho ošetrovania za obdobie 2010 – 2011

Table 7: Average values of achenes yield of selected hybrids within foliar treatment in years 2010–2011

Variety ošetrenia (1)	Rok (2)	Hybridy (3)			Aritmetický priemer (4)	Smerová odchýlka (5)
		NK Dolbi	NK Kondi	NK Tristan		
Kontrola (6)	2010	2,37	2,87	2,74	2,66	0,26
	2011	4,19	4,57	3,65	4,14	0,46
	aritmetický priemer (4)	3,28	3,72	3,20	3,40	
	smerová odchýlka (5)	1,29	1,20	0,64		0,35
Route	2010	2,10	3,21	2,58	2,63	0,56
	2011	3,58	4,76	3,79	4,04	0,63
	aritmetický priemer (4)	2,84	3,99	3,19	3,34	
	smerová odchýlka (5)	1,05	1,10	0,86		0,13
Sunagreen	2010	2,66	2,59	2,42	2,56	0,12
	2011	4,45	3,25	2,87	3,52	0,82
	aritmetický priemer (4)	3,56	2,92	2,65	3,04	
	smerová odchýlka (5)	1,27	0,47	0,32		0,51
Aritmetický priemer (4)r	3,23	3,54	3,01	3,26		
Smerová odchýlka (5)	0,99	0,90	0,57		0,22	

(1) treated variants, (2) year, (3) selected hybrids, (4) arithmetic mean, (5) standard deviation, (6) control variant

Tabuľka 8: Vplyv variantu ošetrovania na úrodu nažiek LSD test, $\alpha = 0,01$, PČ = 0,05826, sv = 28,000

Table 8: Effect of treated variant on achene yield LSD test, $\alpha = 0.01$

Ošetrovanie (1)	Úroda nažiek (2)	1	2
Sunagreen	3,04		****
Route	3,34	****	
Kontrola	3,37	****	

(1) foliar treatment, (2) achene yield

a kvalitnej úrody zabezpečiť nielen optimálnu pestovateľskú technológiu, ale aj správnu rajonizáciu hybridov (13). V rámci hodnotenia biologického materiálu bola úroda nažiek štatisticky vysoko preukazne ovplyvnená použitými hybridmi. Najvyššia úroda (4,19 t.ha⁻¹) bola dosiahnutá pri hybride NK Kondi v roku 2011 a najnižšia (2,38 t.ha⁻¹) pri hybride NK Dolbi v roku 2010 (tabuľka 4). Štatisticky vysoko preukazný rozdiel bol zaznamenaný iba pri hybride NK Kondi v porovnaní s hybridmi NK Dolbi a NK Tristan (tabuľka 5). Štatistické vyhodnotenie potvrdilo vysoko preukazný vplyv hybridov na obsah tuku v nažkách. Najvyšší obsah tuku (56,30 %) bol zistený pri hybride NK Kondi v roku 2011. Najnižší (40,75 %) v roku 2010 pri hybride

NK Dolbi. V rámci zisťovania rozdielov medzi hybridmi bol zaznamenaný štatisticky vysoko významný rozdiel pri všetkých hybridoch (tabuľka 6). Z pohľadu hodnotenia kvantity a kvality hybridov slnečnice ročnej bol najvýkonnejším hybridom NK Kondi (tabuľka 5 a 6).

Početné štúdie uvádzajú, že aplikácia fytohormónov s protistresovými účinkami má priaznivý vplyv na prekonanie stresových podmienok pestovanej plodiny. Regulácia rastu prostredníctvom foliárnej aplikácie biologicky účinných látok je veľmi efektívnym opatrením, ktoré pozitívne vplývali na dosiahnuté kvantitatívne a kvalitatívne parametre olejnin. (1, 3, 8, 21). Celkový priemer úrody nažiek v rámci foliárneho ošetrovania prípravkami bol 3,26 t.ha⁻¹.

Tabuľka 9: Priemerné obsahy tuku jednotlivých hybridov v rámci foliárneho ošetrovania za obdobie 2010 – 2011

Table 9: Average fat content of selected hybrids within foliar treatment in years 2010–2011

Varianty ošetrovania (1)	Rok (2)	Hybridy (3)			Aritmetický priemer (4)	Smerová odchýlka (5)
		NK Dolbi	NK Kondi	NK Tristan		
Kontrola (6)	2010	42,13	43,94	43,80	43,29	1,01
	2011	53,93	53,74	44,28	50,65	5,52
	aritmetický priemer (4)	48,03	48,84	44,04	46,97	
	smerová odchýlka (5)	8,34	6,93	0,34		4,27
Route	2010	41,63	40,51	40,82	40,99	0,58
	2011	57,24	58,19	41,52	52,32	9,36
	aritmetický priemer (4)	49,44	49,35	41,17	46,65	
	smerová odchýlka (5)	11,04	12,50	0,49		6,55
Sunagreen	2010	38,49	42,20	41,24	40,64	1,93
	2011	44,96	56,96	43,77	48,56	7,30
	aritmetický priemer (4)	41,73	49,58	42,51	44,60	
	smerová odchýlka (5)	4,57	10,44	1,79		4,41
Aritmetický priemer (4)	46,40	49,26	42,57	46,08		
Smerová odchýlka (5)	7,48	7,92	1,54		3,57	

(1) treated variants, (2) year, (3) selected hybrids, (4) arithmetic mean, (5) standard deviation, (6) control variant

Tabuľka 10: Vplyv variantu ošetrovania na obsah tuku LSD test, $\alpha = 0,01$, $P\check{C} = 3,2969$, $sv = 28,000$

Table 10: Effect of treated variant on fat content LSD test, $\alpha = 0.01$

Ošetrovanie (1)	Obsah tuku (2)	1	2
Sunagreen	44,60		****
Route	46,65	****	
Kontrola (3)	46,98	****	

(1) treatment, (2) fat content, (3) control

Štatistickým hodnotením vplyvu foliárnych prípravkov na úrodu nažiek bola zaznamenaná najvyššia úroda na kontrolnom variante, pričom štatisticky vysoko preukazne nižšia úroda bola pozorovaná na variante ošetrovanom rastovým stimulatorom Sunagreen v porovnaní s podporným hnojivom Route a kontrolou (tabuľka 8).

Analýzované priemerné obsahy tukov sú uvedené v tabuľke 9. Vplyv foliárnej aplikácie na obsah tukov v nažkách bol štatisticky vysoko preukazný. Štatisticky vysoko preukazný rozdiel medzi variantom s aplikáciou Sunagreenu a ostatnými dvoma variantmi je uvedený v tabuľke 10, kde najvyšší obsah tuku 46,98 % bol dosiahnutý na kontrolnom variante.

Dosiahnutá disproporcija pri aplikácii biologicky aktívnych látok mohla byť spôsobená z viacerých dôvodov. Tak ako uvádza početné množstvo štúdií (5, 6), závislosť úrody od aplikácie použitých prípravkov je výrazne ovplyvnená priebehom poveternostných podmienok ročníka a genetickým zameraním konkrétnej odrody.

Záver

V súlade s priebehom dvojročných maloparcelkových pokusov, realizovaných na experimentálnych pozemkoch Strediska biológie a ekológie rastlín FAPZ SPU v Nitre, bol zistený štatisticky vysoko preukazný vplyv poveternostných podmienok ročníka na úrodu a obsah tukov slnečnice ročnej. Z hľadiska formovania produkčných ukazovateľov sledovanej plodiny (úroda nažiek, obsah tuku) bol poveternostne priaznivejší rok 2011 v porovnaní s rokom 2010.

Výšku úrod a obsah tuku v nažkách slnečnice ročnej ovplyvnili hybridy štatisticky vysoko preukazne. Najvyššie

hodnoty vybraných produkčných parametrov boli dosiahnuté pri hybride NK Kondi.

Produkčné charakteristiky slnečnice ročnej vplyvom aplikácie rastového stimulatora Sunagreen a podporného hnojiva Route vykazujú rôzne disproporcie. Aplikáciou biologicky aktívnych látok neboli dosiahnuté vyššie úrody a obsah tuku v nažkách v porovnaní s kontrolným variantom.

Literatúra

- (1) BACSOVÁ, Z. 2011. Hodnotenie vplyvu racionalizačných prvkov technológie pestovania slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) na vybrané produkčné a kvalitatívne parametre : dizertačná práca. Nitra : SPU, . 158 s.
- (2) ČERNÝ, I. – TÖRÖKOVÁ, M. 2008. Úroda nažiek slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) vplyvom variability biologického materiálu. In Uplatnenie vedy v poľnohospodárstve v kontexte rozvoja vidieka a prihraničnej spolupráce s Ukrajinou : zborník referátov z odborného seminára s medzinárodnou účasťou Zemplínska Šírava 29. – 30. máj 2008. Michalovce : Slovenské centrum poľnohospodárskeho výskumu – ústav agroekológie, 2008, s. 139–144.
- (3) ČERNÝ, I. – PAČUTA, V. – VEVERKOVÁ, A. – BACSOVÁ, Z. 2010. Zhodnotenie kvalitatívnych a kvantitatívnych parametrov slnečnice ročnej (*Helianthus annuus* L.) vplyvom vybraných faktorov jej pestovania. In Prosperující olejiny, Praha : ČZU, 2010, pp. 101–104. ISBN 978-80-213-2128-1.
- (4) ERNST, D. – KOVÁR, M. – ČERNÝ, I. 2016. Effect of two different plant growth regulators on production traits of sunflower. In Journal of Central European Agriculture, vol. 17, 2016, no. 4, pp. 998–1012. [online] ISSN 1332-9049. Aktu-

- alizované 2020 [cit. 2020-03-18] Dostupné na: <http://dx.doi.org/10.5513/JCEA01/17.4.1804>
- (5) ERNST, D. – ČERNÝ, I. 2017. Vplyv stimulantov rastu BiomagicPlus a BlackJak na ukazovatele produkčného procesu slnečnice ročnej. In Prosperujúce plodiny poznatky z výskumu a praxe. Nitra : SPU, 2017, s. 71–75. ISBN 987-80-552-1752-9.
 - (6) ERNST, D. – ČERNÝ, I. 2017. Možnosti biostimulácie slnečnice ročnej. In Naše pole, 2017, č. 2, s. 42–44.
 - (7) HALVORSON, A.D. – BLACK, A.L. – KRUPINSKY, J.M – MERRILL, S.D. – TANAKA, D.L. 1999. Sunflower Response to Tillage and Nitrogen Fertilization under Intensive Cropping in a Wheat Rotation. In Agronomy Journal, vol. 91, 1999, no. 4, pp. 637–642.
 - (8) HNILČKA, F. a i. 2010. Využití antistresových látek v zemědělství. In Současné možnosti fyziologie a zemědělského výzkumu příspěvek k produkci rostlin (vybrané kapitoly). VURV : Praha, 2010, s. 256–271. ISBN 978-80-7427-023-9.
 - (9) CHOLLET, D. 2003. Comment obtenir un tournesol a teneur en acide oleique elevee at stable. In Oleoscope, vol. 70, 2003, pp. 17–19.
 - (10) FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. 1 vyd., Nitra : SPU, 2000, s. 315–316. ISBN 80-7137-777-5.
 - (11) FERRERAS, L. A. – COSTA, J.L. – GARCIA, J.O. – PECORARI, C. 2000. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern „Pampa“ of Argentina. In Soil and Tillage Research, vol. 54, 2000, pp. 31–39.
 - (12) JANKOWSKI, K. – DUBIS, B. 2008. Biostimulators for field crops. In Biostimulators in modern agriculture. Warsaw : Wiesz jutra Sp. Z.o.o., 2008, 24 p. ISBN 83-89503-50-6.
 - (13) KULCSÁROVÁ, M. 2011. Výskyt chorôb slnečnice ročnej a možnosti ich regulácie v integrovanom systéme pestovania. Autoreferát dizertačnej práce : Nitra : SPU, 2011, 25 s.
 - (14) LENÁRT, R. 2004. Revolúcia v technológii pestovania slnečnice. In Naše pole, 2004, č. 12, s. 23. [online] Aktualizované 2020. [cit. 2012-03-27]. Dostupné na: <http://www.limagraincentraleurope.com/docs/news/116.pdf>
 - (15) MUCHOVÁ, Z. – FRANČÁKOVÁ, H. – BOJŇANSKÁ, T. – BAJČI, P. 2001. Hodnotenie surovín a potravín rastlinného pôvodu. 2. vyd., Nitra : SPU, 2001, s. 139–147. ISBN 80-7137-886-0.
 - (16) MÝTINOVÁ, J. a i. 2005. Srovnání účinků v různých abiotických stresů na antioxidační enzymový systém v rostlinách s odlišným metabolismem cytokinů – vliv biotických a abiotických stresorů na vlastnosti rostlin In Sborník vedeckých referátů, 2005, s. 211–215.
 - (17) PEZA, Z. 2008. Stimulace a listová výživa slunečnice – výsledky poloprovozního sledování. In Prosperující olejiny 2008 (sborník konference s mezinárodní účastí), Praha : ČZU, 2008, s. 150–152. ISBN 978-80-213-1860-1.
 - (18) RÉCKY, R. 2011 Vývoj vybraných marketingových a ekonomických ukazovateľov pestovania slnečnice ročnej v SR. [online] Aktualizované 2020 [cit. 2020-07-01] Dostupné na: <http://www.slpk.sk/eldo/2013/zborniky/012-13/recky.pdf>
 - (19) SOCHA, J. 2004. Princíp biologického účinku regulátora SUNAGREEN. [online] [cit. 2012-02-23]. Dostupné na: https://docs.google.com/viewer?a=v&q=-cache:zulorq0TWNQJ; www.biosfor.eu/images/produkty/princip_biologickeho_ucinku_regulatoru_sunagreen.doc+sunagreen&hl=sk&gl=sk&pid=bl&srcid=AD-GEEShL2rlgTP_qtTPI8dW505CkqbnXO1Eya_3x7tX0vdezRoH8gRHPra6UK4t2f0C6miPMD1VanoWm_aaA-6l1PVS_hzq9Dye2EkK3m82MuVtEPc7Tuw0ycRpZmJy-Vvf5D2wa2o-lxT&sig=AHIEtbQsqmTD5y0I5LM_Qd-HqISWc3McueQ
 - (20) SZABÓ, A. 2008. Study of plant density response in sunflower (*Helianthus annuus* L.) production. In Cereal Research Communications Académiai Kiadó Hungary, vol. 36, 2008, pp. 739–742. ISSN 0133-3720.
 - (21) ŠAROUN, J. – BARANYK, P. – ŠKEŘÍK, J. 2002. Využití regulátorů růstu v porostech řepky ozimné. In Olejiny, zborník z odbornej konferencie, Nitra : SCPV, 2002, 37 s. ISBN 80-968553-3-6.
 - (22) ŠROJTOVÁ, G. 2006. Závislost' úrod slnečnice od poveternostných podmienok. In Bioklimatológia a voda v krajine: Medzinárodná vedecká konferencia Bioklimatické pracovné dni, Nitra : SPU, 2006, s. 38–42. ISBN 80-89186-12-2.
 - (23) VARGA, L. 2009. Listová výživa – významný intenzifikačný faktor pri pestovaní poľnohospodárskych plodín. [online] Aktualizované 2020 [cit. 2020-07-01]. Dostupné na: <http://www.rwaslovakia.sk/storage/file/Listov%C3%A1%20v%C3%BD%C5%BEiva%20RWA%20SLOVAKIA.pdf>
 - (24) VAN DER KOOI, C. 2016. Plant Biology: Flower Orientation, Temperature Regulation and Pollinator Attraction. In Current biology, vol. 26, 2016, no. 21. pp. R1143–R1145. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.08.071>

Ing. Alexandra Zapletalová, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Katedra agrochémie a výživy rastlín
Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra
e-mail: zapletalova.alexandra@gmail.com

Podakovanie
Prezentované výsledky sú získané v rámci
výskumného projektu VEGA číslo 1/0388/09/09
Racionalizácia pestovateľského systému slnečnice ročnej
(*Helianthus annuus* L.) v podmienkach globálnej zmeny
klímy riešeného na Katedre rastlinnej výroby Slovenskej
poľnohospodárskej univerzity v Nitre.



Zdroj: van der Kooi, 2016

Zmena pôdnej organickej hmoty a humusu po aplikácii biouhlíkových substrátov: štúdia na poľnom experimente na černoze v juhozápadnej časti Slovenska

Soil organic matter and humus alteration under biochar substrates amendment: study in the field experiment on the Chernozem in the southwestern part of Slovakia

Dušan Šrank, Vladimír Šimanský

Biochar has shown much potential to be used as soil amendment and conditioner for improving of soil properties and plant production, however, there are a lot of knowledge gaps, and especially in explanations how biochar can affect soil organic matter (SOM) and humus substances. Therefore, the objective of the experiment was to evaluate the impact of two biochar substrates (B1 – biochar blended with sheep manure, and B2 – biochar blended with sheep manure and the residue from the biogas station) at two rates (10 and 20 t.ha⁻¹) applied alone or in combination with manure (Italpollina was applied at rate 0.85 and 1 t.ha⁻¹ in 2018 and in 2019 respectively) on the quantity and quality of SOM and humus of loamy (Molic, Loamic) Vertic Chernozem (Veľké Úľany, Slovakia). The results showed that a significant role on changes in contents of soil organic carbon (C_{org}) and labile carbon played biochar substrate type, rate and especially combination with manure. The share of humic substances in C_{org} significantly decreased by 9, 15, 16 and 17% in B1 at 10 t.ha⁻¹, B1 at 20 t.ha⁻¹, B2 at 10 t.ha⁻¹ and B2 at 20 t.ha⁻¹ treatments, respectively, compared to the control. A similar tendency was observed for biochar substrates treatments + manure, compared to manured control. Degree of humification after biochar substrates applied alone ranged from 22 to 24 % and in comparison to control due to biochar application it was decreased by 15–22 %. The carbon content of humic substances (C_{HS}) in control treatment was equal to 6.52 g.kg⁻¹ and the biochar substrates had statistically significant influence on C_{HS} content. On average, there was a smaller decrease of C_{HS} in B1 at rate 20 t.ha⁻¹ than at rate 10 t.ha⁻¹ and no effect of B2 compared to control. Combination of both biochar substrates had significant effect on increase of C_{HS} compared to fertilized control treatment. The carbon content of fulvic acid (C_{FA}) was higher by 8% in B1 at 10 t.ha⁻¹, by 30% in B1 at 20 t.ha⁻¹, and by 16% in B2 at 20 t.ha⁻¹ compared to control. As a result of biochar substrates, the increase in C_{FA} was

observed – significantly in case of biochar substrates + manure application than only biochar application alone. The results showed a decrease of C_{HA} : C_{FA} ratio with association to biochar substrates alone application as well as in biochar substrates + manure treatments. Humus stability was increased in biochar substrates alone treatments compared to control, on the other hand, compared to manure control, the application of biochar substrates + manure resulted in a lower humus stability.

carbon sequestration, humic substances, Chernozem, biochar substrates, Effeco

Mnohé štúdie v súvislosti s biouhlím sa zameriavajú na hodnotenie jeho najmä environmentálnych vplyvov (8, 9), ale i na zmeny pôdnych vlastností. Z chemických vlastností pôd sa pozornosť sústreďuje na ovplyvňovanie pôdneho pH, katióbovej výmennej kapacity (25), živinového režimu (28). Z fyzikálnych parametrov sa dôraz kladie na vodný režim, či zmeny v objemovej hmotnosti a pórovitosti (10, 29) v kontexte na pôdnu štruktúru (13). Nezabúda sa ani na bežný agronomický pohľad, t. j. hodnotí sa aj množstvo a kvalita dopestovaných rastlinných produktov po aplikácii biouhlíkových substrátov (3, 23). Biouhlie bolo identifikované ako významný faktor, ktorý priaznivo pôsobí na zvyšovanie C v pôde a jeho sekvestráciu (26). Avšak podstatne menej je informácii a celkovo štúdií, ktoré by riešili vplyv aplikovaného biouhlia a jeho substrátov na obsah humusových látok a ich kvalitu v pôde. Navyše štúdie, kde by sa testovalo biouhlie či už zmixované s prídavným komponentami, resp. ešte ďalšími prídavnými hnojivami, ktoré je v niektorých prípadoch nutné aplikovať z hľadiska nevyrovnaného pomeru živín v biouhli na množstvo a kvalitu humusových látok úplne chýbajú.

Z množstva organických látok vyskytujúcich sa v prírode sú najrozšírenejšie humusové látky, ktoré sú prítomné v pôde, vode, geologických organických ložiskách, v sedimentoch jazier, v rašeline a uhlí. Predstavujú asi 25 % celkového organického uhlíka na Zemi a obsahujú až 50 – 75 % rozpusteného organického uhlíka vo vode. Humusové látky majú nepochybne význam pre viaceré environmentálne procesy v pôdnych aj vodných systémoch. Humusové látky zvyšujú kvalitu a produktivitu pôdy prostredníctvom zlepšovania štruktúry pôdy, zadržiavaním vody a zabezpečením neustáleho prístupu k živinám. Blokujú a deaktivujú aj prvky vyskytujúce sa v toxických dávkach. Vo vodných systémoch sa podieľajú na odstraňovaní toxických prvkov, organických chemikálií antropogénneho pôvodu a ďalších znečisťujúcich látok. Prostredníctvom priamych ako aj nepriamych mechanizmov ovplyvňujú vodné a pôdne organizmy. A napokon, humusové látky sa úspešne používajú v medicíne a farmaceutických výrobkoch (32). Z uvedeného je evidentné, že humusové látky sú nesmierne dôležité, i keď sa dokonca vo veľmi významnom vedeckom časopise objavila štúdia, ktorá ich existenciu spochybňuje a humusové látky podľa autorov tejto publikácie nemajú takú úlohu, keďže sa získavajú extrakciou alkáliami pričom sa údajne mení ich charakter, štruktúra a celkovo zloženie (14). Avšak na druhej strane, Weber (31) uviedol, že funkcie a reakcie humusových látok nevyžadujú nevyhnutne alkalickú extrakciu o čom svedčia niektoré štúdie, ktoré používajú C¹³-NMR spektrá. Pomocou nich sa totižto porovnali vyextrahované materiály so spektrami originálu, t. j. pôdy a zistilo sa, že obe sady spektier sú rovnaké, čo naznačuje, že extrakcia nemení štruktúru humusových látok po ich alkalickéj extrakcii z pôdy.

Humus je súčasťou pôdnej organickej hmoty a vznikol v procese humifikácie, kedy odumreté zvyšky stratili pôvodné znaky anatomickej stavby a nadobudli špecifické znaky a vlastnosti. Keďže, humus zásadným spôsobom ovplyvňuje kvalitu pôdy, je nevyhnutné venovať mu náležitú pozornosť aj v súvislosti s aplikáciou biouhľia do pôdy. V tejto súvislosti sme našu pozornosť upriamili na riešenie nasledovných hypotéz: humus je pomerne stabilný v pôdnom prostredí, ale bioulie pridané do pôdy môže prostredníctvom priming efektov narušiť stabilitu primárnej pôdnej organickej hmoty, čo môže mať za následok tvorbu humusových látok. Tento efekt bude výraznejší vo variantoch, kde sa k biouhľikovému substrátu pridá aj ďalšie prídavné organické hnojenie. Rozdiely budú jednak závislé od zloženia testovaných biouhľikových substrátov, aplikačných dávok, tak i ich kombinácii s ďalším prídavným organickým hnojením, ktoré sa vyznačuje vyšším stupňom lability.

Cieľom tejto štúdie bolo vyhodnotiť vplyv aplikovaných biouhľikových substrátov v rôznych dávkach a ich kombinácii s prídavným organickým hnojením na zmeny v parametroch pôdnej organickej hmoty a humusu.

Materiál a metodika

Charakteristika lokality

Experiment bol založený v juhozápadnej časti Slovenska v lokalite Veľké Uľany (48° 9' 11.5" N 17° 34' 57.6" E) na hlinitej černozi. Pokusná lokalita sa vyznačuje priemernou ročnou teplotou 9 – 10 °C a priemerný ročný úhrn zrážok sa pohybuje od 520 do 600 mm. Charakteristika pôdy pred založením pokusu je zosumarizovaná v tabuľke 1.

Charakteristika experimentu

Pokus bol založený na jar 2018 metódou náhodného rozloženia v dvojnásobnom opakovaní každého variantu, pričom veľkosť jedného políčka bola 25 m². Medzi jednotlivými políčkami boli vynechané ochranné pásy. Celkovo boli založené dva experimenty s nasledovnými variantmi:

Pokus 1: I. nehnojená kontrola, II. biouhľikový substrát 1 (B1) v dávke 10 t.ha⁻¹, III. B1 v dávke 20 t.ha⁻¹, IV. biouhľikový substrát 2 (B2) v dávke 10 t.ha⁻¹, a V. B2 v dávke 20 t.ha⁻¹.

Pokus 2: I. hnojená kontrola – organické hnojivo (OH), II. B1 v dávke 10 t.ha⁻¹ + OH, III. B1 v dávke 20 t.ha⁻¹ + OH, IV. B2 v dávke 10 t.ha⁻¹ + OH a V. B2 v dávke 20 t.ha⁻¹ + OH.

Ako predplodina sa tu v roku 2017 pestovala mrkva siata, kým počas prvého pokusného roku to bola paprika ročná a v roku 2019 červená repa. Na jar 2018 pred vysadením papriky sa do pôdy (do hĺbky 0,1 – 0,12 m) zapravili oba testované biouhľikové substráty a v pokuse, kde sa počítalo s organickým hnojením i granulované organické hnojivo Italpollina. Italpollina ako použité organické hnojivo (OH) sa na jar 2018 aplikovalo v dávke 0,85 t.ha⁻¹ a na jar v 2019 v dávke 1 t.ha⁻¹. Pôda sa počas trvania expe-

rimentu obrába konvenčným spôsobom, t. j. na jeseň sa orie do hĺbky 0,2 m a na jar následne pripraví rotačným kypričom a v závislosti od pestovanej zeleniny sa využije mechanická plečka v kombinácii s chemickým ničéním burín. Počas vegetačného obdobia pestovania papriky v roku 2018 tu bola aplikovaná kvapková závlaha celkovo 3-krát (aplikačná dávka = nasýtenie pôdy vodou do 80 % plnej vodnej kapacity) a povrch pôdy bol pokrytý krycou fóliou a v prípade nepriaznivých poveternostných podmienok boli rastliny papriky zakrývané textíliou. Taktiež v roku 2019, kedy modelovou plodinou na experimente bola červená repa sa pre zlepšenie vlahových pomerov počas jej vegetácie aplikovala závlaha (celkovo 2×).

Charakteristika testovaných substrátov

Testovali sa dva typy biouhľikových substrátov označených pod obchodným názvom Effeco 50 : 50 (B1) a Effeco 33 : 33 : 33 (B2) od spoločnosti Zdroje Zeme a.s., ktorá sa zaoberá ich vývojom. B1 je substrát, ktorý bol vytvorený zmiešaním biouhľia (vyrobené pyrolýzou bukového dreva) so sušeným ovčím hnojom v pomere 1 : 1 a obsahuje: 43 % celkového organického uhlíka, 1,2 % celkového N, 0,49 % P a 24,6 % K a jeho pH je 8,18. B2 je substrát vytvorený zmiešaním biouhľia so sušeným ovčím hnojom a separátom z bioplynovej stanice (pôvodná surovina kravský hnoj) v pomere 1 : 1 : 1 a obsahuje: 45,4 % celkového organického uhlíka, 1,3 % celkového N, 0,79 % P a 15,5 % K a jeho pH je 8,48. Obsah rizikových prvkov v oboch typoch testovaných biouhľikových substrátov neprekračuje limitné hodnoty, ktoré stanovuje vyhláška 577/2005, 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 a zákon 220/2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy. Oba typy biouhľikových substrátov sú granulované do tvaru valca, ktorého veľkosť je cca. 1 x 2,5 cm. Organické hnojivo Italpollina je vyrobené z hydínového trusu a obsahuje: 4 % N, 4 % P₂O₅, 4 % K₂O a jeho pH je neutrálne. Dodávané je vo forme granúl s veľkosťou cca. 3 x 5 mm

Odber a analýza pôdnych vzoriek

Vzorky pôdy pre stanovenie pôdnej organickej hmoty a humusu boli odobrané zo všetkých variantov na jar a jeseň v rokoch 2018 a 2019 z hĺbky 0,2 m. Po vysušení sa vzorky pôdy rozdrvili a zhomogenizovali a následne sa v nich stanovil obsah organického uhlíka (C_{org}) – oxidometricky, obsah labilného uhlíka (16) a skupinové zloženie humusových látok – metódou Belčíkovej a Kononovej (4). Absorbancia humusových látok a humínových kyselín bola meraná pri vlnovej dĺžke 465 a 650 nm pomocou spektrofotometra Jenway 6400 a na základe nameraných absorbancií boli vypočítané farebné kvocienty humusových látok a humínových kyselín.

Tabuľka 1: Vlastnosti pôdy pred založením experimentu

Table 1: Soil properties before experiment

Lokalita (1)	Piesok (2)	Prach (3)	Íl (4)	C _{org}	N	P	K	pH
	%							
Veľké Uľany	38,5	47,8	13,7	1,56	966	129	255	7,78

(1) locality, (2) sand, (3) silt, (4) clay

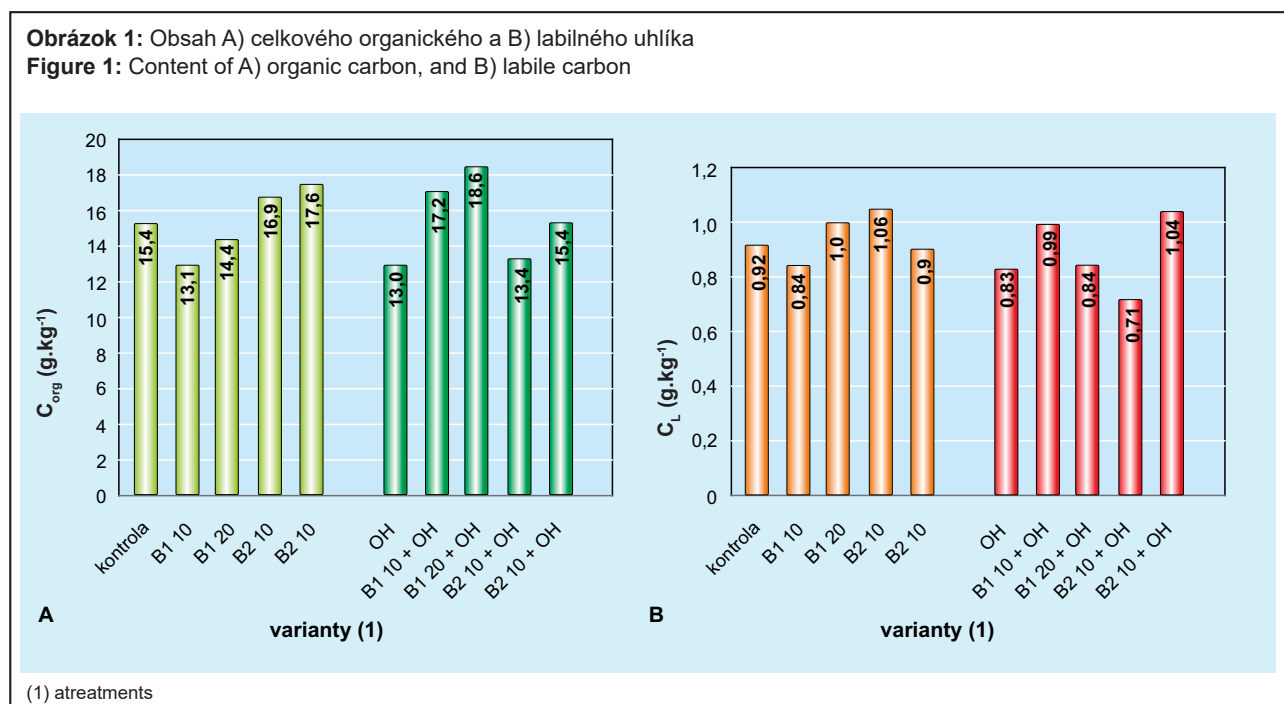
Výsledky a diskusia

Samotná aplikácia substrátu B1 v oboch dávkach za obdobie 2. rokov priemerne znížila obsah organického uhlíka (C_{org}) z 1,54 % v kontrole na 1,31 % a 1,44 % vo variantoch B1 10 (10 t.ha⁻¹) a B1 20 (20 t.ha⁻¹). Na druhej strane, čím vyššia dávka biouhlíkového substrátu B2 bola aplikovaná do pôdy na začiatku experimentu, tým vyšší obsah C_{org} v porovnaní s kontrolou bol stanovený. Ak bolo k biouhlíkovým substrátom pridané každoročne organické hnojivo Italpollina, tak bol pozorovaný výrazný nárast v obsahu C_{org} v porovnaní s hnojenu kontrolou. Čím bola dávka biouhlíkových substrátov vyššia, tým vyšší nárast C_{org} bol zistený. Rozdiely boli pozorované medzi jednotlivými typmi biouhlíkových substrátov. Výraznejšie zvýšenie bolo zistené, ak bol substrát B1 kombinovaný s organickým hnojivom (OH) v porovnaní s hnojenu kontrolou ako to bolo v prípade kombinácie substrátu B2 v porovnaní s nehnojenu kontrolou. Tieto efekty pravdepodobne súvisia s preferenčným využívaním substrátu (obrázok 1A). Aplikovaný biouhlíkový substrát, resp. jeho kombinácia s inými organickými hnojivami môže prispieť k preferenčnému využívaniu týchto substrátov prostredníctvom stimulácie mikrobiálnej aktivity, pričom pôdne mikroorganizmy môžu prednostne využívať labilné zdroje pridaného biouhlíkového substrátu, resp. organického hnojiva (22). Mineralizácia pôdneho organického uhlíka môže byť inhibovaná aj prostredníctvom sorpcie labilného uhlíka na biouhlíkové substráty a následne vyvolať tvorbu relatívne stabilnej organickej hmoty (12). Tieto tzv. pozitívne a negatívne „priming efekty“ závisia predovšetkým od výrobných podmienok biouhľia (2). Z našich výsledkov je evidentné, že obsah C_{org} bol významne ovplyvnený aplikačnou dávkou, samotným typom biouhlíkového substrátu, ale i to či bolo resp. nebolo k biouhlíkovému substrátu zapracované i prídavné organické hnojivo Italpollina. Medzi obsahmi C_{org} a obsahmi labilného uhlíka (C_L) ani v prípade aplikácie biouhlíkových substrátov samostatne a ani v ich kombinácii s OH neboli pozorované štatisticky významné lineárne

závislosti (obrázok 2A). Obsahy C_L sa menili v závislosti od typu substrátu, ale i od toho či k nemu bolo pridané OH (obrázok 1B). Typ substrátu má vplyv na hodnoty labilných zloženík v ňom (2). Horák et al. (9) uvideli, že prídavné hnojenie k biouhľiu môže byť významným akceleratorom ovplyvňujúcim zmeny v pôde vrátane lability pôdnej organickej hmoty.

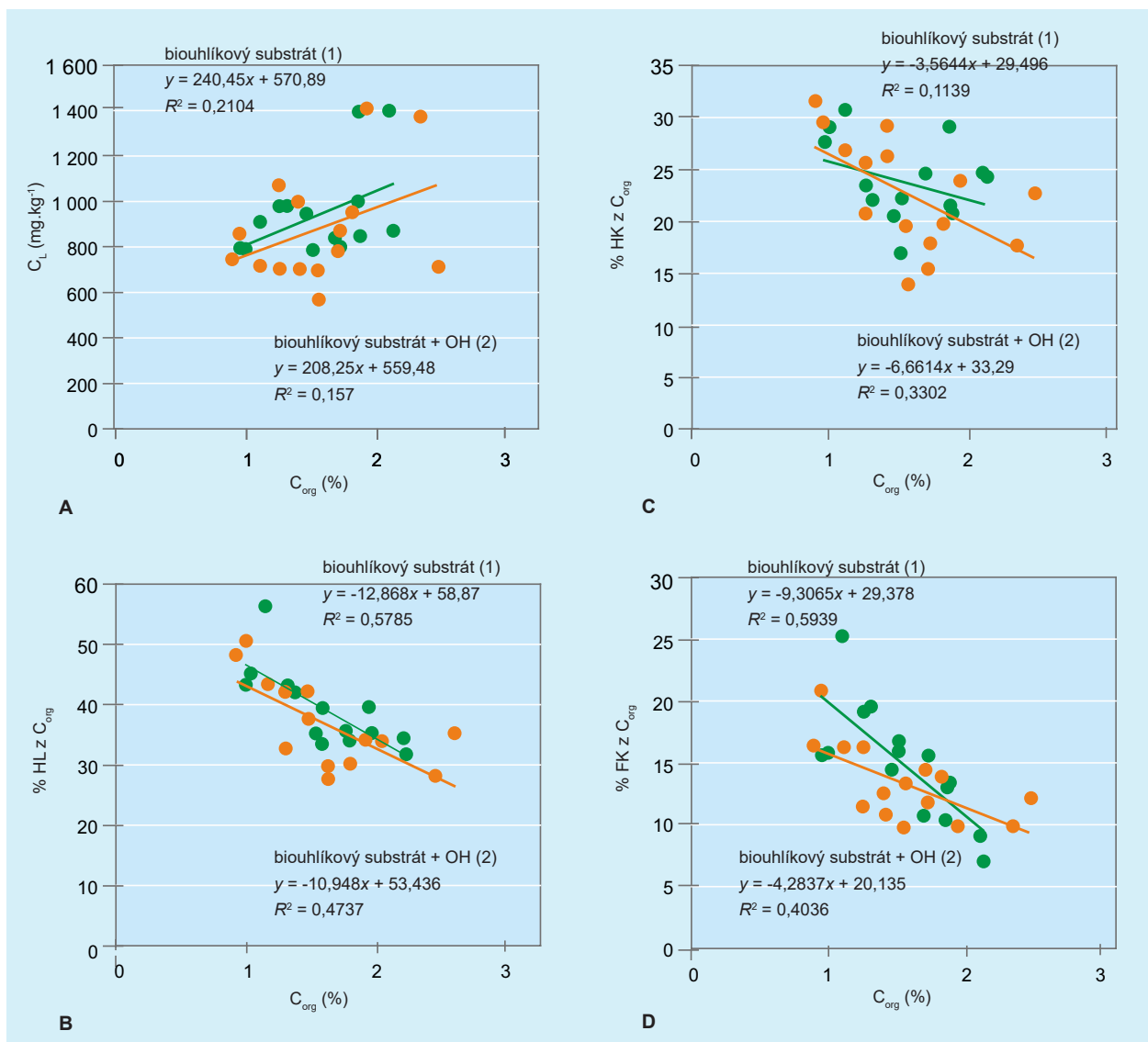
So zvyšovaním obsahu C_{org} vo variantoch s aplikovaným biouhľím samostatne, ale i v kombinácii s OH sa znižovalo množstvo humusových látok (HL) z obsahu C_{org} – výraznejšie vo variantoch, kde boli biouhlíkové substráty aplikované samostatne (obrázok 2B). Za obdobie dvoch rokov (priemer 2. rokov) sa v porovnaní s nehnojenu kontrolou podiel HL z obsahu C_{org} významne znížil o 9, 15, 16 a 17 % vo variantoch B1 v dávke 10 a 20 t.ha⁻¹, B2 v dávke 10 a 20 t.ha⁻¹. Z týchto výsledkov vyplýva, že dodané biouhlíkové substráty síce zvýšili množstvo C_{org} v skúmanej pôde, ale nie podiel HL z jeho obsahu, čo indikuje skutočnosť, že tieto substráty sa vyznačujú nižšou reaktivitou a stabilnejšou štruktúrou a na humifikáciu pôdnej organickej hmoty majú skôr negatívny ako pozitívny efekt. Biouhlie, ktoré sa používa na výrobu substrátov sa stáva stabilným počas pyrolýzy, pretože uhlíkový základ použitých biologických materiálov sa nanovo preskupuje. Alifatické uhlíkové reťazce (reťazové štruktúry, ktorých chemické väzby sú ľahko atakované mikrobiálnymi enzýmami) sú konvertované na aromatické prstence (zvyčajne šesťuhlíkové – ako je benzén alebo príležitostne iné atómy, napríklad dusík, spojené v prstencovitej štruktúre silnými chemickými väzbami, ktoré sú odolné voči mikrobiálnemu rozkladu). Ďalšia reštrukturalizácia vedie k spojeniu týchto aromatických skupín do veľkých komplexov procesom známym ako kondenzácia. Prakticky, dobre spyrolizované biouhlie je tvorené listami kondenzovaných aromatických prstencov rôznych veľkostí, spolu s popolom a stopami menších molekúl. Aromatickosť a stupeň kondenzácie sú spojené so stabilitou biouhľia (6, 19). Ak bolo k biouhlíkovým substrátom každoročne aplikované OH, tak podiel HL z C_{org} sa významne nezmenil (obrázok 3), čo indikuje, že

Obrázok 1: Obsah A) celkového organického a B) labilného uhlíka
Figure 1: Content of A) organic carbon, and B) labile carbon



Obrázok 2: Lineárna závislosť medzi A) C_{org} a C_L , B) C_{org} a podielu HL z C_{org} , C) C_{org} a podielu HK z C_{org} , a D) C_{org} a podielu FK z C_{org} v jednotlivých pokusoch s biouhlíkovými substrátmi

Figure 2: Linear relationships between soil organic carbon and A) labile carbon, B) share of humic substances in soil organic carbon, C) share of humic acids in soil organic carbon, and D) share of fulvic acids in soil organic carbon under biochar treatments



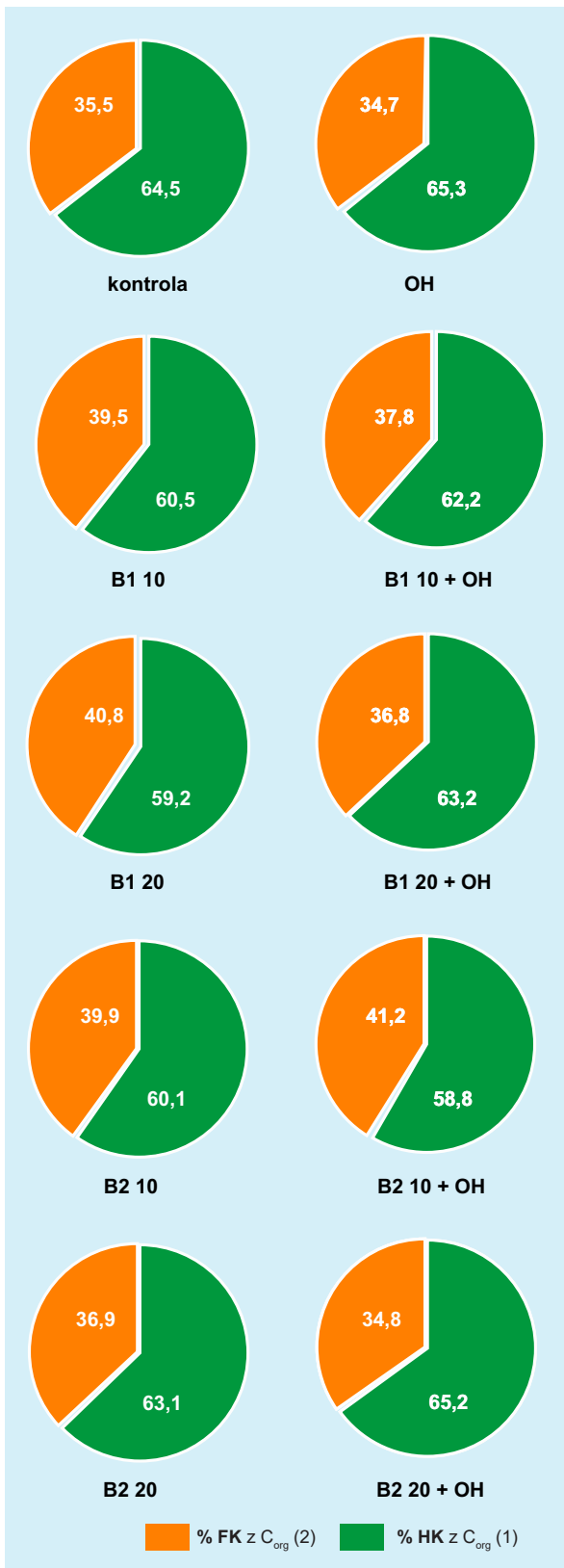
(1) biochar treatments, (2) biochar treatments combined with manure

prídavné OH pôsobí ako stabilizačný faktor na podiel HL z C_{org} v pôde po aplikácii biouhlíkových substrátov. Jindo et al. (11) uviedli, že biouhlie je schopné zvyšovať stabilitu humusových látok v organických hnojivách počas jeho kompostovania. Stupeň humifikácie organickej hmoty po aplikácii biouhlíkových substrátov sa pohyboval v rozpätí od 22 do 24 %, čo zodpovedá strednému stupňu a bol znížený o 15 – 22 % v porovnaní s nehnojenu kontrolou. To hovorí o tom, že v pôde jednoznačne prevláda primárna organická hmota nad humusom, ktorá mineralizuje a podstatne menej humifikuje a i v organicky nehnojenej pôde sa neustále dopĺňa prostredníctvom koreňových exsudátov, rastlinnými a koreňovými zvyškami, biomasou mikroorganizmov atď. (30). Vzťah medzi podielom HK z C_{org} a C_{org} vo variantoch s aplikáciou biouhlíkových substrátov

nebol lineárny. Na druhej strane, v prípade variantov, kde boli kombinované substráty s OH tento vzťah bol štatisticky lineárne významný, t. j. pri vyššom obsahu z dodaných substrátov a OH sa znižoval stupeň humifikácie organickej hmoty pôdy (obrázok 2C). Významný vplyv na zníženie stupňa humifikácie mala nižšia dávka v prípade oboch substrátov ak boli kombinované s OH v porovnaní s vyššou aplikačnou dávkou (obrázok 3). Obsah FK z C_{org} sa v priemere za 2. roky významne znížil iba v prípade oboch substrátov v dávke 20 t.ha⁻¹ v porovnaní s nehnojenu kontrolou a taktiež v prípade oboch substrátov v dávke 10 t.ha⁻¹ v kombinácii s OH v porovnaní s hnojenu kontrolou (obrázok 3). Medzi podielom FK z C_{org} a C_{org} bola zaznamenaná významná negatívna linearita a to v prípade aplikácie samotných biouhlíkových substrátov a aj ich

Obrázok 3: Zastúpenie podielu humusových látok z celkového organického uhlíka

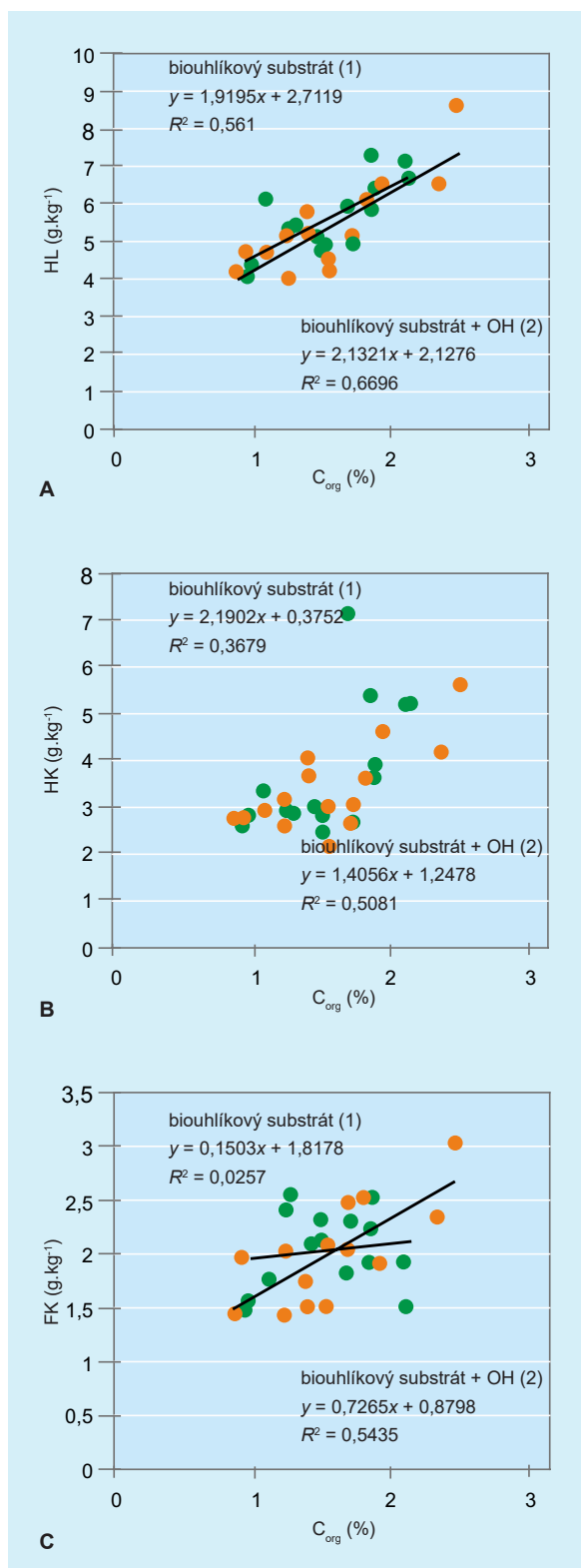
Figure 3: Share of humic substances in soil organic carbon



(1) share of humic acids in soil organic carbon, (2) share of fulvic acids in soil organic carbon

Obrázok 4: Lineárna závislosť medzi A) C_{org} a HL, B) C_{org} a HK, C) C_{org} a FK v jednotlivých pokusoch s biouhlíkovými substrátmi

Figure 4: Linear relationships between soil organic carbon and A) humic substances, B) humic acids, and C) fulvic acids under biochar treatments



(1) biochar treatments, (2) biochar treatments combined with manure

kombinácie s OH. FK sa ľahko rozkladajú, ale aj pomerne rýchlo obnovujú v nepretržitom procese mineralizácie a humifikácie. Obsah FK z organickej hmoty v pôdach s vyššou biologickou aktivitou, čo je i náš prípad (27) je pravdepodobne pre rýchlejšiu mineralizáciu nižší.

Nedávny výskum ukázal, že zvyšky rastlín, ktoré neprešli pyrolýzou, obsahujú málo alebo takmer žiadne stabilné molekuly (20). Farmár, ktorý na svoje polia aplikuje čerstvú biomasu alebo kompost, tak vidí, že po niekoľkých mesiacoch alebo rokoch zostane z týchto vstupných surovín iba málo z ich pôvodného uhlíka. Iba menej ako 1 % z celkového pridaného uhlíka z čerstvých rastlinných zvyškov zostane ako odolný organický uhlík v pôde (niekedy známy ako humus), ktorého kolobeh bude v trvaní niekoľko stoviek či tisícov rokov (21). Z tohto pohľadu môže mať aplikácia biouhľia získaného pyrolýzou biologického odpadu neobsahujúce škodlivé a zdraviu nebezpečné látky či jeho substrátov a rôznych kombinácií s inými hnojivami svoje opodstatnenie. Základom pôdnej úrodnosti je i biologický faktor a o jej udržateľnosti nerozhoduje iba dostatok labilných frakcií primárnej pôdnej organickej hmoty, ale i ich ostatných semilabilných a dokonca i semistabilných organických látok (30). Napríklad aj výsledky štúdie Li et al. (15) ukázali, že biouhlie aplikované do pôdy je prospešné z hľadiska tvorby humusu v pôde, pretože po jeho zapravení do pôdy, avšak v laboratórnych podmienkach došlo k zvýšeniu obsahu HK a FK. Naše výsledky pochádzajú z poľného experimentu a zmenené obsahy humusových látok v skúmanej pôde boli zapríčinené v závislosti od typu aplikovaného biouhľikového substrátu, jeho dávky, ale i od toho či boli substráty aplikované samostatne, resp. kombinované s prídavným organickým hnojením (tabuľka 2). Napr. ak bol biouhľikový substrát B1 v dávkach 10 a 20 t.ha⁻¹ aplikovaný samostatne v porovnaní s nehnojenu kontrolou, tak obsah HL sa znížil z 6,52 g.kg⁻¹ na 4,86 a 5,15 g.kg⁻¹. Na druhej strane substrát B2 obsah HL síce znížil, ale nie štatisticky preukazne. V porovnaní s nehnojenu kontrolou sa obsah HK znížil v rozpätí od 26 do 45 % v prípade oboch testovaných substrátov pokiaľ boli aplikované samostatne v porovnaní s nehnojenu kontrolou. Ak bol substrát B1 kombinovaný s OH, tak sme pozorovali štatisticky významný nárast v obsahu HL v pôde – výrazne viac po aplikácii jeho vyššej dávky. Obsah HK sa zvýšil o 8, 30 a 16 % po aplikácii B1 v dávke 10

a 20 t.ha⁻¹, ale i po aplikácii B2 v dávke 20 t.ha⁻¹. Po aplikácii biouhľikových substrátov sa priemerne za dva roky zvýšil obsah FK v pôde – výraznejšie v prípade kombinácie testovaných substrátov s OH ako iba ich samotnou aplikáciou. Celkovo zvýšenie FK v oboch experimentoch, ale aj zvýšenie HK a teda celkovo HL v experimente, kde sa biouhľikové substráty kombinovali s OH možno pripísať zastúpeniu väčšieho množstva odolných organických molekúl biouhľikových substrátov voči mikrobiálnemu rozkladu (17). Celkovo medzi obsahom C_{org}, ktorý sa zvýšil i vďaka prídaniu biouhľikových substrátov a jeho kombinácii s prídavným OH s obsahom HL vrátane HA bola zistená štatisticky významne lineárna závislosť (obrázok 4 A, B), pričom tento vzťah bol v oboch prípadoch silnejší vo variantoch biouhľikové substráty + OH. To poukazuje na to, že prostredníctvom dodaných oboch substrátov v kombinácii s OH sa v pôde zvýšilo zastúpenie HL.

Využívanie rôznych typov biouhľia má veľký potenciál pre tvorbu (15) a stabilizáciu humusových látok v pôdach (5), čo sa v našom výskume potvrdilo iba čiastočne (tabuľka 2). Kvalita humusu založená na C_{HA} : C_{FA} pre študovanú pôdu bola nad 1, čo naznačuje celkovo priaznivú kvalitu humusu (24), a to i napriek tomu, že prídanie substrátov samostatne, ale i ich kombinácia s OH (okrem substrátu B2 vo vyššej dávke a jeho kombinácia s OH vo vyššej dávke) znížila pomer C_{HA} : C_{FA}. Tento výsledok môže byť v dôsledku narušenia samotnej stability humusu v pôde. Humus v pôde je relatívne stabilný (7, 30), ale v dôsledku vonkajších vplyvov, ako v našom prípade určite bola aplikácia biouhľikových substrátov, môže byť jeho stabilita narušená a humus v pôde začína podliehať ataku pôdnych mikroorganizmov (1) výsledkom čoho je znižovanie HL v pôde (18). Samozrejme zásadný vplyv na tieto procesy budú mať vlastnosti biouhľia. Napr. Zhao et al. (33) uviedli, že rozdielny vplyv biouhľia na obsah HK a FK závisí od rôznych teplôt použitých na výrobu biouhľia. V našom prípade sa kvalita humusu nenarušila v dôsledku zníženia stability humusu vo všetkých variantoch. Hodnoty farebných kvocientov humusových látok (Q_{HL}) sa znížili v rozpätí od 17 do 9 % v prípade variantov bez prídavného hnojenia, čo indikuje stabilizáciu humusu prostredníctvom dodaných substrátov. Na druhej strane, stabilita humusu sa znížila vo variantoch, kde boli substráty aplikované spolu s OH, kdeže sa hodnoty Q_{HL} zvýšili v rozpätí od 6 do 24 %.

Tabuľka 2: Obsah humusových látok a kvalitatívne parametre humusu

Table 2: Content of humic substances and qualitative humus parameters

Variant (1)	HL	Rel. (%)	HK	Rel. %	FK	Rel. %	C _{HK} : C _{FK}	Rel. %	Q _{HL} ^{4/6}	Rel. %	Q _{HK} ^{4/6}	Rel. %
	g.kg ⁻¹		g.kg ⁻¹		g.kg ⁻¹							
Kontrola	6,52	100	5,33	100	1,85	100	2,1	100	4,87	100	3,75	100
B1 10t	4,86	75	2,92	55	1,94	105	1,53	73	4,28	88	3,48	93
B1 20t	5,15	79	3,02	57	2,12	115	1,46	70	4,42	91	3,83	102
B2 10t	5,86	90	3,63	68	2,23	121	1,69	81	4,14	85	3,63	97
B2 20t	6,05	93	3,94	74	2,11	114	2,07	99	4,06	83	3,56	95
OH	4,86	100	3,18	100	1,67	100	1,93	100	3,93	100	3,38	100
B1 10t + OH	5,51	113	3,44	108	2,07	124	1,65	86	4,41	112	3,7	109
B1 20t + OH	6,58	135	4,14	130	2,44	149	1,75	91	4,15	106	3,62	107
B2 10t + OH	4,55	94	2,68	84	1,87	112	1,48	77	4,66	119	3,36	100
B2 20t + OH	5,68	117	3,7	116	1,98	119	1,92	100	4,89	124	3,89	115

(1) treatments

Záver

Získané výsledky potvrdili významné zmeny v množstve a kvalite pôdnej organickej hmoty a humusových látok po aplikácii biouhlíkových substrátov v hlinitej černozi. Pozitívne resp. negatívne zmeny boli závislé od typu zapracovaného biouhlíkového substrátu, jeho aplikačnej dávky, ale i od toho či boli resp. neboli kombinované s prídavným organickým hnojením. Testované biouhlíkové substráty sa vyznačujú nižšou reaktivitou a stabilnejšou štruktúrou a na humifikáciu pôdnej organickej hmoty majú skôr negatívny ako pozitívny efekt. Ak sa však k biouhlíkovým substrátom každoročne aplikovalo prídavné organické hnojenie reprezentujúce ľahko dostupné organické zdroje, tak podiel humusových látok z organickej hmoty sa významne nezmenil. Uvedené indikuje, že prídavné organické hnojenie pôsobí ako stabilizačný moment na humifikačný proces organickej hmoty pôdy po aplikácii biouhlíkových substrátov. Aplikáciou biouhlíkových substrátov spolu s organickým hnojením sa v pôde zvýšilo zastúpenie humusových látok – výrazne vyšší nárast fulvo kyselín ako humínových kyselín, čo malo za následok narušenie aj stability humusových látok. Na druhej strane prostredníctvom zapracovaných biouhlíkových substrátov došlo k výraznejšej stabilizácii humusu v pôde.

Z našich výsledkov je zrejme, že ak chce byť farmár úspešný aj v prípade využívania biouhlíkových substrátov v rámci jeho koncepcie hospodárenia na pôde, musí brať do úvahy nie len benefity, ale i nevýhody, ktoré z toho vyplývajú. Naše výsledky sú súhrnom zatiaľ dvojročného experimentu a keďže ako je v článku uvedené, kolobeh humusových látok sa datuje na rádovo stovky až tisícok rokov, nie je možné úplne relevantne vyjadriť sa ako to bude v prípade zmeny humusu v ďalšom dlhodobom období. Naše výsledky však naznačujú, že biouhlíkové substráty sú zdrojom najmä stabilnej organickej hmoty, ktorá sa môže aktivovať prostredníctvom prídavného organického hnojenia k naštartovaniu pozitívnych transformačných procesov v pôde, pričom sa farmár musí vždy zodpovedne zamyslieť nad množstvom a kvalitou aplikovaného biouhlíkového substrátu.

Literatúra

- (1) ADANI, F. – GENEVINI, P. – RICCA, G. – TAMBONE, F. – MONTONERI, E. 2007. Modification of soil humic matter after 4 years of compost application. In *Waste Management*, 2007, 27, pp. 319–324.
- (2) AL-WABEL, M.I. – HUSSAIN, Q. – USMAN, A.R.A. – AHMAD, M. – ABDULJABBAR, A. – SALLAM, A.S. – OK, Y.S. 2018. Impact of biochar properties on soil conditions and agricultural sustainability: A review. In *Land Degrad. Dev.*, 2018, 29, pp. 2124–2161.
- (3) AYDIN, E. – ŠIMANSKÝ, V. – HORÁK, J. – IGAZ, D. 2020. Potential of Biochar to Alternate Soil Properties and Crop Yields 3 and 4 Years after the Application. In *Agronomy*, 2020, 10, 889.
- (4) DZIADOWIEC, H. – GONET, S.S. 1999. Przewodnik metodyczny do badań materii organicznej gleb. Prace komisji naukowych Polskiego towarzystwa gleboznacznego. Warszawa, 1999, 65 p.
- (5) GONDEK, K. – MIERZWA-HERSZTEK, M. 2017. Effect of thermal conversion of municipal sewage sludge on the content of Cu, Cd, Pb and Zn and phytotoxicity of biochars. In *Journal of Elementology*, vol. 22, 2017, no. 2, pp. 427–435.
- (6) GUPTA, V. V. – GERMIDA, J. J. 2015. Soil aggregation: influence on microbial biomass and implications for biological processes. In *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 80, 2015, pp. A3–A9.
- (7) HAYNES, R.J. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. In *Advances in Agronomy*, 2005, no. 85, pp. 221–268.
- (8) HORÁK, J. – ŠIMANSKÝ, V. – AYDIN, E. 2020. Benefits of biochar and its combination with nitrogen fertilization for soil quality and grain yields of barley, wheat and corn. In *Journal of Elementology*, vol. 25, 2020, no. 2, pp. 443–458.
- (9) HORÁK, J. – ŠIMANSKÝ, V. – IGAZ, D. – JURIGA, M. – AYDIN, E. – LUKAC, M. 2020. Biochar – an Important Component Ameliorating the Productivity of Intensively Used Soils. In *Polish Journal of Environmental Studies*. vol. 29, 2020, no. 5, pp. 2995–3001.
- (10) IGAZ, D. – ŠIMANSKÝ, V. – HORÁK, J. – KONDRLOVÁ, E. – DOMANOVÁ, J. – RODNÝ, M. – BUCHKINA, N. P. 2018. Can a single dose of biochar affect selected soil physical and chemical characteristics? In *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, vol. 66, 2018, no. 4, pp. 421–428.
- (11) JINDO, K. – SONOKI, T. – MATSUMOTO, K. – CANELLAS, L. – ROIG, A. – SANCHEZ-MONEDERO, M. A. 2016. Influence of biochar addition on the humic substances of composting manures. In *Waste Management*, vol. 49, 2016, pp. 545–552.
- (12) JONES, D.L. – ROUSK, J. – EDWARDS-JONES, G. – DELUCA, T.H. – MURPHY, D.V. 2012. Biochar mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. In *Soil Biol. Biochem.*, 2012, no. 45, pp.113–124.
- (13) JURIGA, M. – ŠIMANSKÝ, V. 2019. Pôdna organická hmota a pôdna štruktúra hnedozeme ovplyvnená prídavím biouhľia a biouhľia s N hnojivom. In *Agrochémia*, vol. XXII. (59), 2019, no. 1. pp. 16–27.
- (14) LEHMANN, J. – KLEBER, M. 2015. The continuous nature of soil organic matter. In *Nature*, 2015, no. 528, pp. 60–68.
- (15) LI, H. et al. 2015. Effect of biochar on organic matter conservation and metabolic quotient of soil. In *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 2015, no. 34, pp. 1467–1472.
- (16) LOGINOW, W. – WISNIEWSKI, W. – GONET, S.S. – CIESCINSKA, B. 1987. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation. In *Pol. J. Soil Sci.*, 20, 1987, pp. 47–52.
- (17) LOPEZ-CAPEL, E. – ZWART, K. – SHACKLEY, S. – POSTMA, R. – STENSTROM, J. – RASSE, D. P. – BUDAI, A. – GLASER, B. 2016. Biochar properties. In *Biochar in European Soils and Agriculture, Science and Practice*. London and New York : Routledge, Taylor and Francis Group, 2016, pp. 39–72. ISBN 978-0-415-71166-1.
- (18) MIERZWA-HERSZTEK, M. – GONDEK, K. – KOPEĆ, M. – UKALSKA-JARUGA, A. 2018. Biochar changes in soil based on quantitative and qualitative humus compounds parameters. In *Soil Science Annual*, 2018, no. 69, pp. 234–242.
- (19) NGUYEN, B.T. – LEHMANN, J. – HOCKADAY, W.C. – JOSEPH, S. – MASIELLO, C.A. 2010. Temperature sensitivity of black carbon decomposition and oxidation. In *Environmental Science and Technology*, 44, 2010, pp. 3324–3331.
- (20) SCHMIDT, M.W.I. – TORN, M. S. – ABIVEN, S. – DITTMAR, T. – GUGGENBERGER, G. – JANSSENS, I. A. – KLEBER, M. – KOGEL-KNABER, I. – LEHMANN, J. – MANNING, D.A.C. – NANNIPIERI, P. – RASSE, D.P. – WEINDER, S. – TRUMBORE, S.E. 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. In *Nature*, vol. 478, 2011, no. 7367, pp. 49–56.
- (21) SINGH, B. P. – COWIE, A. L. – SMERNIK, R. J. 2012. Biochar carbon stability in a clayey soil as a function of feedstock and pyrolysis temperature. In *Environmental Science and Technology*, vol. 46, 2012, no. 21, pp. 11770–11778.

- (22) SINGH, B. P. – COWIE, A. L. 2014. Long-term influence of biochar on native organic carbon mineralisation in a low-carbon clayey soil. In Scientific Report, vol. 4, 2014, no. 3687, pp.1–9.
- (23) SLAMKA, P. – LOŽEK, O. 2017. Vplyv lignitu na úrodu a kvalitu zrna ovsa siateho (*Avena sativa*, L.). In Agrochémia, vol. 57, 2017, no. 1, pp. 16–21.
- (24) SZOMBATHOVÁ, N. 2010. Chemické a fyzikálno-chemické vlastnosti humusových látok pôd ako ukazovateľ antropogénnych zmien v ekosystémoch (lokality Báb a Dolná Malanta). Nitra : SPU, 2010, 96 s. ISBN 978-80-552-0329-4.
- (25) ŠIMANSKÝ, V. – HORÁK, J. – IGAZ, D. – BALASHOV, E. – JONCZAK, J. 2018. Biochar and biochar with N fertilizer as a potential tool for improving soil sorption of nutrients. In Journal of Soils and Sediments, vol. 18, 2018, no. 4, pp. 1432–1440.
- (26) ŠIMANSKÝ, V. – HORÁK, J. – KOVÁČIK, P. – BAJČAN, D. 2017. Carbon sequestration in water-stable aggregates under biochar and biochar with nitrogen fertilization. In Bulgarian Journal of Agricultural Science, vol. 23, 2017, no. 3, pp. 429–435.
- (27) ŠIMANSKÝ, V. – ŠRANK, D. – JURIGA, M. – JONCZAK, J. 2019. Fertilization and Application of Different Biochar Types and their Mutual Interactions Influencing Changes of Soil Characteristics in Soils of Different Textures. In Journal of Ecological Engineering, vol. 20, 2019, no. 5, pp. 149–164.
- (28) ŠRANK, D. – ŠIMANSKÝ, V. – JURIGA, M. 2020. Zásoba živín v zrnitostne odlišných pôdach po pridaní biouhlíkových substrátov a ich kombinácií s minerálnymi a organickými hnojivami. In Agrochémia, roč. 60, 2020, č. 1, pp. 28–34.
- (29) ŠRANK, D. – ŠIMANSKÝ, V. 2020. Physical properties of texturally different soils after application of biochar substrates. In Agriculture (Poľnohospodárstvo), vol. 66, 2020, no. 2, pp. 45–55.
- (30) VÁCHALOVÁ, R. – KOLÁŘ, L. – MUCHOVÁ, Z. 2016. Primární organická pudní hmota a humus, dvě složky pudní organické hmoty. Nitra : SPU, 2016, 122 s. ISBN 978-80-552-1467-2.
- (31) WEBER, J. – CHEN, Y. – JAMROZ, E. – MIANO, T. 2018. Preface: humic substances in the environment. In Journal of Soils and Sediments, vol. 18, 2018, pp. 2665–2667.
- (32) WEBER, J. 2020. Humic Substances and their Role in the Environment. In EC Agriculture, 2020, pp. 3–8.
- (33) ZHAO, S. – TA, N. – LI, Z. – YANG, Y. – ZHANG, X. – LIU, D. – ZHANG, A. – WANG, X. 2017. Varying pyrolysis temperature impacts application effects of biochar on soil labile organic carbon and humic substances. In Applied Soil Ecology, 2017, 116, pp. 399–409.

doc. Ing. Vladimír Šimanský, PhD.

Katedra pedológie a geológie
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra
e-mail: Vladimír.Simansky@uniag.sk

PodĎakovanie

Táto práca bola finančne podporená spoločnosťou
Zdroje Zeme a. s.



Foto: Šimanský, V.

Vývoj pôdnej reakcie na pôdach poľnohospodárskeho družstva Kapušany

Development of pH on soils of Kapušany agricultural holding

Gabriela Barančíková, Ján Halas, Ľudmila Fiamčíková

At sustainable soil management it is very important to maintain the pH at its optimal value of plant nutrition point of view. In this paper we present the development of exchangeable acidity (pH/KCl) in three time points (1965, 1990, 2018) on agricultural soils of Kapušany agricultural holding. The evaluation of pH changes in time period (1965–2018) were realized according soil types and erosion groups. Our results show that on the beginning of the observation (1965) average values of exchangeable acidity on most soil types were in acid region, on Phaeozems in weak acid and on Fluvisols on neutral region. In 1990 pH values on all soil types increased because of liming in the seventies and eighties. After 1989 liming was minimal and on all soil types values of exchangeable acidity decreased. From this reason on all soils of Kapušany agricultural holding it is necessary to increase pH on its optimal level, which is possible to achieve by reclamation liming and after reaching the optimum pH, regularly carry out maintenance liming together with fertilization with organic fertilizers. Our results also showed that the pH is the lowest on heavily and extremely strongly eroded soils and therefore we propose to apply anti-erosion measures in these locations (cultivation of winter crops). On the localities with high erosion risk we recommend grassing or using these localities for forage cultivation.

exchangeable acidity, soil types, soil erosion, agricultural holding, liming

Jedným z najdôležitejších parametrov pôdnej úrodnosti, ktorý vo veľkej miere ovplyvňuje mnohé vlastnosti pôdy je pôdna reakcia. Pôdna reakcia indikuje acidobázické reakcie v pôde, je výsledkom celkovej bilancie iónov v pôdnom roztoku, ovplyvňuje rozpustnosť mnohých látok v pôde, prístupnosť živín, pôdnu štruktúru, rast a činnosť koreňového systému rastlín, ovplyvňuje skladbu druhového zloženia makro a mikrofauny v ekosystéme a podmieňuje úrody rastlín, teda takmer všetky vlastnosti pôdy (2, 3). Pôdna reakcia determinuje aj prijateľnosť živín rastlinami (8), mobilitu hliníka, mangánu a ťažkých kovov (10, 11), ako aj viaceré fyzikálno-chemické vlastnosti pôdy (sorpčnú kapacitu, kationovú a aniónovú výmennú kapacitu) nakoľko celý systém biochemických reakcií vo vzťahu pôda-rastlina, regulovaný enzýmami, je ovplyvnený aj hodnotou pH. Z uvedeného dôvodu optimálna hodnota pôdnej reakcie patrí ku kľúčovým aspektom pri hodnotení ekosystémových služieb plynúcich z prírodných kapitálových zásob naplňajúcich ľudské potreby (12) a je základným predpokladom udržateľného poľnohospodárstva, v ktorom

pôda plní všetky svoje funkcie a služby v optimálnom rozsahu pri konkrétnom spôsobe jej využitia.

Pôdna reakcia je definovaná ako záporný dekadický logaritmus aktivity oxóniových iónov (H_3O^+) a je vyjadrená v jednotkách pH. Hodnoty pH pôdneho roztoku sa v prírodnom prostredí pohybujú v intervale od 2 – 11 (2). V pôdnom prostredí rozlišujeme aktívnu pôdnu reakciu, ktorá je určená H_3O^+ iónmi a výmennú pôdnu reakciu, ktorá je okrem H_3O^+ iónov determinovaná aj obsahom Al^{3+} iónov absorbovaných pôdnym koloidným komplexom, ktoré sa uvoľnia do roztoku pôsobením hydrolyticky neutrálnych solí (KCl, $CaCl_2$). Na poľnohospodárskej pôde prevládajú kyslé až neutrálne (pH = 4,9 – 7) pôdy, pod lesnými porastami sú pôdy podstatne kyslejšie (pH < 4,9) (4).

Jeden zo závažných problémov chemickej degradácie pôdy, ktorý ovplyvňuje chemické procesy v pôde, je antropogénna acidifikácia, negatívny proces okyslenia pôdy. Acidifikácia je však aj prírodný degradačný proces, ktorý je možné definovať ako zníženie pufráčnej schopnosti pôdy. Všeobecne je to dôsledok tvorby kyselín v pôde alebo ich prísunu z vonkajšieho prostredia. Druhotnými javmi sú predovšetkým strata bázických kationov a uvoľňovanie hliníka a železa v pôdach (15). Kyslá pôdna reakcia má nepriaznivý účinok na rast väčšiny plodín nakoľko kyslé pôdne prostredie spôsobuje zhoršenie fyzikálnych, biologických a chemických vlastností pôdy, znižuje efektívnosť využitia aplikovaných hnojív a má nepriaznivý vplyv na rast koreňov plodín (1). Acidifikácia je vratný proces, ale jej dôsledky v agroekosystéme sú nevrátne. Podľa zákona NR SR o pôde č. 220/2004 (17) acidifikácia patrí k degradačným procesom a každý vlastník poľnohospodárskej pôdy je povinný vykonávať také agrotechnické opatrenia, ktoré sú zamerané na zachovanie kvality pôdy a ochranu pred jej degradáciou. Hodnoty pôdnej reakcie sa sledujú v rámci Agrochemického skúšania pôd UKSUPom, ale metódy stanovenia tohto parametra sú v jednotlivých cykloch rozdielne. Na slovenských poľnohospodárskych pôdach sa vývoj aktívnej (pH/ H_2O) a výmennej (pH/KCl, pH/ $CaCl_2$) pôdnej reakcie sleduje rovnakými metódami v rámci Monitoringu pôd, ktorý reprezentuje jeden z čiasťkových monitorovacích systémov Monitoringu životného prostredia. Pôdny monitoring sa na Slovensku realizuje od roku 1993 a zatiaľ posledný monitorovací cyklus, bol vyhodnotený odber vzoriek v roku 2013, v ktorom bolo zistené zníženie hodnôt pôdnej reakcie vo všetkých hodnotených skupinách pôd okrem čierníc na karbonátových fluvialných sedimentoch, na skupine rendzín využívaných ako orné pôdy a na regozemiach na nekarbonátových viatych pieskoch (7). Z pôdnych typov na Slovensku disponujú najvyššou výmerou kambizeme a v súčasnosti na všetkých skupinách kambizemí bolo v rámci monitoringu pôd zaznamenané zníženie hodnôt pôdnej reakcie (13). Môžeme teda konštatovať, že na slovenských poľnohospodárskych pôdach v období posledných takmer 30-tich rokov dochádza k zníženiu hodnôt pôdnej reakcie. V tejto práci prezentujeme hodnotenie vývoja hodnôt výmennej pôdnej reakcie vo výrazne dlhšom časovom období 1965-2017 na poľnohospodárskom podniku (PD) Kapušany. V práci sa zameriame na celkové hodnotenie vývoja pH na celej výmere poľnohospodárskej pôdy, ale aj na zmeny v hodnotách výmennej pôdnej reakcie podľa pôdnych typov a erózných skupín pôd na danom území.

Materiál a metódy

Klimaticko-geografická charakteristika hodnoteného územia

Poľnohospodársky podnik Kapušany pri Prešove leží na rozhraní severného okraja Slánskych vrchov a Šarišskej vrchoviny v doline rieky Sekčov v nadmorskej výške 280 metrov. Rovinný až pahorkatinný povrch územia tvorí centrálno-karpatský flyš, andenzity, ryolity, usadeniny ml. treťohôr, štvrtohorné náplavy rieky Sekčov a jej prítokov (9). Na obrázku 1 sú znázornené hranice hospodárskeho obvodu PD Kapušany s odberovými miestami pôdných vzoriek.

Sledované územie patrí do oblasti chladnej, podoblasti mierne chladnej s teplotou v júli 12 až 16 °C. Podľa Atlasu krajiny Slovenskej republiky zrážkový úhrn v roku prevyšuje 800 mm, vo vegetačnom období 450 – 600 mm. V záujmovom území sa priemerná ročná teplota vzduchu (podľa nadmorskej výšky a expozície) pohybuje v rozmedzí 5 – 6 °C. Z geomorfologického hľadiska sa hodnotené územie nachádza na rozhraní troch geomorfologických celkov Spišsko-šarišské medzihorie, Košická kotlina a Šarišská vrchovina (14). Na úrodnosť pôd v hospodárskom obvode PD Kapušany nepriaznivo vplyva erózna činnosť vody, prejavujúca sa najmä v severo-východnej a západnej časti záujmového územia (9).

Pedologická charakteristika hodnoteného územia

Podľa Atlasu krajiny Slovenskej republiky posudzované územie obce Kapušany zastupujú pseudogleje modálne,

kultizemné a luvizemné nasýtené až kyslé, hnedozeme pseudoglejové a pseudogleje, fluvizeme kultizemné karbonátové a kambizeme modálne. Z pôdných typov prevažujú v alúviu rieky Sekčov fluvizeme, na okolitých svahoch Toryskej pahorkatiny čiernice, pseudogleje, luvizeme a pararendziny. Dominantným pôdnym typom na hodnotenom území sú kambizeme (tabuľka 1) a prevládajúcim pôdnym druhom sú pôdy hlinité až ílovitohlinité.

Tabuľka 1: Percentuálne zastúpenie pôdných typov na poľnohospodárskej pôde PD Kapušany

Table 1: Percentage of soil types on agricultural soil of agricultural holding Kapušany

Pôdny typ (1)	% zastúpenie (2)
Kambizem (3)	47,9 %
Pseudoglej (4)	32,1 %
Fluvizem (5)	9,1 %
Pararendzina (6)	8,4 %
Čiernica (7)	1,2 %
Luvizem (8)	1,3 %

Zdroj: VÚPOP Bratislava

(1) soil type, (2) percentage, (3) Cambisol, (4) Planosol, (5) Fluvisol, (6) Regosol, (7) Praeozem, (8) Luvisol

Hospodársky obvod PD Kapušany je po stránke poľnohospodársko-výrobnej zaradený do výrobnnej oblasti zemiakárskej so subtypom pšeničným. Celková výmera PD Kapušany predstavuje 1951,71 ha, a je využívaná predovšetkým ako orná pôda (OP – 78 %). Trvalo trávne porasty (TTP) predstavujú iba 28 %. 13 % z celkovej výmery



Obrázok 1: Mapa sledovaného územia (hranice hospodárskeho obvodu so znázornenými bodmi odberu pôdných vzoriek)
Figure 1: The map of the monitored area (boundaries of economic district with illustrated soil sampling points)

PD Kapušany tvorí pôda bez erózie, ktorá sa nachádza predovšetkým na fluvizemiach. Stredne erodované pôdy tvoria 42 %, silne erodované 40 % sledovaného územia. Iba na 5 % územia bola zistená extrémna erózia na kambizemiach, luvizemiach ale aj pararendzinách (5).

Odber pôdnych vzoriek a stanovenie výmennej pôdnej reakcie

V práci hodnotíme údaje pôdnej reakcie z troch časových bodov, 1965, 1990 a 2018. Hodnoty pôdnej reakcie z prvého odberu pôdnych vzoriek boli získané z Databázy výberových sond Komplexného prieskumu pôd (KPP), ktorý bol na danom území realizovaný v roku 1965. Hodnoty pôdnej reakcie z roku 1990 boli získané z údajov Agrochemického skúšania pôd, ktorý sa na hodnotenom území v danom roku realizoval, pričom sme pri hodnotení použili iba údaje z tých honov, na ktorých boli v roku 1965 vykopané výberové sondy KPP. Odberový cyklus v roku 1990 bol vybraný z toho dôvodu, že v danom cykle sa výmenná hodnota pH merala v roztoku chloridu draselného (KCl), od roku 2006 sa na meranie výmenného pH používal roztok chloridu vápenatého (16). V roku 2018 boli v rámci Diplomovej práce (5) odobraté pôdne vzorky z rovnakých lokalít ako pri KPP. Pôdne vzorky boli odobrané z orníchej vrstvy 0 – 0,3 m. Okrem jednej lokality, ktorá je na TTP, všetky ostatné odberové miesta boli na ornej pôde.

Hodnoty výmennej pôdnej reakcie vo všetkých časových bodoch boli stanovené v roztoku chloridu draselného (pH/KCl) a presný postup stanovenia je uvedený v publikácii Jednotné pracovné postupy rozborov pôd (6).

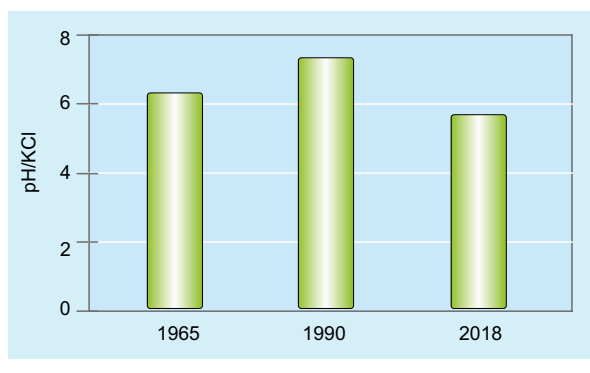
Preukaznosť zmien medzi jednotlivými rokmi na celej poľnohospodárskej pôde, pôdnych typoch a skupinách erózne ohrozených pôd s dostatočným počtom odberových miest bola hodnotená Studentovým t-testom pre párové hodnoty.

Výsledky a diskusia

Na pôdach poľnohospodárskeho družstva Kapušany dominujú kambizeme a pseudogleje (tabuľka 1), ktoré patria medzi menej až málo produkčné pôdy s pomerne nízkym pH (4,7). Na začiatku sledovaného obdobia priemerná hodnota výmenného pH sa nachádzala v kyslej oblasti, v roku 1990 stúpala do slabo kyslej oblasti a na konci sledovaného obdobia opäť klesla do kyslej oblasti (obrázok 2). Zvýšenie hodnôt výmennej pôdnej reakcie medzi rokmi 1965 a 1990 môže byť spôsobené celkovou intenzifikáciou poľnohospodárskej výroby. Predovšetkým v 80-tych rokoch 20. storočia kyslé poľnohospodárske pôdy, medzi

Obrázok 2: Priemerné hodnoty výmennej pôdnej reakcie (pH/KCl) na poľnohospodárskom pôdnom fonde (PPF) počas sledovaného obdobia

Figure 2: Average values of exchangeable acidity (pH/KCl) on agricultural land fund during observed period



ktoré patrí aj najrozšírenejší pôdny typ na Slovensku kambizem, sa pomerne intenzívne vápnili a hnojili (4). Nakoľko na poľnohospodárskom podniku Kapušany dominujú kambizeme, v 70-tych a 80-tych rokoch sa tieto pôdy pomerne intenzívne vápnili. Po roku 1989 v dôsledku celospoločenských zmien, ktoré sa odrazili aj v poľnohospodárstve, sa vápnenie pôd zanedbávalo a hodnoty výmennej pôdnej reakcie pomerne prudko klesli, dokonca na ešte nižšiu hodnotu ako na začiatku sledovaného obdobia (obrázok 2). Zmeny v priemerných hodnotách výmenného pH medzi sledovanými rokmi boli štatisticky významné (tabuľka 2).

Podobný trend vývoja výmennej pôdnej reakcie ako na celom poľnohospodárskom pôdnom fonde bol zaznamenaný aj na jednotlivých pôdnych typoch. Ako je zrejme z obrázka 3, najvyššie priemerné hodnoty výmenného pH na všetkých pôdnych typoch boli namerané v roku 1990 a najnižšie v súčasnosti (odber v roku 2018). Z pôdnych typov najvyššie priemerné hodnoty pH/KCl počas celého sledovaného obdobia boli zistené na fluvizemiach a čierniciach (obrázok 3).

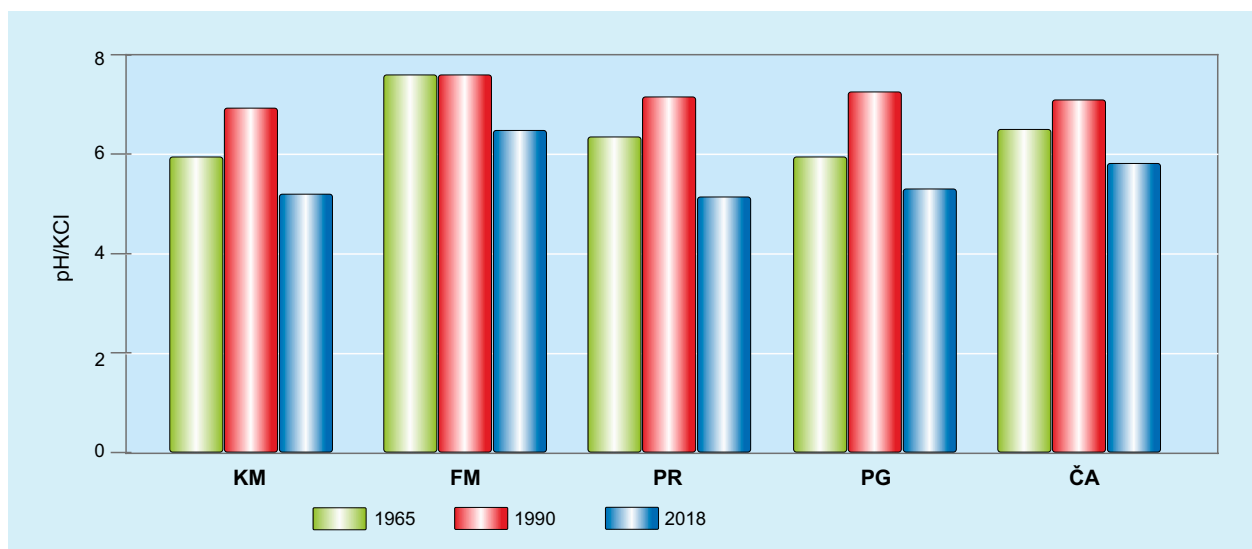
Je však potrebné poznamenať, že priemerná hodnota výmennej pôdnej reakcie pre pôdne typy fluvizem, čierica a pararendzina bola vypočítaná pre každý pôdny typ iba z dvoch lokalít. Priemerné hodnoty výmennej pôdnej reakcie na sledovanom území spadajú do rozsahu hodnôt pH/KCl pre jednotlivé pôdne typy, ktoré boli namerané v rámci Monitoringu poľnohospodárskych pôd Slovenska (7). Zmeny v priemerných hodnotách výmenného pH

Tabuľka 2: Štatisticky významné rozdiely v priemerných hodnotách výmennej pôdnej reakcie medzi jednotlivými rokmi
Table 2: Statistically significant differences in average values of soil exchangeable reaction between individual years

PPF Pôdny typ/erózna skupina	n	pH/KCl	pH/KCl	pH/KCl
		1995/1990	1990/2018	1965/2018
PPF	23	***	***	***
KM	12	***	***	***
PG	6	***	***	***
Bez erózie	5	0	***	***
Stredná erózia	11	***	***	***
Silná erózia	7	***	***	***

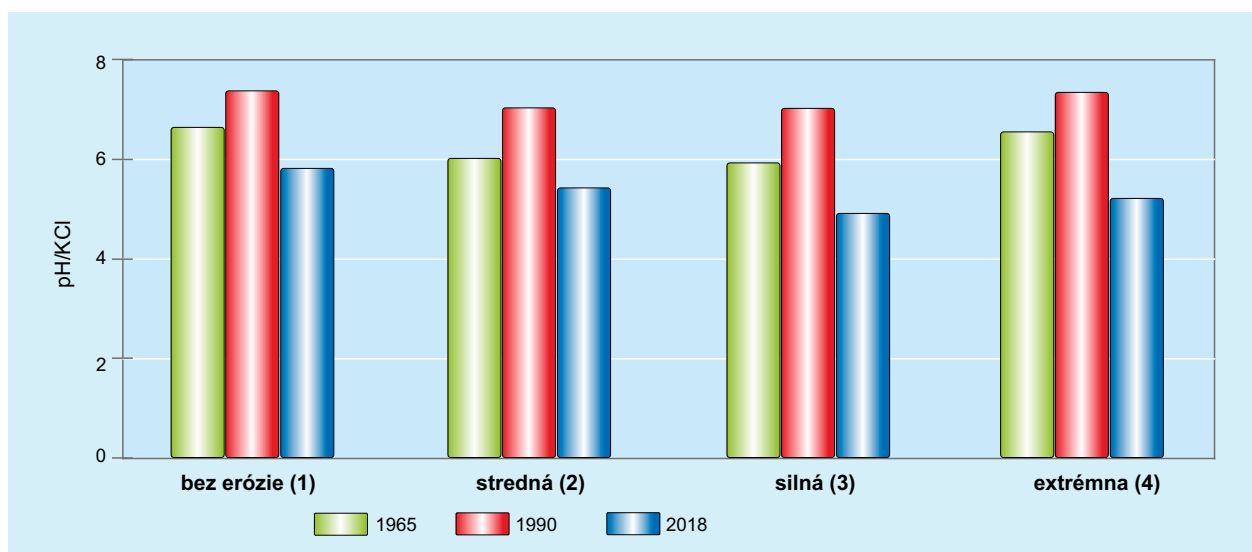
n – počet lokalít, PPF – poľnohospodársky pôd fond, KM – kambizeme, PG – pseudogleje, *** štatisticky významný rozdiel na hladine významnosti 0,05
n – number of sites, PPF – agricultural land fund, KM – Cambisols, PG – Planosols, *** statistically significant difference at the significant level 0.05

Obrázok 3: Priemerné hodnoty výmennej pôdnej reakcie (pH/KCl) na jednotlivých pôdnych typoch počas sledovaného obdobia
Figure 3: Average values of exchangeable acidity (pH/KCl) on individual soil types during observed period



KM – kambizeme, FM – fluvizeme, PR – pararendziny, PG – pseudogleje, ČA – čiernice
 KM – Cabisols, FM – Fluvisols, PR – Regosol, PG – Planosols ČA – Phaeozem

Obrázok 4: Priemerné hodnoty výmennej pôdnej reakcie (pH/KCl) jednotlivých erózných skupín pôd počas sledovaného obdobia
Figure 4: Average values of exchangeable acidity (pH/KCl) on individual erosion groups during observed period



(1) without erosion, (2) middle erosion, (3) strong erosion, (4) extreme erosion

medzi sledovanými rokmi na pôdnych typoch kambizem a pseudoglej boli štatisticky významné (tabuľka 2).

Územie, na ktorom hospodári poľnohospodársky podnik Kapušany je značne erózne ohrozené, nakoľko iba 13 % z celkovej výmery PD Kapušany je na pôde bez prejavov vodnej erózie. Stredne erodované pôdy tvoria 42 %, silne erodované 40 % sledovaného územia a na 5 % územia bola zistená extrémna erózia (5). Pri rozdelení sledovaného územia podľa erózných skupín, trend priemernej hodnoty výmennej pôdnej reakcie bol rovnaký ako na

PPF a jednotlivých pôdnych typoch, teda najvyššie hodnoty pH/KCl vo všetkých erózných skupinách boli zistené v roku 1990 (obrázok 4).

Počas celého monitorovacieho obdobia najvyššie hodnoty výmennej pôdnej reakcie boli zistené na pôdach bez prejavov vodnej erózie (obrázok 4), na ktorých sa nachádzajú fluvizeme s relatívne vysokými hodnotami pH v porovnaní s kambizemami a pseudoglejami.

Najnižšie hodnoty výmennej pôdnej reakcie boli namerané v roku 2018 na silne erózne ohrozených pôdach a na

extrémne silne erózne ohrozených pôdach (obrázok 4). Je však potrebné poznamenať, že na extrémne silne erózne ohrozenej pôde sa nachádzala iba jedna lokalita. Zmeny v priemerných hodnotách výmenného pH medzi sledovanými rokmi boli štatisticky významné, okrem pôd bez prejavov erózie medzi rokmi 1965 a 1990 (tabuľka 2).

Záver

Pôdna reakcia je jeden z najdôležitejších parametrov pôdnej úrodnosti, a preto pri udržateľnom hospodárení na pôde ako aj z hľadiska výživy rastlín, je kľúčovým aspektom udržanie pôdnej reakcie na jej optimálnej hodnote. Na začiatku pomerne dlhého sledovaného obdobia (1965 – 2018) na pôdnom fonde PD Kapušany priemerné hodnoty výmennej pôdnej reakcie sa na kambizemiach, presudoglejoch i pararendzinách pohybovali v kyslej oblasti, na čierniciach v slabokyslej oblasti a na fluvizemiach v neutrálnej oblasti. Nakoľko 70 a 80 roky 20. storočia sú charakteristické intenzifikáciou poľnohospodárstva aj pôdy s prirodzene nízkymi hodnotami pH, ktoré sa využívali na poľnohospodárske účely sa pomerne intenzívne vápnil a hnojil, a preto najvyššia nameraná hodnota pH na sledovanom PD bola v roku 1990. V nasledujúcom období vápnenie pôd bolo minimálne a predovšetkým na prirodzene kyslých pôdach (kambizeme, pseudogleje) hodnota výmennej pôdnej reakcie prudko klesla, ale postupná acidifikácia bola zaznamenaná na celom sledovanom poľnohospodárskom fonde PD Kapušany. Na danom PD je preto potrebné zvýšiť hodnotu výmennej pôdnej reakcie na jej optimálnu úroveň, ktorú je možno dosiahnuť melioračným vápnením a po dosiahnutí optimálneho pH pravidelne realizovať udržiavacie vápnenie. Pri použití vápenatých hnojív je dôležité ich dôkladné premiešanie s pôdou a takto kultivovanú pôdu vhodne obhospodarovať, používať adekvátne minerálne a organické hnojenie a vhodné striedanie plodín.

Z našich výsledkov tiež vyplynulo, že na silne a extrémne silne erózne ohrozenej pôde sú hodnoty pôdnej reakcie najnižšie, a preto na týchto lokalitách navrhujeme uplatňovať protierózne opatrenia (pestovanie ozimných plodín, medziplodín s protieróznym účinkom, prípadne striedavé pestovanie v pásach). Lokality s vysokou eróznou ohrozenosťou a zároveň s nízkym produkčným potenciálom odporúčame zatravníť alebo aspoň využívať na pestovanie krmovín.

Literatúra

- (1) ANTAL, J. – STREDŇANSKÝ, J. 2014. Ochrana a zúrodňovanie pôdy. Nitra : SPU, 2014, 204 s. ISBN 978-80-552-1205-0.
- (2) BARANČÍKOVÁ, G. – FAZEKAŠOVÁ, D. 2017. Environmentálna chémia. Prešov : Prešovská univerzita, 2017, 135 s. ISBN 978-80-9165-246-2.
- (3) BARANČÍKOVÁ, G. – GÖMÖRYOVÁ E. – TOBIAŠOVÁ, E. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – KOCO, Š. – HALAS, J. – SKALSKÝ, R. – TARASOVIČOVÁ, Z. – TAKÁČ, J. 2019. Pôdny organický uhlík a jeho odozva na využívanie krajiny Slovenska. Bratislava : NPPC-VÚPOP, 2019, 105 pp. ISBN 978-80-8163-029-3.
- (4) BIELEK, P. 2017. Pôdoznanectvo pre enviromanažérov. Nitra : SPU, 2017, 318 s. ISBN 978-80-552-1682-9.
- (5) FIAMČÍKOVÁ, L. 2019. Vplyv antropických činiteľov na vývoj pôdnej reakcie na vybranom poľnohospodárskom podniku v období 1970-2017. Diplomová práca : Prešov : Prešovská univerzita, 2019, 67 s.

- (6) KOBZA, J. BARANČÍKOVÁ, G. – BEZÁK, P. – BEZÁKOVÁ, Z. – DODOK, R. – GREČO, V. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – CHLPIK, J. – LIŠTJAK, J. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – MALIŠ, J. – SCHLOSSEROVÁ, J. – SLÁVIK, O. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. (Výstup z výskumnej úlohy „Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja“). Bratislava, 2011, s. 51–117. ISBN 978-80-89128-89-1.
- (7) KOBZA, J.- BARANČÍKOVÁ, G. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – DODOK, R. – PÁLKA, B. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2019. Monitoring pôd Slovenskej republiky. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu. Výsledky Čiastkového monitorovacieho systému – Pôda za obdobie 2013 – 2017 (5. cyklus). 1. vyd., Bratislava : NPPC-VÚPOP, 2019, 254 s. ISBN 978-80-8163-033-0.
- (8) LEONARDI, S. 1991. Indirect effect of acid rain mediated by mineral leaching "An evaluation of potential roles of leaching from the canopy. In Longhurst, W. S. (Ed). Acid Deposition. Berlin: Springer – Verlag, 1991, pp. 123–140.
- (9) LUKÁČOVÁ, K. 2016. EIA projekt (Pracovisko zberu druhotných surovín, prevádzka Kapušany) [online]. Prešov. Dostupné z: <https://www.enviroportal.sk/sk/eia/detail/pracovisko-zberu-druhotnych-surovin-prevadzka-kapusany>
- (10) MAKOVNÍKOVÁ, J. 2003. Indikátory zraniteľnosti ekologických funkcií kambizemí vzhľadom na hliník a mangán. In Agrochémia, roč. (VII) 43, 2003, s. 4–7.
- (11) MAKOVNÍKOVÁ, J. 2005. Vplyv pôdnych parametrov na distribúciu hliníka v pôdach SR. In Agriculture, roč. 51, 2005, s. 436–441.
- (12) MAKOVNÍKOVÁ J. – PÁLKA B. – ŠIRÁŇ, M. – KANIANSKA R. – KIZEKOVÁ M. – JAĎUĎOVÁ, J. 2017. Belianum. Banská Bystrica : Univerzita Mateja Bela, 2017, 150 s. ISBN 978-80-557-1242-0.
- (13) MAKOVNÍKOVÁ J. 2019. Monitoring hodnoty pôdnej reakcie kambizemí v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. In Agrochémia, roč. 59, 2019, s. 22–27.
- (14) MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR. 2002. Atlas krajiny Slovenskej republiky. Banská Štiavnica : Esprit spol. s r. o., 2002. ISBN 80-88833-27-2.
- (15) VÚMOP. 2017. Výročná zpráva za rok 2017 [online]. Praha. Dostupné z: <https://www.vumop.cz/vyrocnizprava-vumop-vvi-za-rok-2017>
- (16) VÝSLEDKY AGROCHEMICKÉHO SKÚŠANIA PÔD NA SLOVENSKU V ROKOCH 2006 – 2011 (XII. CYKLUS ASP). 2013. Bratislava, 96 s. <https://www.uksup.sk/storage/app/uploads/public/5e1/cc5/897/5e1cc5897fd1e630610295.pdf>
- (17) ZÁKON NR SR č. 220/2004 Z. z. o pôde, 2290–2292.

doc. RNDr. Gabriela Barančíková, CSc
 Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum –
 Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava,
 RP Prešov, Raymannova 1, 08001 Prešov
 Prešovská univerzita v Prešove
 Fakulta manažmentu
 Konštantínova 16, 08001 Prešov
 tel: 051/773 10 54
 e-mail: gabriela.barancikova@nppc.sk

Podakovanie

Táto práca bola finančne podporená projektom KEGA
 011PU-4/2019 Implementácia environmentálneho
 vzdelávania a výskumu do výučby manažérskych predmetov
 v študijnom programe manažment a projektom VEGA
 1/0313/19 Ekosystémový prístup ako parameter moderného
 environmentálneho výskumu kontaminovaných území.

Vplyv rôznych foriem humátov na produkciu mätonohu mnohokvetého (*Lolium multiflorum* Lamk.)

The effect of different humate forms on the Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lamk.) production

Ľuboš Vozár, Peter Kovár, Peter Hric, Petra Verešová, Miriama Lukács, Jakub Palaj, Gabriela Herencsárová, Zdenko Tokár, Martin Medzanský

Determination of the influence of different forms of humates – lignite, potassium humate solution and neutralized filtrate of humic substances, in combination with fertilizers DASA and LAD was monitored in a container experiment. We found a positive effect of added humates on production. We generally observed higher production using sulfur-containing DASA fertilizer compared to sulfur-free nitrogen fertilizer, LAD fertilizer. In combination with the nitrogen-sulfur fertilizer DASA, the yield was increased by applying a watering solution of a solution of potassium humate as well as a neutralized filtrate of humic substances. A remarkable finding is the lower dry matter production of above-ground phytomass by adding lignite to the DASA fertilizer even in comparison with the variant of this fertilizer without added humates. We recorded the opposite effect by joint application of different forms of humates with LAD fertilizer. The most productive was the variant with the addition of lignite. Slurry of potassium humate solution and neutralized humic acid filtrate also slightly increased the yield.

italian ryegrass, production, humic substances, lignite, potassium humate solution, neutralized filtrate of humic substances

Trávy sú dôležitou skupinou krmovín s mnohými cennými vlastnosťami. Majú všestranné využitie vďaka rozdielnej rýchlosti rastu a vývinu, trvácnosti a rozdielnym nárokom na pestovateľské podmienky. Z hľadiska plynulého zásobovania hospodárskych zvierat objemovými krmivami je významná produkcia nadzemnej fytohmoty počas väčšiny vegetačného obdobia. Dostatočným hnojením poskytujú vysokú úrodu krmiva, ktoré ak sa zberá v optimálnom termíne, najviac sa približuje požiadavkám zvierat (7).

Pôdna organická hmota je neoddeliteľnou súčasťou pôdy, ktorá ovplyvňuje hlavne úrodnosť, ale taktiež aj fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti pôdy, čím ovplyvňuje produktivitu poľnohospodárskych plodín, ale aj v prírode sa vyskytujúcich rastlín. Tradične sa klasifikuje na humínové a nehumínové látky. Humínové látky sa ďalej delia na humínové kyseliny, fulvové kyseliny a humínové frakcie (15).

Humínové látky sú tvorené chemickými a biologickými transformáciami rastlinných a živočíšnych látok a z mik-

robiálneho metabolizmu pričom predstavujú hlavný zdroj organického uhlíka na zemskom povrchu. Prispievajú k regulácii mnohých zásadných ekologických a environmentálnych procesov. Napríklad podporujú rast rastlín, regulujú kolobeh uhlíka a dusíka v pôde, rast mikroorganizmov v pôde, transport zlúčenín a ťažkých kovov a v neposlednom rade sa podieľajú na stabilizácii štruktúry pôdy (2).

Humínové látky (HL) sú prírodné organické zlúčeniny, ktoré vznikajú chemickým a biologickým rozkladom organickej hmoty (zvyškov rastlín, živočíchov a pod.) a syntetickou činnosťou mikroorganizmov. Zdrojom HL pre priemyselné využitie sú kaustobiolity – rašelina, lignit a zoxidované hnedé uhlie, tzv. oxyhumolity. Ako vhodnú surovinu na získanie humínových látok možno použiť prírodné oxyhumolity s vysokým obsahom humínových kyselín. Prirodzene sa vyskytujú aj v niektorých ďalších materiáloch, a to v sedimentoch, zeminách a hnedom uhli (10).

Aktuálnym sa v súčasnom období stáva využitie stimulačného efektu humátov vo výžive poľnohospodárskych plodín, ktorému sa venuje vo výskume, ale aj v poľnohospodárskej praxi značná pozornosť. Je známe, že humusové látky priaznivo ovplyvňujú fyzikálno-chemické vlastnosti pôdy, vodný a vzdušný režim, pufrovaciu schopnosť pôdy, viazanie živín do prístupných foriem a mikrobiologickú činnosť pôd (13). Humáty sú soli humínových kyselín. Vyrábajú sa chemickou izoláciou humínových kyselín z organických materiálov bohatých na uhlík (rašelina, lignit, oxyhumolity, hnedé uhlie, čierne uhlie, antracit a pod.) (8). Majú stimulačné, adsorpčné a ochranné vlastnosti, a preto je výhodné aplikovať ich spolu s výživou a ochranou rastlín (9).

Dynamický faktor pôdnej úrodnosti predstavujú predovšetkým premeny organickej hmoty v pôde v podobe deštrukcie a novej syntézy. Biochemickými procesmi je tvorený živný humus a ďalej vznikajú predstupne humusových látok. Premenné formy živného humusu významne prispievajú k rastu rastlín a formovaniu prostredia. Sú nepostrádateľné pre pôdnu biologickú činnosť, ale priamo do metabolických procesov rastliny nezasahujú. Rastlinný metabolizmus je ovplyvňovaný relatívne stálymi humusovými zlúčeninami, ktoré sú ďalšími produktami humifikácie. Tieto zlúčeniny sa vyskytujú predovšetkým v pôdnom roztoke a tvoria významnú súčasť koreňového média. Označované sú všeobecne ako humusové látky a z hľadiska klasifikácie humusu sa zaraďujú do kategórie stáleho humusu (4). Obsahujú vysoké percento humusových látok a sú obsiahnuté v kaustobiolitoch, oxyhumolitoch, leonardite, lignite, v rastlinných biopolyméroch (lignín, celulóza, hemicelulóza) a v pôdnej organickej hmote.

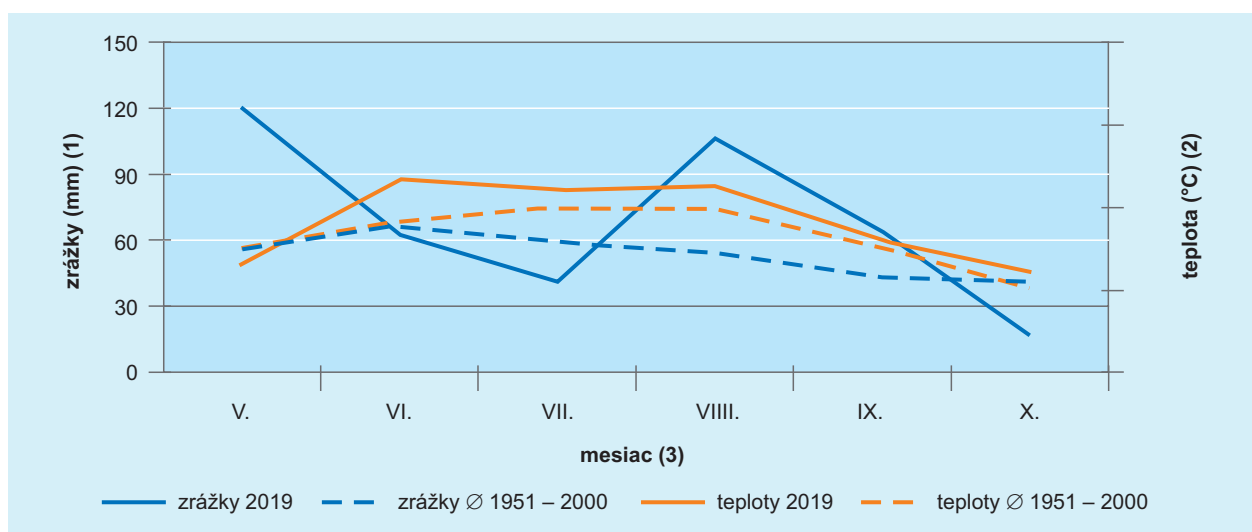
Cieľom práce bolo posúdenie vplyvu rôznych foriem humátov na produkciu vybranej modelovej rastliny, mätonohu mnohokvetého (*Lolium multiflorum* Lamk.).

Materiál a metódy

Experiment s mätonohom mnohokvetým (*Lolium multiflorum* Lamk.) sa realizoval formou nádobových pokusov v roku 2019 v poľných podmienkach Demonštračnej a výskumnej bázy Katedry rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov FAPZ SPU v Nitre.

Územie je charakteristické teplou nížinnou klímou s dlhým až veľmi dlhým, teplým a suchým letom a krátkou, mierne teplou, suchou až veľmi suchou zimou s krátkym trvaním snehovej prikrývky (30 – 40 dní). Priemerná ročná

Obrázok 1: Walterov klimadiagram – rok 2019 (1; upravené)
Figure 1: Walters's climate diagram – year 2019 (1; orderly)



(1) precipitation, (2) temperature, (3) month
 Zdroj: www.shmu.sk/sk/?page=1613
 Source: www.shmu.sk/sk/?page=1613

teplota vzduchu je 9,7 °C, dlhodobý priemer ročného úhrnu zrážok je 561 mm (12). Priebeh poveternostných podmienok v sledovanom období uvádzame na obrázku 1.

Pokus sa realizoval formou nádobových pokusov. Založený bol 24. 5. 2019. Sledovali sa nasledovné varianty:

- (V1) – bez hnojenia (v texte „kontrola“).
- (V2) – hnojenie fosforom a draslíkom (v texte „PK“).

BLOK A (DASA) – dusíkatá výživa s DASA®:

- (V3) – DASA® + PK (v texte „DASA“).
- (V4) – DASA® H + PK (v texte „DASA + H“).
- (V5) – DASA® + PK + roztok humátu draselného (v texte „DASA + ØHD“).
- (V6) – DASA® + PK + neutralizovaný filtrát humínových látok (v texte „DASA + NF“).

BLOK B (LAD) – dusíkatá výživa s LAD:

- (V7) – liadok amónny s dolomitom + PK (v texte „LAD“).
- (V8) – liadok amónny s dolomitom + PK + lignit (1 %) (v texte „LAD + L“).
- (V9) – liadok amónny s dolomitom + PK + roztok humátu draselného (v texte „LAD + ØHD“).
- (V10) – liadok amónny s dolomitom + PK + neutralizovaný filtrát humínových látok (v texte „LAD + NF“).

Dávka N v množstve 300 kg.ha⁻¹ vo forme LAD aj DASA sa aplikovala rozdelená na dvakrát. Prvá polovica 2 týždne po vzídení porastu, druhýkrát sa hnojilo po 2. kosbe. Roztok humátu draselného (ØHD) aj neutralizovaný filtrát humínových látok (NF) sa aplikovali zálievkou v 200 ml

Tabuľka 1: Konkrétne dátumy hnojenia a aplikácia humátov

Table 1: Specific dates of fertilization and humates application

Variant (2)	Termín aplikácie (1)							
	24. 5.		18. 6.			31. 7.		
	P (Amofos) (kg.ha ⁻¹ P)	K (60 % K ₂ O) (kg.ha ⁻¹ K)	LAD, LAD + L, DASA, DASA H (kg.ha ⁻¹ N)	ØHD (l.ha ⁻¹)	NF (l.ha ⁻¹)	LAD, LAD + L, DASA, DASA H (kg.ha ⁻¹ N)	ØHD (l.ha ⁻¹)	NF (l.ha ⁻¹)
1	35	80	150	cca 7,57	cca 22,47	150	cca 7,57	cca 22,47
2	35	80	150	cca 7,57	cca 22,47	150	cca 7,57	cca 22,47
3	35	80	150	cca 7,57	cca 22,47	150	cca 7,57	cca 22,47
4	35	80	150	cca 7,57	cca 22,47	150	cca 7,57	cca 22,47
5	35	80	150	cca 7,57	cca 22,47	150	cca 7,57	cca 22,47
6	35	80	150	cca 7,57	cca 22,47	150	cca 7,57	cca 22,47
7	35	80	150	cca 7,57	cca 22,47	150	cca 7,57	cca 22,47
8	35	80	150	cca 7,57	cca 22,47	150	cca 7,57	cca 22,47
9	35	80	150	cca 7,57	cca 22,47	150	cca 7,57	cca 22,47

ØHD – roztok humátu draselného, NF – neutralized humic substances filtrate

(1) terms of application, (2) variant/treatment

ØHD – potassium humate solution, NF – neutralized humic substances filtrate

roztoku následne po hnojení dusíkatými hnojivami. Vždy polovica z celoročného množstva. Koncentrácia aplikovaných tekutých foriem humínových látok bola na úrovni 0,3 % hmotnosti aplikovaného dusíka. Podobne ako v lignite v pevných formách hnojív (LAD + lignit, DASA H). Na fosforečnú výživu sa použil Amofos NP 12/52 v dávke 35 kg.ha⁻¹ P jednorazovo zamiešaním do substrátu pri zakladaní pokusu. Draselná výživa (60 % draselná soľ) sa použila rovnako zamiešaním do substrátu pri zakladaní pokusu v množstve 80 kg.ha⁻¹ K.

Charakteristika použitých hnojív:

- **LAD** (liadok amónny s dolomitom) – granulát dusičnanu amónneho s jemne mletým dolomitom, ktorý znižuje prirodzenú kyslosť hnojiva. Obsahuje 27 % dusíka. Hnojivo je povrchovo upravené proti spekaniu. Obsahuje vápnik a horčík vo forme uhličitanov nerozpustných vo vode. Pomer obsahu dusičnanového a amoniakálneho dusíka je 1 : 1.
- **Lignit** – najmladšie a najmenej karbonizované hnedé uhlie. Definujeme ho ako organicko-minerálny substrát premenenej fytohmoty do vysokého stupňa dehydratovaného a zároveň deoxidovaného uhlia. Tento molekulárny polydisperzný systém obsahuje komplex cyklo- a aromatických zlúčenín s významnými reaktívnymi skupinami, minerálne útvary na báze zlúčenín hliníka, kremíka, železa a hliníka, poprípade iných prvkov (3).
- **Amofos** – granulované organominerálne hnojivo s 12 % obsahom N a 52 % obsahom P₂O₅. Podstatnou zložkou je fosforečnan amónny. Dodávajú sa rôzne druhy s kolísajúcim obsahom dusíka a fosforu. Z celkového obsahu fosforu je min. 40 % vodorozpustného P₂O₅.
- **Draselná soľ** – v podstate technická soľ KCl s obsahom 60 % K₂O. Celkový obsah chlóru sa pohybuje okolo 48 %, neobsahuje žiadne sprievodné soli. Hnojivo je dodávané v kryštalickej, granulovanej alebo práškovej forme.
- **DASA@ 26/13** – dusíkaté hnojivo s obsahom síry. Obsah dusíka je 26 % a obsah síry je 13 %.
- **DASA@ H** – granulované dusíkaté hnojivo s obsahom síry a prídavkom lignitu ako zdroja humínových kyselín. Obsah dusíka je 26 %, obsah síry je 13 % a obsah uhlíka z lignitu min. 0,25 %.
- **Roztok humátu draselného (OHD)** a neutralizovaný filtrát humínových látok (NF) boli pripravené izoláciou humínových látok z druhotných surovín (odpadová zložka z výroby papiera) v laboratóriách VUCHT a.s.
- **Roztok humátu draselného (OHD)** – vznikol zrážaním humínových kyselín pomocou anorganických kyselín a ich prevedením pomocou alkalických hydroxidov na vodorozpustnú soľ (roztok humátu draselného). Obsah humínových látok 19,6 % hm., pH 12,5, obsah K₂O 5,5 % hm. (Ing. Herencsárová, VUCHT Šaľa).

- **Neutralizovaný filtrát humínových látok (NF)** – vedľajším produktom prípravy humátu draselného. Obsah humínových látok 7 % hm., pH 6,0, obsah Na 2,45 % hm., S 1,94 % hm., N 1,1 % hm. (Ing. Herencsárová, VUCHT Šaľa).

Experiment sa realizoval v nádobách s objemom 2 litre. Každý variant mal tri opakovania. Ako substrát sme použili záhradnú zemiu z Demonštračnej bázy. Ide o ílovito-hlinitú fluvizem. Jej agrochemické vlastnosti uvádzame v tabuľke 2.

Modelovou rastlinou bola rýchlo sa vyvíjajúca tráva – **mätonoh mnohokvetý** (*Lolium multiflorum* Lamk.), odroda LEVIT s výsevom 35 kg.ha⁻¹ (0,441 g.nádoba⁻¹).

Mätonoh mnohokvetý (*Lolium multiflorum* Lamk.) je využívaný na ornej pôde a v intenzívne obhospodávaných dočasných lúkach, kde poskytuje vysokú produkciu veľmi kvalitného krmu. Zvlášť jeho jednoročná forma nachádza využitie aj ako strnisková medziplodina. Je vyšľachtený celý rad odrôd na diploidnej či tetraploidnej úrovni. V šľachtení tráv je významným zdrojom genetického materiálu pre medziodrodovú hybridizáciu (*Lolium* × *Festuca*). Pochádza z oblasti Stredozemného mora a Prednej Ázie a patrí medzi naše najdôležitejšie intenzívne pestované krmné trávy.

Mätonoh mnohokvetý je jedno až dvojročná riedkotrnatá tráva. Vyžaduje hlinité až piesočnato-hlinité humózne, dobre prevzdušnené pôdy s dostatkom vlhky a živín, najlepšíe v tzv. starej sile. Najviac mu vyhovujú stanovišťa priepustné, na živiny bohaté hlinité pôdy vo vlhkejších oblastiach. Veľmi dobre reaguje na závlahu a na vysoké dávky dusíka (250 kg.ha⁻¹). Neznáša drsné zimy, holomrazy ani dlhotrvajúcu snehovú pokrývku. V priaznivých podmienkach a pri intenzívnom pestovaní dáva v 3 – 4 kosbách vysoké úrody (8 – 15 t.ha⁻¹ sušiny) kvalitného krmu. V závlahových podmienkach aj viac. Produkčný potenciál sa najlepšie využije pri neskorej letnej sejbe (koncom augusta). Porasty vysiate na jar dávajú v úžitkovom roku len 70 – 80 % úrody v porovnaní s porastmi siatymi na jeseň. Veľmi jemná pokožka a mäkké stebľa podmieňujú vysokú stráviteľnosť krmu aj po vykľasení. Vysoký obsah sacharidov umožňuje ľahkú silážovateľnosť. Pestujeme ho v monokultúre ako hlavnú plodinu a tiež v miešankách. Využíva sa aj na prísevy do preradených porastov leguminóz. Pre nízku trvácnosť sa nepoužíva do trvácich porastov (6).

Jednoročnou formou mätonohu mnohokvetého je **mätonoh jednoročný** (*Lolium multiflorum* Lamk. var. *westwoldicum* Wittm.). Pestuje sa v monokultúre, alebo sa používa ako náhrada za vyzimované viacročné krmoviny, na vylepšenie preradených leguminóz v poslednom roku pestovania, ako krycia plodina pre podsevy alebo strnisková plodina pre jesenné spásanie (6).

Zber nadzemnej fytohmoty za účelom zistenia produkčných vlastností/parametrov sa realizoval vo fenofáze klásenia rastlín. Celkom sme realizovali štyri odbery/kosby:

- 1. kosba 9. 7. 2019
- 2. kosba 31.7. 2019

Tabuľka 2: Agrochemické vlastnosti pestovateľského substrátu

Table 2: Agrochemical properties of the growing substrate

Substrát	Sledovaný parameter							
	N	P	K	Ca	Na	Mg	C _{ox}	pH
	mg.kg ⁻¹						%	
Záhradná zemina	1973,67	56,00	346,00	5723,33	40,00	593,33	2,08	6,90

3. kosba 26. 8. 2019
4. kosba 1. 10. 2019

Rastliny boli kosené na výšku 50 mm. Uvedené slúžilo na zistenie produkcie hospodársky využívanej nadzemnej biomasy. Získaná fytomasa bola odvážená, následne štandardne vysušená pri 105 °C do konštantnej hmotnosti a znovu odvážená.

Pokus bol realizovaný v závlahových podmienkach. Zavlažovanie sa realizovalo podľa potreby a podľa poveternostných podmienok rovnakou dávkou vo všetkých nádobách.

Získané údaje sa štatisticky vyhodnotili v programe STATISTICA Cz, version 10 (11) pomocou jednofaktorevej analýzy rozptylu (ANOVA) s overením hodnovernosti rozdielov Fischerovým LSD testom pri 95 % hladine pravdepodobnosti ($P = 0,05$). Grafické zobrazenie sa robilo pomocou programov MS Word a MS Excel.

Výsledky a diskusia

Výskum vplyvu humátov na produkciu je predmetom mnohých experimentov a štúdií (2, 9 a iní). Výsledky nádobového experimentu ukazujú už od prvej kosby (obrázok 2) pozitívny vplyv aplikovaných humínových látok na produkciu mätonohu mnohokvetého. Najvyššiu úrodu sušiny nadzemnej hmoty sme zistili pri aplikácii dusíkato-sírneho hnojiva DASA a zálievkou rastlín roztokom humátu draselného (5,92 g.nádoba⁻¹). Všeobecne sme pozorovali vyššiu produkciu v bloku, kde základom dusíkatej výživy bolo hnojivo DASA v porovnaní s blokom, kde sa aplikoval N vo forme LAD. Varianty bez hnojenia N (kontrola a PK) mali výrazne nižšiu produkciu.

V druhej kosbe sme pozorovali podobné tendencie ako v prvom využití (obrázok 3). Rovnako najproduktívnejší bol var. 5 (DASA + OHD, 3,47 g.nádoba⁻¹). Úrody však boli vyrovnanejšie. Pokiaľ v prvom odbere (obrázok 2) mali štatisticky nepreukazne nižšiu produkciu len varianty 3

(DASA) a 6 (DASA + FK), v porovnaní s najproduktívnejším variantom (DASA + OHD), tak v 2. kosbe (obrázok 3) sa produkčne priblížili k týmto variantom aj rastliny hnojené s LAD + FK.

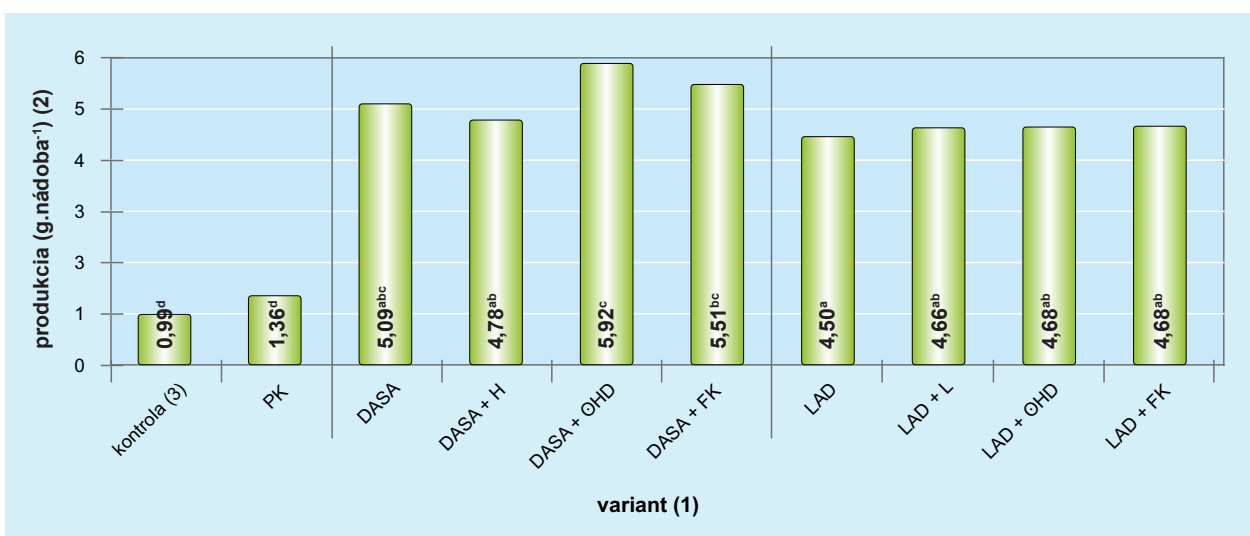
Tendencia vyššej produkcie pri použití hnojiva DASA ako základu dusíkatej výživy sa zachovala aj v tretej kosbe (obrázok 4). Výnimku tvoril variant DASA + H, kde sme zaznamenali preukazne nižšiu úrodu aj v porovnaní s variantmi v bloku LAD (okrem var. LAD, var. 7). Preukazne najproduktívnejšie boli varianty 5 a 6, kde sa aplikovala zálievka roztoku humátu draselného (9,18 g.nádoba⁻¹) a neutralizovaný filtrát humínových kyselín (9,15 g.nádoba⁻¹).

Štvrtá, posledná, kosba mala z produkčnej stránky podobný charakter ako predchádzajúce tri zbery. Najproduktívnejší bol variant 5 (DASA + OHD; 2,93 g.nádoba⁻¹) a môžeme skonštatovať aj fakt, že varianty v bloku DASA vyprodukovali viac sušiny nadzemnej hmoty ako varianty v bloku LAD. Výnimkou bol znovu variant DASA + H. Preukazne sa úrodovo najviac priblížil k variantom hnojeným DASA iba variant LAD + L (2,93 g.nádoba⁻¹).

V celoročnej sume produkcie sušiny nadzemnej hmoty sa prejavil vývoj v jednotlivých kosbách. Potvrdilo sa, že humáty majú stimulačné, adsorpčné a ochranné vlastnosti, a preto je výhodné aplikovať ich spolu s výživou a ochranou rastlín (9). Najvyššiu produkciu sme získali použitím DASA (od 17,88 do 21,50 g.nádoba⁻¹), pričom maximum bolo po dodatkovvej aplikácii roztoku humátu draselného. V tejto súvislosti je zaujímavým zistením, že minimum sme zistili v prípade hnojiva DASA + H, ktoré je obohatené lignitom, ako zdrojom humátov. Produkcia bola v tomto prípade nižšia aj ako u rastlín s výživou DASA bez prídavkov humátov (nižšia o 2,04 g.nádoba⁻¹, cca o 10 % menej). V bloku, kde dusíkatú výživu zabezpečovalo hnojivo LAD sme v sumáre eidovali vo všetkých prípadoch nižšiu úrodu v porovnaní s variantmi s DASA. Havlin et al. (5) tiež uvádzajú, že jedným zo symptómov nedostatku S

Obrázok 2: Produkcia mätonohu mnohokvetého v 1. kosbe (g.nádoba⁻¹)

Figure 2: Italian ryegrass production in 1st cut (g.pot⁻¹)



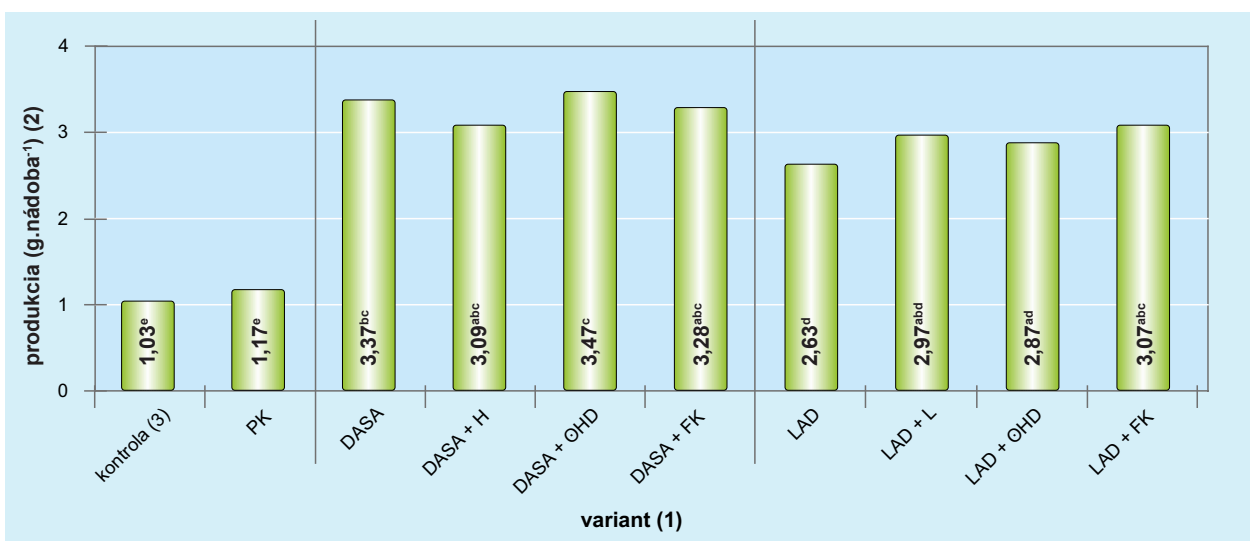
(1) variant, (2) production (g.pot⁻¹), (3) control

Rozdielne indexy indikujú signifikantné rozdiely (Fisherov LSD test, $\alpha = 0,05$, $p = 0,000000$)

Different index indicates statistically significant differences (Fisher LSD test, $\alpha = 0.05$, $p = 0.000000$)

Obrázok 3: Produkcia mätonohu mnohokvetého v 2. kosbe (g.nádoba⁻¹)

Figure 3: Italian ryegrass production in 2nd cut (g.pot⁻¹)



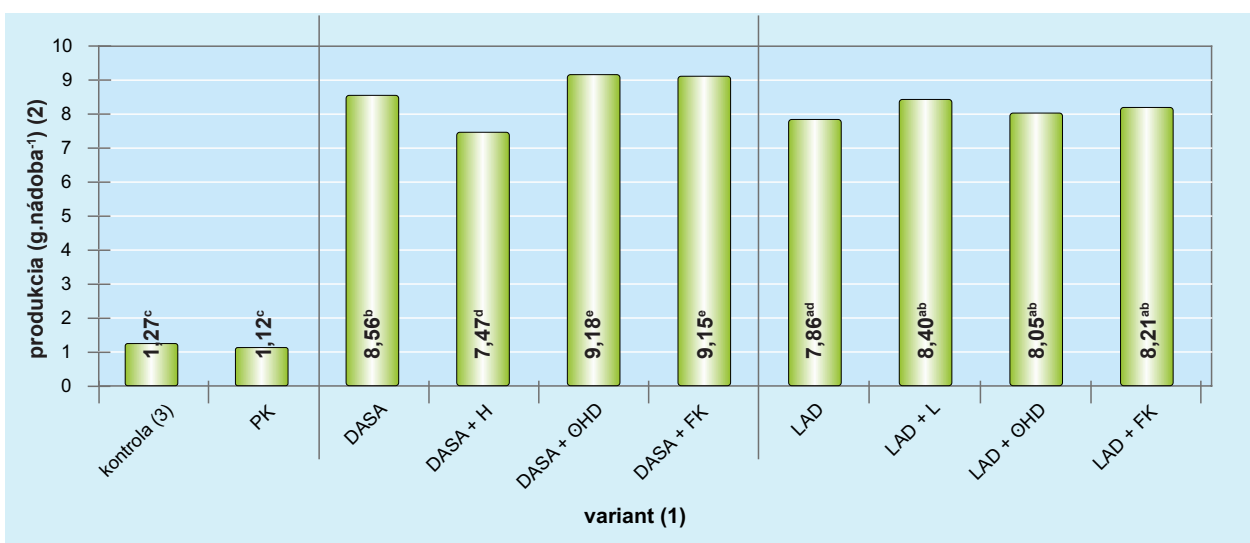
(1) variant, (2) production (g.pot⁻¹), (3) control

Rozdielne indexy indikujú signifikantné rozdiely (Fisherov LSD test, $\alpha = 0,05$, $p = 0,000000$)

Different index indicates statistically significant differences (Fisher LSD test, $\alpha = 0.05$, $p = 0.000000$)

Obrázok 4: Produkcia mätonohu mnohokvetého v 3. kosbe (g.nádoba⁻¹)

Figure 4: Italian ryegrass production in 3rd cut (g.pot⁻¹)



(1) variant, (2) production (g.pot⁻¹), (3) control

Rozdielne indexy indikujú signifikantné rozdiely (Fisherov LSD test, $\alpha = 0,05$, $p = 0,000000$)

Different index indicates statistically significant differences (Fisher LSD test, $\alpha = 0.05$, $p = 0.000000$)

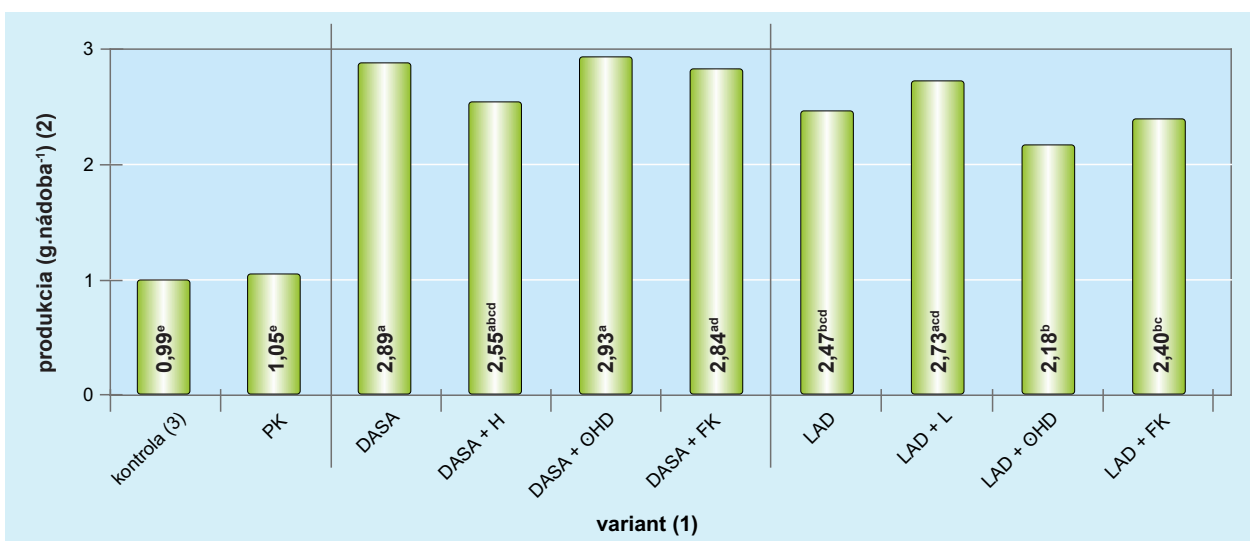
v rastlinách je znížený rast rastlín, resp. aj výskyt rovnomernej chlorózy na mladších listoch. Za pozornosť stojí opačný efekt použitia lignitu, ako prídavku k hnojivu LAD, kedy v kombinácii najviac podporil produkciu (var. 8) na rozdiel od kombinácie s DASA (var. 4). Celkovo v skupine variantov s LAD boli úrodnejšie porasty, kde sa k LAD pridáva nejaká forma humátov. Varianty bez dusíkovej výživy mali produkciu 4 až 5-krát nižšiu. Preukázala sa tým ne-

zastupiteľná úloha dusíkovej výživy v produkčnom procese tráv (14).

Záver

V nádobovom pokuse, na modelovej rastline mätonoh mnohokvetý, sme zistili pozitívny vplyv pridaných humátov na produkciu nadzemnej hmoty. Pozorovali sme

Obrázok 5: Produkcia mätonohu mnohokvetého v 4. kosbe (g.nádoba⁻¹)
Figure 5: Italian ryegrass production in 4th cut (g.pot⁻¹)

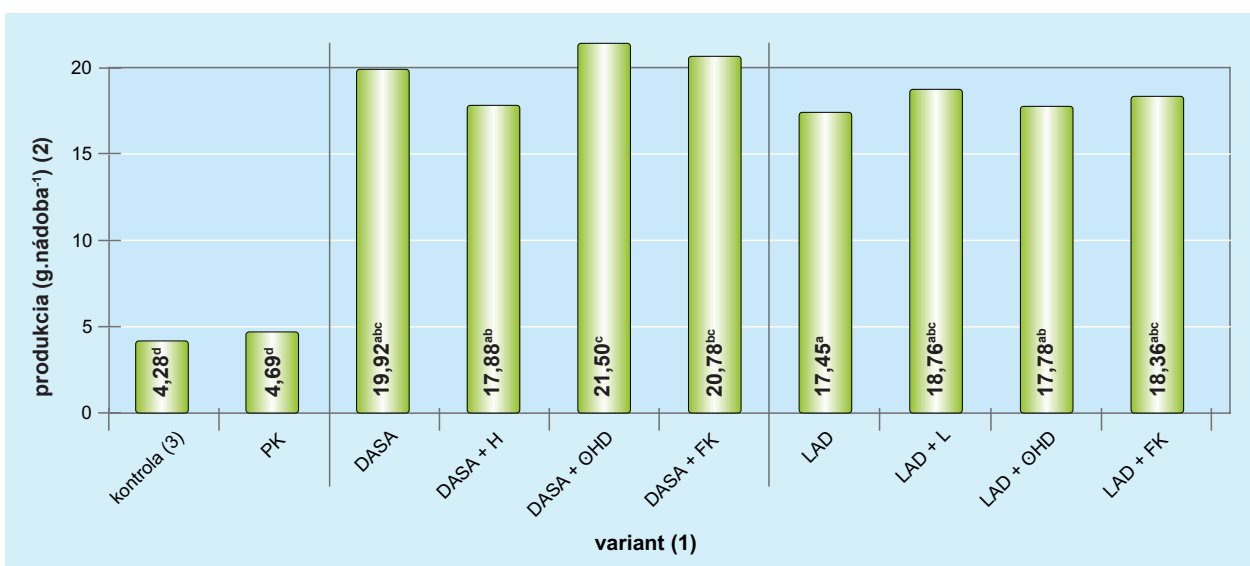


(1) variant, (2) production (g.pot⁻¹), (3) control

Rozdielne indexy indikujú významné rozdiely (Fisherov LSD test, $\alpha = 0,05$, $p = 0,000000$)

Different index indicates statistically significant differences (Fisher LSD test, $\alpha = 0.05$, $p = 0.000000$)

Obrázok 6: Suma produkcie mätonohu mnohokvetého za rok (g.nádoba⁻¹)
Figure 6: Sum of Italian ryegrass production for the whole year (g.pot⁻¹)



(1) variant, (2) production (g.pot⁻¹), (3) control

Rozdielne indexy indikujú významné rozdiely (Fisherov LSD test, $\alpha = 0,05$, $p = 0,000000$)

Different index indicates statistically significant differences (Fisher LSD test, $\alpha = 0.05$, $p = 0.000000$)

všeobecne vyššiu produkciu použitím hnojiva DASA, obsahujúcim síru, v porovnaní s dusíkatým hnojivom bez síry, hnojivom LAD.

V kombinácii s dusíkato-sírnym hnojivom DASA sa úroda zvýšila aplikáciou zálievky roztoku humátu draselného aj neutralizovaného filtrátu humínových látok. Pozoruhodným zistením je nižšia produkcia sušiny nadzemnej

fytomasy pridaním lignitu k hnojivu DASA aj v porovnaní s variantom tohto hnojiva bez pridaných humátov.

Opačný efekt sme evidovali spoločnou aplikáciou rozdielnych foriem humátov s hnojivom LAD. Najproduktívnejší bol variant s prídavkom lignitu. Mierne zvyšovala úrodu aj zálievka roztoku humátu draselného a neutralizovaného filtrátu humínových kyselín.



Obrázok 7: Nádobový pokus s rôznymi formami humátov
Figure 7: Pot experiment with different humate substances

Literatúra

- (1) Bulletin Meteorológia a Klimatológia. Dostupné na: www.shmu.sk/sk/?page=1613 [cit. 2020-02-08].
- (2) CANELLAS, L – OLIVARES, F. – AGUIAR, N. – JONES, D. – NEBBIOSO, A. – MAZZEI, P. – PICCOLO, P. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. In *Scientia Horticulturae* [online], 2015, no. 196, pp. 15–27 [cit. 2020-02-10]. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.013. ISSN 03044238. Dostupné na: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304423815301771>
- (3) FALBE, J. 1980. *Chemierohstoffe aus Kohle*. Moskva : Izd Chimija, 1980, 18 p.
- (4) HAUPTMAN, I. – KUKAL, Z. – POŠMOURNÝ, K. (eds). 2009. *Půda v české republice*. 1. vyd., Praha : Consult, 2009, 256 s. ISBN 80-903482-4-6.
- (5) HAVLIN, J.L. – BEATON, J.D. – TISDALE, S.L. – NELSON, W.L. 2005. *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management*. 7th ed., New Jersey : Pearson Prentice Hall, 2005, 528 p. ISBN 0-13-027824-6.
- (6) HOLÚBEK, R. – JANČOVIČ, J. – GREGOROVÁ, H. – NOVÁK, J. – ĎURKOVÁ, E. – VOZÁR, Ľ. 2007. *Krmovinnárstvo – manažment pestovania a využívania krmovín*. Nitra : SPU, 2007, 419 s. ISBN 978-80-8069-911-6.
- (7) JANČOVIČ, J. – VOZÁR, Ľ. – ĎURKOVÁ, E. 2005. *Krmoviny I. Pestovanie poľných krmovín*. 1. vyd., Nitra : Ústav vedecko-technických informácií pre poľnohospodárstvo, 2005, 100 s. ISBN brož.
- (8) KOVÁČIK, P. 2014. *Princípy a spôsoby výživy rastlín*. Nitra : SPU, 2014, 278 s. ISBN 978-80-552-1193-0.
- (9) LOŽEK, O. – SLAMKA, P. – DUCSAY, L. 2001. Utilization of Sodium Humate in Winter Wheat Nutrition. In *Humic Substances in Ecosystems*, 4, 2001, pp. 85–90.
- (10) SKOKANOVÁ, M. – DERCOVÁ, K. 2008. Humínové kyseliny, pôvod a štruktúra. In *Chemické listy*, 2008, no. 102, s. 262–268.
- (11) StatSoft, Inc. 2011. STATISTICA. Data analysis software system), version 10. www.statsoft.com
- (12) ŠPÁNIK, F. – ŠIŠKA, B. – REPA, Š. 1996. *Agroklimatická charakteristika roku 1995 v Nitre*, č. 5. Nitra : VŠP, 1996, 44 s. ISBN 80-7137-313-3.
- (13) VANĚK, V. – BALÍK, J. – PAVLÍK, M. – PAVLÍKOVÁ, D. – TLUSTOŠ, P. 2016. *Výživa a hnojení poľných plodín*. Praha : Profi Press, 2016, 220 s. ISBN 978-80-86726-79-3.
- (14) VELICH, J. 1986. *Studium vývoje produkční schopnosti trvalých lučňích porostů a drnového procesu při dlouhodobém hnojení a jeho optimalizace*. Doktorská dizertační práce : Videopres MON, 1986, 162 s.
- (15) YANAGI, Y. – NISHIMURA, S. – SHINDO, H. 2016. Fire-induced formation and biodegradation of humic substances in Andosols of Japan. In *Geoderma Regional*, vol. 7, 2016, no. 2, pp. 177–186 [online] [cit. 2020-01-21]. DOI: 10.1016/j.geodrs.2016.03.003. ISSN 23520094. Dostupné na: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352009416300141>

doc. Ing. Ľuboš Vozár, PhD.

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Katedra rastlinnej výroby a trávnych ekosystémov
Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra
e-mail: Lubos.Vozar@uniag.sk

Podakovanie

Tento príspevok bol podporený projektami KEGA č. 032SPU-4/2019 Terminologický slovník krmovinnárstva, KEGA č 019SPU-4/2019 Vysokoškolská učebnica – Zakladanie a ošetrovanie trávnikov, GA SPU 21/2019 Možnosti výživy trávnikov sírou a GA SPU 23/2019 Potenciál využitia slovenských novovyšľachtených medzirodových hybridov tráv v meniacich sa podmienkach klímy.

DUSLO®

ENERGY OF YOUR GROWTH

ENSIN®

Granulované dusíkaté hnojivo s obsahom S a s inhibítormi nitrifikácie DCD (dikyándiamid) a TZ (triazol) v pomere 10:1 – HNOJIVO ES. Zelený, povrchovo upravený granulát.

N 26% S 13%

Chemické zloženie a granulometria

Celkový dusík (N)	26,0 %
Z toho amoniakálny (N)	18,5 %
dusičnanový (N)	7,5 %
Síra ako (S) vodorozpustná	13,0 %
Obsah častíc (2 – 5 mm)	min. 90,0 %

Hnojivo so stabilizovaným N a obsahom S je vhodné na neskoré jesenné, regeneračné jarné, základné predsejbové hnojenie, prípadne prihnojenie počas vegetácie poľných plodín náročných na S (repka, obilniny, slnečnica, kukurica, okopaniny). Dusík je uvoľňovaný postupne v závislosti na pôdno-klimatických podmienkach čím sa zvyšuje jeho využiteľnosť a znižujú sa straty vyplavením a únikom do ovzdušia.

Balenie : Voľne ložený tovar, PE – 25 kg, big-bag – 1000 kg, 600 kg.



Uvedené údaje majú informatívny charakter. Bližšie informácie poskytnie výrobca:
Duslo, a.s. Administratívna budova ev. č. 1236, 927 03 Šaľa, Slovenská republika.
E-mail: fertilizer@duslo.sk | www.duslo.sk



obsah

contents

Martin Juriga, Vladimír Šimanský, Jerzy Jonczak

Je dlhodobé minerálne hnojenie vhodný nástroj na zlepšenie štruktúrneho stavu piesočnatých pôd?	3
Is long-term mineral fertilization a suitable tool for improving the structural state of sandy soils?	3

Eva Candráková

Vplyv podmienok pestovania na úrodu a kvalitu zrna pšenice letnej formy ozimnej	12
Influence of growing conditions on yield and grain quality of winter wheat	12

Alexandra Zapletalová, Ivan Černý, Dávid Ernst, Rastislav Bušo

Vplyv biologicky aktívnych látok, hybridov a ročníka na produkciu a kvalitu slnečnice ročnej (<i>Helianthus annuus</i> L.)	17
Effect of biological active substances, hybrids and year on sunflower production and quality	17

Dušan Šrank, Vladimír Šimanský

Zmena pôdnej organickej hmoty a humusu po aplikácii biouhlíkových substrátov: štúdia na poľnom experimente na černoze v juhozápadnej časti Slovenska	23
Soil organic matter and humus alteration under biochar substrates amendment: study in the field experiment on the Chernozem in the southwestern part of Slovakia	23

Gabriela Barančíková, Ján Halas, Ľudmila Fiamčíková

Vývoj pôdnej reakcie na pôdach poľnohospodárskeho družstva Kapušany	31
Development of pH on soils of Kapušany agricultural holding	31

Ľuboš Vozár, Peter Kovár, Peter Hric, Petra Verešová, Miriama Lukács, Jakub Palaj, Gabriela Herencsárová, Zdenko Tokár, Martin Medzanský

Vplyv rôznych foriem humátov na produkciu mätonohu mnohokvetého (<i>Lolium multiflorum</i> Lamk.)	36
The effect of different humate forms on the Italian ryegrass (<i>Lolium multiflorum</i> Lamk.) production	36