

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

# AGRO

chémia | chemistry

volume XX. (56)

2016

# 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 XX. (56), číslo 2/2016, vydané 7. 9. 2016

Vychádza dvakrát ročne

Šéfredaktor: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.  
Zást. šéfredaktora: doc. Ing. Pavol Slamka, PhD.  
Vedúca redaktorka: doc. Ing. Oľga Roháčiková, PhD.

Redakčná rada:

predseda: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.  
prof. Ing. Jiří Balík, CSc. (ČZU Praha, ČR)  
prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc.  
(MENDELU Brno, ČR)  
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. Pavol Slamka, PhD.  
prof. Dr. hab. Ewa Spychaj-Fabisiak  
(UT-P, Bydgoszcz, Poľsko)  
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc.  
(ČZU Praha, ČR)  
prof. Ing. Ján Tomáš, CSc.  
Ing. Kamil Vali (Duslo, a. s.)  
prof. Ing. Václav Vaněk, CSc.  
(ČZU Praha, ČR)

Adresa redakcie: Vydavateľstvo SPU, Tr. A. Hlinku 2,  
949 76 Nitra  
Tel.: 037 / 6414 569  
Fax: 037 / 651 15 93  
e-mail: olga.rohacikova@uniag.sk,  
otto.lozek@uniag.sk  
pavol.slamka@uniag.sk

Vydavateľ: Slovenská poľnohospodárska univerzita  
v Nitre, verejná vysoká škola,  
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra  
IČO 00397482

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

Časopis je možné zakúpiť alebo objednať v predajni kníh  
v suteréne pavilónu „CH“ SPU v Nitre

web: [www.agrochemia.uniag.sk](http://www.agrochemia.uniag.sk)

Sadzba: Július Szarka

ISSN 1335-2415, EV 3392/09

© SPU Nitra a Duslo, a.s., 2016

Volume XX. (56), Number 2/2016

It is published twice a year

Editor-in chief: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.  
Co-Editor: doc. Ing. Pavol Slamka, PhD.  
Executive editor: doc. Ing. Oľga Roháčiková, PhD.

Editorial board:

Chairman: prof. Ing. Otto Ložek, CSc.  
prof. Ing. Jiří Balík, CSc. (ČZU Praha, CR)  
prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc.  
(MENDELU Brno, CR)  
Ing. František Kotvas, CSc.  
Ing. Vincent Lacko  
prof. Ing. Tomáš Lošák, PhD.  
(MENDELU Brno, CR)  
prof. dr. hab. Barbara Filipek-Mazur  
(Akademia Rolnicza, Krakow, Poland)  
doc. Ing. Peter Ondříšek, CSc.  
prof. Ing. Rostislav Richter, DrSc.  
(MENDELU Brno, CR)  
doc. Ing. Pavol Slamka, PhD.  
prof. Dr. hab. Ewa Spychaj-Fabisiak  
(UT-P, Bydgoszcz, Poland)  
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc.  
(ČZU Praha, ČR)  
prof. Ing. Ján Tomáš, CSc.  
Ing. Kamil Vali (Duslo, a.s.)  
prof. Ing. Václav Vaněk, CSc.  
(ČZU Praha, CR)

Address of editorial office: Publish centre of SPU  
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR  
Tel.: +421 37 6414 569  
Fax: +421 37 651 15 93  
e-mail: olga.rohacikova@uniag.sk  
otto.lozek@uniag.sk  
pavol.slamka@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 Agricultural  
University in Nitra

web: [www.agrochemia.uniag.sk](http://www.agrochemia.uniag.sk)

Set-type: Július Szarka

ISSN 1335-2415, EV 3392/09

© SPU Nitra and Duslo, a. s., 2016

## Monitoring obsahu mikroživín v poľnohospodárskych pôdach Slovenska

### Monitoring of microelements on agricultural soils in Slovakia

**Jozef Kobza**

*Current state and development of micronutrients (Cu, Zn, Mn) are presented in this contribution. Microelements have been monitored in soil monitoring network which consists of 318 monitoring sites where all main soil types and geology in various climatic regions of Slovakia are included. Therefore the concrete soils concerning their content of micronutrients are evaluated separately with regard to their land use (arable land and grassland). Microelements were determined by analytical procedures of DTPA extraction according to Lindsay–Norvell method. On the basis of obtained results it may be said that the content of microelements (Cu, Zn, Mn) is mostly medium to high. Finally, only the slight decrease of micronutrients has been indicated during the last 15 years (period of microelements monitoring in Slovakia).*

**soil monitoring, microelements, copper, zinc, manganese, Slovakia**

Názov mikroživiny sa odvodzuje jednak z toho, že ich rastliny potrebujú v porovnaní s makroživinami vo veľmi malých množstvách, ako aj z toho, že ich obsah v pôde je veľmi nízky. Mikroživiny sa vyznačujú tým, že ich nedostatok, ako aj prebytok v pôde v rozpustnej forme pôsobí škodlivo. Obsah mikroživín v pôde závisí od mineralogického zloženia. Vyšší obsah mikroživín majú pôdy, ktoré obsahujú ľahšie zvetrateľný mineralogický podiel, ktorý sa skladá najmä z biotitu, augitu a olivínu. Vysoký obsah mikroživín majú tiež pôdy v blízkosti rudných ložísk a metalického zrudnenia (7).

V monitorovacej sieti pôd Slovenska sledujeme tri základné mikroživiny, a to meď, zinok a mangán, a to len od 2. monitorovacieho cyklu (od roku 1997). Na ich extrakciu sme použili vylúhovadlo DTPA (kyselina dietyléntriámín-pentaocťová) podľa Lindsay–Norvella (9). Patrí do kategórie slabších vylúhovadiel za účelom stanovenia tých množstiev prvkov, ktoré sa môžu za určitých podmienok (pôdna reakcia, teplota, vlhkosť, sorpčná kapacita a pod.) pomerne ľahko dostávať cez koreňovú sústavu rastlín do ich vegetatívnych a generatívnych orgánov, a teda kvalitatívne ovplyvňovať produkciu poľnohospodárskych plodín. I keď tieto prvky sa hodnotia prevažne len z pohľadu kon-

taminácie pôd, svoje postavenie majú v malých koncentráciách aj pri výžive rastlín (5).

V tomto príspevku hodnotíme súčasný, aktuálny stav mikroživín (Cu, Zn, Mn), ako aj ich doterajší vývoj v poľnohospodárskych pôdach Slovenska.

### Materiál a metódy

V príspevku sme vychádzali z podkladov permanentného systému monitorovania pôd Slovenska, ktorého sieť bola konštruovaná na základe ekologického princípu. To znamená, že monitorovacie lokality zahŕňajú všetky hlavné pôdne predstavitel, ako aj pôdotvorné substráty, taktiež klimatické oblasti, znečistené aj relatívne čisté oblasti, špeciálne kultúry (vinice, chmeľnice), pričom zohľadňujeme aj druh pozemku (orná pôda, trvalé trávne porasty). Výsledkom takéhoto prístupu vznikla nepravidelná monitorovacia sieť 318 lokalít v rámci SR, pričom odber a analýzy pôdných vzoriek sa realizuje v pravidelných 5-ročných cykloch v ornici aj podornici poľnohospodárskych pôd. Analýzy mikroživín (Cu, Zn, Mn) boli vykonané na pracovisku laboratórných činností pri NPPC–VÚPOP v Bratislave podľa jednotných pracovných postupov rozborov pôd (9) a boli analyzované v extrakte DTPA (kyselina dietyléntriámín-pentaocťová). Dosiahnuté výsledky boli spracované a vyhodnotené podľa zaužívaných štatistických postupov podľa konkrétnych pôd Slovenska.

Pre hodnotenie výsledkov mikroelementov v pôdach Slovenska sa v súčasnosti používajú kritéria uvedené v tabuľke 1.

### Výsledky a diskusia

V rámci monitoringu pôd Slovenska permanentne sledujeme meď, zinok a mangán v povrchovom horizonte poľnohospodárskych pôd.

#### 1. Meď

Meď je jednou z dôležitých mikroživín ktorej nedostatok obmedzuje rast koreňov niektorých rastlín (najmä viniča) a spôsobuje chlorózu listov. Obmedzená môže byť i tvorba kvetov a častým príznakom je i vädnutie rastlín. Je esenciálna pre rastliny, pre zvieratá, ale aj pre človeka, a preto je potrebná v malých množstvách aj v zložkách potravy. Na nedostatok medi citlivo reaguje šalát a špenát, ale aj repa cviklová a struková zelenina (4). Všeobecne možno povedať, že obsah Cu v prirodzených pôdach je odrazom dvoch hlavných faktorov, a to pôdotvorných substrátov a pôdotvorných procesov (1). Charakteristickým znakom distribúcie Cu v pôdach je jej akumulácia v povrchových humusových horizontoch (adsorpcia, komplexácia s organickými látkami, mikrobiálna fixácia a pod.) (2, 3).

V tabuľke 2 uvádzame základné štatistické charakteristiky medi v ornici v konkrétnych pôdných predstaviteľoch poľnohospodárskych pôd Slovenska.

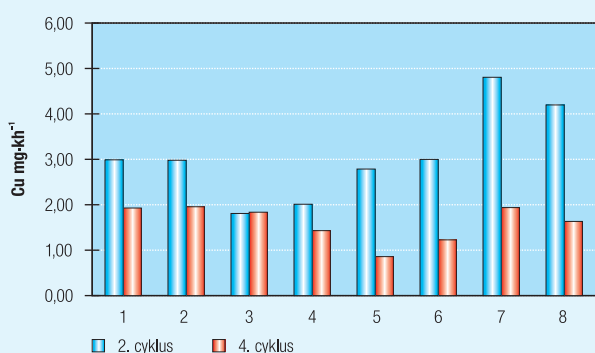
Priemerný obsah medi v poľnohospodárskych pôdach Slovenska sa pohybuje prevažne v rozpätí od 0,85 do

**Tabuľka 1:** Kritéria pre hodnotenie obsahu mikroživín (6)  
**Table 1:** Criteria for evaluation of micronutrients content (6)

Stopový prvok	Pôdny druh	Obsah (mg·kg <sup>-1</sup> )		
		malý	stredný	vysoký
Cu (Lindsay – Norvell)	L, S, T	do 0,80	0,81 – 2,70	nad 2,70
Zn (Lindsay – Norvell)	L, S, T	do 1,00	1,01 – 2,50	nad 2,50
Mn (Lindsay – Norvell)	L, S, T	do 10,0	10,1 – 100,0	nad 100,0

**Obr. 1:** Vývoj obsahu medi (DTPA) v (orných) pôdach Slovenska

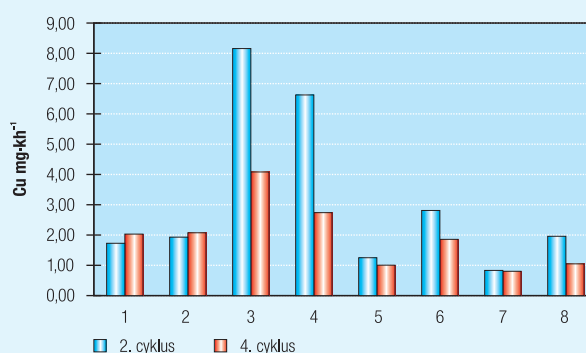
**Fig. 1:** Development of copper (DTPA) on (arable) soils in Slovakia



(1) Chernozems, (2) Cutanic Luvisols, (3) Planosols + Albeluvisols, (4) Rendzic Leptosols, (5) Mollic Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (6) Mollic Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments, (7) Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (8) Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments

**Obr. 2:** Vývoj obsahu medi (DTPA) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska

**Fig. 2:** Development of copper (DTPA) on agricultural soils in Slovakia



(1) Cambisols on flysch (grassland), (2) Cambisols on flysch (arable land), (3) Cambisols on crystalline rocks (grassland), (4) Cambisols on crystalline rocks (arable land), (5) Cambisols on volcanic rocks (grassland), (6) Cambisols on volcanic rocks (arable land), (7) Regosols on acid eolic sands (arable land), (8) salined soils (grassland)

**Tabuľka 2:** Obsah medi (výluh DTPA) v ornici (0–10 cm) poľnohospodárskych pôd SR

**Table 2:** Content of copper (DTPA) on arable layer (0–10 cm) in agricultural soils of Slovakia

Pôdy (1)	Druh pozemku (18)	Cu (mg·kg <sup>-1</sup> )				
		Min. hodnota (21)	Max. hodnota (22)	Smerodajná odchýlka (23)	Variačný koeficient (%) (24)	Priemer (25)
Pseudogleje a luvizeme (2)	OP (19)	0,87	5,60	0,93	52,20	1,84 (s) (26)
	TTP (20)	0,13	3,46	0,56	36,30	1,29 (s)
Hnedozeme (3)	OP	1,03	23,20	3,87	123,80	3,12 (v) (27)
Černozeme na sprašiach (4)	OP	0,81	7,75	1,33	68,90	1,93 (s)
Fluvizeme na karb. fluv. sed. (5)	OP	0,46	10,40	2,75	138,12	1,94 (s)
Fluvizeme na nekarb. fluv. sed. (6)	OP	0,02	9,45	2,28	138,89	1,64 (s)
Kambizeme na vulkanitoch (7)	TTP	0,33	2,21	0,66	63,04	1,04 (s)
	OP	0,61	4,56	1,83	96,32	1,90 (s)
Kambizeme na kryštaliniku (8)	OP	1,13	6,67	12,88	201,60	2,76 (v)
	TTP	0,51	15,96	39,37	249,58	4,13 (v)
Kambizeme na flyši (9)	TTP	0,70	5,52	1,00	46,37	2,07 (s)
	OP	0,98	5,30	0,98	48,33	2,11(s)
Kambizeme na karb. substr. (10)	TTP	1,35	3,20	0,96	35,63	2,32 (s)
	OP	1,45	3,96	0,18	11,63	2,37 (s)
Rendziny na karb. substrátoch (11)	TTP	0,99	2,88	0,65	34,57	1,88 (s)
	OP	0,47	2,60	0,92	63,33	1,44 (s)
Čiernice na karb. fluv. sed. (12)	OP	0,68	2,40	0,47	37,52	0,85 (s)
Čiernice na nekarb. fluv. sed. (13)	OP	0,63	2,66	0,63	51,68	1,23 (s)
Podzoly a rankre podzolové (14)	TTP	0,13	3,46	1,41	109,15	1,29 (s)
Regozeme na karb. pieskoch (15)	OP	0,42	16,20	6,70	150,04	4,46 (v)
Regozeme na nekarb. pieskoch (16)	OP	0,70	1,02	0,16	18,93	0,85 (s)
Slaniská a slance (17)	TTP	0,65	1,62	0,37	33,45	1,10 (s)

(1) Soils, (2) Planosols + Albeluvisols, (3) Luvisols, (4) Chernozems, (5) Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (6) Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments, (7) Cambisols on volcanic rocks, (8) Cambisols on crystalline rocks, (9) Cambisols on flysch, (10) Cambisols on carbonateous rocks, (11) Rendzic Leptosols, (12) Mollic Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (13) Mollic Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments, (14) Podzols, (15) Regosols on carbonateous sands, (16) Regosols on non-carbonateous sands, (17) Solonchaks and Solonetz, (18) land use, (19) arable land, (20) grassland, (21) minimum, (22) maximum, (23) standard deviation, (24) coefficient of variability, (25) mean, (26) medium content, (27) high content

4,46 mg·kg<sup>-1</sup>, čo je obsah stredný až vysoký (8). Vyšší obsah medi bol zistený na niektorých kyslých pôdach v oblasti vplyvu geochemických anomálií, resp. v pôdach pod vinicami, kde sa najmä v minulosti používali meďnaté

prípravky na ochranu rastlín. Napriek uvedenému konštatovaniu máme však stále dostatok pôd, kde je obsah medi nízky (výskyt minimálnych hodnôt Cu sa nachádza v pomerne veľkej škále pôd – tab. 2). Do úvahy treba vziať

**Tabuľka 3:** Obsah zinku (DTPA) v ornici (0–10 cm) poľnohospodárskych pôd SR  
**Table 3:** Content of zinc (DTPA) on arable layer of agricultural soils in Slovakia

Pôdy (1)	Druh pozemku (18)	Zn (mg·kg <sup>-1</sup> )				
		Min. hodnota (21)	Max. hodnota (22)	Smerodajná odchýlka (23)	Variačný koeficient (%) (24)	Priemer (25)
Pseudogleje a luvizeme na spraš. hlinách (2)	OP (19)	0,54	13,30	3,02	153,85	1,96 (s) (26)
	TTP (20)	0,94	5,00	1,52	60,93	2,49 (s)
Hnedozeme (3)	OP	0,39	7,78	1,48	83,33	1,19 (s)
Černozeme (4)	OP	0,15	2,60	0,67	52,49	1,28 (s)
Fluvizeme na karb. fluv. sed. (5)	OP	0,10	8,92	1,80	156,56	1,13 (s)
Fluvizeme na nekarb. fluv. sed. (6)	OP	0,22	46,90	9,14	283,96	3,22 (v) (27)
Kambizeme na vulkanitoch (7)	TTP	1,47	2,24	0,30	16,12	1,88 (s)
	OP	1,73	2,43	0,34	16,42	2,06 (s)
Kambizeme na kyslých substrátoch (8)	OP	0,79	3,24	0,97	50,81	1,97 (s)
	TTP	0,63	10,39	3,68	75,58	3,80 (v)
Kambizeme na flyši (9)	TTP	0,46	5,47	1,53	53,27	2,84 (v)
	OP	0,53	7,40	1,59	75,55	2,12 (s)
Kambizeme na karb. substrátoch (10)	TTP	1,04	10,90	3,41	103,98	3,65 (v)
	OP	0,85	2,49	0,22	21,81	1,50 (s)
Rendziny na vápencoch (11)	TTP	0,55	24,87	6,70	160,30	4,18 (v)
	OP	0,86	4,27	1,14	40,21	2,83 (v)
Čiernice na karb. fluv. sed. (12)	OP	0,26	4,26	1,00	108,13	0,93 (m) (28)
Čiernice na nekarb. fluv. sed. (13)	OP	0,41	3,51	0,90	55,26	1,63 (s)
Podzoly a rankre podzolové (14)	TTP	0,79	13,20	4,16	103,60	4,02 (v)
Regozeme na karb. pieskoch (15)	OP	0,35	2,47	0,88	52,50	1,68 (s)
Regozeme na nekarb. pieskoch (16)	OP	1,11	2,88	0,90	47,80	1,89 (s)
Slanská a slance (17)	TTP	0,22	1,96	0,55	84,41	0,65 (m)

(1) Soils, (2) Planosols + Albeluvisols, (3) Luvisols, (4) Chernozems, (5) Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (6) Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments, (7) Cambisols on volcanic rocks, (8) Cambisols on crystalline rocks, (9) Cambisols on flysch, (10) Cambisols on carbonateous rocks, (11) Rendzic Leptosols, (12) Mollic Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (13) Mollic Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments, (14) Podzols, (15) Regosols on carbonateous sands, (16) Regosols on non-carbonateous sands, (17) Solonchaks and Solonetz, (18) land use, (19) arable land, (20) grassland, (21) minimum, (22) maximum, (23) standard deviation, (24) coefficient of variability, (25) mean, (26) medium content, (27) high content, (28) low content

aj značnú heterogenitu tohto prvku v pôdach Slovenska (tab. 2), najmä pri kambizemiach na kryštaliniku, ktoré sú do značnej miery ovplyvnené výskytom, resp. vplyvom geochemických anomálií najmä v horských a podhorských oblastiach, taktiež na podzoloach a fluvizemiach (výrazný transport pôdno-sedimentárneho materiálu i zo vzdialenejších oblastí), kde variačný koeficient je často vyšší ako 100%, niekedy aj nad 200% (tab. 2). Najmä na týchto pôdach sa preto hodnoty obsahu medi v pôde pohybujú v pomerne v širokej škále, a to od nízkej koncentrácie až po vysokú koncentráciu. Vzhľadom k tomu, že v rámci monitorovania pôd SR nie je možné z finančného hľadiska prehodnocovať každú parcelu, doporučujeme preto na jednotlivých parcelách merať hodnotený prvok vo vzťahu ku konkrétnej pôde a pestovanej plodine.

Vývoj obsahu medi za doteraz sledované obdobie je znázornený na obr. 1 a 2.

Doterajší vývoj obsahu medi v hodnotených pôdach prebieha prevažne v smere mierneho poklesu. Medzi ornými pôdami a pôdami pod trvalými trávami porastami neboli zistené výraznejšie rozdiely, čo ukazuje skôr na prirodzenú zásobenosť tejto mikroživiny v pôdach a jej určité optické disproporcie v časovom horizonte sú skôr výsledkom prirodzenej variability. Najvyššie hodnoty medi boli zistené na kambizemiach na kryštaliniku (obr. 2), kde sú zahrnuté aj kambizeme nachádzajúce sa v oblasti vplyvu geochemických anomálií, ktoré sú charakteristické vyšším obsa-

hom ťažkých kovov vrátane medi. Podobne je to aj pri fluvizemiach, kde je fluvialny pôdno-sedimentárny materiál značne heterogénny, čo sa prejavuje aj pri variabilite v určitom časovom horizonte. Tu sú zisťované aj prístupnejšie formy týchto prvkov, a teda aj medi (vo výluhu DTPA).

## 2. Zinok

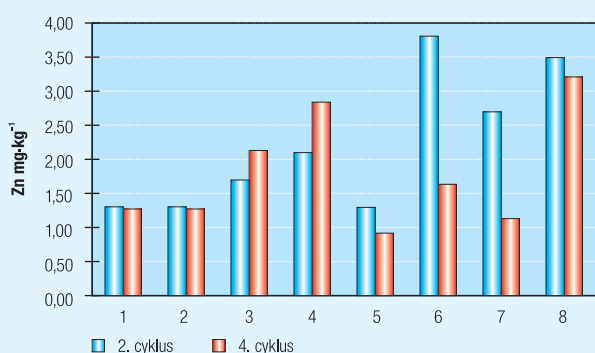
Zinok je v zemskej kôre distribuovaný relatívne rovnomerne s tendenciou jeho koncentrácie v ultrabázických horninách. Je to chalkofilný prvok, ktorý sa koncentruje v jednoduchých sulfidoch (ZnS). Zn je mobilný a pre rastliny prístupný najmä v ľahkých kyslých pôdach. Naopak imobilizácia zinku je podporovaná prítomnosťou vápnika a fosforu (2,3). Zinok je aktivátorom a stabilizátorom enzýmov, riadiacich metabolizmus rastlín. Ovplyvňuje spotrebu cukrov, oxidačné procesy a transformáciu aminokyselín. Pri jeho nedostatku sa znižuje syntéza RNK, bielkovín, škrobu a je porušená tvorba chlorofylu (5).

Za optimálnu hladinu zinku v pôde považujeme hodnoty na úrovni 1,01 – 2,5 mg·kg<sup>-1</sup> – stredný obsah (6).

V nasledovnej tabuľke 3 uvádzame základné štatistické charakteristiky zinku v ornici v konkrétnych pôdných predstaviťoch poľnohospodárskych pôd Slovenska.

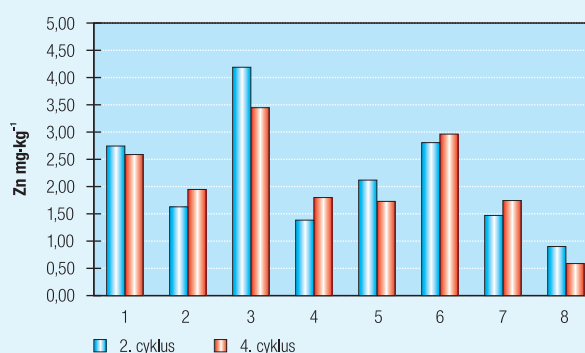
Obsah zinku v ornici poľnohospodárskych pôd Slovenska sa pohybuje priemerne v rozpätí 0,65–4,18 mg·kg<sup>-1</sup> (tab. 3), čo je obsah malý až vysoký. Obsah zinku je podobne ako pri medi v pôdach značne variabilný, o čom

**Obr. 3:** Vývoj obsahu zinku (DTPA) v pôdach (orných) Slovenska  
**Fig. 3:** Development of zinc (DTPA) on (arable) soils in Slovakia



(1) Chernozems, (2) Cutanic Luvisols, (3) Planosols + Albeluvisols, (4) Rendzic Leptosols, (5) Mollic Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (6) Mollic Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments, (7) Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (8) Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments

**Obr. 4:** Vývoj obsahu zinku (DTPA) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska  
**Fig. 4:** Development of zinc (DTPA) on agricultural soils in Slovakia



(1) Cambisols on flysch (grassland), (2) Cambisols on flysch (arable land), (3) Cambisols on crystalline rocks (grassland), (4) Cambisols on crystalline rocks (arable land), (5) Cambisols on volcanic rocks (grassland), (6) Cambisols on volcanic rocks (arable land), (7) Regosols on acid eolic sands (arable land), (8) salined soils (grassland)

**Tabuľka 4:** Obsah mangánu (DTPA) v ornici (0–10 cm) poľnohospodárskych pôd SR  
**Table 4:** Content of manganese (DTPA) on arable layer of agricultural soils in Slovakia

Pôdy (1)	Druh pozemku (18)	Mn (mg·kg <sup>-1</sup> )				
		Min. hodnota (21)	Max. hodnota (22)	Smerodajná odchýlka (23)	Variačný koeficient (%) (24)	Priemer (25)
Pseudogleje a luvizeme na spraš. hlinách (2)	OP (19)	13,50	105,00	29,72	49,64	59,32 (s) (26)
	TTP (20)	27,10	181,00	54,47	58,40	93,26 (s)
Hnedozeme (3)	OP	9,48	126,00	33,82	56,77	59,58 (s)
Černozeme (4)	OP	6,74	75,11	18,39	78,65	23,38 (s)
Fluvizeme na karb. fluv. sed. (5)	OP	3,48	49,10	10,44	66,69	15,57 (s)
Fluvizeme na nekarb. fluv. sed. (6)	OP	7,55	73,50	18,45	57,56	32,05 (s)
Kambizeme na vulkanitoch (7)	TTP	9,01	74,78	21,39	70,25	30,45 (s)
	OP	17,22	31,27	5,97	23,67	25,24 (s)
Kambizeme na kyslých substrátoch (8)	OP	9,70	108,00	31,70	57,23	56,18 (s)
	TTP	24,60	92,80	29,27	46,56	62,42 (s)
Kambizeme na flyši (9)	TTP	12,20	210,00	50,45	62,91	75,48 (s)
	OP	10,90	117,00	33,42	62,84	56,82 (s)
Kambizeme na karb. substrátoch (10)	TTP	17,00	124,00	28,52	59,56	59,20 (s)
	OP	25,60	63,90	26,16	57,62	38,80 (s)
Rendziny (11)	TTP	10,83	126,88	41,59	111,76	33,41 (s)
	OP	7,32	15,44	2,99	27,51	10,87 (s)
Čiernice na karb. fluv. sed. (12)	OP	3,96	26,40	6,30	66,00	9,45 (s)
Čiernice na nekarb. fluv. sed. (13)	OP	13,70	90,00	23,14	53,21	43,50 (s)
Podzoly a rankre podzolové (14)	TTP	0,13	5,08	1,76	115,33	1,52 (m) (27)
Regozeme na karb. pieskoch (15)	OP	5,20	31,30	11,41	66,63	17,14 (s)
Regozeme na nekarb. pieskoch (16)	OP	15,10	32,60	9,00	35,90	25,06 (s)
Slaniská a slance (17)	TTP	1,84	19,60	5,98	82,09	7,29 (m)

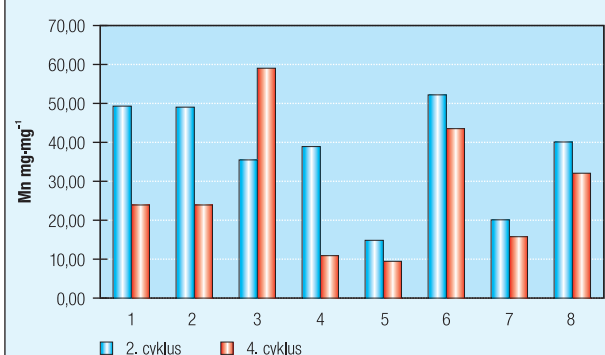
(1) Soils, (2) Planosols + Albeluvisols, (3) Luvisols, (4) Chernozems, (5) Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (6) Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments, (7) Cambisols on volcanic rocks, (8) Cambisols on crystalline rocks, (9) Cambisols on flysch, (10) Cambisols on carbonateous rocks, (11) Rendzic Leptosols, (12) Mollic Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (13) Mollic Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments, (14) Podzols, (15) Regosols on carbonateous sands, (16) Regosols on non-carbonateous sands, (17) Solonchaks and Solonetz, (18) land use, (19) arable land, (20) grassland, (21) minimum, (22) maximum, (23) standard deviation, (24) coefficient of variability, (25) mean, (26) medium content, (27) low content

svedčia hodnoty variačného koeficienta, ktoré sú často vyššie ako 100% (tab. 3). Najvyššie hodnoty (4,02–4,18 mg·kg<sup>-1</sup>) boli namerané na podzoloach, ale aj na niektorých rendzinách, čo sú prevažne horské a podhorské pôdy.

Najnižšie hodnoty obsahu zinku boli zistené na zasolených pôdach a niektorých čierniciach (0,65–0,93 mg·kg<sup>-1</sup>) – tab. 3. Za optimálnu hladinu zinku v pôde považujeme hodnoty na úrovni 1,01–2,5 mg·kg<sup>-1</sup> – stredný obsah (6).

**Obr. 5:** Vývoj obsahu mangánu (DTPA) v (orných) pôdach Slovenska

**Fig. 5:** Development of manganese (DTPA) on (arable) soils in Slovakia



(1) Chernozems, (2) Cutanic Luvisols, (3) Planosols + Albeluvisols, (4) Rendzic Leptosols, (5) Mollic Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (6) Mollic Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments, (7) Fluvisols on carbonateous fluvial sediments, (8) Fluvisols on non-carbonateous fluvial sediments

Vývoj obsahu zinku za doteraz sledované obdobie je znázornený na obr. 3 a 4.

Vývoj obsahu zinku je bez výraznejších zmien, určité amplitúdy v smere mierneho zníženia alebo zvýšenia varíruje v rámci prirodzenej variability. Rozdiely v obsahu zinku medzi jednotlivými monitorovacími cyklami s výnimkou niektorých fluvizemí a čierníc nie sú výrazné.

### 3. Mangán

Je najbežnejším stopovým prvkom v litosfére. Súčasne ovplyvňuje správanie mnohých iných mikroživín. Rozdiely mangánu v pôdach sú do značnej miery ovplyvnené pedogenezou, tiež súvisia aj s obsahom ílovej frakcie v pôdach (2). Mangán v rastlinách zvyšuje intenzitu dýchania, látkovej premeny a tak stimuluje rozvoj vegetatívnych orgánov. Pozitívne ovplyvňuje tvorbu kyseliny L-askorbovej (vitamínu C), ako aj syntézu RNK a DNK. Jeho nedostatok sa prejavuje obmedzením tvorby chloroplastov, čím sa znižuje fotosyntéza, v dôsledku čoho je nižšia tvorba sacharidov a škrobu (5).

V nasledovnej tabuľke 4 uvádzame základné štatistické charakteristiky mangánu v ornici v konkrétnych pôdnych predstaviteľoch poľnohospodárskych pôd Slovenska.

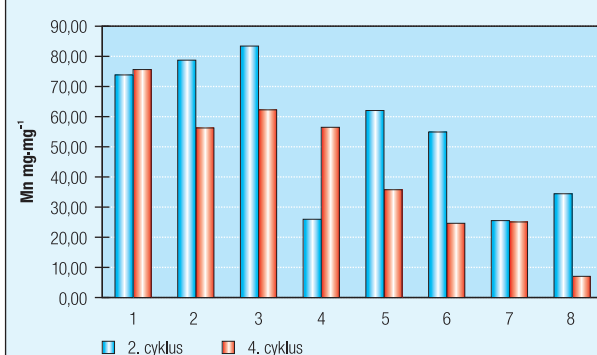
Priemerný obsah mangánu v ornici poľnohospodárskych pôd Slovenska sa pohybuje v širokom rozpätí 1,52–93,26 mg·kg<sup>-1</sup> (tab.4), čo je obsah malý až stredný. Potvrdili to aj doterajšie výsledky agrochemického skúšania pôd (ASP) na poľnohospodárskych pôdach Slovenska (7). Najnižšie hodnoty obsahu mangánu sme zistili na podzolocho a zasolených pôdach (1,52–7,29 mg·kg<sup>-1</sup>). Nedostatok mangánu vzniká skôr nevhodnými stanovištnými podmienkami, ako jeho neprítomnosťou v pôde (4).

Najvyššie hodnoty obsahu mangánu boli zistené na kambizemiach, hnedozemiach a pseudoglejoch (tab. 4). Doterajší vývoj obsahu mangánu v poľnohospodárskych pôdach Slovenska je graficky znázornený na obr. 5 a 6.

Vzhľadom k tomu, že je známa značná priestorová prirodzená heterogenita obsahu mangánu v pôdach, tendencia jeho vývoja v pôdach Slovenska nie je preto jednoznačná (7). Jeho variabilita v čase je skôr spôsobená spôsobom kultivácie, ako aj pedogénnymi procesmi,

**Obr. 6:** Vývoj obsahu mangánu (DTPA) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska

**Fig. 6:** Development of manganese (DTPA) on agricultural soils in Slovakia



(1) Cambisols on flysch (grassland), (2) Cambisols on flysch (arable land), (3) Cambisols on crystalline rocks (grassland), (4) Cambisols on crystalline rocks (arable land), (5) Cambisols on volcanic rocks (grassland), (6) Cambisols on volcanic rocks (arable land), (7) Regosols on acid eolic sands (arable land), (8) salined soils (grassland)

najmä eróziou pôd, pretože táto mikroživina sa do pôdy bežne neaplikuje a neaplikovala sa ani v minulosti. Celkovo však môžeme konštatovať, že ani pri mangáne nevykazujeme v priemere deficit v našich pôdach s výnimkou veľmi kyslých pôd – podzolov a rankrov podzolových, ako aj zasolených pôd – slanísk a slančov, aj keď výrazne nízke hodnoty sme lokálne namerali aj na niektorých fluvizemiach, regozemiach, čierniciach a dokonca aj na černozeiach (tab. 4).

### Záver

V príspevku sme sa pokúsili zhodnotiť aktuálny stav a doterajší vývoj mikroživín (Cu, Zn, Mn) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska.

Na základe našich doterajších najnovších zistení z výsledkov monitoringu pôd Slovenska možno konštatovať, že obsah základných mikroživín (Cu, Zn, Mn) v poľnohospodárskych pôdach sa pohybuje v pomerne širokom rozpätí, a to od malej až po vysokú zásobenosť, pričom v priemere prevažuje stredná zásobenosť. Z tohto pohľadu nie je v súčasnosti potreba vykonávať každoročne pravidelné špeciálne regulačné opatrenia na úpravu zásobenosti mikroživín v poľnohospodárskych pôdach Slovenska, i keď v poslednom období sme zaznamenali predsa len ich určitý pokles. Vzhľadom k tomu, že v rámci monitorovania pôd SR nie je možné z finančného hľadiska prehodnocovať každú parcelu, ako aj vo vzťahu k ich preukázanej značnej variabilite, doporučujeme na jednotlivých parcelách stanovovať mikroživiny vo vzťahu ku konkrétnej pôde a pestovanej plodine. Prípadné lokálne deficity, prejavované určitými karenčnými poruchami poľných plodín, je možné napraviť formou foliárneho postreku príslušnou živinou, ako ekonomicky najpriateľnejší spôsob. Avšak pri zakladaní trvalých kultúr (ovocné sady, vinice, chmeľnice) je potrebné prípadné deficity v obsahoch jednotlivých mikroživín odstrániť aplikáciou príslušného hnojiva do pôdy na hodnotu stredného obsahu. Tieto opatrenia nie je potrebné vykonávať každoročne, postačia – vzhľadom na doterajší vývoj obsahu mikroživín v pôdach Slovenska – dlhodobejšie intervaly (1–krát za 10–15 rokov).

## Literatúra

- (1) ALLOWAY, B. J. 1999. Schwermetalle in Boden. Springer, Verlag Berlin, 540 p.
- (2) ČURLÍK, J.– ŠEFČÍK, P. 1999. Geochemický atlas SR. Časť V: Pôdy. MŽPSR a VÚPOP Bratislava, 1999, 99s. + mapové prílohy, ISBN 80–88833–14–0.
- (3) ČURLÍK, J. 2011. Potenciálne toxické stopové prvky a ich distribúcia v pôdach Slovenska. PF UK Bratislava, 2011, monografia, 1. vyd. 462 s. ISBN 978–80–967696–3–6.
- (4) DEMO, M.– HRIČOVSKÝ, I.– BIELEK, P.– FEHÉR, A.– FRANČÁKOVÁ, H.– GINTEROVÁ, A.– HANÁČKOVÁ, E., HRAŠKA, Š.– HRONSKÝ, Š.– HÚSKA, D.– JUREKOVÁ, Z.– LANDA, Z.– POSPÍŠIL, R.– REHÁK, Š.– RÓZOVA Z.– SÝKOROVÁ, Z.– VALŠÍKOVÁ, M. 2002. Trvalo udržateľné technológie v záhradníctve SPU Nitra, 581s. ISBN 80–8069–056–1.
- (5) FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. SPU Nitra a Duslo Šaľa a. s. 2000, 422 s. ISBN 80–7137–777–5.
- (6) JURÁNI, B.– NEUBERG, J.– ZELENÝ, F. 1985. Hnojenie mik-

rožinami. Komplexní metodika výživy rastlín. UVTIZ Praha, 1985, s. 151–169.

- (7) KOBZA, J. – GÁBORÍK, Š. 2008. Súčasný stav a vývoj obsahu makro– a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. VÚPOP Bratislava, 58 s. ISBN 978–80–89128–47–1.
- (8) KOBZA, J. – BARANČIKOVÁ, G. – DODOK, R. – HRIVNÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B. – PAVLENDÁ, P. – SCHLOSSEROVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2014. Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2007 – 2012). NPPC – VÚPOP Bratislava, 2014, 252 s. ISBN 978–80–8163–004–0.
- (9) KOLEKTÍV, 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. VÚPOP Bratislava, 136 s. ISBN 978–80–89128–89–1.

prof. Ing. Jozef Kobza, CSc.,  
NPPC – Výskumný ústav pôdozvedectva  
a ochrany pôdy Bratislava,  
RP – Banská Bystrica,  
Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica,  
tel.: 048/3100241, e-mail: j.kobza@vupop.sk

## Vplyv rozdielnych technológií pestovania pšenice letnej f. ozimnej na úrodu a vybrané ukazovatele kvality zrna

### Effect of different winter wheat cultivation technologies on the yield and quality of its grain

**Eva Hanáčková, Eva Candráková**

*The aim of the work was to assess the effect of different soil tillage in the interaction with fertilization and the use of post-harvest residues on yield and quality of winter wheat, variety Bertold. The field experiment was established in years 2011/2012–2013/2014 on Experimental Base of the Slovak University of Agriculture in Dolná Malanta. There were evaluated two soil tillage methods ( $B_1$  – conventional tillage,  $B_2$  – minimal tillage) and three treatments of fertilization (0 – unfertilized control, PH – balance fertilization by mineral fertilizers based on soil analysis and planned winter wheat yield ( $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), PZ – balance fertilization by mineral fertilizers + incorporation of post-harvest residues). Grain yield of winter wheat was significantly influenced by year and fertilization. In evaluated period average yield of grain (average of treatments) achieved  $5.73 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Significantly higher yield ( $7.18 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) was gained in year 2014 compared to years 2012 and 2013, respectively. Higher average grain yield ( $5.77 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) was reached at conventional tillage (ploughing) than under minimal tillage ( $5.69 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). However, the difference these yields was not statistically significant. Winter wheat fertilization significantly influenced such important quality parameters of wheat as content of crude protein, gluten, values of sedimentation test and volume weight. These quality parameters were (except volume weight) significantly higher under conventional than minimal tillage.*

*Highly significant negative correlation ( $r = -0.5979^{**}$ ) was found out between yield of grain and content of gluten. On the contrary, positive very high significant correlation ( $r = 0.8152^{***}$ ) was determined between content of crude protein and content of gluten. Significant relation was also found between the values of sedimentation test and falling number ( $r = 0.4931^*$ ).*

#### winter wheat, yield of grain, fertilization, soil tillage, qualitative parameters

V praktickej výžive rastlín je dôležité zabezpečiť efektívnu a biologicky čo najracionálnejšiu aplikáciu živín pri zohľadnení odrodových požiadaviek na dávku živín a termín ich aplikácie v záujme zabezpečenia maximálnej produktivity rastlín a rentability výroby poľnohospodárskych produktov.

Výživa rastlín v podmienkach Slovenska sa podieľa na realizácii genetického potenciálu rastlín približne 35%. Miera nárastu je významne závislá od úrodnosti pôdy, v dôsledku čoho konkrétne efekty aplikácie hnojív majú širší interval (6–80%). Z toho dôvodu hnojenie rastlín, a to i napriek neustálemu rastu cien priemyselných hnojív, patrí k najvýznamnejším faktorom determinujúcim výšku a kvalitu úrod (10).

Vo výžive pšenice ozimnej má osobitné postavenie dusík, ktorý je popri agroekologických podmienkach prostredia limitujúcim činiteľom úrody za predpokladu, že aj ostatné živiny sú optimalizované. Dusíkaté hnojivá by sa mali aplikovať v období najintenzívnejšieho rastu, t. j. vo fázach odnožovanie – steblovanie, keď z celkového prijatého dusíka sa utilizuje až 70% (14). Z hľadiska vplyvu dusíkatej výživy na tvorbu úrody zrna pšenice sa považuje za najdôležitejšie regeneračné a produkčné prihnojenie. Kvalitatívne prihnojenie porastov dusíkom po odkvitnutí zvyšuje vyrovnanosť zrna, obsah dusíkatých látok a mokrého lepku.

Je všeobecne známe, že výška úrody a kvalita zrna závisí od genotypu, prostredia a ich interakcie (1, 2, 15, 23, 24, 27, 29), ale neexistuje všeobecný konsenzus o tom, ktorý z týchto faktorov je najdôležitejší pre väčšinu znakov kvality. Určité znaky kvality (tvrdosť, výťažnosť múky a sedimentačný test podľa Zeleného) sú veľmi ovplyvnené genotypom (1, 29), zatiaľ čo ostatné parametre (obsah dusíkatých látok, hmotnosť tisíc zrn, objemová hmotnosť, číslo poklesu) sú väčšinou ovplyvnené prostredím (1, 8, 29).



**Tabuľka 1:** Agrochemické vlastnosti pôdy pred založením pokusu  
**Table 1:** Agrochemical soil analysis before experiment establishing

Rok (1)	Variant (2)		Obsah prístupných živín (mg·kg <sup>-1</sup> ) (3)				pH <sub>KCl</sub>	Humus (%) (4)
			P	K	Ca	Mg		
2011/2012	B <sub>1</sub>	PH	88	226	2 000	244	6,00	0,79
		PZ	82	240	1 850	250	5,66	0,72
	B <sub>2</sub>	PH	79	268	2 100	268	5,89	0,81
		PZ	80	277	1 950	236	5,92	0,88
2012/2013	B <sub>1</sub>	PH	104	295	1 970	278	5,78	0,75
		PZ	94	313	1 610	234	5,65	0,56
	B <sub>2</sub>	PH	76	265	1 420	305	5,69	1,46
		PZ	75	328	1 850	239	5,62	1,05
2013/2014	B <sub>1</sub>	PH	73	220	1 720	239	6,37	0,53
		PZ	90	220	2 110	293	6,46	0,79
	B <sub>2</sub>	PH	80	240	1 740	230	6,25	0,81
		PZ	43	170	1 310	195	6,22	0,88

B<sub>1</sub> – konvenčné obrábanie (conventional tillage), B<sub>2</sub> – minimalizácia (minimal tillage), 0 – kontrola nehnojená (unfertilized control), PH – hnojenie priemyselnými hnojivami (mineral fertilizers), PZ – hnojenie priemyselnými hnojivami + zapravenie pozberových zvyškov (mineral fertilizers + post harvest residues)

(1) year, (2) treatment, (3) content of available nutrients in soil (mg·kg<sup>-1</sup>), (4) humus

Zložitá ekonomická situácia núti poľnohospodárov hľadať rezervy v znižovaní nákladov na výrobu poľných plodín. Aj preto sa pri pestovaní pšenice okrem konvenčného obrábania pôdy stále viac uplatňujú aj minimalizačné technológie (9, 26), ktoré majú za úlohu racionalizovať dodatkové vklady do výrobného procesu. Ich základným cieľom je nahradiť pracovne a energeticky náročnú orbu plytším alebo hlbším kyprením radličkovým alebo tanierovým náradím, zabrániť stratám pôdnej vlhkosti, ktoré sú najväčšie v orníčnom horizonte, pozitívne ovplyvniť infiltráciu vody v pôdnom profile a zabrániť erózii pôdy.

Cieľom príspevku je zhodnotiť vplyv rôznych spôsobov obrábania pôdy v interakcii s hnojením priemyselnými hnojivami a využitím organickej hmoty pozberových zvyškov na výšku úrody a kvalitu zrna pšenice letnej formy ozimnej.

## Materiál a metódy

Poľný pokus bol založený v rokoch 2011/12–2013/2014 na experimentálnej báze FAPZ SPU v Nitre nachádzajúcej sa v lokalite Dolná Maláta v kukuričnej výrobnej oblasti patriacej do veľmi teplej a suchej podoblasti s nadmorskou výškou 175 m n. m. Priemerná ročná teplota vzduchu je 9,8 °C, priemerný ročný úhrn zrážok podľa dlhodobého normálu je 540 mm. Pôda je hlinitá hnedozem vytvorená na prolúviálnych zasprašovaných sedimentoch, subtyp je hnedozem kultizemná (HMa).

Agrochemické vlastnosti pôdy pred založením pokusu sú uvedené v tabuľke 1. Pôdne vzorky pre potreby určenia dávok priemyselných hnojív boli odobraté pred založením pokusu z vrstvy pôdy 0–0,3 m. Obsah prístupného fosforu podľa Mehlicha III bol nízky až dobrý, draslíka vyhovujúci až vysoký, obsah horčíka dobrý až vysoký. Pôdna reakcia je slabokyslá (tab. 1).

V práci sú sledované dva spôsoby základného obrábania pôdy:

**B<sub>1</sub>** – konvenčné obrábanie pôdy – stredne hlboká orba (0,20–0,25 m)

**B<sub>2</sub>** – minimálne obrábanie pôdy – tanierovanie (0,10–0,15 m)

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

**0** – kontrola bez hnojenia,

**PH** – racionálne hnojenie priemyselnými hnojivami,

**PZ** – racionálne hnojenie priemyselnými hnojivami a zapravovanie pozberových zvyškov.

Predplodinou pšenice letnej formy ozimnej odrody Bertold bola ďatelina lúčna. Bertold je stredne skorá odroda stredného vzrastu vhodná na pestovanie v kukuričnej a repárskej výrobnej oblasti.

Dávky priemyselných hnojív boli určené na základe analyticky zisteného obsahu prístupných živín v pôde a plánovanej úrody. Dávky N–hnojív pre potreby produkčného a kvalitatívneho prihnojenia pšenice letnej formy ozimnej boli stanovené na základe rozboru rastlín a kritérií pre posúdenie stavu dusíkatej výživy porastu pšenice letnej formy ozimnej (13).

Fosfor sa aplikoval vo forme 18% jednoduchého superfosfátu, draslík vo forme 60% draselnej soli a dusík vo forme liadku vápenatého s dolomitom. Aplikované dávky priemyselných hnojív uvedené v kg·ha<sup>-1</sup> č. ž. sú v tabuľke 2.

Priebeh poveternostných podmienok počas pokusného obdobia je znázornený na obr. 1. a 2.

Obsah dusíka bol stanovený Kjeldahlovou metódou (PRO–NITRO–A), kvalitatívne ukazovatele (mokry lepok, sedimentačný test, číslo poklesu) na prístroji AMAT–SCHEK.

## Výsledky a diskusia

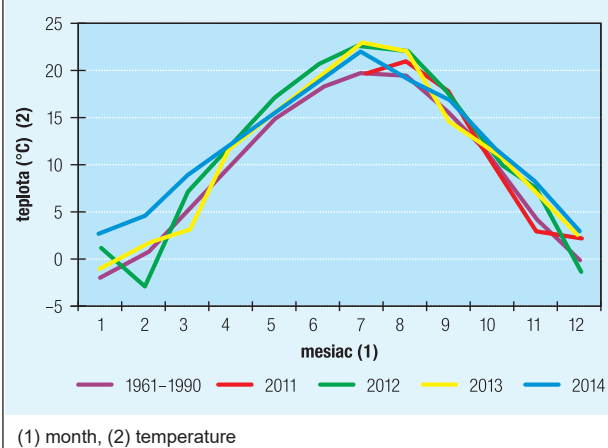
Úroda zrna pšenice letnej formy ozimnej dosiahnutá v pokusných rokoch 2011/2012 až 2013/2014 je uvedená v tabuľke 3.

V priebehu pokusných rokov sa úrody zrna pohybovali v rozpätí od 3,89 t·ha<sup>-1</sup> do 8,09 t·ha<sup>-1</sup>. V hodnotenom období sa dosiahla v priemere variantov pokusu priemerná úroda zrna 5,73 t·ha<sup>-1</sup>.

Potvrdilo sa, že pšenica podstatnejšie nereaguje na hĺbku obrábania pôdy, čo je v súlade s výsledkami uvádzanými viacerými autormi (4, 7, 21). Rozdielne obrábanie

**Obr. 1:** Poveternostné podmienky v rokoch 2011/12–2012/2013 – priemerná denná teplota (°C)

**Fig. 1:** Weather conditions in years 2009–2011 – average daily temperature (°C)



pôdy úrodu zrna pšenice ozimnej štatisticky významne neovplyvnilo. V porovnaní s minimalizačnou technológiou bola pri orbe dosiahnutá vyššia úroda zrna len o 0,08 t·ha<sup>-1</sup>.

Štatisticky významný rozdiel v úrode zrna bol medzi nehnojenu kontrolou a hnojenými variantmi. Na hnojených variantoch bola priemerná úroda zrna v porovnaní s kontrolou vyššia o 13,5%. Dosiahnuté rozdiely v úrodách zrna pšenice na hnojených variantoch (PH a PZ) sú nepreukazné.

Výsledky poukazujú na pozitívny vplyv predplodiny ďateliny lúčnej pri pestovaní pšenice letnej formy ozimnej. Potvrdzujú to nižšie dávky dusíka (v jednotlivých rokoch sa pohybovali od 30 do 75 kg·ha<sup>-1</sup> N) ako sa bežne v poľnohospodárskej praxi používajú, a pomerne vysoké úrody zrna dosiahnuté na nehnojených variantoch, ktoré odzrkadľujú schopnosť pôdy uvoľňovať živiny. Hřivna (6) uvádza, že pozvoľna sa uvoľňujúci dusík z pozberových zvyškov všetkých bôbových je dobre využívaný predovšetkým v období tvorby zrna, teda vo fáze, keď sa rozhoduje o celkovej kvalite.

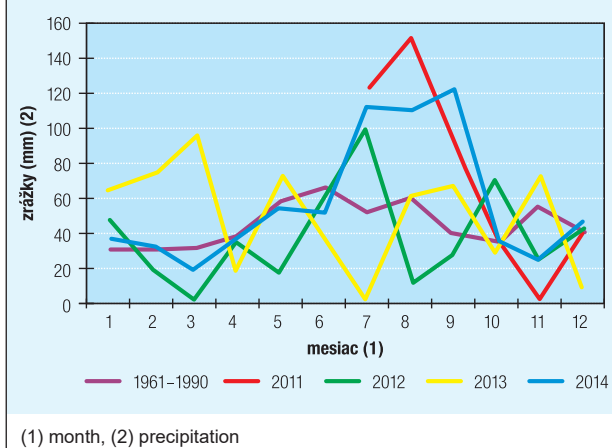
Pokusný rok mal štatisticky vysoko preukazný vplyv na výšku úrody zrna pšenice. Priemerné mesačné teploty a úhrn zrážok v jednotlivých rokoch sa výrazne odlišovali (obr. 1, 2). Ešte väčšie rozdiely sú v rozložení zrážok počas vegetácie.

V pokusnom roku 2011/2012 boli pre pestovanie ozimných obilnín relatívne nepriaznivé poveternostné podmienky. V jesennom období v mesiacoch september až december úhrn zrážok zodpovedal dlhodobému normálu, avšak rozdelenie zrážok bolo nerovnomerné. Január bol veľmi vlhký (158,7 % normálu), február suchý (55,6% n) a marec mimoriadne suchý. Deficit zrážok pretrvával aj v mesiacoch máj a jún. Za obdobie máj – jún bol deficit zrážok –52,1 mm v porovnaní s dlhodobým normálom.

Odroda 'Bertold' dosiahla v tomto roku priemernú úrodu zrna 4,54 t·ha<sup>-1</sup>, čo je úroda v porovnaní s celoslovenským priemerom vyššia o 1,25 t·ha<sup>-1</sup> a predstavuje zvýšenie o 38%. Vyššia priemerná úroda zrna sa dosiahla pri konvenčnom obrábaní pôdy ako pri minimalizácii. Najvyššia priemerná úroda zrna (4,84 t·ha<sup>-1</sup>) sa dosiahla na variante racionálne hnojenom priemyselnými hnojivami.

**Obr. 2:** Poveternostné podmienky v rokoch 2011/12–2013/2014 – sumy zrážok (mm)

**Fig. 2:** Weather conditions in years 2009–2011 – sum of precipitation (mm)



V roku 2012 jesenné obdobie sa vyznačovalo striedaním mimoriadne vlhkého a veľmi suchého, resp. suchého obdobia. Zaznamenaný úhrn zrážok v tomto období bol vyšší o 43,4 mm ako je dlhodobý normál. V mesiacoch január až marec mali porasty pšenice letnej formy ozimnej nadbytok zrážok. V porovnaní s dlhodobým normálom úhrn zrážok bol vyšší o 144,5 mm. V mesiacoch apríl – jún dochádzalo k striedaniu suchého a vlhkého obdobia. Deficit zrážok v tomto období bol –29,9 mm.

V roku 2013 sa dosiahla priemerná úroda zrna 5,48 t·ha<sup>-1</sup>, čo je úroda vysoko preukazne vyššia v porovnaní s úrodou zrna dosiahnutou v roku 2012. Vyššia priemerná úroda zrna v tomto roku bola pri minimalizácii ako pri orbe a z variantov hnojenia sa získala najvyššia úroda zrna pri zapravení pozberových zvyškov do pôdy (5,61 t·ha<sup>-1</sup>). V porovnaní s celoslovenským priemerom je táto úroda vyššia o 19,7%.

Na prelome rokov 2013/2014 sa zima vyznačovala teplejším až mimoriadne teplým počasím s relatívne vysokými teplotami pred nástupom jari. S výnimkou suchého marca úhrn zrážok za obdobie január – jún zodpovedal dlhodobému normálu, čo sa priaznivo prejavilo na úrode zrna. V tomto roku sa dosiahla vysoko preukazne vyššia úroda zrna (7,18 t·ha<sup>-1</sup>) ako v rokoch 2012 a 2013. V porovnaní s celoslovenským priemerom bola priemerná úroda vyššia o 31,5%. Významný vplyv ročníka na úrodu zrna pšenice letnej formy ozimnej popisujú mnohí autori (3, 9, 11, 22).

Kvalitatívne parametre zrna pšenice ozimnej sú uvedené v tabuľke 4. Z tabuľky 5 vyplýva, že kvalitatívne ukazovatele zrna pšenice boli štatisticky významne ovplyvnené ročníkom, obrábaním pôdy a hnojením.

V roku 2012 sme stanovili vysoko preukazne vyšší obsah dusíkatých látok v zrne pšenice (14,77%) oproti roku 2013 a 2014, avšak úroda zrna bola v tomto roku najnižšia, napriek aplikácii vyšších dávok dusíka. Ako sa dávky dusíka uplatnia pri formovaní produkcie v rôznych poveternostných podmienkach jednotlivých ročníkov, závisí predovšetkým od genotypu a toho, či porast využije dusík viac na zvýšenie úrody alebo zvýšenie kvality zrna. Pre kvalitu zrna je potrebný dostatočný príjem a translokácia dusíka do zrna (28), avšak to, aký podiel akumulovaného dusíka sa translokuje do zrna, závisí od podmienok v období nalievania zrna (5, 25).

**Tabuľka 2:** Aplikované dávky živín  
**Table 2:** Rates of nutrients

Rok (1)	Variant (2)		Dávka živín (kg·ha <sup>-1</sup> č. ž.) (3)					
			N				P	K
			regeneračné (4)	produkčné (5)	kvalitatívne (6)	spolu (7)		
2011/2012	B <sub>1</sub> *	PH	30	30	–	60	30	60
		PZ	30	30	–	60	30	60
	B <sub>2</sub> *	PH	30	30	–	60	30	60
		PZ	30	45	–	75	30	60
2012/2013	B <sub>1</sub>	PH	30	–	15	45	24	60
		PZ	30	–	15	45	24	20
	B <sub>2</sub>	PH	25	–	15	40	36	60
		PZ	25	–	15	40	36	20
2013/2014	B <sub>1</sub>	PH	30	–	15	45	30	60
		PZ	30	–	0	30	24	60
	B <sub>2</sub>	PH	30	–	10	40	30	60
		PZ	30	–	10	40	36	60

(1) year, (2) treatment, (3) rates of nutrients (kg·ha<sup>-1</sup>), (4) regeneration, (5) productional, (6) qualitative, (7) in total  
(\*) Abbreviations see Table 1

**Tabuľka 3:** Úroda zrna pšenice letnej formy ozimnej  
**Table 3:** Yield of winter wheat grain, variety Bertold

Rok (2)	Variant (3)	Obrábanie pôdy (1)				Priemer (5)	
		konvenčné (B <sub>1</sub> )		minimálne (B <sub>2</sub> )			
		úroda zrna (4)					
		t·ha <sup>-1</sup>	rel. % (6)	t·ha <sup>-1</sup>	rel. %	t·ha <sup>-1</sup>	rel. %
2011/2012	0	4,65	100,0	3,89	100,0	4,27	100,0
	PH	4,71	101,3	4,97	127,8	4,84	113,4
	PZ	4,94	106,2	4,06	104,4	4,50	105,4
	$\bar{x}$	4,77	–	4,31	–	4,54	–
2012/2013	0	5,32	100,0	5,29	100,0	5,31	100,0
	PH	5,63	105,8	5,40	102,1	5,52	104,0
	PZ	5,34	100,4	5,88	111,2	5,61	105,7
	$\bar{x}$	5,43	–	5,52	–	5,48	–
2013/2014	0	6,47	100,0	5,90	100,0	6,19	100,0
	PH	7,38	114,1	7,70	130,5	7,54	121,8
	PZ	7,52	116,2	8,09	137,1	7,81	126,2
	$\bar{x}$	7,12	–	7,23	–	7,18	–
Priemer rokov (7)	0	5,48	100,0	5,03	100,0	5,26	100,0
	PH	5,91	107,8	6,02	119,7	5,97	113,5
	PZ	5,93	108,2	6,01	119,5	5,97	113,5
	$\bar{x}$	5,77	–	5,69	–	5,73	–

B<sub>1</sub> – konvenčné obrábanie (conventional tillage), B<sub>2</sub> – minimalizácia (minimal tillage),  
0 – kontrola nehnojená (unfertilized control), PH – hnojenie priemyselnými hnojivami (mineral fertilizer), PZ – hnojenie priemyselnými hnojivami + zapravenie pozberových zvyškov (mineral fertilizer + post harvest residue)  
(1) soil tillage, (2) year, (3) treatment, (4) grain yield, (5) average, (6) – relatively in %, (7) average years  
rok: LSD<sub>0,05</sub> = 0,6739; LSD<sub>0,01</sub> = 0,9091; obrábanie: LSD<sub>0,05</sub> = 0,5502; LSD<sub>0,01</sub> = 0,7423;  
hnojenie: LSD<sub>0,05</sub> = 0,6739; LSD<sub>0,01</sub> = 0,9091;

Produkcia dusíkatých látok (kg·ha<sup>-1</sup>), ktorá sa odvíja od ich obsahu v zrne a dosiahnutej úrody, bola na hnojených variantoch vysoko preukazne vyššia ako na nehnojenej kontrole. Najvyššia produkcia dusíkatých látok sa dosiahla v roku 2014 na variante s plytko zapravenými pozberovými zvyškami (B<sub>2</sub> – PZ = 1 129 kg·ha<sup>-1</sup>).

Medzi najdôležitejšie bielkoviny v pšenici patrí gliadín a glutenín, ktoré tvoria lepok, ktorý významnou mierou ovplyvňuje kvalitu pekárskych výrobkov. Mokry lepok pô-

sobením kvasiacich plynov umožňuje cestu zväčšiť svoj objem a zachovať svoj tvar (17). Zistili sme veľmi vysoký korelačný vzťah medzi obsahom lepku a dusíkatými látkami ( $r = 0,8152^{xxx}$ ) (obr. 3) a negatívny vysoko preukazný korelačný vzťah medzi obsahom lepku a úrodou zrna ( $r = -0,5979^{xx}$ ) (obr. 4). Nami zistené závislosti sa zhodujú s výsledkami, ktoré uvádzajú Rakszegi et al. (19).

S množstvom a akosťou bielkovín je úzko spojená aj kvalita múky charakterizovaná výškou sedimentu pri SDS

**Tabuľka 3:** Úroda zrna pšenice letnej formy ozimnej  
**Table 3:** Yield of winter wheat grain, variety Bertold

Rok (2)	Variant (3)	Obrábanie pôdy (1)				Priemer (5)	
		konvenčné (B <sub>1</sub> )		minimálne (B <sub>2</sub> )			
		úroda zrna (4)					
		t·ha <sup>-1</sup>	rel. % (6)	t·ha <sup>-1</sup>	rel. %	t·ha <sup>-1</sup>	rel. %
2011/2012	0	4,65	100,0	3,89	100,0	4,27	100,0
	PH	4,71	101,3	4,97	127,8	4,84	113,4
	PZ	4,94	106,2	4,06	104,4	4,50	105,4
	$\bar{x}$	4,77	–	4,31	–	4,54	–
2012/2013	0	5,32	100,0	5,29	100,0	5,31	100,0
	PH	5,63	105,8	5,40	102,1	5,52	104,0
	PZ	5,34	100,4	5,88	111,2	5,61	105,7
	$\bar{x}$	5,43	–	5,52	–	5,48	–
2013/2014	0	6,47	100,0	5,90	100,0	6,19	100,0
	PH	7,38	114,1	7,70	130,5	7,54	121,8
	PZ	7,52	116,2	8,09	137,1	7,81	126,2
	$\bar{x}$	7,12	–	7,23	–	7,18	–
Priemer rokov (7)	0	5,48	100,0	5,03	100,0	5,26	100,0
	PH	5,91	107,8	6,02	119,7	5,97	113,5
	PZ	5,93	108,2	6,01	119,5	5,97	113,5
	$\bar{x}$	5,77	–	5,69	–	5,73	–

B<sub>1</sub> – konvenčné obrábanie (conventional tillage), B<sub>2</sub> – minimalizácia (minimal tillage),  
 0 – kontrola nehnojená (unfertilized control), PH – hnojenie priemyselnými hnojivami (mineral fertilizer), PZ – hnojenie priemyselnými hnojivami + zapravenie pozberových zvyškov (mineral fertilizer + post harvest residue)

(1) soil tillage, (2) year, (3) treatment, (4) grain yield, (5) average, (6) – relatively in %, (7) average years

rok: LSD<sub>0,05</sub> = 0,6739; LSD<sub>0,01</sub> = 0,9091; obrábanie: LSD<sub>0,05</sub> = 0,5502; LSD<sub>0,01</sub> = 0,7423;

hnojenie: LSD<sub>0,05</sub> = 0,6739; LSD<sub>0,01</sub> = 0,9091;

**Tabuľka 4:** Kvalitatívne parametre zrna pšenice ozimnej

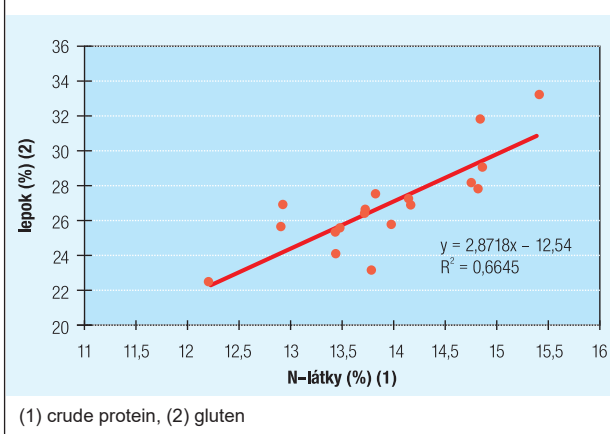
**Table 4:** Qualitative parameters of winter wheat grain

Rok (1)	Variant (2)		N– látky (%) (3)	Produkcia N– látok (t·ha <sup>-1</sup> ) (4)	Mokrý lepok (%) (5)	Sedimen. test (ml) (6)	Číslo poklesu (s) (7)	Objem. hmot- nosť (kg·l <sup>-1</sup> ) (8)
2012	B <sub>1</sub> *	0	14,81	688,7	32,6	66	353	823
		PH	15,37	723,9	34,1	65	332	820
		PZ	14,83	732,6	29,6	63	331	824
	B <sub>2</sub> *	0	14,12	549,3	27,7	60	370	815
		PH	14,72	731,6	28,7	61	360	822
		PZ	14,79	600,5	28,4	63	409	812
2013	B <sub>1</sub>	0	12,91	686,8	27,4	58	292	797
		PH	14,13	795,5	27,5	57	293	816
		PZ	13,79	736,4	28,0	59	329	816
	B <sub>2</sub>	0	12,89	681,9	26,0	55	291	808
		PH	13,70	739,8	27,1	57	321	820
		PZ	13,70	805,6	26,9	58	318	816
2014	B <sub>1</sub>	0	13,42	868,3	24,3	67	373	756
		PH	13,41	989,7	25,7	66	319	788
		PZ	13,76	1 034,8	23,4	67	318	788
	B <sub>2</sub>	0	12,21	720,4	22,6	59	342	788
		PH	13,44	1 034,9	25,9	67	345	784
		PZ	13,95	1 128,6	26,2	66	367	792

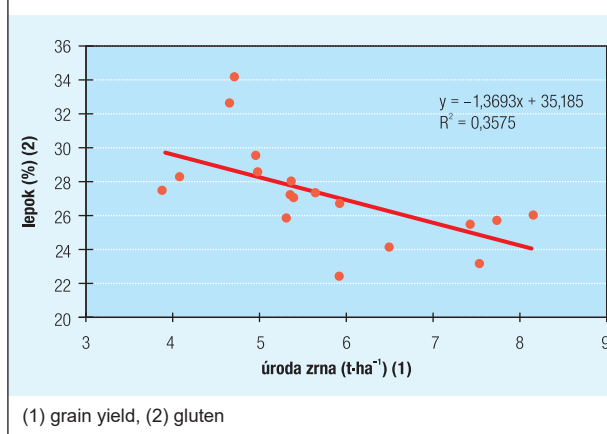
(1) year, (2) treatment, (3) crude protein, (4) production of crude protein, (5) wet gluten, (6) sedimentation value, (7) falling number, (8) volume weight,

(\*) Abbreviations see Table 1

**Obr. 3:** Závislosť medzi obsahom dusíkatých látok a obsahom lepku  
**Fig. 3:** Relationship between the crude protein and gluten content



**Obr. 4:** Závislosť medzi úrodou zrna a obsahom lepku  
**Fig. 4:** Relationship between the grain yield and gluten content



**Tabuľka 5:** Testovanie rozdielov medzi úrovňami skúmaných faktorov  
**Table 5:** Testing of the differences between the levels of experimental factors

Zdroj premenlivosti (1)		N-látky* (%)	Produkcia N-látok (kg·ha <sup>-1</sup> )	Mokrý lepok (%)	Sedimentačný test (ml)	Číslo poklesu (s)	Objemová hmotnosť (g·l <sup>-1</sup> )
Rok (2)	2012	14,77 a	671,10 a	30,02 c	63,00 b	340,67 b	819,33 c
	2013	13,52 b	741,00 b	27,15 b	57,33 a	307,33 a	812,17 b
	2014	13,37 b	962,78 c	24,68 a	65,33 c	344,00 b	782,67 a
Hd (α = 0,05)		0,1329	28,84	0,6176	1,1323	32,1495	3,9916
Hd (α = 0,01)		0,1778	38,9047	0,8331	1,5275	43,3691	5,3846
<b>Obrábanie pôdy (3)</b>							
Konvenčné (4)		14,05 b	806,30 b	28,07 b	63,11 b	326,67 a	803,11 a
Minimalizačné (5)		13,72 a	776,96 a	26,50 a	60,67 a	334,67 a	806,33 a
Hd (α = 0,05)		0,1085	23,5478	0,5042	0,9245	26,2499	3,2591
Hd (α = 0,01)		0,1452	31,7655	0,6802	1,2472	35,4107	4,3965
<b>Hnojenie (6)</b>							
Kontrola (7)		13,39 a	699,23 a	26,76 a	60,83 a	318,33 a	797,83 a
priemyselné hnojivá (8)		14,13 b	835,90 b	28,00 b	62,17 b	328,33 a	808,00 b
pozberové zvyšky (9)		14,14 b	839,75 b	27,08 a	62,67 b	345,33 a	808,33 b
Hd (α = 0,05)		0,1329	28,84	0,6176	1,1323	32,1495	3,9116
Hd (α = 0,01)		0,1778	38,9047	0,8331	1,5275	43,3691	5,3846

(1) source of variation, (2) year, (3) soil tillage, (4) conventional, (5) minimal, (6) fertilization, (7) control, (8) mineral fertilizers, (9) mineral fertilizers + postharvest residues

\* Abbreviations see Table 3

**Tab. 6:** Korelačný koeficient medzi ukazovateľmi kvality zrna pšenice letnej f. ozimnej

**Tab 6:** Correlation coefficient between quality parameters of winter wheat grain

Parameter (1)	Úroda zrna	N-látky	Mokrý lepok	Sedimentačný test	Číslo poklesu	Objemová hmotnosť
Úroda zrna (2)	–	-0,4296	-0,5979 <sup>xx</sup>	0,4615	-0,1609	-0,6856 <sup>xx</sup>
N-látky (3)	-0,4296	–	0,8152 <sup>xxx</sup>	0,3278	0,3801	0,5931 <sup>xx</sup>
Mokrý lepok (4)	-0,5979 <sup>xx</sup>	0,8152 <sup>xxx</sup>	–	0,0648	0,0924	0,7103 <sup>xxx</sup>
Sedimentačný test (5)	0,4615	-0,2478	0,0648	–	0,4931 <sup>x</sup>	-0,4568
Číslo poklesu (6)	-0,1609	0,3801	0,0924	0,4931 <sup>x</sup>	–	-0,1259
Objemová hmotnosť (7)	-0,6856 <sup>xx</sup>	0,5931 <sup>xx</sup>	0,7103 <sup>xxx</sup>	-0,4568	-0,1259	–

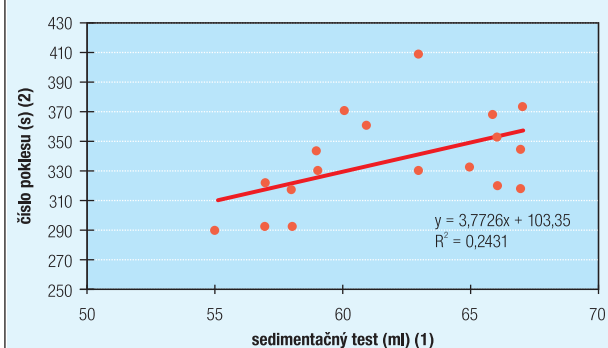
(1) parameter, (2) grain yield, (3) crude protein, (4) gluten, (5) sedimentation value, (6) falling number, (7) volume weight

teste (6). Výsledky sedimentačného testu jednoznačne potvrdzujú pozitívny účinok hnojenia dusíkom na hodnotu sedimentačného testu. V porovnaní s nehnojenou kon-

trolou na hnojených variantoch hodnota sedimentačného testu je štatisticky významne vyššia. Hodnoty sedimentačného testu sa na variantoch pokusu pohybovali v rozpätí

**Obr. 5:** Závislosť medzi hodnotami sedimentačného testu a číslom poklesu

**Fig. 5:** The relationship between sedimentation value and falling number



(1) sedimentation value (2) falling number

55 – 67 ml. Udrživateľ odrody Bertold (firma HORDEUM s.r.o.) ju charakterizuje ako odrodu s vysokým obsahom dusíkatých látok a kvalitného lepku, stabilným číslom poklesu a vysokými hodnotami sedimentačného testu. Sedimentačný test je zo všetkých sledovaných znakov kvality najviac podmienený genotypom s nízkym vplyvom prostredia.

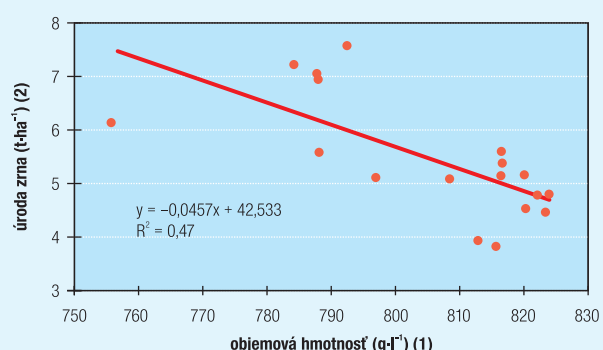
Obsah N-látok a ich produkcia, obsah mokrého lepku a hodnoty sedimentačného testu dosiahli štatisticky významne vyššie hodnoty pri konvenčnom obrábaní pôdy v porovnaní s minimalizáciou (tab. 5), čo je v súlade s výsledkami, ktoré uvádza Mečiar a Režo (12). Naopak Vavera (26) uvádza, že znížená hĺbka obrábania pôdy, vrátane sejby do neobrobenej pôdy, technologickú hodnotu zrna neznižuje. Ďalej konštatuje, že podľa niektorých pokusov sa konvenčné obrábanie pôdy s orbou prejavilo v porovnaní s obmedzeným obrábaním pôdy vyšším obsahom dusíkatých látok a lepku v zrne a vyššou hodnotou sedimentačného testu.

Číslo poklesu je používaným kritériom pre odhaľovanie poškodzovania zásobných látok endospermu hydrolytickými enzýmami syntetizovanými v zrne. Je významne ovplyvňované priebehom počasia v období dozrievania a zberovej zrelosti zrna. Základnou požiadavkou pre dosiahnutie vyhovujúceho čísla poklesu je suché a teplé počasia v závere vegetácie. Číslo poklesu sa v jednotlivých rokoch pohybovalo od 292 do 409 s. Hodnoty čísla poklesu 300 s a viac poukazujú na nízku aktivitu  $\alpha$ -amyláz. Múka je technologicky vhodná, ale zvýšenie aktivity amyláz sa rieši prídavkami amylolytických enzýmov (16). Medzi číslom poklesu a hodnotami sedimentačného testu sme zistili štatisticky významný korelačný vzťah ( $r = 0,4931^*$ ) (obr. 5), čo je v súlade s výsledkami uvádzanými Rakszegi et al. (19).

Objemová hmotnosť je ukazovateľom mlynárskej akosti a súvisí s výťažnosťou múky. Nepovažuje sa za objektívne meradlo kvality zrna. Vplyv pestovateľských podmienok, ročníka, odrody a vlhkosti nie je jednoznačný (18). S výnimkou nehnoseného variantu pri konvenčnom obrábaní pôdy v roku 2014 objemová hmotnosť zrna zodpovedá triede E – elitná. Medzi objemovou hmotnosťou a úrodou zrna sme zistili štatisticky významnú negatívnu korelačnú závislosť ( $r = -0,6856^{**}$ ) (obr. 6). Negatívnu, ale štatisticky nevýznamnú, korelačnú závislosť medzi objemovou hmotnosťou a úrodou zrna zistili aj Rozbicki et al. (20).

**Obr. 6:** Závislosť medzi objemovou hmotnosťou a úrodou zrna

**Fig. 6:** The relationship between the volume weight and grain yield



(1) volume weight, (2) grain yield

## Záver

Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že úroda zrna pšenice letnej f. ozimnej bola štatisticky významne ovplyvnená ročníkom a hnojením. Vyššia úroda zrna sa získala pri orbe ako pri minimalizácii, rozdiel však nebol štatisticky významný.

Hnojenie porastov pšenice štatisticky významne ovplyvňovalo také dôležité ukazovatele kvality potravinárskej pšenice ako je obsah N-látok, lepku, hodnoty sedimentačného testu a objemovú hmotnosť. Uvedené ukazovatele kvality, s výnimkou hodnôt objemovej hmotnosti zrna, boli preukazne vyššie pri konvenčnom obrábaní pôdy ako pri minimalizácii.

Medzi úrodou zrna a obsahom lepku bola zistená negatívna vysoko preukazná korelačná závislosť a pozitívna veľmi vysoká závislosť medzi obsahom N-látok a obsahom lepku. Preukaznú závislosť sme zistili aj medzi hodnotami sedimentačného testu a číslom poklesu.

Veľká premenlivosť počasia na našom území sťažuje vytváranie optimálnych podmienok pre výrobu kvalitnej základnej pekárskej suroviny – pšenice letnej formy ozimnej v každom roku. Je preto nevyhnutné sústavne skúmať vplyv pestovateľských technológií v súvislosti s pôdno-klimatickými podmienkami stanovišťa, priebehom počasia v jednotlivých ročníkoch a biologickým materiálom, pretože pri premyslených pestovateľských systémoch je produkcia kvalitnej potravinárskej pšenice na Slovensku aj ekonomicky výhodná.

## Literatúra

- (1) CARSON, G. R. – EDWARDS, N. M. 2009. Criteria of wheat and flour quality. In: Khan, K. – Shewrz, P. R. (Eds.), Wheat: Chemistry and Technology, fourth ed. AACC International, Inc, St. Paul, MN, USA, 97 – 118.
- (2) COOPER, M. – BRENNAN, P. S. – SHEPARD, J. A. 1996. A strategy for yield improvement of wheat which accommodates large genotype by environment. In: Cooper, M. – Hammer, G.L. (Eds.), Plant Adaptation and Crop Improvement. CAB International, Wallingford, UK, pp. 487 – 512.
- (3) HANÁČKOVÁ, E. 2008. Bilancia NPK živín v osevnom postupe. Habilitačná práca. Nitra: SPU, 2008, 233 s.
- (4) HANÁČKOVÁ, E. – SLAMKA, P. 2011. Production process of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under different soil cultivation and fertilization. In: Research Journal of Agricultural Science, 43,

- 1, 2011, s. 56 – 61.
- (5) HOEL, B. O. 1998. Use of a hand-held chlorophyll meter in winter wheat: Evaluation of different measuring positions on the leaves. In: Acta Agric. Scand. – Sect B (Doil and Plant Sci.) 48, 1998, 222 – 228.
- (6) HRIVNA, L. 2012. Výživa a hnojení porostů pšenice ozimé a kvalita produkce. Družstvo vlastníků odrůd: Šlechtitelské listy, Podzim 2012. Dostupné z: [http://www.druvod.cz/files/aktuality/vyziva\\_a\\_hnojeni\\_porostu\\_psenice\\_ozime\\_a\\_kvalita\\_produkce.pdf](http://www.druvod.cz/files/aktuality/vyziva_a_hnojeni_porostu_psenice_ozime_a_kvalita_produkce.pdf)
- (7) HRUBÝ, J. – BADALÍKOVÁ, B. – VÁCLAVÍK, F. 2001. Vliv ochranného zpracování půdy na vybrané kvalitativní ukazatele ozimní pšenice a jarního ječmene. In: Akruální poznatky v oblasti jakosti zemědělské a potravinářské produkce. Sb. referátů. Brno: MZLU, 2001, 79 – 83.
- (8) KONG, L. – SI, J. – ZHANG, B. – FENG, B. – LI, S. – WANG, F. 2013. Environmental modification of winter wheat grain protein accumulation and associated processing quality a case study of China. Aust. J. Crop Sci. 7, 2013, 173–181.
- (9) KOVÁČ, K. – MACÁK, M. 2004. The influence of forecrop, cultivation intensity and wetter condition on the yield of winter wheat and yield components. Scientia Agriculture Bohemica, 2004, 1, 12 – 20.
- (10) KOVÁČIK, P. 2009. Výživa a systémy hnojení rostlin. Praha: Kurent s.r.o. 2009, 105 s. ISBN 978–80–87111–16–1
- (11) MACÁK, M. – ŽÁK, Š. – HANÁČKOVÁ, E. 2007. Vplyv ekologického a low-input systému pestovania pšenice letnej f. ozimnej na úrodu a kvalitu produkcie. In: Agrochémia, XI. (47) 2007, 2, 12–17.
- (12) MEČIAR, L. – REŽO, L. 2010. Vplyv hnojenia a obrábania pôdy na produkciu a kvalitu zrna pšenice letnej formy ozimnej. Potravinárstvo, 4, 2010, mimoriadne číslo, 74 – 81.
- (13) MICHALÍK, I. – BÍZIK, J. – LOŽEK, O. 1986. Využitie rozborov pôdy a rastlín na obsah dusíka pri racionalizácii hnojenia v procese intenzifikácie. Kroměřížske obilninárske dny I. Kroměříž: OSEVA a ČSVTS, 1986, 117–124.
- (14) MICHALÍK, I. 2001. Molekulárne a energetické aspekty príjmu živín v rastlinách. 1. vyd. Nitra: SPU, 2001. 158 s. ISBN 80–7137–836–4.
- (15) MUCHOVÁ, Z. 2001. Faktory ovplyvňujúce technologickú kvalitu pšenice a jej potravinárske využitie. Nitra: SPU, 2001, 112 s. ISBN 80–7137–923–9.
- (16) MUCHOVÁ, Z. – FRANČÁKOVÁ, H. – BOJŇANSKÁ, T. – MAREČEK, J. 2011. Hodnotenie surovín a potravín rastlinného pôvodu. Nitra: SPU, 2011, 220 s. ISBN 978–80–552–0564–9.
- (17) PŘÍHODA, J. – HRUŠKOVÁ, M. 2007. Mlynářská technologie, sv. 1, Hodnocení kvality. Praha: Svaz průmyslových mlýnů, 2007, 187 s. ISBN 978–80–239–9475–9.
- (18) PRUGAR, J. – BARANYK, P. – BÁRTA, J. et al., 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha: VÚPS v spolupráci s ČZV, 2008, 327 s. ISBN 978–80–86576–28–2.
- (19) RAKSZEGLI, M. – MIKÓ, P. – LÖSCHENBERGER, F. et al. 2016. Comparison of quality parameters of wheat varieties with different breeding origin under organic and low-input conventional conditions. In: Journal of Cereal Science, 69, 2016, 297–305.
- (20) ROZBICKI, J. – CEGLIŃSKA, A. – GOZDOWSKI, D. et al. 2015. Influence of the cultivar, environment and management on the grain yield and bread-making quality in winter wheat. In: Journal of Cereal Science, 61, 2015, 126–132.
- (21) RŽONCA, J. – POSPIŠIL, R. – POZDÍŠEK, J. – MEČIAR, L. 2008. Vplyv rôznych pestovateľských technológií pšenice letnej f. ozimnej na úrody a vybrané ukazovatele kvality. In: Agrochémia, XII. (48), 2008, 1, 25 – 28.
- (22) SLAMKA, P. – LOŽEK, O. 2014. Hodnotenie účinku inhibítorov nitrifikácie v hnojive ENSIN vo výžive ozimnej pšenice. In: Agrochémia, XVIII. (54), 2014, 1, 10–17.
- (23) SMITH, G. P. – GOODING, M. J. 1999. Models of wheat grain quality considering climate, cultivar and nitrogen effects. In: Agr. For. Meteorol. 94, 1999, 159–170.
- (24) TAGHOUTI, M. – GABOUN, F. – NSARELLAH, N. et al. 2010. Genotype – environment interaction for quality traits in durum wheat cultivars adapted to different environments. In: Afr. J. Biotechnol. 9, 2010, 2054–3062.
- (25) UŽÍK, M. – ŽOFAJOVÁ, A. – RÜCKSCHLOSS, L. 2009. Vplyv klimatických podmienok a hnojenia na kvalitu zrna pšenice letnej f. ozimnej (Triticum aestivum L.). In: Agrochémia, roč. XIII. (49), č. 4/2009, s. 16–22.
- (26) VAVERA, R. 2007. Ovlivnění kvalitativních parametrů zrna ozimé pšenice. In: Agrotechnika, roč. 13, 2007, č. 7, s. 12–14.
- (27) WILLIAMS, R. – O'BRIEN, L. – EAGLES, H. A. – SOLAH, V. – JAYASENA, V. 2008. The influences of genotype, environment, and genotype environment interaction on wheat quality. In: Crop Pasture Sci. 59, 2008, 95–111.
- (28) ZEBARTH, B. J. – SHEARD, R. W. 1992. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization on yield and quality of hard red winter wheat in Ontario. In: Can. J. Plant Sci., 72, 1992, 12–19.
- (29) YONG, Z. – ZHONGHU, H. – YE, G. – AIMIN, Z. – Van GINKEL, M. 2004. Effect of environment and genotype on bread-making quality of spring-sown spring wheat cultivars in China. Euphytica, 139, 2004, 75–83.

doc. Ing. Eva Hanáčková, PhD.,  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,  
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov,  
Katedra agrochémie a výživy rastlín,  
Tr. A. Hlinku, 2, 949 01 Nitra,  
e-mail: Eva.Hanackova@uniag.sk

Príspevok vznikol za podpory vedecko-výskumného  
projektu VEGA č. 1/0704/16:  
„Použitie kokónov a dospelých jedincov  
dážďovky hnojenej (*Eisenia foetida*)  
a vermikompostu na zvýšenie úrod pestovaných rastlín  
a pôdnej úrodnosti“.



## Uplatnenie uhoľných materiálov (lignitu a humátu sodného) pri pestovaní jačmeňa jarného

### Application of coal materials (lignite and sodium humate) in spring barley growing

Peter Kováčik,  
Pavol Slamka, Miroslav Balčák,  
Jana Urmínská, Lýdia Koroncziová

*The objective of the presented experiment was to detect the effectiveness of autumn application of solid lignite, the presowing application of the solid sodium humate, the foliar application of water solution used during the barley growth season on the grain and straw yield. The experiment was carried out on Haplic Cambisol characterized by high level of acidity to acid soil reaction and low carbon content. The tested materials were used independently or together with the nitrogen fertilizer. The achieved results proved that the autumn application of solid lignite into soil, similarly to spring one, the presowing application of the solid sodium humate decreased grain and straw yield, where humate had a higher negative impact on yield in comparison with lignite. The application of sodium humate in the form of water solution was carried out in the growth phase BBCH 23, and unlike the presowing application of solid humate it had the positive impact on both grain and straw. The presowing nitrogen application into soil, which contained coal materials (lignite, humate), had the positive impact on grain and straw yield, however, the difference compared with the control variant was insignificant. The interaction effect of the presowing N fertilization with lignite or humate resulted in a higher yield than the presowing N fertilization itself. The combined application of sodium humate with N fertilization, made during spring barley growth season, meant a lower grain and straw yield in comparison with the yield achieved in the variant of solo application of N fertilizers carried out during growth season. N application performed in the growth season BBCH 23, taking into account N content in soil layer 0.0 – 0.6 m and the N quantity accumulated by vegetation to the phase of nitrogen fertilization, resulted in evidentially higher yield of grain and straw within all variants. The increases achieved the level of 12.5% (grain) and 9.0% (straw). Sodium humate, which was applied solo in the solid form into soil before barley sowing and also in the liquid form in the growth phase BBCH 23, decreased considerably the content of nitrogen substances in grain. The lignite impact on the decrease of N substances level was less significant than the humate impact.*

***lignite, Lignofert, sodium humate, coal materials, spring barley***

Účinnosť použitia uhoľných odpadov v poľnohospodárstve závisí od ich pôvodu, vlastností (pH, obsah uhlíka, humínových kyselín, popolovín, rizikových látok a pod), ale aj

od plodiny ku ktorej budú použité a v akých pôdno-klimatických podmienkach. Pre poľnohospodárske účely je možné využívať i to uhlie a jeho odpady, ktoré nie sú vhodné pre využitie v energetike (28).

Prvé pokusy zamerané na využívanie povrchového hnedého uhlia, lignitov a kapucínov, ale aj rašelin a iných uhoľných hmôt pre poľnohospodárske účely sú známe od tridsiatich rokov dvadsiateho storočia, kedy (10) vyrábali práškový karbohumát.

Uhoľné materiály majú viaceré pozitívne účinky. Zafarbiajú pôdu do čiernej a tým zvyšujú sorpciu slnečného žiarenia (2). Prostredníctvom veľkej sorpčnej kapacity môžu imobilizovať cudzorodé látky v pôde (3, 26, 20, 15). Vďaka významnému obsahu humusových látok zlepšujú stabilitu pôdnych agregátov (8, 6, 27), vodný a vzdušný režim (24), puľnosť schopnosť a mikrobiologickú činnosť (31, 34, 30), zlepšujú klíčenie rastlín a podporujú rozvoj mikroflóry v pôde (25, 17) a tiež spomaľujú evaporáciu z pôdy (22).

Použitie uhoľných materiálov v poľnohospodárstve, za účelom zvýšenia úrodnosti pôdy, predchádza ich vhodná úprava. Známe sú tri spôsoby úpravy. Mechanická, chemická a biologická. V praxi sa uplatňujú najmä produkty prvých dvoch úprav.

Mechanická úprava pozostáva z preosievania uhoľného odpadu (prachu) cez sítá s veľkosťou ok 1 až 10 mm. V podmienkach Slovenska sa pre tento účel využíva lignitické uhlie z bane Záhorie a produkty majú rôzne komerčné názvy ako Ekofert, resp. Lignofert.

Chemicky sa uhoľné materiály upravujú izoláciou humínových kyselín za použitia rôznych anorganických a organických činidiel (7), najmä však alkalických hydroxidov. Vyizolované soli humínových kyselín sú humáty (sodné, draselné, vápenaté, amónne, atď.). Chemická izolácia humínových kyselín sa realizuje v dôsledku toho, že triedený uhoľný prach sa v pôde rozkladá príliš pomaly, humínové kyseliny uvoľňuje pomaly, nedostatočne a efekty jeho použitia sú z krátkodobého hľadiska málo výrazné (34). Z tohto dôvodu cieľom pokusu bolo zistiť, či sa v podmienkach nerovnakého termínu aplikácie uvedených materiálov, ale aj v podmienkach ich použitia spolu s dusíkatou výživou potvrdia v literatúre prezentované výsledky o menšej účinnosti lignitov v porovnaní s humátmi na tvorbu úrody pestovanej plodiny.

### Materiál a metóda

Poľný malo parcelový pokus sa realizoval v nadmorskej výške 320 m n.m. v lokalite mesta Sabinov (49° 05' SZŠ a 21° 04' VZD) na kambizemi typickej vyznačujúcej sa silno kyslou až kyslou pôdnou reakciou a malým obsahom uhlíka. Agrochemické parametre kambizeme sú uvedené v tabuľke 1. Stanovené boli nasledovnými metódami. N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – kolorimerticky, za použitia Nesslerového činidla, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – kolorimerticky, s použitím fenol 2,4 disulfónovej kyseliny, N<sub>an</sub> = N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P – kolorimerticky (Mehlich III – 21), K a Ca – plameňovou fotometriou (Mehlich III – 21), Mg – atómovou absorpčnou spektrofotometriou (Mehlich III – 21), C<sub>ox</sub> – oxidometricky (29), pH/KCl – potenciometricky (1,0 mol·dm<sup>-3</sup> KCl). Parametre prístupný P, K, Ca, Mg a pH/KCl, C<sub>ox</sub> sa zisťovali v jeseni a parameter N<sub>an</sub> na jar, dva týždne pred sejbou. Keďže sa zistila kyslá pôdna reakcia, v jeseni sa pred orbou aplikovalo 2,5 t·ha<sup>-1</sup> 90 %-ného CaCO<sub>3</sub>.

V pokuse sa použil pevný humát sodný (čierny šupinky) vyrobený v Česku alkalickou extrakciou z nízkokaloric-



kého, nedokonale zuhoľnateného podpovrchového uhlia nazývaného kapucín. Lignit bol slovenskej proveniencie vyrobený baňou Záhorie a. s. Čáry, predávaný pod obchodným označením Lignofert. Ich agrochemické charakteristiky sú uvedené v tabuľke 2. Modelovou plodinou bol jačmeň jarný, odroda Nitran vysiaty v počte 4,5 milióna jedincov na hektár, pestovaný v osevnom postupe po ľuľku zemiakovom, po zbere ktorého sa realizovalo zelené hnojenie kapustou repkovou pravou f. ozimnou.

Varianty pokusu, dávky lignitu, humátu sodného a dusíka sú uvedené v tabuľke 3. Z nej je zrejmé, že v kontrolnom variante 1 neboli použité uhoľné materiály a ani dusíkaté hnojivo. Lignit, ako jediný testovaný materiál bol aplikovaný v jeseni, keďže je známe, že je to látka pomerne stabilná (var. 2, 6 a 10). Dávka lignitu  $8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  rešpektovala poznatky o aplikačných dávkach mechanicky upraveného uhlia získané (33). Vo variante 2 bol aplikovaný samostatne a vo variantoch 6 a 10 bol k lignitu (Lignofertu) v dvoch rôznych termínoch pridaný dusík. Humát sodný bol aplikovaný v dvoch termínoch. Pred sejbou (var. 3 a 5) a počas vegetácie jačmeňa jarného (var. 8 a 9), a to v jednotnej dávke  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Vo variantoch 3 a 8 bol aplikovaný samostatne a vo variantoch 5 a 9 spolu s N hnojivom, pričom vo variantoch 8 a 9 vo forme vodného roztoku ( $10 \text{ kg}$  humátu a  $290 \text{ l}$  vody). Dávka  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  humátu vychádzala z dávky lignitu ( $8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) a poznatku (34), že v humáte sodnom

je asi 800 krát viac uhlíka rozpustného v teplej vode a asi 1 600 krát viac uhlíka rozpustného v studenej vode ako v Lignoferte.

Dusík bol aplikovaný hnojivom DAM-390. Vo variantoch 4, 5 a 6 pred sejbou a vo variantoch 7, 9 a 10 v rastovej fáze jačmeňa jarného BBCH 23 (odnožovanie). Dávka dusíkatých hnojív (DN) vo variantoch 4, 5 a 6 sa vypočítala na základe rešpektovania hladiny Nan vo vzorke pôdy odobratej na jar z vrstvy 0,0 – 0,6 m (tab. 1) a potreby N na plánovanú úrodu (PN). V zmysle poznatkov (12), uvádzajúceho 6 rôznych efektívnych prístupov k výpočtu dávky N k jačmeňu jarnému, sa kalkulovalo so 100% využitím dusíka nachádzajúcim sa vo vrstve pôdy 0,0 – 0,6 m a  $24 \text{ kg}$  potreby N na tonu hlavného produktu a príslušného množstva vedľajšieho produktu. Plánovaná úroda jačmeňa bola  $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .  $DN = PN - N_{an} \times 9$ , kde číslo 9 je koeficient prepočtu z jednotky  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  na jednotku  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  a bol daný vrstvou pôdy a objemovou hmotnosťou pôdy v danej vrstve ( $1,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1}$ ).

Vo variantoch 7, 8, 9 a 10 sa v rastovej fáze jačmeňa jarného BBCH 22 (odnožovanie) odobrali vzorky pôdy z vrstvy 0,0–0,6 m v ktorej sa stanovil obsah  $N_{an}$ . Zároveň sa odobrala nadzemná fytomasa v ktorej sa stanovil obsah N (4). Vypočítalo sa množstvo dusíka (v  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) už odobraté porastom. Na základe získaných údajov sa vypočítala dávka N podľa nasledujúceho vzorca:  $D_N = P_N - N_P - N_R$ , kde  $D_N$  – dávka dusíka,  $P_N$  je potreba N na

Tabuľka 1: Agrochemické parametre kambizeme typickej (100 % sušina)

Table 1: Agrochemical parameters of Haplic Cambisol (dry matter)

Vrstva (m)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>an</sub>	P	K	Ca	Mg	pH/KCl	C <sub>ox</sub>	N <sub>an</sub> v BBCH 22
	mg·kg <sup>-1</sup>								%	mg·kg <sup>-1</sup>
0,0 – 0,3	9,8	5,2	15,0	138	275	700	138	5,41	1,08	12,4
0,3 – 0,6	8,4	3,9	12,1	95	290	800	165	5,64	0,73	10,1

Tabuľka 2: Agrochemické parametre humátu sodného a lignitu

Table 2: Parameters of sodium humate and lignite

Materiál	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>an</sub>	P	K	Ca	Mg	pH/KCl	C <sub>ox</sub> (%)	EC (mS·cm <sup>-1</sup> )
	(mg·kg <sup>-1</sup> )									
Humát sodný	3 125	6,5	3 132	165	27 250	52 000	2 840	9,66	45,0	13,87
Lignit	11,1	1,6	12,7	0	75	2 750	908	5,35	30,7	2,62

Tabuľka 3: Varianty pokusu a dávky testovaných materiálov

Table 3: Variants of experiment and dosages of tested materials

Variant	Lignit	Humát (1)	N	Humát	N
označenie (2)	číslo (3)	t·ha <sup>-1</sup>	kg·ha <sup>-1</sup>		
0	1	–	–	–	–
Lig <sub>Jeseň</sub>	2	8	–	–	–
Hum <sub>Sejba</sub>	3	–	10	–	–
N <sub>Sejba</sub>	4	–	–	22	–
Hum <sub>Sejba</sub> + N <sub>Sejba</sub>	5	–	10	22	–
Lig <sub>Jeseň</sub> + N <sub>Sejba</sub>	6	8	–	22	–
N <sub>BBCH23</sub>	7	–	–	–	20
Hum <sub>BBCH23</sub>	8	–	–	10	–
Hum <sub>BBCH22</sub> + N <sub>BBCH23</sub>	9	–	–	10	20
Lig <sub>Jeseň</sub> + N <sub>BBCH23</sub>	10	8	–	–	20

(1) sodium humate, (2) designation, (3) number

0 = kontrola (control), Lig<sub>Jeseň</sub> = lignit v jeseni (lignite in autumn), Hum<sub>Sejba</sub> = humát pred sejbou (humate before of sowing), N<sub>Sejba</sub> = dusík pred sejbou (nitrogen before of sowing), Hum<sub>Sejba</sub> + N<sub>Sejba</sub> = Humát a dusík pred sejbou (humate and nitrogen before of sowing), Lig<sub>Jeseň</sub> + N<sub>Sejba</sub> = lignit v jeseni a dusík pred sejbou (lignite in autumn and nitrogen before of sowing), N<sub>BBCH23</sub> = dusík vo fáze BBCH 23 (nitrogen in growth stage of BBCH 23), Hum<sub>BBCH23</sub> = humát vo fáze BBCH 23 (humate in growth stage of BBCH 23), Hum<sub>BBCH22</sub> + N<sub>BBCH23</sub> = humát a dusík vo fáze BBCH 23 (humate and nitrogen in growth stage of BBCH 23), Lig<sub>Jeseň</sub> + N<sub>BBCH23</sub> = lignit v jeseni a dusík vo fáze BBCH 23 (lignite in autumn and nitrogen in growth stage of BBCH 23).

**Tabuľka 4:** Vplyv zdrojov premenlivosti na úrodové parametre jačmeňa jarného

**Table 4:** The impact of resources of variability on spring barley yield parameters

Zdroj premenlivosti (1)	n (2)	F – vypočítané (3)		
		zrno (4)	slama (5)	N-látky (6)
Variant	9	4,680++	5,184++	7,879++
Opakovanie (7)	2	0,880	1,078	1,512
Nekontrolované faktory (8)	18			
Celkom	29			

(1) resources of variability, (2) n – degrees of freedom, (3) F – calculated, (4) grain, (5) straw, (6) crude protein, (7) repetition (8) rest, (9) all

plánovanú úrodu, NP je dusík v pôde vo vrstve 0,0–0,6 m ( $N_{an} \times 9$ ), pričom sa kalkulovalo s jeho 100% využitím a NR znamená dusík v rastline. V rastovej fáze BBCH 22 bolo v rastlinách jačmeňa 22,7 kg·ha<sup>-1</sup> N. Analýzy i výpočet sa vykonali v priebehu piatich dní z dôvodu potreby čo najskoršej aplikácie N hnojív.

Pokus bol založený blokovou metódou so šachovnicovým usporiadaním parciel pri trojnásobnom opakovaní. Zber úrody bol vykonaný ručne z plochy 2 m<sup>2</sup>. V zrne sa zistil obsah hrubého proteínu a hmotnosť tisícich zrn, podiel zrna I. triedy, objemová hmotnosť zrna, obsah živín (N, P, K, Ca, Mg) a to i v slame. K stanoveniu obsahu živín v rastline boli použité metódy publikované v (11). Získané výsledky sa spracovali matematicko–štatisticky, analýzou rozptylu za použitia počítačového programu Statgraphics, verzia 5.0.

## Výsledky a diskusia

Všetky sledované úrodové parametre jačmeňa jarného s výnimkou objemovej hmotnosti zrna boli variantmi pokusu ovplyvnené vysoko preukazne (tab. 4).

Jesenná aplikácia lignitu a predsejbová aplikácia humátu sodného mali tendenciu znižovať úrodu zrna i slamy jačmeňa jarného, pričom pôsobenie humátu bolo negatívnejšie (var. 2 a 3, tab. 5). Zníženie úrody zrna vo vzťahu k nehnojenému variantu 1 nebolo ani pri jednom z dvoch testovaných materiálov významné, avšak pokles úrody slamy vo variante s humátom sodným bol významný. Vo variante 3 (predsejbová aplikácia humátu) sa dosiahla absolútne najnižšia úroda zrna a slamy zo všetkých 10 variantov. Zistený menej negatívny efekt lignitu ako humátu sodného pri ich sólo aplikáciách nie je v zhode s doteraz prezentovanými údajmi (34), čo vyplýva zo skutočnosti, že v doterajších pokusoch sa neporovnávali také dávky lignitu a humátu, ktoré by boli zhodné z hľadiska obsahu teplovodne rozpustného uhlíka a zároveň sa neporovnávala jesenná aplikácia lignitu s jarnou aplikáciou humátu. Jesenné použitie lignitu vytvorilo podmienky k dlhšiemu pôsobeniu pôdnych chemických látok a mikroorganizmov na lignit a následne na lepšie uvoľnenie humínových kyselín, čím sa čiastočne zotrel rozdiel medzi ním a humátom. Porovnateľné výsledky s našimi zisteniami zaznamenali (7) pri aplikácii lignitu a humátu v rovnakom, predsejbovom termíne, pričom dávky týchto materiálov vnášali rovnaké množstvo uhlíka rozpustného v teplej vode.

Predsejbová aplikácia N v dávke rešpektujúcej obsah Nan v pôde, v porovnaní s kontrolným variantom zvýšila úrodu zrna i slamy o 5,1 a 2,6% (tab. 5 a 6), avšak tieto zvýšenia neboli významné, čo nekorešponduje s veľkým

počtom autorov uvádzajúcich zvýšenie úrody po dodaní N hnojív na úrovni okolo 30% (16, 9). Neskoršia aplikácia N, t.j. počas vegetácie jačmeňa v rastovej fáze BBCH 23 (var. 7), rezultovala v preukazne najvyššiu úrodu zrna i slamy v rámci všetkých variantov, pričom zvýšenia boli na úrovni 12,5% (zrno) a 9,0% (slama). Zaznamenaný vyšší nárast úrody jačmeňa jarného po aplikácii N hnojív počas vegetácie v porovnaní s predsejbovým hnojením je zhodný s poznatkami (13), ale najmä (14) uvádzajúcich, že dodnes v praxi rozšírené jednorazové predsejbové hnojenie jačmeňa jarného dusíkom bolo vypracované v 80–tych rokoch 20. storočia pre oševné postupy racionálne hnojené priemyselnými a hospodárskymi hnojivami, pričom realitou 21. storočia je, že orné pôdy Slovenska sú nielenže nedostatočne hnojené priemyselnými hnojivami, ale na mnohé sa hospodárske hnojivá s významným obsahom uhlíka, živín a mikroorganizmov (maštalný hnoj) dostanú až po 10 či 15 rokoch. Tento fakt spôsobuje, že jednorazové predsejbové hnojenie jačmeňa nevedie k dosiahnutiu požadovaných úrod.

Samostatná aplikácia humátu sodného vo forme vodného roztoku (var. 8), realizovaná v rastovej fáze jačmeňa BBCH 23, mala na rozdiel od predsejbovej aplikácie pevného humátu (var. 3), pozitívny vplyv ako na úrodu zrna, tak i slamy (tab. 5 a 6). Tento poznatok poukazuje na citlivosť kľúčiacich rastlín jačmeňa, resp. mladých rastlín jačmeňa na predsejbovú aplikáciu pevného humátu sodného vyznačujúceho sa vysokou hodnotou elektrickej vodivosti (tab. 2), resp. na väčšiu vhodnosť foliárneho (kvapalného) použitia humátu ako pevného humátu. So zisteného zároveň vyplýva, že tak ako sa odporúča jesenná aplikácia lignitu, tak by aj aplikácia pevných humátov mala byť vykonaná vo väčšom časovom predstihu pred sejbou plodiny.

V rámci vplyvu sólo aplikácií testovaných materiálov na výšku úrody zrna a slamy jačmeňa jarného sa zistilo, že preukazne pozitívny vplyv bol zistený iba pri aplikácii N hnojív v rastovej fáze BBCH 23, pričom dávka N zohľadňovala obsah Nan vo vrstve 0,0–0,6 m a aj množstvo N naakumulované porastom do štádia hnojenia dusíkom.

Predsejbová aplikácia dusíka do pôdy obsahujúcej uhoľné materiály (var. 5 a 6) pôsobila na úrodu zrna i slamy vo vzťahu ku kontrolnému variantu pozitívne, avšak rozdiel oproti kontrolnému variantu bol nevýznamný. Napriek tomu, že sólo aplikácie lignitu i humátu nezvyšovali úrodu zrna (var. 2 a 3), ich spoločnou aplikáciou s dusíkom (var. 5 a 6) sa dosiahla vyššia úroda zrna v porovnaní so sólo aplikáciou dusíka (var. 4). Z uvedeného vyplýva, že interakčné pôsobenie predsejbového N hnojenia s lignitom (var. 5), alebo s humátom (var. 6) sa prejavilo vyššou úrodou ako samotné N hnojenie (var. 4). Zistené je v zhode so závermi (5, 18), upozorňujúcich na potrebu spoločnej aplikácie humátov s vodorozpustnými dusíkatými hnojivami. Predsejbové pridanie dusíka k uhoľným materiálom sa nepremietlo vo vyššiu úrodu slamy vo vzťahu k samostatnej aplikácii N (var. 5 a 6 versus var. 4), čo súvisí s výraznejšie záporným vplyvom testovaných pevných uhoľných materiálov na slamu ako na zrno.

Najvyššia úroda zrna i slamy sa dosiahla vo variantoch hnojených dusíkom v rastovej fáze BBCH 23, a to nezávisle či bol N aplikovaný na pôdu ošetrovanú uhoľnými materiálmi alebo na pôdu neošetrovanú lignitom či humátom sodným (var. 7, 9 a 10).

**Tabuľka 5:** Vplyv variantov pokusu na úrodu zrna jačmeňa jarného  
**Table 5:** The impact of tested treatments on the grain yield of spring barley

Variant		(t·ha <sup>-1</sup> )	(%)			
označenie (1)	číslo (2)					
0	1	3,51 ab	100,00	–	–	–
Lig <sub>Jeseň</sub>	2	3,50 ab	99,72	100,00	–	–
Hum <sub>Sejba</sub>	3	3,40 a	96,87	97,14	–	–
N <sub>Sejba</sub>	4	3,69 bcd	105,13	105,43	100,00	–
Hum <sub>Sejba</sub> + N <sub>Sejba</sub>	5	3,75 bcd	106,84	107,14	101,63	–
Lig <sub>Jeseň</sub> + N <sub>Sejba</sub>	6	3,85 cd	109,69	110,00	104,34	–
N <sub>BBCH23</sub>	7	3,95 d	112,54	112,86	107,05	100,00
Hum <sub>BBCH23</sub>	8	3,60 abc	102,56	102,86	97,57	91,14
Hum <sub>BBCH23</sub> + N <sub>BBCH23</sub>	9	3,93 d	111,97	112,29	106,50	99,49
Lig <sub>Jeseň</sub> + N <sub>BBCH23</sub>	10	3,93 d	111,97	112,29	106,50	99,49
Hd <sub>0,05</sub>		0,278				

(1) designation, (2) number, the rest legends are as legends below table 3

LSD<sub>0,05</sub> – hraničná diferencia na hladine významnosti  $\alpha$  0,05, LSD test – písmeno za číselnou hodnotou zodpovedá štatisticky preukaznému rozdielu na úrovni 95,0%

LSD<sub>0,05</sub> – limit of significant difference at the level  $\alpha$  = 0.05, LSD test – different letter behind a numerical value respond to the statistically significant difference at the level 95.0%

**Tabuľka 6:** Vplyv variantov pokusu na úrodu slamy jačmeňa jarného  
**Table 6:** The impact of tested treatments on the straw yield of spring barley

Variant		(t·ha <sup>-1</sup> )	(%)			
označenie (1)	číslo (2)					
0	1	2,66 bc	100,00	–	–	–
Lig <sub>Jeseň</sub>	2	2,55 b	95,86	100,00	–	–
Hum <sub>Sejba</sub>	3	2,40 a	90,23	94,12	–	–
N <sub>Sejba</sub>	4	2,73 bcde	102,63	107,06	100,00	–
Hum <sub>Sejba</sub> + N <sub>Sejba</sub>	5	2,65 bc	99,62	103,92	97,07	–
Lig <sub>Jeseň</sub> + N <sub>Sejba</sub>	6	2,66 bc	100,00	104,31	97,43	–
N <sub>BBCH23</sub>	7	2,90 e	109,02	113,73	106,23	100,00
Hum <sub>BBCH23</sub>	8	2,68 bcd	100,75	105,10	98,17	92,41
Hum <sub>BBCH23</sub> + N <sub>BBCH23</sub>	9	2,81 cde	105,64	110,20	102,93	96,90
Lig <sub>Jeseň</sub> + N <sub>BBCH23</sub>	10	2,85 de	107,14	111,76	104,40	98,28
Hd <sub>0,05</sub>		0,189				

(1) designation, (2) number, the rest legends are as legends below table 3

LSD<sub>0,05</sub> – hraničná diferencia na hladine významnosti  $\alpha$  0,05, LSD test – písmeno za číselnou hodnotou zodpovedá štatisticky preukaznému rozdielu na úrovni 95,0 %

LSD<sub>0,05</sub> – limit of significant difference at the level  $\alpha$  = 0.05, LSD test – different letter behind a numerical value respond to the statistically significant difference at the level 95.0%

Z doterajších pozitívnych zistení vplyvu, v rastovej fáze BBCH 23 samostatne aplikovaného dusíka (var. 7) a aj humátu (var.8) na úrodu zrna a aj slamy, sa dalo predpokladať, že spoločná aplikácia dusíka a humátu v BBCH 23 (var. 9) a pridanie dusíka k lignitu v rastovej fáze BBCH 23 (var. 10) sa prejaví ešte väčším nárastom úrody zrna i slamy. Z údajov tabuliek 5 a 6 vyplýva, že tento predpoklad sa nepotvrdil (porovnanie variantov 9 a 10 k variantu 7. Úroda zrna i slamy sa nevýznamne znížila, pričom zníženie bolo výraznejšie pri slame, čo korešponduje s doterajším zistením o negatívnejšom vplyve uhoľných materiálov na úrodu slamy ako na úrodu zrna. Zníženie úrody slamy bolo menšie v prípade použitia lignitu ako v prípade použitia humátu.

Posudzovaním vplyvu testovaných materiálov na obsah N látok v zrne jačmeňa jarného sa zistilo, že sólo aplikácia mechanicky a chemicky upraveného uhlia nielenže nezvyšovala obsah dusíkatých látok v zrne (tab. 7), ale naopak, humát sodný aplikovaný ako pred sejbou (var. 3) tak i v rastovej fáze BBCH 23 (var. 8) významným spôso-

bom znižoval obsah dusíkatých látok v zrne, čo v danom prípade pri nízkych hladinách hrubého proteínu nebolo žiadúce. Pôsobenie Lignofertu na zníženie hladiny N látok bolo menej výrazné ako pôsobenie humátu, čo sa prejavilo nielen pri ich sólo aplikáciách, ale aj pri aplikáciách s N hnojením realizovaným pred sejbou (var. 5 a 6). Negatívny vplyv humátu na hladinu N látok v zrne jačmeňa jarného prezentovali (19, 5) a ako uvádzajú (16), táto vlastnosť humátu sa dá využiť pri vyšších predsejbových dávkach dusíka k jačmeňu, pričom sa dosiahne vysoká úroda a dobrá kvalita zrna jačmeňa.

Spoločná foliárna aplikácia humátu sodného a dusíka v rastovej fáze BBCH 23 sa na rozdiel od všetkých testovaných alternatív, ako jediná premietla v nárast obsahu N látok v zrne jačmeňa. Toto zvýšenie obsahu N-látok v zrne sa hodnotí pozitívne, keďže v zmysle STN 461100–5/2004 „Zrno sladovníckeho jačmeňa“ cieľom pestovateľov je zrno s obsahom N-látok na úrovni okolo 10,5%, maximálne 11% = I. trieda.

**Tabuľka 7:** Vplyv variantov výživy na obsah N-látok v zrne jačmeňa jarného  
**Table 6:** The impact of tested treatments on the crude protein content in the barley grain

Variant		(% )	(% )			
označenie (1)	číslo (2)					
0	1	9,31 c	100,00	–	–	–
Lig <sub>Jeseň</sub>	2	9,31 c	100,00	100,00	–	–
Hum <sub>Sejba</sub>	3	8,57 b	92,05	92,05	–	–
N <sub>Sejba</sub>	4	7,68 a	82,49	82,49	100,00	–
Hum <sub>Sejba</sub> + N <sub>Sejba</sub>	5	8,16 ab	87,65	87,65	106,25	–
Lig <sub>Jeseň</sub> + N <sub>Sejba</sub>	6	8,37 b	89,90	89,90	108,98	–
N <sub>BBCH23</sub>	7	8,16 ab	87,65	87,65	106,25	100,00
Hum <sub>BBCH23</sub>	8	7,89 ab	84,75	84,75	102,73	96,69
Hum <sub>BBCH23</sub> + N <sub>BBCH23</sub>	9	9,47 c	101,72	101,72	123,31	116,05
Lig <sub>Jeseň</sub> + N <sub>BBCH23</sub>	10	8,17 ab	87,76	87,76	106,38	100,12
Hd <sub>0,05</sub>		0,675				

(1) designation, (2) number, the rest legends are as legends below table 3

LSD<sub>0,05</sub> – hraničná diferencia na hladine významnosti  $\alpha$  0,05, LSD test – písmeno za číselnou hodnotou zodpovedá štatisticky preukaznému rozdielu na úrovni 95,0 %

LSD<sub>0,05</sub> – limit of significant difference at the level  $\alpha$  = 0.05, LSD test – different letter behind a numerical value respond to the statistically significant difference at the level 95.0%

Predsejbová aplikácia N hnojiva, na rozdiel od zistení (23, 1) znížila obsah N látok v zrne jačmeňa, čo bolo prekvapivé (var. 4). Rovnako vo variante 5 bolo menej N látok ako vo variante 3 a aj vo variante 6 bolo menej ako vo variante 2, z čoho je zrejmé, že vo všetkých prípadoch v ktorých bolo N hnojivo dodané pred sejbou, došlo k zníženiu obsahu N látok v zrne. Aplikácia N počas vegetácie sa v porovnaní s aplikáciou pred sejbou prejavila nepreukazným zvýšením obsahu N látok v zrne. K rovnakým záverom dospeli (14) realizujúci hnojenie jačmeňa jarného počas odzovovania, pričom jačmeň bol taktiež pestovaný na pôde s nízkym obsahom uhlíka.

Hodnotením spôsobu výpočtu dávok N hnojív a aj termínu aplikácie N hnojív sa zistilo, že dusíkaté hnojenie počas vegetácie sa premietlo v nárast obsahu N látok v zrne jačmeňa jarného, čo je v zhode s existujúcimi poznatkami o vzťahoch medzi termínom aplikácie N hnojív a hladinou hrubého proteínu v rastlinách (32).

## Záver

1. Jesenná aplikácia pevného lignitu do pôdy rovnako ako jarná, predsejbová aplikácia pevného humátu sodného znižovali úrodu zrna i slamy, pričom humát pôsobil na úrodu negatívnejšie ako lignit.
2. Uhoľné materiály pôsobili na úrodu slamy negatívnejšie ako na úrodu zrna.
3. Aplikácia humátu sodného vo forme vodného roztoku realizovaná v rastovej fáze jačmeňa BBCH 23, mala na rozdiel od predsejbovej aplikácie pevného humátu pozitívny vplyv ako na úrodu zrna, tak i slamy.
4. Jarná predsejbová aplikácia dusíka v dávke rešpektujúcej obsah N<sub>an</sub> v pôde, zvýšila úrodu zrna i slamy o 5,1 a 2,6%, avšak tieto zvýšenia boli nevýznamné.
5. Aplikácia N vykonaná v rastovej fáze BBCH 23 zohľadňujúca obsah N<sub>an</sub> vo vrstve pôdy 0,0 – 0,6 m a aj množstvo N naakumulované porastom do štádia hnojenia dusíkom, rezultovala v preukazne najvyššiu úrodu zrna i slamy v rámci všetkých variantov. Zvýšenia boli na úrovni 12,5% (zrno) a 9,0% (slama).
6. Predsejbová aplikácia dusíka do pôdy obsahujúcej uhoľné materiály pôsobila na úrodu zrna i slamy po-

zitívne, avšak rozdiel oproti kontrolnému variantu bol nevýznamný. Interakčné pôsobenie predsejbového N hnojenia s lignitom, alebo s humátom sa prejavilo vyššou úrodou ako samotné predsejbové N hnojenie.

7. Najvyššia úroda zrna i slamy sa dosiahla vo variantoch hnojených dusíkom v rastovej fáze BBCH 23, a to nezávisle či bol N aplikovaný na pôdu ošetrovanú alebo neošetrovanú uhoľnými materiálmi
8. Spoločná aplikácia humátu sodného s N hnojením vykonaná počas vegetácie jačmeňa jarného sa premietla v nižšiu úrodu zrna a slamy v porovnaní s úrodou dosiahnutou vo variante so sólo aplikáciou N hnojív vykonanou počas vegetácie. Úroda zrna i slamy dosiahnutá vo variante hnojenom len dusíkom v rastovej fáze DC 22 bola najvyššia.
9. Humát sodný aplikovaný samostatne v pevnej forme do pôdy pred sejbou jačmeňa tak i v kvapalnej forme v rastovej fáze BBCH 23 významným spôsobom znižoval obsah dusíkatých látok v zrne. Pôsobenie lignitu na zníženie hladiny N látok bolo menej výrazné ako pôsobenie humátu, čo sa prejavilo nielen pri ich sólo aplikáciách, ale aj pri aplikáciách s N hnojením realizovaným pred sejbou.
10. Jedine spoločná foliárna aplikácia humátu sodného a dusíka v rastovej fáze BBCH 23 sa premietla v nárast obsahu N látok v zrne jačmeňa.

## Literatúra

- (1) AGE NEHU, G. – NELSON, P. N. – BIRD, M. I. 2016. The effects of biochar, compost and their mixture and nitrogen fertilizer on yield and nitrogen use efficiency of barley grown on a Nitisol in the highlands of Ethiopia. Science of the Total Environment (in press).
- (2) BEDRNA, Z. 1989. Substráty na pestovanie rastlín, základy pestovania. Bratislava: Príroda, 266 s. ISBN 80 07 000 12 – 7.
- (3) CÍGLER, P. – KUŽEL, S. – KOLÁŘ, L. 1996. Selektívny sorbent pre ireverzibilní sorpcí kadmia. In: Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie. Nitra: VŠP, 1996. s. 145 – 147.
- (4) COHEN, J. B. 1910. Practical Organic Chemistry. London: MacMillan and Co., 356 p.
- (5) FECENKO, J. – MALIŠ, L. – KOVÁČIK, P. 1995. Effects of sodium humate on the yield formation and quality of spring barley Zesz. Probl. Postep. Nauk rolni. z. 421, s. 31–36.
- (6) GUERRA, A. 1994. The effect of organic matter content on soil erosion in simulated rainfall experiments in W. Sussex, UK. Soil use and

management. vol. 10, no. 2, p. 60–64.

(7) HALČÍNOVÁ, M. – KOVÁČIK, P. 2011. Využitie pevného humátu sodného a lignofertu vo výžive jačmeňa jarného (*Hordeum vulgare*, L.). SPU v Nitre, Nitra. 76 s., ISBN 978–80–552–0636–3.

(8) CHANEY, K. – SWIFT, R.S. 1986. Studies on aggregate stability. The effect of humic substances on the stability of re-formed soil aggregates. *European journal of soil science*. vol. 37, no. 2, p. 337–343.

(9) CHEN, Z. – WANG, H. – LIU, X. – LIU, Y. – GAO, S. – ZHOU, J. 2016. The Effect of N Fertilizer Placement on the Fate of Urea-15N and Yield of Winter Wheat in Southeast China *PLoS One* 11(4): e0153701 <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0153701>.

(10) KISSEL A. 1931. Chemicko–fyziologická podstata a stručný nástin základných smérů vedoucích k zvýšení produkce rostlin hospodářských. *Chem. obzor*, 11, 1931.

(11) KOVÁČIK, P. 1997. Rozbory pôd, rastlín, hnojív a výpočet dávok živín k poľným a záhradným plodinám. Nitra : SPU, 1997. 104 s. ISBN 80–7137–355–9.

(12) KOVÁČIK, P. 2002. Frakcie dusíka v pôde a ich využitie vo výžive rastlín. Habilitačná práca. Nitra: SPU, 2002, 172 s.

(13) KOVÁČIK, P. – SLAMKA, P. 2003. Netradičný termín N–hnojenia a kvalita zrna jačmeňa jarného. Výživa a potraviny pre tretie tisícročie „Funkčné potraviny“. Zborník z medzinárodnej konferencie. Nitra. s. 189–192.

(14) KOVÁČIK, P. – JANČOVIČ, J. – TOMÁŠ, J. 2006. Hnojenie jačmeňa jarného dusíkom počas odnožovania. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*. 52, 2006, č. 2, s. 77–86.

(15) KOVÁČIK, P. 2014. Princípy a spôsoby výživy rastlín. Nitra, SPU v Nitre. 2014, 278 s. ISBN 978–80–552–1193–0.

(16) KOVÁČIK, P. – JASIEWICZ, C. – WIŚNIEWSKA–KIELIAN, B. 2009. Insufficient phosphorus nutrition as a stress factor and its effect on spring barley yield parameters. *Cereal research communications*. vol. 37, Suppl., p. 237–240.

(17) KOVÁČIK, P. – HANÁČKOVÁ, E. – JANČICH, M. – RENČO, M. – FAZEKAŠOVÁ, D. 2014. Vplyv suchého prasadacieho hnoja a smrekových pilín na niektoré parametre pôdy. *Agrochémia*, 2014, č. 2, s. 8–12.

(18) LOŽEK, O. 1998. Optimalizácia výživy ozimnej pšenice. SPU Nitra, 1998, 57 s. ISBN 80–7137–555–1.

(19) MALIŠ, L. 1995. Využitie humátu sodného pre tvorbu úrody a inhibíciu príjmu kadmia rastlinami jačmeňa. Kandidátska dizertačná práca. Nitra: SPU, 1995. 169 s.

(20) MACHAJOVÁ, Z. – ČURILLOVÁ, D. – BEŽOVSKÁ, M. 2002. Možnosti využitia chemicky upraveného uhlia. In: *Acta montanistica slovacica*. roč. 7, 2002, č. 1, s. 34–36.

(21) MEHLICH, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 15:1409–1416.

(22) PEÑA–MÉNDEZ, E. M – HAVEL, J. – PATOČKA, J. 2005. Humic substances – compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment and biomedicine. *Journal of applied biomedicine*. vol. 3, 2005, p. 13–24.

(23) PETERSSON, C. G. – ECKERSTEN, H., 2007. Prediction of grain protein in spring malting barley grown in northern Europe. *Eur. J. Agron.* 27(2–4), 205–214.

(24) PICCOLO, A. – PIETRAMELLARA, G. – MBAGWU, J. S. C. 1996. Effect of coal derived humic substances on water retention and structural stability of Mediterranean soils. *Soil use and management*. vol. 12, 1996, no. 4, p. 209–213.

(25) SENESI, N. – MIANO, T.M. – PROVENZANO, M.R. – BRUNETTI, G. 1991. Characterization, differentiation and classification of humic substances by fluorescence spectroscopy. *Soil science*. vol. 152, 1991, p. 259–271.

(26) SUSAN, E. – BAILEY, TRUDY, J. – OLIN, BRICKA, M. – DEAN, A. 1999. A review of potentially low – cost sorbents for heavy metals. *Wat. Res.* 1999. vol. 33, s. 2469–2479.

(27) TOBIAŠOVÁ E. – ŠIMANSKÝ, V. 2009. Kvantifikácia pôdnych vlastností a ich vzájomných vzťahov ovplyvnených antropickou činnosťou. SPU v Nitre, Nitra. 114 s. ISBN 978–80–552–0196–2.

(28) TÖLGYESSY, J. – PIATRİK, M. 1991. Ochrana prostredia v priemysle. Bratislava: STU, 1991. 270 s. ISBN 80–227–0390–7.

(29) ŤJURIN, I. V. 1966. K metodike analýza deja srovnávacího izučenia zostava počvennogo peregnaja ili gumusa. *Voprosy genyza i plodordija počv*. Moskva: Nauka, 1966.

(30) VÁCHALOVÁ, R. – KOLÁŘ, L. – MUCHOVÁ, Z. 2016. Primární organická půdní hmota a humus, dvě složky půdní organické hmoty.

(31) VALDRIGHI, M. M. – PERA, A. – AGNOLUCCI, M. – FRASSINETTI, S. – LUNARDI, D. – VALLINI, G. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intibus*) – soil system: a comparative study. In: *Agriculture, ecosystems and environment*. vol. 58, 1996, no. 2–3, p. 133–144.

(32) VANĚK, V. – BALÍK, J. – PAVLÍKOVÁ, D. – TLUSTOŠ, P. 2002. Výživa a hnojení polních a záhradních plodin. Praha : ČZU, tretie vydanie, 119 s. ISBN 80–902413–7–9.

(33) WEISMANN, L. – BAKOŠ, D. – EMRICH, J. – KRÁLOVIČ, J. 1993. Ekofert – ekologický a ekonomický príspevok pre súčasné poľnohospodárstvo. *Naturalium*, č. 5, 1993, s. 5–8.

(34) ZAUJEC, A. – TÓTH, J. 2000. Agrochemická charakteristika lignitu Bane Záhorie a prehľad poznatkov o využívaní uhoľných hmôt v poľnohospodárstve. Nitra, 2000. 45 s.

Peter Kováčik – Katedra agrochémie a výživy rastlín,  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra;  
email: Peter.Kovacik@uniag.sk

Podakovanie:

Práca vznikla za podpory grantového  
projektu VEGA č. 1/0704/16

## Využitie kaustického magnezitu na trvalých trávnych porastoch

### Utilization of caustic magnesite on the permanent grasslands

Ján Jančovič, Ľuboš Vozár,  
Peter Kovár, Peter Hric

The paper discusses the use of caustic magnesite on grassland with an assessment of its impact on the botanical composition, dry matter yield and quality of aboveground phytomass. After two years caustic magnesite slightly increased the soil reaction (pH) mainly at the treatment with application 2 t ha<sup>-1</sup> magnesite. Content of available magnesium in-

creased in soil profile, same as phosphorus and potassium too. Different magnesite doses had not expressive effect on yield creation in compare of non-fertilized control. Dry matter yield grown only due to mineral fertilizer with NPK. Fertilization minimally influenced the botanical composition and maintenance increased portion of herbaceous plants species. Content of crude protein, P, K, and Na in dry matter was deficient for needs of farm animals. Content of Ca was sufficient for farm animals in regard to rich botanical composition with high portion of legumes and other herbs. Sufficient magnesium reserve in interaction with caustic magnesite fertilizing conditioned its increase in dry matter of grasslands. Analysed trace elements Cd, Pb, Cu, Mn, Fe and Zn verified admissible values in grasslands dry matter with caustic magnesite fertilizing besides cadmium.

permanent grasslands, caustic magnesite, dry matter production, botanical composition, crude protein, mineral nutrients, trace elements

Výživa a hnojenie druhovo pestrých trvalých trávnych porastov sa v odborných kruhoch pokladá za najefektívnejší

spôsob ich zlepšenia a intenzifikácie. Preto bola hnojeniu vo výskume trávnych porastov venovaná u nás aj v zahraničí osobitná pozornosť. Svedčí o tom aj prehľad výsledkov v podmienkach Slovenska (4, 8, 10, 11 a iní). Hlavný akcent sa kládol na dusík ako kľúčový prvok pri tvorbe úrody a jej kvalitu. Riešila sa problematika vplyvu N na floristickú skladbu porastov, úrody a zmeny v chemickom zložení vytvorenej nadzemnej fytohmoty z pohľadu optimálnej potreby pre hospodárske zvieratá (8, 9, 16). Na trávnych porastoch s väčším podielom leguminóz sa aplikovalo PK–hnojenie, ktoré pozitívne ovplyvňuje ich stabilitu v poraste, i keď treba prihliadať aj na biologické zvláštnosti leguminóz a cyklickosť ich výskytu (8, 10). Pozornosť sa venovala, ale v menšej miere, aj hnojeniu animálnymi hnojivami (košarovanie, hnojovicovanie), hlavne pre ich rýchly účinok na floristické zloženie porastov (psicové porasty), ale aj zvýšenie úrody a kvalitu zberanej hmoty (11). Pre zvýšenie úrody a jej kvalitu sa na trávnych porastoch skúšala aj aplikácia iných látok (napr. dolomitický vápenc, komposty, rôzne priemyselné odpady a i.).

V nadväznosti na využitie rôznych zlepšujúcich materiálov v praxi sa v príspevku zaoberáme využitím kaustického magnezitu na trávnych porastoch s vyhodnotením jeho vplyvu na floristickú skladbu, úrodu sušiny a kvalitu nadzemnej fytohmoty.

## Metodika a materiál

Poľný stacionárny pokus s kaustickým magnezitom v trvaní dvoch vegetačných období bol založený v lokalite Ľubietová (stredné Slovensko) na trvalom trávnom poraste s dominantným zastúpením *Festuca rubra* agg. a *Agrostis capillaris* L. a s vyšším podielom dvojkľúčolistových druhov (ďatelínoviny a ostatné lúčne byliny) v nadmorskej výške 470 m na piesočnato–hlinitnej, hnedej kyslej pôde – kambizem. Agrochemické vlastnosti pokusného stanovišťa uvádzame v tabuľke 1.

Stanovište s juhozápadnou expozíciou a svahovitou do 15° sa nachádza v klimatickej oblasti mierne teplej a mierne vlhkej s celoročným úhrnom atmosférických zrážok 870 mm a priemernou ročnou teplotou 7,8 °C (7). Pribeh zrážkovej činnosti v sledovanom období bol sledovaný priamo v experimentálnej oblasti a uvádzame ho na obrázku 1.

Pokus bol založený blokovou metódou s piatimi variantmi hnojenia v štyroch opakovaní a kontrolným variantom bez hnojenia. Veľkosť jednej parcelky bola 10 m<sup>2</sup>. Varianty hnojenia:

- VARIANT 1 – nehnojená kontrola,
- VARIANT 2 – kaustický magnezit 1 t·ha<sup>-1</sup>,
- VARIANT 3 – kaustický magnezit 2 t·ha<sup>-1</sup>,
- VARIANT 4 – N<sub>100</sub>P<sub>35</sub>K<sub>80</sub> + kaustický magnezit 1 t·ha<sup>-1</sup>,
- VARIANT 5 – N<sub>100</sub>P<sub>35</sub>K<sub>80</sub> + kaustický magnezit 2 t·ha<sup>-1</sup>,
- VARIANT 6 – N<sub>100</sub>P<sub>35</sub>K<sub>80</sub>.

Dávky kaustického magnezitu boli aplikované bez prepočtu na obsah Mg. Dusík sa aplikoval v liadku amónnom s vápencom (LAV – liadok amónny s vápencom 27% N), fosfor vo forme superfosfátu (19% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a draslík vo forme draselnej soli (40% K<sub>2</sub>O).

Kaustický magnezit je prírodný minerálny produkt získaný nízkoteplotným výpalom (900 – 1 000 °C) uhličitanu horečnatého (MgCO<sub>3</sub>) určený pre použitie v poľnohospodárstve ako minerálna prísada do krmív hospodárskych zvierat, v chemickom priemysle na výrobu priemyselných

hnojív a v environmentálnej oblasti na elimináciu vplyvov kyslých dažďov na prírodné prostredie (2).

Dávky NPK hnojív sa aplikovali každý rok na jar. Kaustický magnezit z produkcie Slovenských magnezitových závodov Jelšava, a. s. sa použil vo forme granúl s veľkosťou do 4 mm a na porast sa aplikoval jednorazovo na jar pred začiatkom vegetácie.

Trávny porast sa využíval dvomi kosbami (1. kosba na začiatku júna, 2. kosba po 65 dňoch). Floristické analýzy sa robili metódou redukovanej projektívnej dominancie podľa Regala (1956). Okrem produkcie sušiny sa sledovali zmeny v obsahu N, P, K, Ca, Mg a Na a na variantoch 1, 2, 3 koncentrácia Cd, Pb, Cu, Mn, Fe a Zn.

V nadzemnej fytohmote po stanovení sušiny (pri 105 °C do konštantnej hmotnosti) sa stanovil obsah dusíka Kjeldahlovou metódou, obsah fosforu po mineralizácii mokrou cestou fotometricky spektrálnym kolorimetrom fosfomolybdénovou metódou, draslík a sodík plameňovou fotometriou po mineralizácii mokrou cestou, vápnik a horčík komplexometricky titračne. Mikroprvky Cu, Mn, Zn a Cd sa stanovovali atómovou absorpčnou spektrofotometriou, Pb pyridylazorezorcínom, Fe alfadipyridylom kolorimetricky.

Z odobratých pôdnych vzoriek boli robené nasledovné stanovenia: pH – výmenné v KCl; N<sub>t</sub> – modifikovanou metódou podľa Kjeldahla; P – Egnerovou metódou pomocou spektrálneho kolorimetra; K – Schachtschabelovou metódou na plamennom fotometri; Mg – komplexometricky titračne; C<sub>ox</sub> – podľa Tjurina v modifikácii Nikitina (1972).

Štatistické hodnotenia sa robili pomocou programu STATISTICA 7.1 Complete Cz (14).

## Výsledky a diskusia

### Vplyv hnojenia na floristickú skladbu

Zmeny vo floristických skupinách trávneho porastu pred kosbami v prvom a druhom roku pokusu vidieť v tabuľke 3 a 4. Pred prvou kosbou v iniciálnom roku pokusu dominovali na jednotlivých variantoch bylinné druhy nad trávami, porasty boli zapojené a takmer bez prázdných miest. V druhej kosbe aplikáciou živín, ale aj bez ich aplikácie (kontrolný variant), ustúpili najmä ostatné lúčne byliny a porasty sa výrazne preriedili (20 až 29% prázdných miest). V druhom roku pokusu sa na všetkých variantoch zvýšil pred prvou kosbou podiel tráv, mierne ustúpili dvojkľúčolistové druhy a porasty boli takmer bez prázdných miest. Druhá kosba zvýraznila dominantné postavenie tráv na jednotlivých variantoch, pričom iba nehnojený variant si zachoval pomerne vysokú pokrývnosť dvojkľúčolistových druhov (47%), kým na ostatných variantoch sa pokrývnosť tejto floristickej skupiny približne zhodovala s pokrývnosťou v druhej kosbe prvého roku pokusu. Možno konštatovať, že kaustický magnezit na variantoch 2 a 3 počas dvoch rokov minimálne ovplyvnil floristické zloženie porastov. Kombinácia na variantoch 4 a 5 i samotná aplikácia NPK zvýšili síce podiel tráv cestou pozitívnej sukcesie (rozšírenie produkčných druhov na úkor menej kvalitných), k čomu došlo v redšom poraste, ale výrazne neovplyvnilo zastúpenie leguminóz.

### Vplyv hnojenia na produkciu sušiny

Produkcia sušiny je spolu s jej kvalitou ovplyvnená stanovištom, floristickým zložením, vlastnosťami jednotlivých druhov, frekvenciou využívania a hnojením (5, 6, 15 a iní). Produkciu sušiny dokumentujeme v tabuľke 5.

**Tabuľka 1:** Agrochemické vlastnosti pôdy pokusného stanovišťa  
**Table 1:** Agrochemical properties of the soil on the experimental site

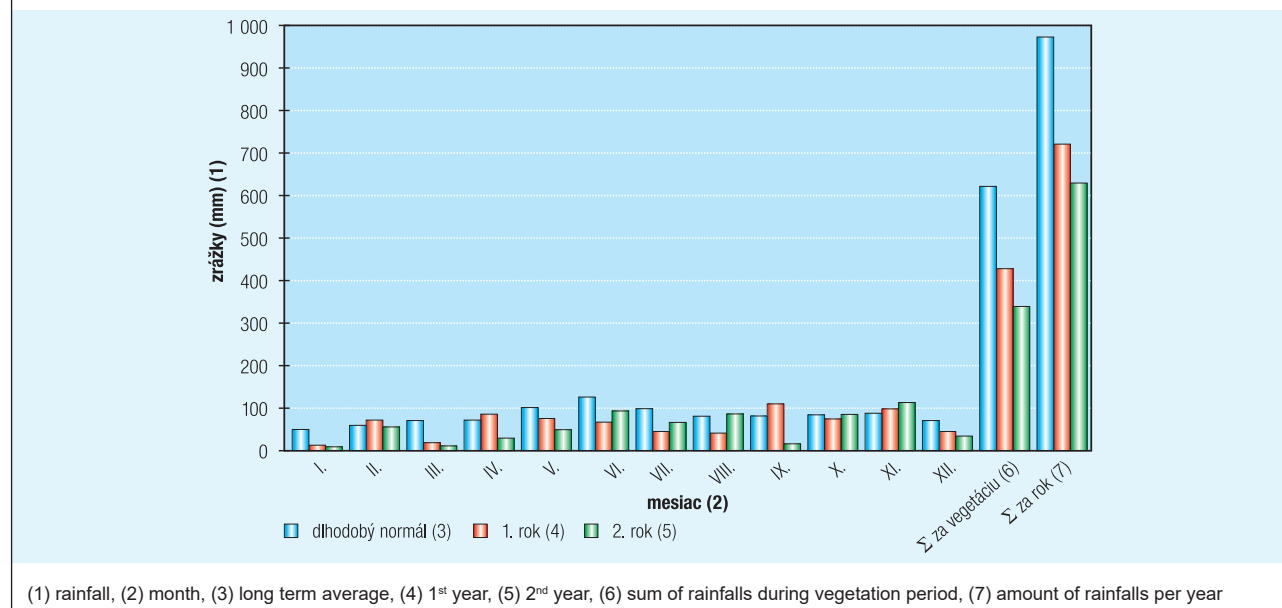
Hĺbka (mm) (1)	pH/KCl	Prístupné živiny (mg·kg <sup>-1</sup> ) (2)					N <sub>t</sub> : C <sub>ox</sub>
		N <sub>t</sub>	P	K	Mg	C <sub>ox</sub>	
0 – 100	4,81	3 600,00	4,00	100,00	169,00	2,56	1 : 9
101 – 200	4,55	1 860,00	stopy (3)	56,00	115,00	1,74	1 : 10

(1) depth, (2) available nutrients, (3) trace amounts

**Tabuľka 2:** Zloženie kaustického magnezitu podľa výrobcu  
**Table 2:** Composition of caustic magnesite according to the producer

(g·kg <sup>-1</sup> )							
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
48,10	10,10	27,50	14,80	76,46	3,10	2,40	3,00
(mg·g <sup>-1</sup> )							
Hg	B	Bi	Cd	Cr	Cu	Mo	Ni
1·10 <sup>-5</sup>	1,8·10 <sup>-2</sup>	1,1·10 <sup>-2</sup>	7·10 <sup>-3</sup>	5,6·10 <sup>-3</sup>	5,8·10 <sup>-3</sup>	4,3·10 <sup>-0</sup>	1,5·10 <sup>-0</sup>
Pb	Sb	Sn	Ti	V			
6,9·10 <sup>-2</sup>	1,0·10 <sup>-2</sup>	5,4·10 <sup>-4</sup>	1,9·10 <sup>-2</sup>	1,2·10 <sup>-3</sup>	pH = 9 – 10		

**Obr. 1:** Priebeh zrážkovej činnosti počas trvania pokusu  
**Fig. 1:** The course of weather conditions during the duration of the experiment



(1) rainfall, (2) month, (3) long term average, (4) 1<sup>st</sup> year, (5) 2<sup>nd</sup> year, (6) sum of rainfalls during vegetation period, (7) amount of rainfalls per year

Rozdiely v úrodách sušiny sú dôsledkom nízkeho úhrnu atmosférických zrážok za vegetačné obdobie v prvom roku pokusu v porovnaní s druhým rokom. Hoci v dlhodobom priemere boli roky pokusu zrážkovo deficitné, predsa v druhom roku pokusu boli v kritickom období tvorby biomasy zrážky výdatnejšie (obr. 1). Tento stav ovplyvnil predovšetkým úrodu sušiny v druhej kosbe, a tým aj celkové úrody. Pri dvojkosnom využívaní trávny porast spravidla vytvára podstatnú časť celoročnej úrody v prvej kosbe, čo dokumentuje viacerí autori (10, 15, 16 a iní). Vplyv kaustického magnezitu (varianty 2 a 3) sa na produkciu sušiny v porovnaní s kontrolou prejavil nepreukazne. Pozitívny účinok mal iba v kombinácii s NPK živinami, čoho dôkazom sú preukazné rozdiely na variantoch 4 a 5. To znamená, že použitie samotného magnezitu na trávnych porastoch je z ekonomického hľadiska pre produkciu fyto-masy neefektívne. I napriek tomu, že dávky magnezitu boli stanovené s účinnosťou na 5–6 rokov a pre objektivitu

tu vyhodnotenia, by bolo potrebné sledovať tvorbu úrod aj v tomto období.

**Vplyv hnojenia na zmeny v chemickom zložení sušiny**  
 Pri hodnotení obsahu dusíkatých látok (NL) a minerálnych prvkov (P, K, Ca, Mg, Na) sme vychádzali z potrieb pre hospodárske zvieratá. Je všeobecne známe, že hnojením sa menia kvalitatívne parametre sušiny, pričom rôzni autori dokumentujú pozitívne zmeny vo zvyšovaní obsahu organických a minerálnych látok, tak i negatívne dôsledky (10, 15, 16). Zmeny v kvalitatívnych parametroch sušiny trávneho porastu vplyvom aplikovaného magnezitu uvádzame v tabuľke 6.

Pre veľmi dobrú mliečnu produkciu dojníc je v trávnom poraste dostatočný obsah už 140 g·kg<sup>-1</sup> NL v sušine (cit. 10), čo v našom pokuse nespĺňa ani jeden zo sledovaných variantov. Možnou príčinou je zloženie porastu z druhov charakteristických nižšou kumuláciou dusíka (*Galium*

**Tabuľka 3:** Zastúpenie floristických skupín v prvom roku pokusu (%)  
**Table 3:** Representation of the floristic groups in the first year of the experiment (%)

Kosba (1)	Agrobotanické skupiny (2)	Varianty (3)					
		1	2	3	4	5	6
1.	Trávy (4)	23	21	26	26	33	26
	Ďatelinoviny (5)	17	13	12	25	18	28
	Ostané lúčne byliny (6)	58	65	60	48	49	46
	Prázdne miesta (7)	2	1	2	1	0	0
2.	Trávy (4)	29	33	22	29	28	21
	Ďatelinoviny (5)	12	12	10	11	13	20
	Ostané lúčne byliny (6)	38	35	39	36	36	36
	Prázdne miesta (7)	21	20	29	24	23	23

(1) cut, (2) agrobotanical group, (3) treatments, (4) grasses, (5) leguminous, (6) other meadow herbs, (7) blank places

**Tabuľka 4:** Zastúpenie floristických skupín v druhom roku pokusu (%)  
**Table 4:** Representation of the floristic groups in the second year of the experiment (%)

Kosba (1)	Agrobotanické skupiny (2)	Varianty (3)					
		1	2	3	4	5	6
1.	Trávy (4)	24	28	31	42	39	37
	Ďatelinoviny (5)	10	12	10	20	24	17
	Ostané lúčne byliny (6)	64	59	57	38	37	46
	Prázdne miesta (7)	2	1	2	0	0	0
2.	Trávy (4)	37	48	48	46	41	52
	Ďatelinoviny (5)	13	16	10	25	28	20
	Ostané lúčne byliny (6)	47	35	37	29	31	27
	Prázdne miesta (7)	3	1	5	0	0	1

(1) cut, (2) agrobotanical group, (3) treatments, (4) grasses, (5) leguminous, (6) other meadow herbs, (7) blank places

sp., *Plantago lanceolata* L., *Thymus serpyllum* L., *Salvia pratensis* L., *Agrostis capillaris* L., *Hieracium pilosella* L.) a kratšie časové trvanie experimentu.

Obsah fosforu bol nedostatočný na variantoch 1, 2 a 3, ak považujeme za optimálny obsah P v sušine pre potreby hospodárskych zvierat 2,8 g·kg<sup>-1</sup> a viac (10). Obsah P v sušine na variantoch 4, 5 a 6 taktiež nespĺňal parametre potreby fosforu pre hospodárske zvieratá, čo naznačuje, že dávka aplikovaného fosforu v hnojive bola nízka a neahrádzala jeho malú zásobu v pôde (4 mg·kg<sup>-1</sup> až stopy v hlbšej vrstve pôdy). Ak sú dávky P neadekvátne a pôda má nepriaznivé agrochemické vlastnosti, najmä pH, obsah fosforu môže byť pre rastliny neprístupný, čo sa následne prejaví nižšou koncentráciou v sušine porastu (10).

Za najlepší obsah draslíka v sušine sa považuje od 20,0 do 22,0 g·kg<sup>-1</sup>, čo je nižší obsah ako je fyziologická potreba rastlín, ale vyšší ako je potreba hospodárskych zvierat (10). Uvedené hodnoty nespĺňal ani jeden variant, dokonca na variantoch s magnezitom (var. 2 a 3) bol jeho obsah nižší ako na nehnorej kontrole. Zvýšené hodnoty obsahu K v porovnaní s variantmi 2 a 3 sa stanovili na variantoch 4 a 5, ale iba v dôsledku pridaného NPK–hnojiva, čoho dôkazom je aj variant 6 bez magnezitu so zvýšeným obsahom K v sušine.

Plnohodnotné krmivo z trávnych porastov by malo v sušine obsahovať najmenej 7,0 g·kg<sup>-1</sup> vápnika (6, 10). Deficit vápnika v objemovom krmive sa často dostáva do nepriameho vzťahu s ostatnými minerálnymi látkami, čo negatívne vplyva na výkonnosť hospodárskych zvierat (10). Intenzívnejšie obhospodarovanie obsah vápnika znižuje, čo je spôsobené floristickými zmenami a tiež poklesom hmotnostného podielu leguminóz a ostatných bylín v celkovej úrode trávneho porastu. V našom experimente sa síce potvrdil hore uvedený poznatok o znižovaní obsahu

vápnika, ale až na variantoch 4, 5 s podporou NPK–hnojiva. Obsah vápnika v sušine i tak prekročoval na všetkých variantoch odporúčané hodnoty pre hospodárske zvieratá o 15% až 22% v porovnaní s jeho potrebou stanovenou pre výživu prežúvavcov.

Existujú rôzne údaje o potrebe horčička v krmnej dávke hospodárskych zvierat. Ako hraničná koncentrácia pre dojnice sa určuje 1,8 až 2,4 g·kg<sup>-1</sup> v pasienkovom poraste (3), kým iný (9) považuje za dostatočnú koncentráciu horčička už 0,6 g·kg<sup>-1</sup>. Dostatočná zásoba horčička v pôde, ale aj v kaustickom magnezite ovplyvnila jeho zmeny v sušine trávnych porastov (tab. 6, resp. tab. 2 a 8). Na všetkých hnojených variantoch a taktiež na variante kontrolnom sa zistil vysoký obsah Mg v sušine, ktorý prekročoval odporúčané parametre obsahu o 18% až 25%. Tým sa dostáva horčička do priaznivej korelácie s vápnikom pre hospodárske zvieratá s vyššou úžitkovosťou (3, 6, 9).

Obsah sodíka v sušine väčšiny rastlín predstavuje problém, ktorý vyplýva z rozdielnych fyziologických nárokov na túto živinu pre mnohé rastliny a živočíchov, ktorý sa na pasienkoch rieši minerálnymi lúzmi pre zvieratá (6, 8). Požiadavka na obsah sodíka pre potreby hospodárskych zvierat na paši (2,00 g·kg<sup>-1</sup>) sa nedosiahla na žiadnom sledovanom variante a pohyboval sa v nízkych hodnotách v priemere od 0,20 do 0,22 g·kg<sup>-1</sup> v sušine.

#### Vplyv hnojiva kaustickým magnezitom na obsah ťažkých kovov a vybraných mikroprvkov v sušine fytomasy

Vplyv magnezitu na koncentráciu ťažkých kovov a vybraných mikroprvkov v sušine sme sledovali v prvom roku pokusu v 1. kosbe na variantoch 1, 2 a 3. Varianty 4 a 5 sme nehodnotili z dôvodu možného obsahu týchto prvkov v hnojive a tým ovplyvnenia výsledkov. Obsahy uvádzame



**Tabuľka 5:** Úrody sušiny (t·ha<sup>-1</sup>)

**Table 5:** Dry matter yield (t·ha<sup>-1</sup>)

Rok (1)	Kosba (2)	Varianty (3)					
		1	2	3	4	5	6
1.	1.	2,13	2,14	2,02	3,66	3,5	4,2
	2.	0,48	0,52	0,56	0,89	0,88	0,84
	Spolu (4)	2,61	2,66	2,58	4,55	4,38	5,04
2.	1.	1,66	1,79	1,6	4,93	4,72	5,05
	2.	1,62	1,95	1,72	2,37	2,24	1,99
	Spolu (4)	3,28	3,74	3,32	7,3	6,96	7,04
Spolu (4)		11,78 <sup>a</sup>	12,8 <sup>a</sup>	11,8 <sup>a</sup>	23,7 <sup>b</sup>	22,68 <sup>b</sup>	24,16 <sup>b</sup>

(1) year, (2) cut, (3) treatments, (4) together. Rozdielne indexy znamenajú preukazné rozdiely v rámci riadkov (Different index indicates statistically significant differences within row) (Tukey test,  $\alpha = 0.05$ )

**Tabuľka 6:** Obsah NL a minerálnych látok v sušine (g·kg<sup>-1</sup>, Ø dvoch rokov)

**Table 6:** Content of crude protein and minerals in the dry matter (g·kg<sup>-1</sup>, Ø two years)

Variant (1)		NL (2)	P	K	Ca	Mg	Na
1		94,9 <sup>a</sup>	1,29 <sup>ab</sup>	11,4 <sup>ab</sup>	15,45 <sup>a</sup>	3,54 <sup>a</sup>	0,22 <sup>a</sup>
2		92,3 <sup>a</sup>	1,32 <sup>ab</sup>	10,97 <sup>a</sup>	13,71 <sup>a</sup>	4,05 <sup>abc</sup>	0,21 <sup>a</sup>
3		99,4 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	10,92 <sup>a</sup>	14,45 <sup>a</sup>	4,54 <sup>abc</sup>	0,21 <sup>a</sup>
4		99,8 <sup>a</sup>	2,3 <sup>b</sup>	14,91 <sup>c</sup>	10,95 <sup>a</sup>	5,5 <sup>bc</sup>	0,21 <sup>a</sup>
5		101,3 <sup>a</sup>	2,16 <sup>ab</sup>	14,72 <sup>bc</sup>	10,51 <sup>a</sup>	5,02 <sup>c</sup>	0,2 <sup>a</sup>
6		112,6 <sup>a</sup>	2,33 <sup>b</sup>	15,02 <sup>c</sup>	12,5 <sup>a</sup>	3,95 <sup>bc</sup>	0,2 <sup>a</sup>
Ø (3)	1. kosba (4)	95,4	1,71	14,79	11,98	3,26	0,2
	2. kosba (4)	99,3	1,83	12,99	13,76	4,16	0,21

(1) treatment, (2) crude protein, (3) average, (4) cut. Rozdielne indexy znamenajú preukazné rozdiely v rámci stĺpcov (Different index indicates statistically significant differences within row) (Tukey test,  $\alpha = 0.05$ )

**Tabuľka 7:** Obsah vybraných mikroprvkov v prvom roku pokusu (1. kosba, mg·kg<sup>-1</sup>)

**Table 7:** Contents of selected trace elements in the first year of the experiment (1<sup>st</sup> cut mg·kg<sup>-1</sup>)

Prvok (1)		Cd	Pb	Cu	Mn	Fe	Zn
Prípustné množstvo (2)		1*	30*	15**	150**	500**	150**
Variant (3)	1	0,89	3,37	6,5	241,2	196,7	29,1
	2	0,50	3,87	5,5	113,8	37,5	46,3
	3	0,78	3,80	8,5	104,7	46,9	44,2

(1) element, (2) permitted quantity, (3) treatment; \* NARIADENIE KOMISIE (EÚ) č. 1275/2013 (12);\*\* Nariadenie komisie (ES) č. 1334/2003 (13)

**Tabuľka 8:** Agrochemické vlastnosti pôdy na konci sledovania

**Table 8:** Agrochemical properties of the soil at the end of experiment

Variant (1)	Hĺbka (m) (2)	pH v KCl	mg·kg <sup>-1</sup>		
			P	K	Mg
1	0 – 0,1	4,61	12,4	83,0	187,0
	0,1 – 0,2	4,55	10,0	59,0	130,0
2	0 – 0,1	4,95	11,4	120,0	232,0
	0,1 – 0,2	4,92	8,4	60,0	150,0
3	0 – 0,1	5,80	29,4	125,0	382,0
	0,1 – 0,2	5,50	8,0	66,0	249,0
4	0 – 0,1	5,03	10,0	82,0	305,0
	0,1 – 0,2	4,82	7,0	62,0	180,0
5	0 – 0,1	5,61	14,0	76,0	448,0
	0,1 – 0,2	5,15	11,0	51,0	238,0
6	0 – 0,1	5,02	13,0	75,0	189,0
	0,1 – 0,2	5,03	10,0	56,0	152,0

(1) treatment, (2) depth

v tabuľke 7. Zistenú koncentráciu na vybraných variantoch sme porovnali s prípustnými hodnotami. Vo všeobecnosti Cd, Pb, Cu, Mn, Fe a Zn neprekročovali prípustné množ-

stvo. Výnimkou bol iba obsah mangánu na nehojenom variante. Aplikáciou magnezitu sa však jeho koncentrácia znížila pod úroveň limitovanej normy.

### Vplyv hnojenia na zmeny niektorých agrochemických vlastností pôdy

Agrochemické vlastnosti kambizeme z odberu v jeseni druhého roku pokusu vidieť v tabuľke 8. Po dvoch rokoch trvania pokusu sa pH zvýšilo pri vyššej dávke kaustického magnezitu na variantoch 3 a 5, ale pozitívny posun nastal aj na variante 2 a 4. Priaznivý vplyv sme zistili aj v obsahu prístupného fosforu, najmä v prvej odberovej hĺbke aplikáciou  $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  samostatného magnezitu. Hnojením kaustickým magnezitom sa zvýšil aj obsah prístupného draslíka na variantoch 2 a 3. Na ostatných variantoch jeho obsah vplyvom využitia klesol. Najvýraznejšiu zmenu sme zaznamenali v obsahu prístupného horčíka. Dobrú zásobu tohto prvku sme síce zistili už na začiatku pokusu, ktorá sa trvaním pokusu, po aplikácii hnojenia ešte zvyšovala, najmä na variantoch 2, 3, 4 a 5. Zásoba horčíka sa na týchto variantoch tak zvýšila 2 až 3-krát.

### Záver

Po dvojročnej aplikácii kaustického magnezitu sa upravila pôdna reakcia zo silno kyslej na slabo kyslú. Zvýšil sa obsah prístupného horčíka v pôdnom profile, ale taktiež fosforu a draslíka. Rôzne dávky živín nemali výraznejší vplyv na tvorbu úrody v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Hnojenie minimálne ovplyvnilo floristickú skladbu porastov so zachovaním zvýšeného podielu dvojkličnolistových druhov. Obsah NL, P, K a Na v sušine fytohmoty bol pre potreby hospodárskych zvierat deficitný. Obsah Ca bol pre hospodárske zvieratá dostatočný vzhľadom na bohatú floristickú skladbu porastu s vysokým zastúpením leguminóz a ostatných bylín. Dostatočná pôdna zásoba Mg v interakcii s hnojením magnezitom podmienila jeho zvýšenie v sušine trávnych porastov. Sledované mikroprvky Cd, Pb, Cu, Mn, Fe a Zn splňali prípustné hodnoty v sušine paše na porastoch hnojených iba magnezitom.

### Literatúra

- (1) ASAMI, Z. 1984. Pollution of soils by cadmium. In: Changing metal cycles and human health. 1984, s. 95–111.
- (2) CCM 85 Špecifikácia krmnej suroviny (Online) (3.3. 2016) [www.smzjelsava.sk/sk/po/C4%BE%no%hospod%C3%A1rstvo222](http://www.smzjelsava.sk/sk/po/C4%BE%no%hospod%C3%A1rstvo222)

- (3) FALKOWSKI, M. et al. 1978. Lekarstwo i gospodarka lakowa. Państwowe wyd. rolnicze i lesne. Warszawa, 1978, 615 s.
- (4) HOLUBEK, R. 1991. Produkčná schopnosť a kvalita poloproduktívnych trávnych porastov v mierne teplej a mierne suchej oblasti. Veda – vyd. Bratislava: SAV, 1991, 132 s.
- (5) JANČOVIČ, J. 1999. Vybrané biologické, produkčné a kvalitatívne charakteristiky trávnych porastov zväzu Cynosurion ovplyvnené hnojením. Monografia. Nitra: SPU, 1999, 93 s., ISBN 80–7137–601–9.
- (6) KLAPP, E. et al. 1971. Wiesen und Weiden. Aufl. Berlin – Hamburg: Verlag Paul Parey, 1971, 550 s.
- (7) Kolektiv: Atlas podnebí Československé republiky. HMÚ, Ústřední správa geodézie a kartografie, Praha, 1958.
- (8) KRAJČOVIČ, V. et al. 1968. Krmovinárstvo. Bratislava: SVPL, 1968, 564 s.
- (9) LABUDA, J. et al. 1982. Výživa a kŕmenie hospodárskych zvierat. Bratislava: Príroda, 1982, 488 s.
- (10) LICHNER, S. et al. 1977. Lúky a pasienky. Bratislava: Príroda, 1977, 423 s.
- (11) MALOCH, M. 1953. Krmovinárstvo II. Bratislava: ŠPN, 1953, 616 s.
- (12) NARIADENIE KOMISIE (EÚ) č. 1275/2013 zo 6. decembra 2013, ktorým sa mení príloha I k smernici Európskeho parlamentu a Rady 2002/32/ES, pokiaľ ide o najvyššie prípustné množstvá arzénu, kadmia, olova, dusitanov, prchavého horčičného oleja a škodlivých botanických nečistôt
- (13) NARIADENIE KOMISIE (ES) č. 1334/2003 z 25. júla 2003, ktorým sa menia a dopĺňajú podmienky pre povoľovanie viacerých doplnkových látok, ktoré patria do skupiny mikroprvkov v krmivách
- (14) StatSoft, Inc. (2005). STATISTICA Cz [Softwarový systém na analýzu dát], verze 7.1. [www.StatSoft.Cz](http://www.StatSoft.Cz)
- (15) VELICH, J. 1986. Studium vývoje produkčnej schopnosti trvalých lučných porastů a drnového procesu při dlouhodobém hnojení a jeho optimalizace. Praha: Videopress MON, 1986, 162 s.
- (16) VOŽAR, L. Možnosti využitia prerošovanej výživy dusíkom v mátonohovo-hrebienkovom trávnom poraste. Monografia. Nitra: SPU, 2009, 84 s., ISBN 978–80–552–0211–2.

prof. Ing. Ján Jančovič, PhD.,  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,  
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov,  
Katedra trávnych ekosystémov a kŕmnych plodín,  
Tr. A. Hlinku 2,  
949 76 Nitra, Slovenská republika,  
e-mail: Jan.Jancovic@uniag.sk

## Overenie agronomickej účinnosti pridania lignitu k hnojivu DASA na modelovej plodine ovos siaty

### Evaluation of agronomic effect of DASA fertilizer with lignite addition on model crop of oats (*Avena sativa*, L.)

Pavol Slamka,  
Otto Ložek, Zuzana Panáková

There was established short-term pot experiment with oats (variety Valentín) for evaluation of agronomic effec-

tiveness of the mineral fertilizers with and without addition of lignite. The following fertilizers were investigated in the experiment: DASA without addition of lignite, DASA + 1% addition of lignite A, DASA + 1% addition of lignite B, DASA + 1% addition of lignite C, DASA+1% addition of lignite D and NS fertilizer. The achieved results were compared to unfertilized treatment (control). The highest grain yield of oats ( $7.9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) was achieved in treatment fertilized by NS fertilizer and this represented statistically significant increase by 13.0% in comparison with control treatment and insignificant increase by 1.0% in comparison with „pure“ DASA fertilizer without lignite addition. DASA fertilizers both with and without addition of lignite increased yields of oats grain by 6.0 to 13% in comparison with unfertilized treatment and most of them were even statistically significant. The highest increment of grain yield was achieved in treatment where NS fertilizer was applied (+13%) in comparison to unfertilized control. Opositely, the lowest increment was shown in treatment with DASA + lignite A (+6%). Addition of lignite to DASA fertilizer showed no or slightly negative effect on oats grain

yield. From the viewpoint of crude protein content in grain, addition of lignite to DASA fertilizer showed positive effect because it increased content of crude protein in grain in comparison to pure DASA fertilizer.

Addition of lignites to DASA fertilizer proved favourable effect only on portion of the 1<sup>st</sup> class oats grain. But both thousand kernel weight and volume weight of oats grain were affected negatively by this addition although not significantly.

#### **fertilizers, lignite, grain yield, uptake of nutrients, crude protein**

Hlavné faktory ovplyvňujúce úrody ovsu sú agrochemické vlastnosti pôdy a poveternostné podmienky. Agrochemické vlastnosti pôdy sa podieľajú na úrodách ovsu 68–mimi percentami (13).

Ovos si vyžaduje skorú sejbu a túto skutočnosť je potrebné zohľadňovať aj pri hnojení. Pri aplikácii fosforu a draslíka je potrebné pri stanovení dávky zohľadňovať aktuálnu zásobu oboch živín v pôde a požiadaviek porastu za účelom dosiahnutia plánovanej úrody. Popri vyváženej výžive ostatnými živinami sa najväčší význam v tomto smere venuje optimálnej výžive dusíkom. Z mikroelementov pozitívne reaguje na aplikáciu mangánu, medi, zinku a z pohľadu nutričnej hodnoty aj na aplikáciu selénu (3).

Ovos je schopný využiť až 60% N z pôdnej zásoby a preto túto skutočnosť musíme brať do úvahy pri určovaní dávky. Dusíkatá výživa sa podieľa pri ovse na úrode 15–45 %–ami. Zníženie kvantity a kvality úrody výrazne ovplyvňuje nedostatočná výživa a prehnojenie dusíkom. Podľa Moudrého (7) ovos v prvom období rastu prudko reaguje na dusíkatú výživu. Dávky dusíka sa pohybujú približne v rozmedzí 60–120 kg·ha<sup>-1</sup>. Podľa Pospíšila (9) sa odporúčaná dávka dusíka pohybuje v rozmedzí od 60–90 kg·ha<sup>-1</sup>. Pred sejbou sa odporúčajú jednorazovo aplikovať dávky do 50 kg·ha<sup>-1</sup>. Vyššie dávky sa delia na predsejbovú aplikáciu a prihnojovanie v priebehu vegetácie v dávkach 20–30 kg·ha<sup>-1</sup>. Moudrý (8) odporúča deliť dané dávky na 30–40 kg·ha<sup>-1</sup>. Pri úspornom hnojení sa odporúča dávka 75–85 kg·ha<sup>-1</sup> po obilnine alebo inej zhoršujúcej plodine a dávka do 50 kg·ha<sup>-1</sup> po zlepšujúcej plodine. Vysoké dávky dusíka spôsobujú na ťažkej pôde a vo vlhkých rokoch poliehanie porastu (8). Pri hnojení ovsu sa obvyčajne dávka dusíka delí na 2–krát. Prvá sa aplikuje pri predsejbovej príprave pôdy (podľa Nmin) v dávke 50–80 kg·ha<sup>-1</sup> vo forme síranu amónneho, močoviny, DAM – 390 alebo liadku amónneho s vápencom. Druhá dávka je aplikovaná na začiatku steblovania podľa chemických rozborov rastlín. Táto dávka priaznivo pôsobí na úrody ovsu, hlavne na zvýšenie počtu a hmotnosti zŕn (10).

Efektívne využitie živín z pôdy a hnojív pri pestovaní ovsu siateho do značnej miery ovplyvňuje úspešnosť jeho pestovania. Jednou z možností zvýšenia využitia minerálnych živín pri pestovaní ovsu siateho je podporenie ich prijateľnosti aplikáciou lignitu.

Lignit je najmladšie a najmenej karbonizované hnedé uhlie. Chemicky sa jedná predovšetkým o makromolekulárny komplex polyelektrolytov (napr. humínových kyselín), polysacharidov, polyaromatických zlúčenín, uhlíkových reťazcov so sírnymi a dusíkatými skupinami a kyslíkovými článkami (4).

Humínové látky prítomné v lignite sú od polymérov odvodene molekuly, ktoré sa formovali v pôde počas dekompozície rastlinných a animálnych zvyškov prostredníctvom chemických a biologických procesov (11), a ktoré sú re-

zistentné voči mikrobiálnej degradácii (5). Tieto látky sú významným zdrojom uhlíka v pôde (12). Humínové látky sa v širokom rozsahu využívajú v poľnohospodárskej praxi buď ako priamo aplikované roztoky humínových substancií alebo prostredníctvom kompostovaných organických hnojivých doplnkov (1, 2, 6). Dôležitým efektom aplikácie humínových látok na pôdne charakteristiky je zvýšenie potenciálnej prijateľnosti minerálnych živín v dôsledku ich schopnosti formovať stabilné organo–minerálne komplexy. Ako príklad možno uviesť v poslednom období sa vytvárajú novú skupinu hnojív, ktorá je založená na tvorbe fosfáto–metálovo–humátových komplexov reprezentujúcu vo väčšej miere udržateľný zdroj pre rastliny prijateľného fosforu ako tomu bolo doteraz.

Cieľom predkladanej práce bolo posúdiť vplyv prídania lignitu o rôznej veľkosti častíc do hnojiva DASA 26/13 na úrodu zrna ovsu siateho, jeho kvalitu a vybrané agrochemické parametre úrody a pôdy.

## **Materiál a metodika**

Za účelom overovania agronomickej účinnosti hnojív DASA bez prídania lignitu, DASA + 1% lignitu A, DASA + 1% lignitu B, DASA + 1% lignitu C, DASA + 1% lignitu D a NS hnojiva bol založený krátkodobý nádobový pokus s modelovou plodinou ovsom siatym, odroda 'Valentín'.

Pokus sa realizoval v nádobách o priemere 250 mm, výške 400 mm a návažka zeminy do jednej nádoby činila 7 kg pôdy. V pokuse bola použitá hlinitá, stredne ťažká hnedozem z lokality Vysokoškolského poľnohospodárskeho podniku v Kolíňanoch.

Preosiata pôda cez sito s veľkosťou otvorov 2 mm bola dôkladne premiešaná a vsypaná do každej nádoby zvlášť. Následne sa aplikovali testované hnojivá, ktoré sa zapracovali do pôdy do hĺbky približne 0,1 m. Po uľahnutí pôdy v nádobách sa po piatich dňoch 9. 4. 2015 vysialo do každej nádoby 25 namorených semien ovsu siateho. Následne bola 10. 4. 2015 do všetkých nádob pridaná destilovaná voda v množstve 700 ml odpovedajúcemu jej nasýteniu na plnú vodnú kapacitu.

Variantov výživy bolo 7 a z každého variantu boli urobene 3 opakovania + 1 opakovanie s nádobami bez rastlín, t.j. spolu bolo na tento vegetačný krátkodobý pokus použitých 28 nádob. Počas celej doby trvania pokusu od sejby až po zber 2. 7. 2015 sa každá nádoba denne zalievala destilovanou vodou na úroveň 60% z plnej vodnej kapacity (PVK).

Pôda aplikovaná do pokusných nádob vykazovala obsah prístupných živín, resp. agrochemické charakteristiky, ktoré sú uvedené v tabuľke 1. Z týchto hodnôt vyplýva, že pôdna reakcia je kyslá, obsah draslíka, vápnika a horčíka je vysoký; fosforu a síry nízky. Obsah anorganického dusíka v pôde je vysoký, pričom prevažuje dusičnanová forma. Zber nádobového pokusu sa uskutočnil 2. 7. 2015 v rastovej fáze mliečno–voskovej zrelosti ovsu, kedy bola dosiahnutá maximálna produkcia nadzemnej hmoty. Po odobratí rastlín bola stanovená čerstvá hmotnosť nadzemnej biomasy vážením na presných váhach. Následne boli rastliny vysušené do konštantnej hmotnosti pri 105 °C a vážením zistená hmotnosť suchých rastlín. Z čerstvej a suchej hmotnosti nadzemnej biomasy ovsu bol vypočítaný obsah sušiny. V sušine nadzemnej biomasy boli stanovené obsahy makroživín (N, P, K, Ca, Mg) bežnými štandardnými metódami. Z obsahov jednotlivých prvkov v sušine nadzemnej biomasy ovsu a jej suchej hmotnosti

boli na príslušných variantoch hnojenia vypočítané odbery makroživín nadzemnou biomasou ovsu.

Vzhľadom na fakt, že v nádobovom pokuse nebolo možné stanoviť objektívne úrodu zrna ovsu, paralelne s nádobovým pokusom bol na stanovišti Víglaš–Pstruša založený aj maloparcelkový pokus s rovnakou odrodou ovsu a s rovnakými variantmi hnojenia (tab. 2) o výmere zberovej plochy 10 m<sup>2</sup> v štyroch opakovaníach. Zber zrna ovsu sa uskutočnil v plnej botanickej zrelosti ovsu maloparcelkovým kombajnom určenom na tieto účely. Zrno z jednotlivých parceliek bolo odvážené a zo štyroch opakovaní bola stanovená jeho priemerná hmotnosť na 10 m<sup>2</sup>, ktorá bola prepočítaná na 1 hektár.

Po prekonaní obdobia pozberového dozrievania boli v zrne ovsu stanovené obsahy makroživín (N, P, K, Ca, Mg) a následne bol vypočítaný odber živín úrodou zrna ovsu na jednotlivých variantoch. Z fyzikálno–mechanických vlastností bol stanovený podiel zrna 1. triedy, objemová hmotnosť a hmotnosť 1 000 zrn ovsu. Z kvalitatívnych ukazovateľov bol na základe obsahu dusíka v zrne vypočítaný obsah dusíkatých látok.

Schéma variantov výživy ovsu siateho, dávka aplikovaného dusíka a dávky hnojív v nádobovom a poľnom pokuse sú uvedené v tabuľke 2. V nádobovom pokuse bola na variantoch výživy 1–6 použitá rovnaká dávka dusíka t.j. 1,17 g N na 1 nádobu, resp. 120 kg·ha<sup>-1</sup> N v poľnom maloparcelkovom pokuse:

#### Charakteristika hnojív použitých v pokuse

- **DASA 26/13** – dusíkaté hnojivo s obsahom síry, 26% N a 13% S,
- **lignit A** – Lignit s priemernou veľkosťou častíc 20 μm vo forme suspenzie pripravenej s 2,5% roztokom síranu amónneho,
- **lignit B** – Lignit s priemernou veľkosťou častíc 70 μm vo forme suspenzie pripravenej s 2,5% roztokom síranu amónneho,
- **lignit C** – Lignit s priemernou veľkosťou častíc 20 μm vo forme suspenzie pripravenej s premývacími vodami z výroby DASA,
- **lignit D** – Lignit s priemernou veľkosťou častíc 70 μm vo forme suspenzie pripravenej s premývacími vodami z výroby DASA,
- **NS HNOJIVO** – liadok amónny s energosadrou s obsahom 24% N a 6% S.

## Výsledky a diskusia

### Hodnotenie úrody čerstvej a suchej hmoty ovsu

Vplyv aplikovaných hnojív na úrodu čerstvej hmoty nadzemnej biomasy ovsu siateho nebol taký výrazný ako v prípade jačmeňa, čo môže byť pripísané na vrub toho, že ovos je tzv. doberná plodina (t.j. v osevnom postupe sa zaraďuje ako posledná po náročnejších plodinách) a dokáže veľmi efektívne využívať živiny z pôdy, aj z ťažšie dostupných foriem. Na hnojených variantoch sa úroda čerstvej hmoty zvýšila 1,06 až 1,29–násobne, t.j. o 6 až 29% v porovnaní s nehnojeným kontrolným variantom (tab. 3). Zvýšenie úrody čerstvej hmoty o 29% bolo dosiahnuté na variante, ktorý bol hnojený hnojivom DASA s prídavkom 1% lignitu B, t.j. lignitu s veľkosťou častíc 70 μm vo forme suspenzie pripravenej s 2,5%–ným roztokom síranu amónneho. Na rozdiel od jačmeňa, pri ktorom prídavok lignitu k hnojivu DASA znižoval úrodu čerstvej hmoty nad-

zemnej biomasy jačmeňa, pri ovsu ich zvyšoval o 5% (var. 6, na ktorom bolo k hnojivu DASA pridané 1% lignitu D), až 21% (var. 4, kde bolo k DASE pridané 1% lignitu B) v porovnaní s úrodami na variante 2, ktorý bol hnojený hnojivom DASA bez prídania lignitu. Pri prepočte na úrodu sušiny najnižší efekt bol zistený po pridaní 1% lignitu A, kedy sa úroda sušiny nadzemnej biomasy ovsu zvýšila nepreukazne o 1% v porovnaní s variantom hnojeným hnojivom DASA bez prídania lignitu. Naopak, najvyšší, a štatisticky preukazný, prírastok úrody sušiny (+ 16%) v porovnaní s „čistým“ hnojivom DASA bol zaznamenaný vtedy, keď bolo k DASA pridané 1% lignitu B. V tomto ukazovateli poskytl dobré výsledky aj NS hnojivo, ktorého aplikácia zvyšovala úrodu čerstvej nadzemnej biomasy o 12% a sušiny o 15% v porovnaní s aplikáciou hnojiva DASA 26/13. Čo sa týka obsahu sušiny v nadzemnej hmote ovsu, na všetkých hnojených variantoch sa zvýšil o 5 až 8 abs.% v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Na hnojených variantoch sa obsah sušiny pohyboval v intervale 53–56 % a prídanie rôznych foriem lignitu nepreukázalo významný vplyv na tento parameter (tab. 3).

### Hodnotenie obsahu makroživín v nadzemnej hmote ovsu

Positívny vplyv na zvyšovanie obsahu dusíka v sušine nadzemnej hmoty mala aplikácia hnojiva DASA 26/13 spolu s prídavkom 1% lignitu v porovnaní s nehnojeným variantom. Obsah dusíka v sušine nadzemnej hmoty bol najvyšší na variante DASA 26/13 s pridaním 1% lignitu A (19 299 mg·kg<sup>-1</sup> sušiny) v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Prídavok lignitu k hnojivu DASA 26/13 zvyšoval obsah dusíka v sušine, okrem variantu 5, na ktorom bol k DASE pridaný lignit C (tab. 4).

Najvyšší obsah fosforu v sušine bol v porovnaní s nehnojeným variantom zistený na variante, kde bola aplikovaná DASA 26/13 s 1% lignitom C (2 580 mg·kg<sup>-1</sup> sušiny). Najnižší obsah fosforu v sušine bol zistený pri aplikácii hnojiva DASA 26/13 s pridaním 1% lignitu D (2 036 mg·kg<sup>-1</sup> sušiny) (tab. 4).

Pri draslíku na hnojených variantoch 3, 4, 5 došlo v dôsledku zriedovacieho efektu k poklesu jeho obsahu v sušine nadzemnej hmoty v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Najvyšší obsah draslíka v sušine bol zistený pri aplikácii hnojiva DASA 26/13 bez prídania lignitu (19 024 mg·kg<sup>-1</sup> sušiny). Prídanie lignitu obsah draslíka v sušine znižovalo najviac na variante 3, kde bol aplikovaný lignit A, a naopak, obsah draslíka v sušine sa najviac zvýšil na variante 6, kde bol aplikovaný lignit D (tab. 4).

Positívny vplyv na obsah vápnika v sušine nadzemnej biomasy mala aplikácia hnojiva DASA 26/13 s prídavkom 1% lignitu v porovnaní s nehnojenou kontrolou, pričom nepriaznivý vplyv malo prídanie lignitu C. Obsah vápnika v sušine nadzemnej hmoty bol najvyšší na hnojenom variante 6, kde bolo aplikované hnojivo DASA 26/13 s prídavkom 1% lignitu D (3 367 mg·kg<sup>-1</sup> sušiny). Prídanie lignitu obsah Ca v sušine zvyšovalo v porovnaní s nehnojenou kontrolou, pričom prídanie lignitu C znížilo obsah Ca v sušine aj v porovnaní s nehnojenou kontrolou (tab. 4).

Pri horčíku sa zriedovací efekt neprejavil a hnojenie zvyšovalo jeho obsah v sušine nadzemnej hmoty na všetkých hnojených variantoch v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Prídanie všetkých typov lignitu k hnojivu DASA 26/13 zvýšilo obsah Mg v sušine nadzemnej biomasy ovsu. Najvyš-

**Tabuľka 1:** Agrochemická charakteristika pôdy použitej v nádobovom pokuse s ovsom

**Table 1:** Agrochemical characteristics of soil used in pot experiment with oats

pH	mg·kg <sup>-1</sup> pôdy (1)							
	N <sub>an</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	K	Ca	Mg	S
5,55	57,4	9,0	48,4	22,5	302,0	6540	283,7	1,25
Hodnotenie (evaluation)								
kyslé acid	vysoký high	stredný medium	vysoký high	nízky low	vysoký high	vysoký high	vysoký high	nízky low

(1) content of available nutrients in soil (mg·kg<sup>-1</sup>)

**Tabuľka 2:** Schéma pokusných variantov ovsa siateho

**Table 2:** Scheme of experimental treatments with oats

Variant výživy (1)	Hnojivá (2)	Dávka N g·nádoba <sup>-1</sup> (3)	Dávka hnojiva g·nádoba <sup>-1</sup> (4)	Dávka N* kg·ha <sup>-1</sup> (5)
1	nehnojená kontrola (6)	0,00	0,00	0
2	DASA (bez lignitu)	1,17	4,55	120**
3	DASA + 1% lignit A	1,17	4,67	120
4	DASA + 1% lignit B	1,17	4,60	120
5	DASA + 1% lignit C	1,17	4,57	120
6	DASA + 1% lignit D	1,17	4,65	120
7	NS hnojivo (7)	1,17	4,86	120

\* polný maloparcelkový pokus

\*\* dávka 120 kg·ha<sup>-1</sup> N bola aplikovaná delene: 60 kg pred sejbou + 60 kg na začiatku steblovania ovsa (ako produkčné hnojenie)

\*\* dose of 120 kg·ha<sup>-1</sup> N was applied by split method: 60 kg before seeding + 60 kg at the beginning of oats shooting (as productional fertilization)

(1) treatment of nutrition, (2) fertilizers (3) rate of N (g per pot), (4) rate of fertilizer (g per pot), (5) rate of N (kg·ha<sup>-1</sup>), (6) unfertilized control, (7) NS fertilizer

**Tabuľka 3:** Hmotnosť nadzemnej biomasy (g/nádoba) a obsah sušiny ovsa (%) (priemer 3 opakovaní)

**Table 3:** Weight of aboveground biomass (g per pot) and content of dry matter (%) of oats (average of 3 repetitions)

Var.	Popis variantov výživy	Č. h.	Rel. %	Rel. %	S. h.	Rel. %	Rel. %	Suš (%)
1	nehnojená kontrola	115	100	–	55	100	–	48
2	DASA (bez lignitu)	122	106	100	67	122	100	55
3	DASA + 1% lignit A	130	113	107	68	124	101	53
4	DASA + 1% lignit B	148	129	121	78	142	116	53
5	DASA + 1% lignit C	137	119	112	75	136	112	55
6	DASA + 1% lignit D	128	111	105	76	138	113	56
7	NS hnojivo	137	119	112	77	140	115	56

Č.h. = čerstvá hmota (fresh matter), S.h. = suchá hmota (dry matter), Suš = obsah sušiny (content of dry matter)

šší obsah Mg bol zistený pri aplikácii hnojiva DASA 26/13 s pridaním 1% lignitu A (2 679 mg·kg<sup>-1</sup> sušiny) (tab. 4).

#### Hodnotenie odberu makroživín nadzemnou hmotou ovsa

Odber makroživín nadzemnou hmotou ovsa ako interakcia úrody sušiny a obsahu jednotlivých makroživín v nej je uvedený v tabuľke 5. Z nej vyplýva, že prídanie lignitu zvyšovalo odber N vo všetkých prípadoch, pričom najvyšší odber N bol na variantoch s prídavkom 1% lignitu B a 1% lignitu D, v porovnaní s odberom N na variante hnojenom len čistým hnojivom DASA 26/13, bez prídania lignitu.

Aj pri ostatných makroživinách, hnojenie zvyšovalo ich odber sušinou nadzemnej hmoty ovsa v porovnaní s nehnojeným kontrolným variantom. Avšak efekt prídania lignitu k čistému hnojivu DASA 26/13 už nebol taký jednoznačný. Prídanie lignitu odber P zvyšovalo o 27% (lignit B) a o 29% (lignit C), a naopak, prídanie lignitu odber P znižovalo o 2% (lignit A) a o 3% (lignit D) v porovnaní s čistým hnojivom DASA 26/13.

Prídanie lignitu A odber K a Ca znižovalo v porovnaní s čistou DASA 26/13. Zatiaľ čo prídanie lignitu B odber K a aj Ca zvyšovalo o 13% v porovnaní s čistým hnojivom DASA 26/13 bez prídania lignitu.

Prídanie lignitu odber Mg zvyšovalo v porovnaní s čistou DASA 26/13, pričom najvyšší odber Mg bol zistený pri pridaní lignitu B (tab. 5).

#### Hodnotenie obsahu makroživín v zrne ovsa

Hnojenie malo pozitívny vplyv na zvyšovanie obsahu dusíka v sušine zrna ovsa v porovnaní s nehnojeným variantom. Prídavok všetkých druhov lignitov k hnojivu DASA 26/13 zvyšoval obsah dusíka v zrne. Najvyšší obsah dusíka v sušine zrna bol zistený na variante 6, kde bola aplikovaná DASA 26/13 s prídavkom 1% lignitu D (18,20 g·kg<sup>-1</sup> sušiny) (tab. 6).

Podobne ako pri dusíku, aj pri P hnojenie zvyšovalo obsah P v sušine zrna ovsa v porovnaní s nehnojeným variantom. Najvyšší obsah fosforu v sušine zrna bol zistený na variante, kde bola aplikovaná DASA 26/13 s 1% lignitom D (4, 5 g·kg<sup>-1</sup> sušiny). Prídanie lignitu k čistému hnojivu DASA 26/13 zvyšovalo obsah fosforu v zrne v porovnaní s variantom, kde bolo aplikované iba čisté hnojivo DASA 26/13 bez prídavku lignitu, okrem hnojeného variantu 3, kde bol zistený najnižší obsah fosforu v sušine zrna (3, 5 g·kg<sup>-1</sup> sušiny).

Pri draslíku na variante 2, kde bolo aplikované iba čisté hnojivo DASA 26/13 sa zistil rovnaký obsah draslíka (4,10

**Tabuľka 4:** Obsah makroživín v nadzemnej hmote ovsu v mg·kg<sup>-1</sup> sušiny  
**Table 4:** Content of macronutrients in DM of aboveground biomass of oats (mg·kg<sup>-1</sup> of DM)

Variant výživy	Obsah makroživín v nadzemnej hmote v mg·kg <sup>-1</sup> sušiny				
	N	P	K	Ca	Mg
1 – nehnojená kontrola	12 907	2 238	18 980	2 169	1 948
2 – DASA	17 045	2 243	19 024	2 626	1 976
3 – DASA + 1% lignit A	19 299	2 171	18 452	2 307	2 679
4 – DASA + 1% lignit B	17 791	2 444	18 464	2 552	2 621
5 – DASA + 1% lignit C	16 728	2 580	18 466	2 145	2 505
6 – DASA + 1% lignit D	18 245	2 036	19 005	3 367	2 432
7 – NS hnojivo	14 295	2 176	18 466	2 824	2 258

**Tabuľka 5:** Odber makroživín nadzemnou hmotou ovsu v mg·nádobu<sup>-1</sup>  
**Table 5:** Uptake of macronutrients by aboveground biomass of oats (mg per pot)

Variant výživy (1)	Odber makroživín nadzemnou hmotou ovsu v mg/nádobu				
	N	P	K	Ca	Mg
1 – nehnojená kontrola	710	123	1 044	119	107
2 – DASA	1 142	150	1 275	176	132
3 – DASA + 1% lignit A	1 312	148	1 255	157	182
4 – DASA + 1% lignit B	1 388	191	1 440	199	204
5 – DASA + 1% lignit C	1 255	194	1 385	161	188
6 – DASA + 1% lignit D	1 387	155	1 444	256	185
7 – NS hnojivo	1 101	167	1 422	217	163
Vyjadrenie v relatívnych %					
1 – nehnojená kontrola (2)	100	100	100	100	100
2 – DASA	161	122	122	147	124
3 – DASA + 1% lignit A	185	120	120	132	170
4 – DASA + 1% lignit B	195	155	138	167	191
5 – DASA + 1% lignit C	177	157	133	135	175
6 – DASA + 1% lignit D	195	126	138	215	173
7 – NS hnojivo	155	136	136	182	152
2 – DASA	100	100	100	100	100
3 – DASA + 1% lignit A	115	98	98	89	138
4 – DASA + 1% lignit B	122	127	113	113	154
5 – DASA + 1% lignit C	110	129	109	91	142
6 – DASA + 1% lignit D	121	103	113	145	140
7 – NS hnojivo (3)	96	111	112	124	123

(1) treatment of nutrition, (2) unfertilized control, (3) NS fertilizer

g·kg<sup>-1</sup> sušiny) v zrne ako na nehnojenej kontrole. Pridanie lignitu B a D zvyšovalo obsah draslíka v zrne, a naopak, pridanie lignitu A a C znižovalo obsah draslíka v sušine zrna o 0,22 g·kg<sup>-1</sup> sušiny resp. o 0,15 g·kg<sup>-1</sup> sušiny v porovnaní s nehnojeným aj s čistou DASOU hnojeným variantom. Najvyšší obsah draslíka v sušine zrna bol zistený pri aplikácii hnojiva DASA 26/13 s prídavkom 1% lignitu D (4,70 g·kg<sup>-1</sup> sušiny) (tab. 6).

Pozitívny vplyv na obsah vápnika v sušine zrna mala aplikácia hnojiva DASA 26/13 s prídavkom 1% lignitu v porovnaní s nehnojenou kontrolou, pričom nepriaznivý vplyv malo len pridanie lignitu A. Obsah vápnika v sušine zrna bol najvyšší na variante 4, kde bolo aplikované hnojivo DASA 26/13 s prídavkom 1% lignitu B (0,85 g·kg<sup>-1</sup> sušiny). Pridanie lignitu obsah Ca v sušine zvyšovalo v porovnaní s nehnojenou kontrolou, s výnimkou pridania lignitu A, pri ktorom sa obsah Ca v sušine zrna ovsu znížil v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Pridanie lignitu akéhokoľvek druhu k hnojivu DASA zvyšovalo obsah Ca v sušine zrna ovsu (tab. 6).

Pri horčíku sa zriedčovací efekt neprejavil a hnojenie zvyšovalo jeho obsah v sušine zrna ovsu na všetkých hnojených variantoch v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Pridanie lignitu k čistému hnojivu DASA 26/13 malo pozitívny vplyv na zvyšovanie obsahu Mg v zrne v porovnaní s variantom, kde bolo aplikované len čisté hnojivo DASA 26/13. Najvyšší obsah Mg bol zistený pri aplikácii hnojiva DASA 26/13 s prídavkom 1% lignitu B (1,68 g·kg<sup>-1</sup> sušiny) (tab. 6).

#### Hodnotenie odberu makroživín zrnou ovsu

Odber makroživín zrnou ovsu ako interakcia úrody sušiny a obsahu jednotlivých makroživín v nej je uvedený v tabuľke 7. Z nej vyplýva, že pridanie lignitu zvyšovalo odber N vo všetkých prípadoch, pričom najvyšší odber N bol na variantoch s prídavkom 1% lignitu D, v porovnaní s odberom N na variante hnojenom len čistým hnojivom DASA 26/13, bez pridania lignitu (tab. 7).

**Tabuľka 6:** Obsah makroživín v zrne ovsa v g·kg<sup>-1</sup> zrna  
**Table 6:** Content of macronutrients in oats grain (g·kg<sup>-1</sup> of grain)

Variant výživy	Obsah makroživín v zrne ovsa v g·kg <sup>-1</sup> zrna				
	N	P	K	Ca	Mg
1 – nehnojená kontrola	15,40	3,67	4,10	0,68	1,38
2 – DASA	15,82	3,88	4,10	0,50	1,39
3 – DASA + 1% lignit A	16,38	3,50	3,88	0,65	1,50
4 – DASA + 1% lignit B	16,52	4,25	4,60	0,85	1,68
5 – DASA + 1% lignit C	16,52	3,94	3,95	0,70	1,48
6 – DASA + 1% lignit D	18,20	4,50	4,70	0,70	1,58
7 – NS hnojivo	16,94	3,88	3,75	0,60	1,54

**Tabuľka 7:** Odber makroživín zrnom ovsa v kg·ha<sup>-1</sup>  
**Table 7:** Uptake of macronutrients by oats grain (kg·ha<sup>-1</sup>)

Variant výživy	Odber makroživín zrnom ovsa v kg·ha <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg
1 – nehnojená kontrola	107,8	25,8	28,7	4,73	9,65
2 – DASA	123,4	30,2	32,0	3,90	10,84
3 – DASA + 1% lignit A	121,2	25,9	28,7	4,81	11,09
4 – DASA + 1% lignit B	128,9	33,2	35,9	6,63	13,07
5 – DASA + 1% lignit C	125,6	29,9	30,0	5,32	11,22
6 – DASA + 1% lignit D	140,1	34,7	36,2	5,39	12,17
7 – NS hnojivo	133,8	30,6	26,9	4,74	12,15
Vyjadrenie v relatívnych %					
1 – nehnojená kontrola	100	100	100	100	100
2 – DASA	114	117	111	82	112
3 – DASA + 1% lignit A	112	100	100	102	115
4 – DASA + 1% lignit B	120	129	125	140	135
5 – DASA + 1% lignit C	117	116	105	112	116
6 – DASA + 1% lignit D	130	134	126	114	126
7 – NS hnojivo	124	119	103	100	126
2 – DASA	100	100	100	100	100
3 – DASA + 1% lignit A	98	86	90	123	102
4 – DASA + 1% lignit B	104	110	112	170	121
5 – DASA + 1% lignit C	102	99	94	136	104
6 – DASA + 1% lignit D	114	115	113	138	112
7 – NS hnojivo	108	101	84	122	112

Aj pri ostatných makroživinách, hnojenie zvyšovalo ich odber sušinou zrna ovsa v porovnaní s nehnojeným kontrolným variantom. Avšak efekt pridania lignitu k čistému hnojivu DASA 26/13 už nebol taký jednoznačný. Pridanie lignitu odber P zvyšoval o 10% (lignit B) až o 15% (lignit D), a naopak, pridanie lignitu odber P znižovalo o 1% (lignit C) a o 14% (lignit A) v porovnaní s čistým hnojivom DASA 26/13 (tab. 7).

Pridanie lignitov A a C, odber K znižovalo o 6% (lignit C) a o 10% (lignit A) v porovnaní s čistou DASA 26/13. Zatiaľ čo pridanie lignitu D, odber K zvyšovalo o 13% v porovnaní s čistým hnojivom DASA 26/13 bez pridania lignitu (tab. 7).

Pridanie lignitov všetkého druhu, odber Ca zvyšovalo v porovnaní s čistou DASA 26/13. Najvyšší odber Ca sa zistil na hnojenom variante 4, kde bol pridaný lignit B, ktorý odber Ca zvyšoval o 70% v porovnaní s čistým hnojivom DASA 26/13 bez pridania lignitu (tab. 7).

Pridanie lignitu zvyšovalo odber Mg v porovnaní s čistou DASA 26/13, pričom najvyšší odber Mg bol zistený pri pridaní lignitu B (tab. 7).

#### Hodnotenie úrody zrna ovsa v poľnom maloparcelkovom pokuse

Pri ovse bola najnižšia úroda podľa očakávania dosiahnutá na nehnojenom variante (var. 1), a to 7 t·ha<sup>-1</sup> zrna (tab. 8). Všetky sledované hnojivá pôsobili tak, že úrodu zrna ovsa zvyšovali o 0,4 až 0,9 t·ha<sup>-1</sup>, čo zodpovedalo zvýšeniu o 6 až 13% pričom zvýšenie úrody na hnojených variantoch bolo (s výnimkou variantu 3 a 5) štatisticky preukazné v porovnaní s úrodou dosiahnutou na nehnojenej kontrole. V porovnaní s nehnojeným kontrolným variantom (var. 1) bola najvyššia úroda dosiahnutá na variante s NS hnojivom, a to 7,9 t·ha<sup>-1</sup>, čo je štatisticky preukazné zvýšenie o 13% voči nehnojenej kontrole (7,0 t·ha<sup>-1</sup>). Na variantoch hnojených s hnojivom DASA s prídavkom aj bez pridania lignitu bol najväčší prírastok úrody zrna zaznamenaný na variante 2 (čistá DASA) a variante 4 (DASA + 1% lignitu B o veľkosti častí 70 µm), a to zhodne 0,8 t·ha<sup>-1</sup>, čo predstavuje štatisticky preukazné zvýšenie o 11% v porovnaní s kontrolným nehnojeným variantom. Aj ostatné varianty s prídavkom lignitu k DASE (var. 3,

**Tabuľka 8:** Úroda zrna ovsa siateho v poľnom maloparcelkovom pokuse

**Table 8:** Yield of oats grain in field small plot experiment

Variant výživy	Popis variantov výživy	Úroda (t·ha <sup>-1</sup> )	Relat. %	Relat. %
1	nehnojená kontrola	7,0 a	100	–
2	DASA (bez lignitu)	7,8 b	111	100
3	DASA + 1% lignit A	7,4 ab	106	95
4	DASA + 1% lignit B	7,8 b	111	100
5	DASA + 1% lignit C	7,6 ab	109	97
6	DASA + 1% lignit D	7,7 b	110	99
7	NS hnojivo	7,9 b	113	101
LSD <sub>0,05</sub>		0,64	–	–

LSD<sub>0,05</sub> – najmenší preukazný rozdiel na hladine pravdepodobnosti  $\alpha = 0,05$  (the least significant difference at the level of  $\alpha = 0.05$ )

**Tabuľka 9:** Fyzikálno–mechanické parametre zrna ovsa

**Table 9:** Physico–mechanical parameters of oats grain

Variant výživy	PZ (%)	Rel. %	Rel. %	HTZ (g)	Rel. %	Rel. %	OH (g·l <sup>-1</sup> )	Rel. %	Rel. %
1 – nehn. kontr.	50,6	100	–	46,4	100	–	524	100	–
2 – DASA	49,5	98	100	49,4	106	100	528	101	100
3 – DASA + lig. A	54,6	108	110	46,6	100	94	511	98	97
4 – DASA + lig. B	52,2	103	105	47,2	102	96	512	98	97
5 – DASA + lig. C	53,9	107	109	49,0	106	99	520	99	98
6 – DASA + lig. D	47,8	94	97	48,2	104	98	526	100	100
7 – NS hnojivo	55,5	110	112	48,2	104	98	520	99	98

Vysvetlivky (Explanations): PZ = podiel zrna 1. triedy (portion of the 1st class grain), HTZ = hmotnosť tisíc zrn (thousand kernel weight), OH = obj. hmotnosť zrna (volume weight of grain)

5, 6) zvyšovali úrodu zrna ovsa v porovnaní s kontrolou, pričom na var. 3 a 5 bol rozdiel v úrode štatisticky nevýznamný, na variante 6 naopak bol štatisticky preukazný. Z hľadiska cieľov výskumu hnojív nás však zaujímala predovšetkým úrodová reakcia ovsa na pridanie lignitu o rôznej veľkosti častíc k hnojivu DASA 26/13. Z tohto pohľadu je na základe údajov v tabuľke 8 evidentné, že pridanie lignitu o rôznej veľkosti častíc k hnojivu DASA 26/13 nebolo efektívne a úrodu zrna ovsa nezvýšilo ani v jednom prípade (var. 2 – var. 6). Naopak, pôsobilo na úrodu zrna inhibične a znižovalo ju (s výnimkou var. 4) v porovnaní s úrodou dosiahnutou na variante 2, kde bolo aplikované „čisté“ hnojivo DASA 26/13 bez prídavku lignitu. Toto zníženie úrody zrna sa pohybovalo na úrovni o 0,1 až 0,4 t·ha<sup>-1</sup>, t.j. o 100 až 400 kg·ha<sup>-1</sup> čo v percentuálnom vyjadrení predstavuje zníženie o 1 až 5% a nebolo štatisticky významné v porovnaní s úrodou zrna dosiahnutou na variante hnojenom s DASA 26/13 bez pridania lignitu. Najhorší preukazný efekt na úrodu malo pridanie lignitu A v 1%–nej koncentrácii k hnojivu DASA 26/13 (var. 3), pri ktorom došlo k zníženiu úrody zrna o 5% v porovnaní s úrodou na variante s „čistou“ DAS–ou. Naopak, najmenší negatívny vplyv na úrodu zrna mal 1%–ný prídavok lignitu B k hnojivu DASA, pri ktorom bola dosiahnutá rovnaká úroda zrna ovsa (7,8 t·ha<sup>-1</sup>) ako na variante hnojenom hnojivom DASA bez lignitu (tab. 8).

#### Hodnotenie obsahu dusíkatých látok (NL) v zrne ovsa siateho

Najnižší obsah NL bol zistený na nehnojenej kontrole (11%). Na hnojených variantoch obsah NL stúpala, najmenej na variante hnojenom čistou DASOU (11,3%). Z obrázku 1 je evidentné, že pridanie lignitu k hnojivu DASA obsah NL v zrně ovsa zvyšovalo. Najvyšší obsah NL bol zistený na variante, na ktorom bol k hnojivu DASA pridaný lignit D (13%). Naopak, najnižší nárast obsahu NL voči čis-

tému hnojivu DASA bol na variante, na ktorom bol k DASE pridaný lignit A (11,7%). Pomerne vysoký obsah NL (druhý najvyšší) bol zistený aj na variante hnojenom hnojivom NS (12,1%).

#### Hodnotenie fyzikálno – mechanických parametrov zrna ovsa

Hnojenie ovsa zvyšovalo podiel zrna 1. triedy v úrode v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Výnimku predstavuje len variant hnojený s čistou DASOU a s DASOU obsahujúcou 1% prídavok lignitu D, kde došlo k poklesu podielu zrna 1. triedy. Pridanie lignitu A, B a C k hnojivu DASA zlepšovalo tento parameter v porovnaní s nehnojenou kontrolou aj s variantom hnojeným čistou DASOU bez pridania lignitu. Absolútne najvyšší podiel zrna 1. triedy (55,5%) bol dosiahnutý na variante hnojenom NS hnojivom (tab. 9). Najvyššia hmotnosť tisíc zrn (HTZ) ovsa bola zistená na variante hnojenom s „čistou“ DASOU (49,4 g). Pridanie rôznych druhov lignitov k DASE štatisticky nepreukazne znižovalo HTZ, najviac na variante, na ktorom bol k DASE pridaný lignit A (46,6 g). Najnižšia hodnota HTZ bola zistená na nehnojenom variante (46,4 g).

Rovnako na variante s čistou DASOU bola nameraná aj najvyššia objemová hmotnosť (OH) zrna ovsa (528 g·l<sup>-1</sup>). Pridanie lignitu (akéhokoľvek) OH ovsa znižovalo, najmenej lignit D (526 g·l<sup>-1</sup>), najviac lignit A (511 g·l<sup>-1</sup>) (tab.9).

#### Hodnotenie vplyvu hnojív na reziduálny obsah živín a pH pri zbere ovsa

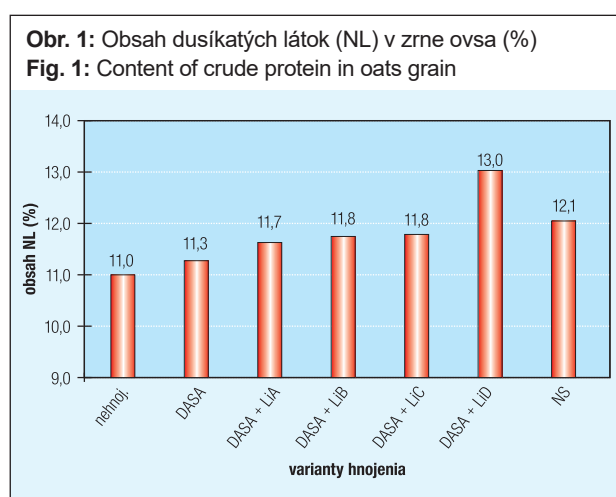
Najnižšia hodnota pH 6,20 bola zistená na variante hnojenom s „čistou“ DASOU. Aplikácia tohto hnojiva teda okyslovala pôdu o 0,27 jednotiek v porovnaní s nehnojeným kontrolným variantom (pH 6,47) a o 0,20 jednotiek v porovnaní s priemernou hodnotou pH na variantoch 3–6, na ktorých bol k DASE pridaný lignit (6,40). Absolútne najvyššia hodnota pH (6,61) a teda pôdna reakcia naj-



**Tabuľka 10:** Obsah živín v pôde po zbere ovsa ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy, Mehlich III)  
**Table 10:** Content of nutrients in soil after harvest of oats ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  of soil, Mehlich III)

Variants výživy	pH	$\text{N-NH}_4^+$	$\text{N-NO}_3^-$	$\text{N}_{\text{an}}$	P	K	Ca	Mg
1 – nehn. kontr.	6,47	4,25	6,25	10,5	27,5	460	3 510	945
2 – DASA	6,20	3,600	7,1	10,7	28,8	460	3 780	947
3 – DASA + lig. A	6,31	3,60	13,0	16,6	27,5	490	3 690	882
4 – DASA + lig. B	6,61	3,60	10,0	13,6	26,3	455	4 670	894
5 – DASA + lig. C	6,44	3,60	11,3	14,9	26,3	480	3 940	867
6 – DASA + lig. D	6,25	4,30	13,5	17,8	27,5	470	3 260	846
7 – S hnojivo	6,52	3,60	9,1	12,7	28,8	490	3 650	899
Priemer var. 1, 2, 7	6,40	3,80	7,5	11,3	28,4	470	3 647	930
Priemer var. 3–6 (1)	6,40	3,80	12,0	15,7	26,9	474	3 890	872

(1) average of treatments 3–6



bližšia k neutrálnej bola zaznamenaná na variante s DASOU s prídavkom lignitu B (tab. 10).

V dôsledku hnojenia aj pridávanie lignitu do hnojiva DASA sa obsah reziduálneho  $\text{N-NH}_4^+$  v pôde na konci vegetácie menil minimálne a pohyboval sa v rozsahu 3,6 až  $4,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy. Najviac  $\text{N-NH}_4^+$  bolo na nehnojenej kontrole ( $4,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Priemer variantov, na ktorých bol aplikovaný lignit predstavoval hodnotu  $3,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 10).

Pri dusičnanovej forme dusíka to bolo inak. Najnižší obsah reziduálneho  $\text{N-NO}_3^-$  v pôde bol zistený na nehnojenej kontrole (6,25) a hnojenie ho jednoznačne (v niektorých prípadoch aj štatisticky významne) zvyšovalo. Aj pridanie lignitu k hnojivu DASA zvyšovalo reziduálny obsah  $\text{N-NO}_3^-$  v pôde na konci vegetácie ovsa a to zo  $7,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (DASA) na  $12,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (priemer variantov hnojených s DASOU obohatenou o lignit).

Zvýšený obsah  $\text{N-NO}_3^-$  v pôde na hnojených variantoch potom zapríčinil, že aj obsah reziduálneho  $\text{N}_{\text{an}}$  v pôde sa hnojením a aj prídavkom lignitu k DASE zvyšoval s maximom na variante, na ktorom bol k DASE pridaný lignit D ( $17,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy).

Pri obsahu reziduálneho fosforu v pôde zisťujeme, že variabilita hodnôt je malá a obsahy sú značne vyrovnané. Aplikácia DASY síce mierne zvyšuje obsah P v pôde na konci vegetácie v porovnaní s nehnojenu kontrolou, ale pridanie lignitov vracia tieto hodnoty na úroveň nehnojenej kontroly, alebo nižšie (tab.10).

Pri draslíku bola zistená mierna (štatisticky nepreukazná) tendencia zvýšenia obsahu K v pôde o 10 až  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy na variantoch hnojených s DASOU + lignit v porovnaní s variantom, na ktorom bola aplikovaná čistá DASA resp. s nehnojeným variantom (tab.10).

Reziduálny obsah Ca sa mierne zvyšoval na hnojených variantoch v porovnaní s nehnojenu kontrolou a tiež aj na variantoch, na ktorých bol k DASE pridaný lignit v porovnaní s obsahom na variante hnojenom čistou DASOU. Výnimku predstavuje variant 3 (DASA + lignit A) ( $3 690 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) a variant 6 (DASA + lignit D) ( $3 260 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), na ktorých došlo k zníženiu obsahu Ca v pôde pri zbere ovsa v porovnaní s variantom hnojeným s „čistou“ DASOU ( $3 780 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  pôdy).

Pri horčíku došlo k poklesu jeho obsahu v pôde na variantoch, na ktorých bol k DASE pridaný lignit (var. 3 až 6) v porovnaní s obsahom Mg na variante hnojenom čistou DASOU, resp. s nehnojenu kontrolou (tab.10).

## Záver

Najvyššia úroda zrna ovsa ( $7,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) bola dosiahnutá na variante hnojenom hnojivom NS, čo predstavovalo štatisticky významné zvýšenie o 13% v porovnaní s nehnojeným kontrolným variantom. Hnojivo DASA bez pridania aj s prídavkom 1% lignitu o rôznej veľkosti častíc zvyšovalo úrodu zrna ovsa o 6 až 11% (podľa variantov), pričom najviac čisté hnojivo DASA o 11% a hnojivo DASA s prídavkom lignitu B, tiež o 11% v porovnaní s nehnojenu kontrolou. V poľnom maloparcelovom pokuse nebol preukázaný pozitívny vplyv pridania 1% lignitu o rôznej veľkosti častíc k hnojivu DASA na úrodu zrna ovsa. Naopak, pridanie lignitu k hnojivu DASA pôsobilo na úrodu zrna ovsa retardačne a znižovalo ju o 1–5% v porovnaní s hnojivom DASA aplikovaným v čistej forme bez pridania lignitu. Jedinú výnimku v tomto zmysle predstavoval prídavok 1% lignitu B, pri ktorom bola dosiahnutá rovnaká úroda ( $7,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) zrna ovsa ako na variante hnojenom hnojivom DASA bez lignitu.

Hnojenie zvyšovalo obsah NL v zrne ovsa a podobný efekt malo aj pridanie lignitov k hnojivu DASA. Najvyšší obsah NL v zrne bol analyzovaný vtedy, keď bol k hnojivu DASA pridaný lignit D (13,0%).

Pridanie lignitu A, B a C k hnojivu DASA zlepšovalo podiel zrna 1. triedy v porovnaní s nehnojenu kontrolou aj s variantom hnojeným čistou DASOU bez pridania lignitu. Absolútne najvyšší podiel zrna 1. triedy (55,5%) bol do-

siahnutý na variante hnojenom NS hnojivom. Najvyššia hmotnosť tisíc zŕn (HTZ) ovsu bola zistená na variante hnojenom s „čistou“ DASOU (49,4 g). Pridanie rôznych druhov lignitov k DASE štatisticky nepreukazuje znižovalo HTZ, najviac na variante, na ktorom bol k DASE pridaný lignit A (46,6 g). Najnižšia hodnota HTZ bola zistená na nehnojenom variante (46,4 g).

Na variante s čistou DASOU bola nameraná najvyššia objemová hmotnosť (OH) zrna ovsu (528 g·l<sup>-1</sup>). Pridanie lignitu (akéhokoľvek) OH ovsu znižovalo, najmenej lignit D (526 g·l<sup>-1</sup>), najviac lignit A (511 g·l<sup>-1</sup>).

Najnižšia hodnota pH pôdy (6,20) bola zistená na variante hnojenom s „čistou“ DASOU. Aplikácia tohto hnojiva teda okyslovala pôdu o 0,27 jednotiek v porovnaní s nehnojeným kontrolným variantom (pH 6,47) a o 0,20 jednotiek v porovnaní s priemernou hodnotou pH na variantoch 3–6, na ktorých bol k DASE pridaný lignit (6,40).

Zvýšený obsah N–NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v pôde na hnojených variantoch zapríčinil, že aj obsah reziduálneho N<sub>an</sub> v pôde sa hnojením a aj prídavkom lignitu k DASE zvyšoval s maximom na variante, na ktorom bol k DASE pridaný lignit D (17,8 mg·kg<sup>-1</sup> pôdy).

## Literatúra

- (1) ALLIEVI, L. – MARCHESINI, A. – SALARDI, C. – PIANO, V. – FERRARI, A. *Bioresour. Technol.*, 1993, 43, 85–89.
- (2) ATIYEH, R. M. – SUBLER, S. – EDWARDS, C. A. – METZGER, J. *Pedobiologia*, 1999, 43, 724–728.
- (3) DVONČOVÁ, D. – HAŠANA, R. – HOZLÁR, P. – KOVÁČIK, P. 2009. Vplyv dusíkatej výživy na kvalitatívne parametre ovsu siateho a ovsu nahého. In *Acta fytotechnica et zootechnica*, Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2009, s. 127–132.
- (4) KUČERÍK, Jiří. Diplomová práca: Aplikace metody Terrella L–Hilla na problém partikulace lignitu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1998.
- (5) LOVLEY, D. R. – COATES, J. D. – BLUNT–HARRIS, E. L. – PHILIPS, E. J. P. – WOODWARD, J. C., *Nature* 1996, 382,

445–448.

- (6) MARCHESINI, A. – ALLIEVI, L. – COMOTTI, E. – FERRARI, A. *Plant Soil*, 1988, 106, 253–261.
- (7) MOUDRÝ, J. 2003. Tvorba výnosu a kvality ovsu, Vědecká monografie, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 1. vyd., 2003, 167 s., ISBN 80–7040–659–3.
- (8) MOUDRÝ, J. 2008. Nebojte sa pěstovat oves. In *Úroda*, 2008, č. 3, s. 21–22.
- (9) POSPÍŠIL, R. – KARABÍNOVÁ, M. – DANČÁK, E. – CANDRÁKOVÁ, M. – POLÁČEK, F. – HORVÁT, F. 2005. Integrovaná rastlinná výroba. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2005, 170 s. ISBN 80–8069–463–X.
- (10) RICHTER, R. 2005. Oves. Ústav agrochemie a výživy rastlín, MZLU v Brně.
- (11) SPARKS, D. L. *Environmental Soil Chemistry*, Academic Press, San Diego, 1995.
- (12) STEVENSON, F. J. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*, Wiley, New York, 1994.
- (13) TICHÝ, F. 2001. Agrochemické vlastnosti pudy ovplyvňujúcej výnosnosť ovsu. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, In *Agroweb*, 2001.

doc. Ing. Pavol Slamka, PhD.,  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre,  
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov,  
Katedra agrochémie a výživy rastlín,  
Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Tel.: 037/641 43 84,  
email: Pavol.Slamka@uniag.sk

## Podakovanie

Príspevok vznikol s finančnou podporou  
Európskeho spoločenstva v rámci projektu:  
Výbudovanie výskumného centra „AgroBioTech”,  
projekt číslo 26220220180.

This work was co-funded by European Community  
under project no 26220220180:  
Building Research Centre „AgroBioTech”.

## Zastúpenie labilného dusíka v závislosti od základných vlastností pôdy

### Proportion of the labile nitrogen with dependence on the basic properties of soil

**Erika Tobiašová, Gabriela Barančíková,  
Erika Gömöryová, Jarmila Makovníková,  
Rastislav Skalský, Ján Halas, Štefan Koco**

*Labile components of soil organic matter play an important role in the cycles of carbon and nitrogen. Contents of labile nitrogen are influenced by many of the soil properties. Influence of parameters of soil organic matter, sorption complex, soil pH and carbonates was studied in three soil units (Haplic Chernozem, Eutric Cambisol, Gleyic Stagnosol) and in four ecosystems (forest, meadow, urban, and agro-ecosystems). Proportions of humic and fulvic acids influence the contents of labile and stabile nitrogen frac-*

*tions, the labile nitrogen was not influenced by values of C:N ratio. The higher content of exchangeable basic cations ( $r = 0.386$ ;  $P < 0.05$ ), total sorption capacity ( $r = 0.392$ ;  $P < 0.05$ ) and soil pH ( $r = 0.543$ ;  $P < 0.01$ ) were reflected in a higher proportion of labile nitrogen fraction. The content of total nitrogen, as well as its labile and stabile fractions, were in a positive correlation with the largest particle size fraction and in a negative with the smallest clay fraction.*

### labile nitrogen, soil organic matter, sorption complex, particle size distribution

Pôdna organická hmota (POH) je heterogénnou zmesou organických zlúčenín líšiacich sa vekom, molekulárnou štruktúrou, stabilitou, obsahom živín a biologickou prístupnosťou (17). Najmladšie zložky POH sú biologicky najaktívnejšie a staršie sa podieľajú skôr na formovaní fyzikálnych vlastností pôdy (23). Vzhľadom k tomu, že obnova POH je pomalý proces, je potrebné študovať jej dynamiku prostredníctvom mineralizovateľných poolov, ktoré sú citlivé na spôsob využívania pôdy (3). Celkovo je labilita POH závislá od chemickej rekalcitrancie a od fyzikálnej ochrany pred rozkladnou činnosťou mikroorganizmov (19). Dusík je hlavnou živinou ovplyvňujúcou kolobeh organickej hmoty v biosfére (11), pričom kolobeh uhlíka a dusíka sú úzko prepojené. Podobne, ako v prípade organického uhlíka, aj v prípade organického dusíka rozoznávame stabilnejšie

**Tabuľka 1:** Závislosť medzi parametrami dusíka a parametrami pôdnej organickej hmoty  
**Table 1:** Correlation between parameters of nitrogen and parameters of soil organic matter

	TOC	C <sub>L</sub>	C <sub>HL</sub>	C <sub>HK</sub>	C <sub>FK</sub>	C:N
NT	0,439**	n.s.	-0,365*	-0,312*	n.s.	-0,454**
N <sub>L</sub>	0,386*	n.s.	-0,619**	n.s.	-0,507**	n.s.
N <sub>NL</sub>	0,433**	n.s.	-0,347*	-0,310*	n.s.	-0,469**
L <sub>N</sub>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,641**

\* P < 0,05, \*\* P < 0,01; NT – celkový dusík, N<sub>L</sub> – labilný dusík, N<sub>NL</sub> – nelabilný dusík, L<sub>N</sub> – labilita dusíka, TOC – celkový organický uhlík, C<sub>L</sub> – labilný uhlík, C<sub>HL</sub> – uhlík humusových látok, C<sub>HK</sub> – uhlík huminových kyselín, C<sub>FK</sub> – uhlík fulvokyselín, C<sub>HK</sub> : C<sub>FK</sub> – pomer uhlíka huminových kyselín k uhlíku fulvokyselín  
 \* P < 0.05, \*\* P < 0.01; NT – total nitrogen, N<sub>L</sub> – labile nitrogen, N<sub>NL</sub> – non-labile nitrogen, L<sub>N</sub> – lability of nitrogen, TOC – total organic carbon, C<sub>L</sub> – labile carbon, C<sub>HL</sub> – carbon of humus substances, C<sub>HK</sub> – carbon of humic substances, C<sub>FK</sub> – carbon of fulvic substances, C<sub>HK</sub> : C<sub>FK</sub> – ratio between carbon of humic substances and carbon of fulvic substances

**Tabuľka 2:** Závislosť medzi parametrami dusíka a parametrami sorpčného komplexu, pôdnou reakciou a karbonátmi  
**Table 2:** Correlation between parameters of nitrogen and parameters of sorption complex, soil pH, and carbonates

	H	S	T	V	pH/KCl	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
NT	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
N <sub>L</sub>	n.s.	0,386*	0,392*	n.s.	0,543**	n.s.
N <sub>NL</sub>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
L <sub>N</sub>	-0,380*	0,351*	0,336*	0,402**	0,323*	0,363*

NT – celkový dusík, N<sub>L</sub> – labilný dusík, N<sub>NL</sub> – nelabilný dusík, L<sub>N</sub> – labilita dusíka, H – hydrolytická kyslosť, S – obsah výmenných bázičkých kationtov, T – celková sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia sorpčnej kapacity bázičnými kationtmi  
 NT – total nitrogen, N<sub>L</sub> – labile nitrogen, N<sub>NL</sub> – non-labile nitrogen, L<sub>N</sub> – lability of nitrogen, H – hydrolytic acidity, S – content of exchangeable basic cations, T – total sorption acidity, V – degree of saturation by basic cations  
 n.s. – non significant

**Tabuľka 3:** Závislosť medzi parametrami dusíka a zrnitostným zložením pôdy  
**Table 3:** Correlation between parameters of nitrogen and particle size distribution

	> 0,25	0,05 – 0,25	0,01 – 0,05	0,001 – 0,01	< 0,001 / íl	Piesok	Prach
NT	0,408**	n.s.	n.s.	n.s.	-0,409**	n.s.	0,461**
N <sub>L</sub>	0,313*	n.s.	n.s.	n.s.	-0,509**	n.s.	n.s.
N <sub>NL</sub>	0,405**	n.s.	n.s.	n.s.	-0,397**	n.s.	0,461**
L <sub>N</sub>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

NT – celkový dusík, N<sub>L</sub> – labilný dusík, N<sub>NL</sub> – nelabilný dusík, L<sub>N</sub> – labilita dusíka  
 NT – total nitrogen, N<sub>L</sub> – labile nitrogen, N<sub>NL</sub> – non-labile nitrogen, L<sub>N</sub> – lability of nitrogen  
 Piesok = Sand; Prach = Silt

a menej stabilné zložky. Humusové látky, ktorých súčasťou je aj dusík, sú najrozšírenejšou skupinou stabilných organických zložiek v prírodnom prostredí (7). Organický dusík, pochádzajúci zo živých organizmov, sa v pôde nachádza hlavne vo forme peptidov a aminokyselín (5), malé množstvo aj vo forme aminosacharidov, nukleových kyselín, alkaloidov alebo tetrapyrrolov (11). Labilný, potenciálne mineralizovateľný dusík, je teda aktívnou frakciou POH a je ovplyvňovaný množstvom pôdných vlastností, z ktorých okrem samotných vlastností POH ide predovšetkým o parametre sorpčného komplexu či zrnitostné zloženie pôdy. Cieľom práce bolo posúdenie vzťahu medzi zastúpením labilného dusíka v pôde, resp. jeho labilitou a vybranými parametrami POH, sorpčného komplexu a zrnitostným zložením pôdy.

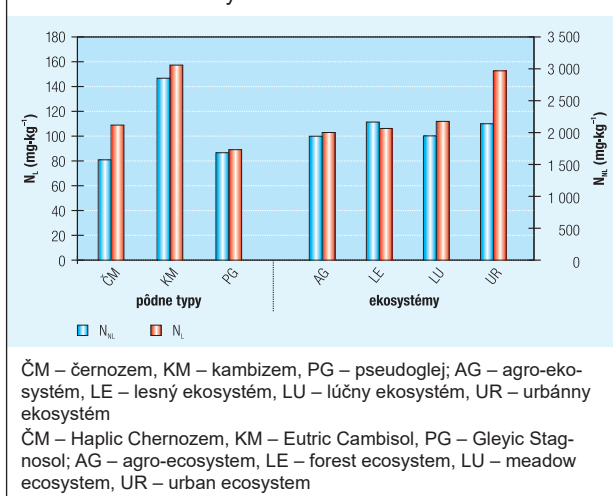
## Materiál a metódy

Do pokusu bolo zahrnutých 6 lokalít (Horná Kráľová, Trnava, Spišská Belá, Selce, Hrachovo, Vavrečka), ktoré boli lokalizované na 3 pôdných typoch (černozem, kambizem, pseudoglej) a zároveň boli na každej lokalite na každom pôdnom type 4 ekosystémy (lesný, lúčny, urbánny a agro-ekosystém). V prípade každého pôdneho typu bola vybraná lokalita s nižšou a vyššou nadmorskou výškou v rámci jeho výskytu. Kontrolným variantom bol lesný ekosystém, ktorý spolu s lúčnym ekosystémom predstavovali priro-

dzené ekosystémy. Urbánny ekosystém bol súčasťou intravilánu a vegetačným krytom boli, rovnako ako v lúčnom ekosystéme, trávy. Každý agro-ekosystém zahŕňal 4 hony s rôznou rotáciou plodín a organickým hnojením.

Lokality, ktoré boli zahrnuté do pokusu, sú súčasťou Západných Karpát. Horná Kráľová, Trnava a Hrachovo sú súčasťou kotlín a nížin vnútorných Západných Karpát. Selce a Spišská Belá sa nachádzajú v oblasti jadrových pohorí a Vavrečka je v oblasti flyšového pásma. Horná Kráľová a Trnava ležia v Podunajskej panve a Hrachovo v Juho-slovenskej panve, ktoré sú súčasťou Panónskej panvy. Ide o oblasti neogénnych sedimentov (21). Horná Kráľová sa nachádza na jednom z najteplejších a najsuchších území v teplej klimatickej oblasti. Priemerná ročná teplota je 9,8 °C a ročný úhrn zrážok 568 mm. Územie je takmer úplne odlesnené a poľnohospodársky využívané. Dominujú tu lesy s prevahou duba a remízy. Trnava leží v teplej klimatickej oblasti s priemernou ročnou teplotou 9,6 °C a ročným úhrnom zrážok 560 mm. Vegetačný kryt lesného ekosystému je zastúpený teplomilnými dubovými a dubovo-hrabovými lesmi. Hrachovo leží v mierne teplej klimatickej oblasti s priemernou ročnou teplotou 8,8 °C a ročným úhrnom zrážok 640 mm. Územie je čiastočne odlesnené, v nižších polohách sa zachovali porasty dubov, miestami agátov (12). Spišská Belá a Selce sú súčasťou Tatríd s usadeninami mladších prvohôr a druhohôr na karbónskych horninách (21). Selce ležia v mierne teplej klimatickej oblasti, s prie-

**Obr. 1:** Obsahy labilného ( $N_L$ ) a nelabilného dusíka ( $N_{NL}$ ) v pôdnych typoch a v ekosystémoch  
**Fig. 1:** Contents of labile ( $N_L$ ) and non-labile nitrogen ( $N_{NL}$ ) in soil units and ecosystems



mernou ročnou teplotou 8,1 °C a ročným úhrnom zrážok 853 mm. Vegetačný kryt lesného ekosystému je zastúpený ostrovmi dúbav, rozľahlejšie sú bučiny a jedľobučiny. Spišská Belá leží v chladnej klimatickej oblasti, s priemernou ročnou teplotou 5,8 °C a ročným úhrnom zrážok 615 mm. Vegetačný kryt je zastúpený smrečínami, ale zväčša je územie odlesnené (12). Vavrečka sa nachádza v oblasti paleogénnych sedimentov (21) a v chladnej klimatickej oblasti, s priemernou ročnou teplotou 4,6 °C a zároveň v najdaľejšej oblasti s ročným úhrnom zrážok 1101 mm. V lesoch prevažujú smrekové porasty a neďaleko sa nachádza Oravská vodná nádrž (12).

Vzorky pôdy boli odoberané na jar do hĺbky 0,3 m v troch opakovaníach. Po odobratí boli vzorky vysušené pri laboratórnej teplote a zomleté. Vo vzorkách bol stanovený celkový organický uhlík (TOC) metódou spaľovania za mokra (15), labilný uhlík ( $C_L$ ) oxidáciou s  $KMnO_4$  (13), celkový dusík metódou Kjeldahla (4), potenciálne mineralizovateľný dusík metódou Standford a Smith (20), skupinové zloženie humusových látok metódou Kononovej a Belčikovej (15). Z parametrov sorpčného komplexu bola stanovená hydrolytická kyslosť a obsah výmenných bázických kationov metódou Kappena (6), výmenná pôdna reakcia potenciometricky (4), karbonáty volumetricky (4) a zrnitostné zloženie pôdy pipetovacou metódou (4). Zároveň bol vypočítaný parameter labilita dusíka ( $L_N$ ) (1).

Získané výsledky boli vyhodnotené štatisticky korelačnou analýzou s použitím softwaru Statgraphic plus. Minimálne významný korelačný koeficient bol určený na hladine významnosti  $P < 0,05$  a  $P < 0,01$ .

## Výsledky a diskusia

Obsahy dusíka vo vybraných pôdnych typoch (obr. 1) sa výrazne líšili aj vo vzťahu k jednotlivým lokalitám. Najvyrovnanejšie boli hodnoty v prípade lokalít na černozemi, avšak v prípade kambizeme aj pseudogleja boli zaznamenané výraznejšie rozdiely. Množstvo a kvalita organických vstupov v kambizemiach je značne rozdielna, nakoľko sa nachádzajú v nižších i vyšších polohách a v pseudogleji zase závisí od toho, z akej pôdy, na akom substráte, sa vyvinul. Navyše tu zohráva veľkú úlohu aplikácia organických

hnojív v agro-ekosystéme. Čo sa týka ekosystémov, obsahy nelabilného dusíka ( $N_{NL}$ ) boli pomerne vyrovnané, avšak v prípade labilného dusíka ( $N_L$ ) bol jeho obsah výrazne vyšší v urbánnom ekosystéme. Urbánny ekosystém je územie obývané človekom (2), preto sa tu môže kumulovať pôsobenie viacerých antropogénnych činiteľov. Vo vzťahu k vyššiemu obsahu  $N_L$  v tomto ekosystéme môžeme uvažovať s vyššími vstupmi  $N_L$  z pokosenej trávy ponechanej na mieste, so zavlažovaním vodou s vyšším obsahom rozpustných foriem labilného dusíka či s exkrementami zvierat. Vo zvyšných ekosystémoch boli hodnoty pomerne vyrovnané, pričom vyššie boli obsahy  $N_L$  v lúčnom ako v lesnom ekosystéme, v ktorom dominujú skôr stabilnejšie formy dusíka a celkovo aj POH.

Obsahy labilných a stabilných zložiek dusíka boli závislé od obsahu celkového organického uhlíka (TOC) a jeho stabilných zložiek ako sú humusové látky (tab. 1). V prípade celkového dusíka ( $N_T$ ), labilného ( $N_L$ ) aj nelabilného ( $N_{NL}$ ) dusíka, bola zaznamenaná ich pozitívna korelácia s TOC a negatívna s obsahom humusových látok ( $C_{HL}$ ). Avšak, v prípade  $N_{NL}$  (aj  $N_T$ ) išlo o negatívnu koreláciu s obsahom humínových kyselín ( $C_{HK}$ ), kým v prípade  $N_L$  to bola korelácia s obsahom fulvokyselín ( $C_{FK}$ ). Dusík je teda nielen súčasťou humusových látok, ale jeho stabilita, resp. labilita v pôde, môže byť ovplyvnená aj celkovým zastúpením humusových látok pôde. Naopak, Kirkby et al. (10) uvádzajú, že prístupnosť prvkov N, P a S môže limitovať tvorbu humusu nielen prostredníctvom primárnej produkcie, ale tiež obmedzením účinnosti humifikácie.

Kvalita organickej hmoty je posudzovaná aj na základe pomeru C:N, ktorý bol v tomto prípade v úzkom vzťahu so stabilnými aj labilnými formami dusíka. Čím vyšší bol obsah NT a  $N_{NL}$ , tým užší bol pomer C:N, ale s rozširovaním tohto pomeru sa zvyšovala aj labilita dusíka ( $L_N$ ); časť stabilných zložiek bolo transformovaných na labilné, predovšetkým v mikrobiálnej biomase. Zložky organického dusíka, ktoré sú súčasťou rozpustného dusíka, sú zdrojom dusíka pre mikroorganizmy (8) a čiastočne pozostávajú aj z ľahko mineralizovateľného, teda labilného dusíka a majú významný vplyv na rýchly kolobeh poolov dusíka (14).

Všetky sledované parametre dusíka boli v pozitívnej či negatívnej závislosti s pomerom C:N, okrem  $N_L$ . Obsah  $N_{NL}$  je jednak vyšší ako  $N_L$  a zároveň viac kopíruje zmeny v obsahu NT. Kým  $N_{NL}$  je tvorený predovšetkým stabilnejšími zložkami rastlinného pôvodu, v prípade  $N_L$  tvorí jeho podstatnú časť mikrobiálna biomasa, ktorá samotná sa podieľa na imobilizácii dusíka. Z uvedeného vyplýva, že na jednej strane prispieva odumretá biomasa mikroorganizmov k zužovaniu pomeru C:N, pretože zvyšuje obsah NT, na strane druhej sa tiež živá zložka mikroorganizmov podieľa na okamžitom využití ľahko prístupných foriem dusíka, čo hodnoty pomeru C:N rozširuje. Tieto procesy sú vo vzájomnej dynamickej rovnováhe, čím nemožno vytýčiť jednoznačnú tendenciu medzi hodnotami  $N_L$  a pomerom C:N v pôde. Högberg (9) považuje dusík na jednej strane za limitujúci faktor biologickej produkcie, ktorá predstavuje významnú zložku pôdnej organickej hmoty, na strane druhej spája sekvestráciu biogénneho dusíka s tvorbou a akumuláciou humusového materiálu.

Na hodnoty  $N_L$  však vplyva množstvo ďalších chemických vlastností pôdy, ktorými sú parametre sorpčného komplexu pôdy, pôdna reakcia či obsah karbonátov (tab. 2). Bola zaznamenaná pozitívna korelácia medzi obsahom  $N_L$  a obsahom výmenných bázických kationov (S), celko-

vou sorpčnou kapacitou pôdy (T) a výmennou pôdnou reakciou. Podľa Oren a Chefetz (16) sú práve sorpčné interakcie rozpustnej labilnej organickej hmoty v pôde vysoko reaktívnym a dynamickým procesom, ovplyvňujúcim aj kolobeh uhlíka. V prípade vplyvu pôdnej reakcie na obsah  $N_L$  bola zaznamenaná pozitívna korelácia, teda opačná tendencia ako v prípade labilného uhlíka. Čím nižšie bolo pH pôdy, tým vyšší bol obsah  $N_L$ , teda dusíka v aktívnej forme (22). Avšak parameter lability dusíka ( $L_N$ ) bol v korelácii so všetkými parametrami sorpčného komplexu, s pH pôdy aj obsahom karbonátov. Čím nižšia bola hydrolytická kyslosť pôdy, resp. vyššie pH pôdy, tým vyššia bola  $L_N$ . Aj pri vyššom obsahu karbonátov boli vyššie hodnoty  $L_N$ . Kým v prípade uhlíka vplývajú karbonáty priamo na stabilizáciu vznikajúcich organických látok, v prípade dusíka ide skôr o vplyv nepriamy, teda optimalizáciu podmienok prostredia pre činnosť pôdných organizmov, čím sa zvyšuje mikrobiálna aktivita, a tým aj biomasa, čiže ide o obdobný efekt, ako už bolo spomenuté v prípade pomeru C:N.

Na labilitu dusíka malo vplyv aj zrnitostné zloženie pôdy (tab. 3). Kým v prípade chemických parametrov boli hodnoty  $L_N$  v korelácii so všetkými parametrami sorpčného komplexu, pôdnou reakciou aj karbonátmi, v prípade pôdnej textúry nebol práve tento parameter v korelácii so žiadnou zrnitostnou frakciou. Rovira a Vallejo (18) uvádzajú, že minerálne zložky pôdy sa môžu podieľať na stabilizácii organických častíc a molekúl nielen prostredníctvom ich väzby na ílové povrchy, ale aj vyzrážaním iónmi vápnika alebo gélmí hliníka. Všetky zvyšné sledované parametre dusíka ( $NT$ ,  $N_L$ ,  $N_{NL}$ ) boli v pozitívnej korelácii s najväčšou frakciou hrubého piesku ( $> 0,25$  mm) a v negatívnej korelácii s najmenšou frakciou ílu ( $< 0,001$  mm). Z uvedeného vyplýva, že k stabilizácii dusíkatých látok v pôde dochádza aj prostredníctvom mechanizmov fyzikálnej stabilizácie. Aj v prípade vzťahu k zrnitostnému zloženiu pôdy sa frakcia  $N_L$  odlišuje od frakcie  $N_{NL}$  či  $NT$  tým, že  $N_L$  nebol v korelácii s frakciou prachu, kým  $NT$  a  $N_{NL}$  boli s touto frakciou v pozitívnej korelácii.

## Záver

Zastúpenie humínových kyselín a fulvokyselín ovplyvňovalo podiely frakcií labilného a stabilného dusíka, pričom labilný dusík nebol ovplyvňovaný hodnotami C:N.

Čím vyšší bol obsah výmenných bázičských kationov, celková sorpčná kapacita a pôdna reakcia, tým vyššie zastúpenie mala frakcia labilného dusíka.

Ako obsah celkového dusíka, tak aj jeho labilnej či stabilnej frakcie bol v pozitívnej korelácii s najväčšou frakciou hrubého piesku a v negatívnej s najmenšou frakciou ílu.

## Literatúra

- (1) BLAIR, G. J. – LEFORY, R. D. B. – LISE, L. 1995: Soil carbon fractions based on their degree of oxidation and the development of a carbon management index for agricultural system. In *Aust. J. Agric. Res.*, 46, 1995, s. 1459 – 1466.
- (2) BOUMA, J. – BATJES, N. H. – GROOT, J. J. R. 1998: Exploring land quality effects on world food supply. In *Geoderma*, 86, 1998, s. 43 – 59.
- (3) DUBE, E. – CHIDUZA, C. – MUCHAONYERWA, P. 2012: Conservation agriculture effects on soil organic matter on a Haplic Cambisol after four years of maize–oat and maize–grazing vetch rotations in South Africa. In *Soil Till. Res.*, 123, 2012, s. 21 – 28.
- (4) FIALA, K. – KOBZA, J. – MATÚŠKOVÁ, L. – BREČKOVÁ, V. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – BARANČIKOVÁ, G. – BÚRIK, V. – LITAVEC, T. – HOUŠKOVÁ, B. – CHROMANIČOVÁ, A. – VÁRADIOVÁ, D. – PE-

CHOVÁ, B. 1999. Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém, PŮDA. Bratislava, VUPOP, s. 142.

- (5) FRIEDEL, J. K. – SCHELLER, E. 2002. Composition of hydrolyzable amino acids in soil organic matter and soil microbial biomass. In *Soil Biol. Biochem.*, 34, 2002, s. 315 – 325.
- (6) HANES, J. – MUCHA, V. – SISÁK, P. – ZAUJEC, A. – CHLPÍK, J. 1995. Pedológia (praktikum). VŠP, Nitra, 154 s.
- (7) HAYES, M. H. B. – MALCOLM, R. L. 2001. Considerations of compositions and aspects of the structures of humic substances. In Ed. CLAPP, C. E. – HAYES, M. H. B. – SENESI, N. – BLOOM, P. R. – JARDINE, P. M.: *Humic Substances and Chemical Contaminants*. Madison, SSSA Inc., s. 3 – 39.
- (8) HAYNES, R. J. – DONALD, L. S. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. In *Advances in Agronomy*. Academic Press, s. 221 – 268.
- (9) HÖGBERG, P. 2007. Nitrogen impacts on forest carbon. In *Nature*, 447, 2007, s. 781 – 782.
- (10) KIRKBY, C. A. – KIRKEGAARD, J. A. – RICHARDSON, A. E. – WADE, L. J. – BLANCHARD, C. – BATTEN, G. 2011. Stable soil organic matter: A comparison of C:N:P:S ratios in Australian and other world soils. In *Geoderma*, 163, 2011, s. 197 – 208.
- (11) KNICKER, H. 2011. Soil organic N – An under-rated player for C sequestration in soils? In *Soil Biol. Biochem.*, 43, 2011, s. 1118 – 1129.
- (12) KOREC, P. – LAUKO, V. – TOLMÁČI, L. – ZUBRICKÝ, G. – MIČIETOVÁ, E. 1997. Kraje a okresy Slovenska. Nové administratívne členenie. Bratislava, Q111, 387 s.
- (13) LOGINOV, 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, s. 47 – 52.
- (14) MURPHY, D. V. – MACDONALD, A. J. – STOCKDALE, E. A. – GOULDING, K. W. T. – FORTUNE, S. – GAUNT, J. L. – POULTON, P. R. – WAKEFIELD, J. A. – WEBSTER, C. P. – WILMER, W. S. 2000. Soluble organic nitrogen in agricultural soils. In *Biol. Fert. Soils*, 30, 2000, s. 374 – 387.
- (15) ORLOV, D. S. – GRIŠINA, L. A. 1981. Praktikum po chimiji gumusa. Moskva, Izdatel'stvo Moskovskovo universiteta, s. 272.
- (16) OREN, A. – CHEFETZ, B. 2012. Successive sorption–desorption cycles of dissolved organic matter in mineral soil matrices. In *Geoderma*, 189 – 190, 2012, s. 108 – 115.
- (17) ROS, G. H. – HANEGRAAF, M. C. – HOFFLAND, E. – VAN RIEMSDIJK, W. H. 2011. Predicting soil N mineralization: Relevance of organic matter fractions and soil properties. In *Soil Biol. Biochem.*, 43, 2011, s. 1714 – 1722.
- (18) ROVIRA, P. – VALLEJO, V. R. 2003. Physical protection and biochemical quality of organic matter in mediterranean calcareous forest soils: a density fractionation approach. In *Soil Biol. Biochem.*, 35, 2003, s. 245 – 261.
- (19) SILVERIA, M. L. – COMERFORD, N. M. – REDDY, K. R. – COOPER, W. T. – EL-RIFAI, H. 2008. Characterization of soil organic carbon pools by acid hydrolysis. In *Geoderma*, 144, 2008, s. 405 – 414.
- (20) STANDFORD, G. – SMITH, S. J. 1978. Oxidative release of potentially mineralizable soil nitrogen by acid permanganate extraction. In *Soil Sci.*, 126, s. 210 – 218.
- (21) ŠAJGALÍK, J. – ČABALOVÁ, D. – SCHÜTZNEROVÁ, V. – ŠAMALÍKOVÁ, M. – ZEMAN, O. 1986. *Geológia*. Bratislava a Praha, ALFA a SNTL, 563 s.
- (22) TOBIAŠOVÁ, E. 2010. Pôdna organická hmota ako indikátor kvality ekosystémov. Nitra, SPU, s. 107, ISBN 978–80–552–0459–8.
- (23) WANDER, M. 2004. Soil organic matter fractions and their relevance to soil function. In MAGDOFF, F. – WEIL, R. R. (eds.): *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*. Boca Raton, FL, USA, CRC Press, 2004, s. 67 – 102.

doc. Ing. Erika Tobiašová, PhD.,  
Katedra pedológie a geológie FAPZ,  
SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra  
Erika.Tobiasova@uniag.sk

### Podakovanie

Táto práca bola podporovaná  
Agentúrou na podporu výskumu a vývoja  
na základe Zmluvy č. APVV–14–0087.

## Možnosti hodnotenia kompaktie pôdy vo vzťahu ku zásobovacej agroekosystémovej službe

### The possibilities of soil compaction evaluation in relation to provisioning agroecosystem service

Miloš Širáň,  
Jarmila Makovníková, Jozef Kobza

*The aim of this paper was to evaluate the actual state of soil bulk density in relation to provision agroecosystem service. Soil physical properties have been monitored in soil monitoring network of Slovakia. Soil bulk density was determined by weighting oven-dried undisturbed soil sample with volume of 100 cm<sup>3</sup> and soil texture by pipette method has been used. On the basis of obtained results it may be said that topsoils (10–20 cm) of followed soil types are in favourable physical state according to mean values but subsoils (30–40 cm) are over soil compaction limits (excluding heavy Fluvisols and Mollic Fluvisols respectively Cambisols used as grassland). Planosols and Albeluvisols, Luvisols resp. Cambisols used as arable land belong to the most risk soil types in relation to compaction. Evaluating of compaction intensity according to created categories helps better to explain the soil compaction problem within followed soils and to evaluate its influence on provisioning agroecosystem service, as well.*

**soil monitoring, soil bulk density, intensity of soil compaction, provisioning agroecosystem service**

Kompakcia pôdy patrí medzi hlavné degradačné procesy (4), ovplyvňuje vývoj koreňového systému (6, 7, 14), príjem živín (17) a následne aj úrody pestovaných plodín. Je väčšinou v negatívnom zmysle dávaná do súvisu s produkčnou službou pôdy (16), ktorá patrí medzi zásobovacie (provízne) agroekosystémové služby (ekosystémové služby naviazané na prírodný kapitál, pôdu). Prostredníctvom kompaktie pôd môže dôjsť k redukcii úrody o 10 až 50% v závislosti od jej intenzity, príp. stavu ďalších faktorov (16). Sucho, ale aj nadmerné prevlhčenie znásobujú negatívny efekt zhutnených pôd (16, 24). Účinky zhutnenia pôdy spôsobené prejazdmi ťažkých kolesových mechanizačných prostriedkov na úrody plodín nie sú vždy jednoznačné, nakoľko úrody závisia od spolupôsobenia viacerých faktorov ako sú stav vlastností pôdy, najmä vlhkosť, zrnitosť, obsah humusu a prístupných živín, klíma, spôsob obhospodarovania, príp. druh pestovanej plodiny. Ak sa aj zhutnenie v dôsledku špecifických podmienok neprejaví priamo na úrode v danom roku, neznamená to, že táto pôda nie je degradovaná, príp. nie sú obmedzené ďalšie jej funkcie, a z dlhodobého hľadiska sa ukáže jeho negatívny efekt. Kompakcia pôdy negatívne ovplyvňuje aj regulačné agroekosystémové služby, akumuláciu vody v pôde ako aj podporné procesy, predovšetkým biodiverzitu, napríklad početnosť a zastúpenie dážďoviek, ktoré

následne ovplyvňujú produkčné služby. Medzi hlavné indikátory kompaktie pôd patrí objemová hmotnosť (22). Uceleným zdrojom údajov objemovej hmotnosti pôdy na Slovensku je databáza monitoringu pôd, ktorá zároveň poskytuje informácie o stave ďalších fyzikálnych vlastností pôd potrebných k hodnoteniu ich zhutnenia. Cieľom tohto príspevku je vyhodnotiť stav objemovej hmotnosti a následne stav a intenzitu kompaktie hlavných pôdnych predstaviteľov (pôdnych typov a druhov) na Slovensku na základe najnovších údajov z posledného odberového cyklu, ktoré by mohli slúžiť ako podklad k vyhodnoteniu vplyvu kompaktie na províznú ekosystémovú službu.

### Materiál a metódy

Ako podklad pre hodnotenie fyzikálneho stavu pôd sme použili údaje základných fyzikálnych vlastností získaných v rámci monitoringu pôd SR, ktorého sieť bola navrhnutá na základe ekologického princípu. Monitorovacie lokality zahŕňajú všetky pôdne predstavitel (pôdne typy a druhy), ako aj pôdotvorné substráty, príp. klimatické oblasti. Týmto princípom vznikla nepravidelná monitorovacia sieť 318 lokalít, na ktorých sa v pravidelných 5-ročných cykloch vykonáva v rámci ornice a podornice odber pôdnych vzoriek a následne ich analýza (12). Pre účely tohto hodnotenia sme vzali do úvahy len najpočetnejšie zastúpené pôdne typy v SR. Tieto súbory sme rozčlenili podľa textúry, ktorá podstatne determinuje fyzikálny stav pôdy (8). Fyzikálne vlastnosti boli stanovené podľa jednotných pracovných postupov rozborov pôd (13). Objemová hmotnosť redukovaná bola získaná zväžením vysušenej (pri 105 °C do konštantnej hmotnosti) neporušenej pôdnej vzorky o objeme 100 cm<sup>3</sup> odobranej v Kopeckého valčekoch a zrnitostné zloženie pipetovacou metódou. Odbery neporušených vzoriek sme realizovali v mesiacoch máj–jún za účelom dosiahnutia rovnovážneho stavu objemovej hmotnosti pôdy na orných pôdach. Hodnotenie kompaktie pôd v kontexte s ich textúrou sme uskutočnili na základe limitov zhutnenia (18).

### Výsledky a diskusia

Hlavným podkladom pre hodnotenie kompaktie pôdy je stav objemovej hmotnosti. Základné štatistické parametre súborov s objemovou hmotnosťou pre hodnotené pôdne typy a druhy sú uvedené v tab. 1. Variačné koeficienty ukazujú na väčší rozptyl (> 10 %) v rámci kambizemí a orníc stredne ťažkých čierníc, čo možno pripísať výskytu skeletu v daných pôdach. V prípade ornice ťažkých pseudoglejov môže vplyvať na variabilitu údajov obhospodarovanie pri rozdielnej vlhkosti pôdy, keď ide o pôdy trpiace prejavmi glejových a oglejovacích procesov (24). Podľa priemerov objemovej hmotnosti v daných súboroch pôd sú ornice pod kritickou hranicou, ku ktorej sa najviac približujú stredne ťažké hnedozeme. Podornice, ktoré sú mimo dosahu bežných kypriacich agrotechnických opatrení, ju presahujú najvýraznejšie v rámci hnedozemí a pseudoglejov, ktoré majú v pôdnom profile pre vodu menej priepustný a na uľahnutie náchylný iluviálny horizont obohatený o íl translokovaný z nadložných vrstiev pôdy. Podobne vyššie hodnoty objemovej hmotnosti uvádza Husnjak a kol. (9). Kambizeme sú pôdy podhorských a horských, členitých oblastí často pokryté trávnyimi porastami. Pod nimi sú tieto pôdy v dobrom fyzikálnom stave. Na orných pôdach v rámci podornice priemerami presahujú limitné hodnoty pri oboch zrnitostných kategóriách. Z ostatných pôdnych

**Tabulka 1:** Stav objemovej hmotnosti pôdy v ornici (10–20 cm) a podornici (30–40 cm) poľnohospodárskych pôd SR (5. monitorovací cyklus)

**Table 1:** State of soil bulk density in topsoil (10–20 cm) and subsoil (30–40 cm) of agricultural soils in Slovakia (the 5<sup>th</sup> monitoring cycle)

Pôdny typ a druh (1)	Hĺbka pôdy (cm) (2)	Objemová hmotnosť pôdy (g·cm <sup>-3</sup> ) (3)				
		priemer (4)	minimum (5)	maximum (6)	variálny koeficient (%) (7)	početnosť (8)
Čiernice stredne ťažké (9)	10–20	1,37	1,05	1,68	12,5	18
	30–40	1,48	1,36	1,70	6,2	18
Čiernice ťažké (10)	10–20	1,30	1,11	1,51	9,2	12
	30–40	1,40	1,22	1,70	9,5	12
Černozeme stredne ťažké (11)	10–20	1,43	1,14	1,61	7,6	20
	30–40	1,46	1,27	1,61	6,2	20
Fluvizeme stredne ťažké (12)	10–20	1,39	1,09	1,64	9,0	26
	30–40	1,49	1,23	1,74	7,5	25
Fluvizeme ťažké (13)	10–20	1,31	1,08	1,51	9,6	19
	30–40	1,38	1,18	1,55	7,1	19
Hnedozeme stredne ťažké (14)	10–20	1,45	1,27	1,57	6,2	21
	30–40	1,52	1,41	1,63	4,5	21
Hnedozeme ťažké (15)	10–20	1,53	1,43	1,63	5,2	6
	30–40	1,53	1,45	1,59	3,0	6
Kambizeme stredne ťažké (16)	10–20	1,28	0,86	1,56	13,0	50
	30–40	1,43	0,98	1,70	11,7	44
orná pôda (17)	10–20	1,36	1,07	1,55	9,9	23
	30–40	1,50	1,34	1,66	6,9	20
trávnny porast (18)	10–20	1,21	0,86	1,56	13,1	28
	30–40	1,37	0,98	1,70	13,9	25
Kambizeme ťažké (19)	10–20	1,39	1,04	1,66	12,1	13
	30–40	1,46	1,17	1,67	8,4	13
orná pôda	10–20	1,35	1,17	1,50	8,6	10
	30–40	1,42	1,05	1,63	11,5	10
trávnny porast	10–20	1,24	0,89	1,45	12,0	12
	30–40	1,34	1,07	1,52	12,1	10
Pseudogleje stredne ťažké (20)	10–20	1,40	1,09	1,73	9,2	35
	30–40	1,52	1,37	1,69	5,2	35
Pseudogleje ťažké (21)	10–20	1,39	1,04	1,66	12,1	13
	30–40	1,46	1,17	1,67	8,4	13

(1) soil type and texture, (2) soil depth, (3) soil bulk density, (4) mean, (5) minimum, (6) maximum, (7) coefficient of variability, (8) frequency, (9) medium heavy Mollic Fluvisols (10) heavy Mollic Fluvisols, (11) medium heavy Chernozems, (12) medium heavy Fluvisols, (13) heavy Fluvisols, (14) medium heavy Luvisols, (15) heavy Luvisols, (16) medium heavy Cambisols, (17) arable land, (18) grassland, (19) heavy Cambisols, (20) medium heavy Planosols, (21) heavy Planosols

typov stredne ťažké čiernice, černozeme a fluvizeme len mierne prekročujú limit, čo možno pripísať vplyvu vyššieho obsahu pôdnej organickej hmoty (19). Podľa Šimona (21) kritické hodnoty objemovej hmotnosti podornice sú vyššie v porovnaní s orniciou a pohybujú sa v rozmedzí 1,6–1,8 g·cm<sup>-3</sup>, pričom hodnota hornej hranice tohto intervalu limituje činnosť pôdných anaeróbných baktérií, tiež zastavuje rast koreňov (1) a hodnota 2,0 g·cm<sup>-3</sup> charakterizuje pôdy bez života. V takomto prípade by podornice prekročili hranicu zhutnenia len maximálnymi hodnotami daných súborov pôd. Použitie jednotné hodnotenie viac zvýrazňuje rozdiely medzi orniciou a nekypreným podložíom.

Prístup priemerovania hodnôt objemovej hmotnosti môže do určitej miery skresliť hodnotenie kompaktie a neumožňuje detailnejšie vyhodnotiť intenzitu zhutnenia, ktorú možno vyjadriť veľkosťou prekročenia príslušného li-

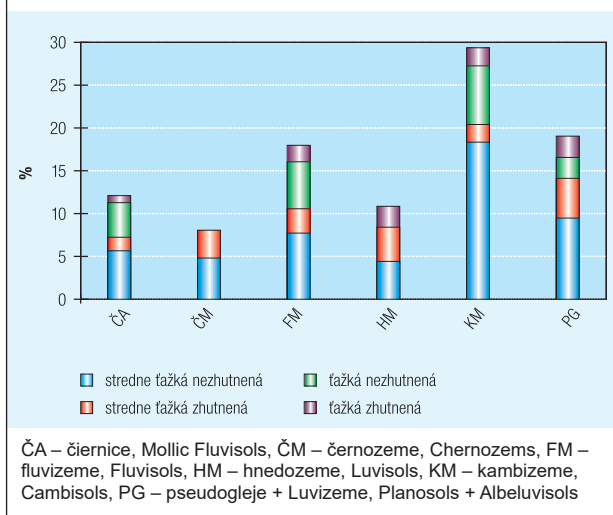
mitu zhutnenia pre danú textúru pôdy. Tento spôsob vyjadrenia kompaktie spočíva v určení jej miery na jednotlivých lokalitách a následne sa vyjadri percentuálnym podielom zhutnených lokalít voči ich celkovému počtu pre každú hodnotenú skupinu pôd (obr. 1 a 2).

Zhutnené lokality boli dodatočne zatriedené do 3 kategórií podľa veľkosti prekročenia limitu (1 – mierne: 0–0,1 g·cm<sup>-3</sup>; 2 – stredné: 0,1–0,2 g·cm<sup>-3</sup>; 3 – silné: 0,2–0,3 g·cm<sup>-3</sup>) a opäť bol vypočítaný percentuálny podiel z celkového počtu s tým, že súčet podielov v kategóriách sa rovná celkovej sume zhutnených lokalít (tab. 2).

V rámci ornice a za všetky hodnotené skupiny pôd sa % zhutnených lokalít pohybovalo v rozmedzí 10% (stredne ťažké kambizeme) až 53,9% (ťažké pseudogleje). Výnimkou sú menej početné hnedozeme (100%). V hornej časti intervalu s hodnotami nad 40% sa vyskytujú hnedozeme

**Obr. 1:** % zhutnených lokalít podľa hodnotených pôdnych typov a druhov v ornici (10–20 cm) poľnohospodárskych pôd SR (5. monitorovací cyklus)

**Fig. 1:** Percentage of compacted sites within evaluated soil types and texture in topsoil (10–20 cm) for agricultural soils in Slovakia (the 5<sup>th</sup> monitoring cycle)

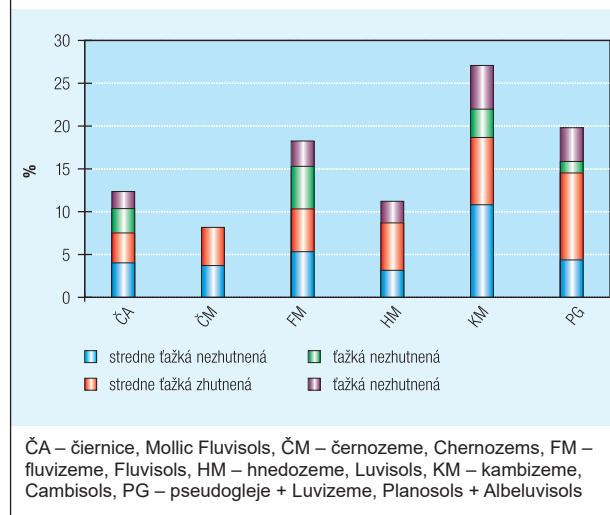


a ťažké pseudogleje a v strednej časti (20–40%) stredne ťažké pseudogleje, ťažké kambizeme na orných pôdach, ale aj na humus bohaté, intenzívne využívané stredne ťažké černoze. V prípade intenzity kompaktácie bola pri väčšine hodnotených skupín pôd najviac zastúpená 1. kategória s miernym prekročením limitu. Prevaha kategórií s prekročením nad  $0,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  (2. a 3. kategória) bola len pri ťažkých hnedozemiach a stredne ťažkých čierniciach. Kategória 3 (silné prekročenie) bola zastúpená pri pseudoglejoch, ťažkých hnedozemiach a stredne ťažkých čierniciach.

V rámci podornice a za všetky hodnotené skupiny pôd sa % zhutnených lokalít pohybovalo v rozpätí 36,8% (ťažké fluvizeme) až 77,0% (ťažké pseudogleje), s výnimkou menej početných ťažkých hnedozemí (100%). V hornej časti intervalu s hodnotami nad 60% sa nachádzali hnedozeme, pseudogleje a ťažké kambizeme na orných pôdach a v strednej časti (40–60%) stredne ťažké kambizeme na ornej pôde a ťažké kambizeme pod trvalými trávnyimi porastmi. Prevažovala 1. kategória a v porovnaní s ornou sa zvýšilo zastúpenie 2. a 3. kategórie v pomere s prvou. Negatívny, príp. vyrovnaný pomer 1. kategórie voči ostatným bol zaznamenaný pri hnedozemiach, stredne ťažkých pseudoglejoch a kambizemiach. Negatívny fyzikálny stav podorníc môže zamedziť prieniku koreňov do hlbších vrstiev pôdy a čerpať z nich vlahu a živiny hlavne v období výskytu sucha, čo sa môže odzrkadliť na stabilite úrod (2). Prostredníctvom kompaktácie pôd môže dôjsť k redukcii úrod o 10 až 50% v závislosti od jej intenzity, príp. stavu ďalších faktorov (16). Ivanov a Stojněv (10) uvádzajú zníženie úrod na černoze podľa intenzity zhutnenia, keď pri zvýšení objemovej hmotnosti o  $0,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  klesla úroda o 10–15% a pri náraste o  $0,2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  sa znížila úroda o 50%. K výraznej redukcii úrodnosti dochádza až po dosiahnutí kritických hodnôt objemovej hmotnosti pôdy, ktoré sú závislé od pôdneho druhu, ako aj od požiadaviek jednotlivých poľných plodín (5, 16). Zmeny v objemovej hmotnosti, ktorej hodnoty sú pod kritickou hranicou, vyplývajúce z dlhodobého používania rôznych systémov ob-

**Obr. 2:** % zhutnených lokalít podľa hodnotených pôdnych typov a druhov v podornici (30–40 cm) poľnohospodárskych pôd SR (5. monitorovací cyklus)

**Fig. 2:** Percentage of compacted sites within evaluated soil types and texture in subsoil (30–40 cm) for agricultural soils in Slovakia (the 5<sup>th</sup> monitoring cycle)



rábania (bezorbové, minimálne a konvenčné obrábanie) sa podľa viacerých autorov neprejavili na dosahovaných úrodách (3, 15, 23). Naopak, tam, kde sa hodnoty objemovej hmotnosti pohybovali okolo limitu zhutnenia pre danú pôdu, výška úrod nepriamo korelovala s objemovou hmotnosťou a priamo s celkovou pórovitosťou (8).

Zastúpenie zhutnených lokalít v rámci jednotlivých kategórií s rôznou intenzitou kompaktácie poskytuje možnosť bližšie vysvetliť závažnosť problému kompaktácie v hodnotených skupinách pôd a na základe toho správne uplatniť odporúčané pôdochranné opatrenia (11).

## Záver

V príspevku sme vyhodnotili stav objemovej hmotnosti a následne stav a intenzitu kompaktácie hlavných pôdnych typov a druhov na Slovensku na základe údajov z posledného odberového cyklu, ktoré môžu byť podkladom k vyhodnoteniu vplyvu kompaktácie na zásobovaciu agroekosystémovú službu. Hodnotenie kompaktácie pôdnych typov a druhov na základe priemerov objemovej hmotnosti vo vzťahu k limitom zhutnenia ukázalo, že ornice sú v dobrom fyzikálnom stave a limity prekračujú len krajnými hodnotami (maximami) posudzovaných súborov. Výraznejšie zhutnenie podorníc bolo zistené pri textúrne diferencovaných pseudoglejoch, hnedozemiach a kambizemiach na orných pôdach (pri oboch zrnitostných variantoch).

Hodnotenie podľa percentálneho podielu zhutnených lokalít v rámci hodnotených skupín pôd a podľa zastúpenia kategórií vytvorených na základe veľkosti prekročenia limitu zhutnenia umožňuje detailnejšie vyhodnotiť riziká kompaktácie v rámci jednotlivých pôdnych typov a druhov, prípadne môže slúžiť ako podklad k odhadu jej potenciálneho vplyvu na výšku dosiahnutých úrod pestovaných plodín v kontexte hodnotenia agroekosystémových služieb.

## Literatúra

(1) BARBER, S. A. 1984. Soil nutrient bioavailability. A mechanic approach. J. Willey and Sons, New York.



**Tabuľka 2:** % zhutnených lokalít celkovo a podľa intenzity zhutnenia v ornici (10–20 cm) a podornici (30–40 cm) poľnohospodárskych pôd SR (5. monitorovací cyklus)

**Table 2:** Percentage of compacted sites as suma and within intensities of compaction in topsoil (10–20 cm) and subsoil (30–40 cm) for agricultural soils in Slovakia (the 5<sup>th</sup> monitoring cycle)

Pôdny typ a druh (druh pozemku) (1)	Hĺbka pôdy (cm) (2)	% zhutnených lokalít (3)			
		0–0,1 g·cm <sup>-3</sup>	0,1–0,2 g·cm <sup>-3</sup>	0,2–0,3 g·cm <sup>-3</sup>	suma (4)
Čiernice stredne ťažké (5)	10–20	5,6	11,1	5,6	22,3
	30–40	27,8	11,1	5,6	44,5
Čiernice ťažké (6)	10–20	8,3	8,3	–	16,6
	30–40	25,0	8,3	8,3	41,7
Černozeme stredne ťažké (7)	10–20	30,0	10,0	–	40,0
	30–40	35,0	20,0	–	55,0
Fluvizeme stredne ťažké (8)	10–20	19,2	7,7	–	26,9
	30–40	36,0	4,0	8,0	48,0
Fluvizeme ťažké (9)	10–20	21,1	5,3	–	26,4
	30–40	26,3	10,5	–	36,8
Hnedozeme stredne ťažké (10)	10–20	33,3	14,3	–	47,6
	30–40	33,3	28,6	–	61,9
Hnedozeme ťažké (11)	10–20	33,3	50,0	16,7	100,0
	30–40	16,7	83,3	–	100,0
Kambizeme stredne ťažké (12)	10–20	8,0	2,0	–	10,0
	30–40	18,2	20,5	4,5	43,2
orná pôda (13)	10–20	17,4	–	–	17,4
	30–40	20,0	30,0	10,0	60,0
trávnny porast (14)	10–20	–	3,6	–	3,6
	30–40	16,0	12,0	4,0	32,0
Kambizeme ťažké (15)	10–20	27,3	–	–	27,3
	30–40	50,0	15,0	5,0	70,0
orná pôda	10–20	40,0	–	–	40,0
	30–40	50,0	20,0	10,0	80,0
trávnny porast	10–20	16,7	–	–	16,7
	30–40	50,0	10,0	–	60,0
Pseudogleje stredne ťažké (16)	10–20	22,9	5,7	2,9	31,5
	30–40	34,3	31,4	2,9	68,6
Pseudogleje ťažké (17)	10–20	30,8	15,4	7,7	53,9
	30–40	46,2	23,1	7,7	77,0

(1) – soil type and texture (land use), (2) – soil depth, (3) – % of compacted sites, (4) – sum, (5) – medium heavy Mollic Fluvisols, (6) – heavy Mollic Fluvisols, (7) – medium heavy Chernozems, (8) – medium heavy Fluvisols, (9) – heavy Fluvisols, (10) – medium heavy Luvisols, (11) – heavy Luvisols, (12) – medium heavy Cambisols, (13) – arable land, (14) – grassland, (15) – heavy Cambisols, (16) – medium heavy Planosols, (17) – heavy Planosols

(2) BUJNOVSKÝ, R. – JURÁNI, B. 1995. Podornica. VÚPÚ Bratislava, 88 s. ISBN 80–85361–13–2.

(3) DAM R. F. – MEHDI B. B. – BURGESS M. S. E. – MADRAMOTTOO C. A. – MEHUYS G. R. – CALLUM I. R. 2005. Soil bulk density and crop yield under eleven consecutive years of corn with different tillage and residue practices in a sandy loam soil in central Canada. Soil & Tillage Research 84 (2005) 41–53.

(4) ECKELMANN, W. – BARTIZ, R. – BIALOUSZ, S. – BIELEK, P. – CARRÉ, F. – HOUŠKOVÁ, B. – JONES, R.J.A. – KIBBLEWHITE, M. – KOZAK, J. – LE BAS, C. – TÓTH, G. – TÓTH, T. – VÁRALLYAY, G. – HALLA, M.Y. – ZUPAN, M. 2006. Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats: European Soil Bureau Research Report No.20, EUR 22185 EN, 2006. 94 s. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

(5) FULAJTÁR, E. 2006. Fyzikálne vlastnosti pôdy. Bratislava: VUPOP, 142 s.

(6) GŁĄB T. 2008. Effect of tractor whelling on root morphology and yield of Lucerne (*Medicago sativa* L.). Grass Forage Sci., 63, 398, 2008.

(7) GŁĄB T.– GONDEK K. 2013. The influence of soil compaction on chemical properties of Mollic Fluvisol soil under lucerne (*Medicago sativa* L.). Pol. J. Environ. Stud. Vol. 22, No. 1 (2013), 107–113.

(8) HEUSCHER, A. S.– BRANDT, C. C.– JARDINE, M. P.: Using Soil Physical and Chemical Properties to Estimate Bulk Density Data. Soil Sci. Soc. of America Journal 69, 2005, s. 51–56.

(9) HUSNJAK S. – FILIPOVIĆ D. – KOŠUTIĆ S. Influence of different systems on soil physical properties and crop yield. Rostlinná výroba, 48, 2002 (6): 249–254.

(10) IVANOV, A. – STOJNĚV, K. 1967. Izučeniye vlijanija plotnosti počvy na jejo plodorodije i količestvo nědostupnoj vlagi v něj. Fiziķa počvy i prijemny obrabotky. In: Trudy pro agronom. fizike. Leningrad, 1967, VASCHNIL (Kolos), 14, s. 193–203.

(11) KOBZA, J. – BARANČIKOVÁ, G. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. – VOJTÁŠ, J. 2005. Návrh regulačných pôdoochranných opatrení z výsledkov Monitoringu pôd SR. Bratislava: VUPOP, 2005. 24 s.

(12) KOBZA, J. – BARANČIKOVÁ, G. – DODOK, R. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B. – PAVLENDÁ, P.

- SCHLOSSEROVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M., 2014 Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2007–2012). Bratislava: NPPC–VÚPOP, 2014, 252 s. ISBN 978–80–8163–004–0.
- (13) KOLEKTÍV 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. Bratislava: VÚPOP, 136 s. ISBN 978–80–89128–89–1.
- (14) KRISTOFFERSEN A. R. – RILE H. 2005. Effect of soil compaction and moisture regime on the root and shoot growth and phosphorus uptake of barley plants growing on soils with varying phosphorus status. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 72, 135, 2005.
- (15) KUMAR S. – KADONO A. – LAL R. – DICK W. 2012. Long-term No-till impacts on organic carbon and properties of two contrasting soils and corn yields in Ohio. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 76: 1798–1809.
- (16) LHOTSÝ, J. 2000. Zhutňovanie pôd a opatrenia proti nemu. In: *Rostlinná výroba*, č. 7/2000, Praha: ÚZPI, 44 s.
- (17) LIPIEC J. – STEPNIEWSKI W. 1995. Effect of soil compaction and tillage system on uptake and losses of nutrients. *Soil Till. Research* 35, 37, 1995.
- (18) MPRV SR, 2013. Vyhláška 59/2013 upresňujúca Zákon č. 220/2004 Z. z. O ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy.
- (19) SOANE B. D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: A review of some practical aspects. *Soil and Tillage Research* 16, 1–2, 1990, p 179–201.
- (20) SUUSTER E. – RITZ CH. – ROOSTALU H. – REINTAM E. – KÖLLI R. – ASTOVER A. 2011. Soil bulk density pedotransfer functions of the humus horizon in arable soils. *Geoderma* 163, 74–82, 2011.
- (21) ŠIMON, J. 1994. Ekologické aspekty ve zpracování půdy. *Úroda – půda a úroda* 37, No 3, 10–11.
- (22) VAN-CAMP, L. – BUJARRABAL, B. – GENTILE, A. R. – JO-

- NES, R. J. A. – MONTANARELLA, L. – OLAZABAL, C. – SELVA-RADJOU, S. K. (2004): Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/5, 872 pp, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- (23) VEIGA M. – REINERT D. J. – REICHERT J. M. – KAISER K. R. 2008. Short and long-term effects of tillage systems and nutrient sources on soil physical properties of a southern Brazilian Hapludox. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1437–1446, 200.
- (24) ZRUBEC, F. 1998. Metodika zúrodnenia zhutnených pôd. Bratislava: VÚPOP, 1998. 40 s.

Ing. Miloš Širáň, PhD.,  
NPPC – Výskumný ústav pôdozvedectva  
a ochrany pôdy Bratislava, RP – Banská Bystrica,  
Mládežnícka 36, 974 04, tel.: 048/310 02 42,  
e-mail: m.siran@vupop.sk

RNDr. Jarmila Makovníková, CSc.,  
NPPC – Výskumný ústav pôdozvedectva  
a ochrany pôdy Bratislava, RP – Banská Bystrica,  
Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica

Prof. Ing. Jozef Kobza, CSc.,  
NPPC – Výskumný ústav pôdozvedectva  
a ochrany pôdy Bratislava, RP – Banská Bystrica,  
Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica

Táto práca bola podporená  
Agentúrou na podporu výskumu a vývoja  
na základe zmluvy č. APVV–0098–12.

## Increasing of the reproduction rate of soybean (*Glycine max*, L.) by seeding rate reduction and vermicompost application

## Zvýšenie reprodukčného koeficientu sóje (*Glycine max*, L.) redukciov výsevu a aplikáciou vermikompostu

**Dmitrii Kirianov, Leonid Mikhailov,  
Alexander Lozhkin,  
Pavol Slamka, Zuzana Panáková**

Cieľom predkladanej štúdie bolo zistiť vplyv rôznej veľkosti výsevu sóje fazuľovej (*Glycine max*, L.) a aplikáčnej dávky vermikompostu na reprodukčný koeficient originálneho osiva sóje. Trojročný poľný maloparcelový experiment bol v rokoch 2012–2014 realizovaný na experimentálnych plochách Čuvašského štátneho výskumného poľnohospodárskeho inštitútu v Ruskej Federácii v pilotnom oševnom postupe s tmavo šedou lesnou stredne ťažkou hlinitou pôdou. V pokuse boli sledované 2 faktory: Faktor A – aplikácia vermikompostu v dávke 100 l·ha<sup>-1</sup> a 300 l·ha<sup>-1</sup> a faktor B – predstavoval výsevu osiva sóje v množstve 250, 300 a 500 tisíc klíčivých semien na hektár. Poľný pokus bol vedený podľa experimentálnej metódy (10) a fenologické merania a pozorovania boli uskutočnené podľa meto-

logie štátnej skúšobne odrôd poľnohospodárskych plodín (2). V pokuse boli sledované nasledujúce parametre: počet rastlín sóje po vzídení, počet rastlín pred zberom a hustota porastu zisťovaná zo stabilných plôch o výmere 1 m<sup>2</sup>. Počet rastlín pred zberom bol vyjadrený v percentách k počtu rastlín po vzídení. Začiatok dozrievania (zrelosti) sóje bol detekovaný v štádiu, keď 10–15% rastlín sóje malo 1–2 žlté sfarbené najnižšie položené struky. Hospodárska zrelosť bola detekovaná keď 60% všetkých strukov na 1 rastline bolo zreých. To znamená, že všetky semená boli tvrdé a semená v spodných strukoch pri potrasení vydávali zvuk. Analýza úrodovných prvkov zahŕňala: výšku rastliny, výšku najnižšie položených strukov od povrchu pôdy, počet strukov a semien na jednu rastlinu, priemerný počet semien v 1 struku a hmotnosť tisíc semien. Reprodukčný koeficient sóje bol vypočítaný ako pomer počtu (hmotnosti) zbraných semien sóje k počtu (hmotnosti) vysiadaných semien sóje na rovnakej ploche. Štatistické spracovanie výsledkov bolo urobené analýzou variancie podľa experimentálnej metodiky (2). Biometrická analýza rastlín sóje ukázala, že najvyššie rastliny boli dopestované pri výsevu 500 tisíc klíčivých semien na hektár, najnižšie pri 250 tisíc semien. Vplyv hnojenia vermikompostom bol nepreukazný. Najvyššia vzdialenosť spodných strukov sóje od povrchu pôdy (0,114–0,116 m) bola zistená pri výsevu 350 tisíc semien a dávke 100 l·ha<sup>-1</sup> vermikompostu. Tento technologický parameter je dôležitý, pretože nižšie položené struky sóje sú síce produktívnejšie, ale na druhej strane, čím sú bližšie k povrchu pôdy tým viac sa zvyšujú straty pri zbere. Maximálny počet strukov a semien z 1 rastliny bol dosiahnutý pri výsevu 250 tisíc semien (35,6–43,2 strukov, resp. 80,6–96,7 semien). Aplikácia vermikompostu pri tomto výsevu zvyšovala počet strukov o 7 a počet semien o približne 12

na jednej rastline. Maximálna HTS sóje (174,0 g) bola zaznamenaná pri najnižšom výsevku (250 tisíc klíčivých semien) a dávke vermikompostu 300 l·ha<sup>-1</sup>. Pri tomto výsevku aj aplikačnej dávke vermikompostu bola zistená aj najvyššia úroda semien sóje (3,2 t·ha<sup>-1</sup>). Rovnaká úroda bola zistená aj pri výsevku 500 tisíc klíčivých zrn na hektár. Optimálna hustota porastu sóje bola zistená na úrovni 21–23 rastlín na m<sup>2</sup> pri výsevku 250 tisíc semien. Reprodukčný koeficient sóje bol v tomto experimente ovplyvnený obidvoma sledovanými pokusnými faktormi. Znižovanie výsevku zvyšovalo hodnotu reprodukčného koeficientu, ktorý pri najnižšom výsevku dosiahol hodnotu 80 až 97. Aplikácia vermikompostu pri tomto výsevku zvyšovala reprodukčný koeficient sóje o 12,5 až 21,2%.

#### **bio-fertilizer, seeding rate, soybean, the coefficient of reproduction**

Soybean (*Glycine Max* L.) as a valuable culture is cultivated since ancient times. It is estimated by nations of the East as a sacred plant.

Soybean is the most common legume and oilseed crop which is cultivated in more than 60 countries. Great Russian biologist and geneticist Vavilov N.I. attributed it like a wheat, barley, and flax to the basic and most ancient cultures. The place of origin of the cultivated soybean is South–East Asia.

In the system of activities aimed on intensification of soybean, soybean seed production plays important role. Its main task is to accelerate seed multiplication, increasing of reproduction rate (multiplication coefficient), and creation of new prospective varieties adapted to the specific conditions of the region.

Increasing of the reproduction rate as well as searching ways to increase amounts of soybean varieties is the main activity in seed production (7). Sowing qualities of seeds like germination energy, germination rate and mass of 1000 seeds are also important for receiving high soybean yields (13).

The optimal nutrition area has a very specific role. It develops better conditions for growth of soybean plants, for existence of valuable hereditary traits and for the formation of high yield and good seeds.

The most common method of soybean sowing is wide row method with spaces of 0.45, 0.60, 0.70, and 0.76 m wide depending on seeders model. Wide row spaces provide more effective suppressing of weeds by mechanical methods in soybean crops. They also provide good agro-physical condition of the upper soil layer by rational use of natural moisture resources (9, 8).

Composts have positive effects on the growth and development of soybean plants, particularly on stimulating of root system development and shoots growth. Soybean plants create more number of nodule bacteria after different composts application. They positively affect on the development of green mass and yield of soybean plants (4).

Application of different organic fertilizers and composts in the cultivation of soybean can provide minimizing of chemical fertilizers usage. It can allow high productivity and high product quality at the same time (14). Application of vermicompost on the fields is the final step of the system of organic waste processing by using earth worms (*Eisenia foetida*) in recycling processes (5). The final products of vermicomposting can be re-used for growth of cereal and vegetable crops with amazing results. Growth of crop plants is enhanced by 30–40% over the application

of chemical fertilizers. Nutritive values of the grains, fruits and vegetables grown on vermicompost can be also increased (12).

Studies of different organic fertilizers application including vermicompost for soybean cultivation could lead to the conclusion that soil organic carbon, available N, P, K status and enzyme activity of soil (dehydrogenase and phosphatase activity) were significantly improved in organic manure treatments compared to chemical fertilizers. Many studies display the influence of vermicompost application to increase of soybean cultivating economic efficiency (6, 11).

## **Materials and methods**

The study of the various seeding rates of soybean and vermicompost application in different doses was carried out in 2012–2014 on the experimental plots of the Chuvash State Research Institute of Agriculture. Original seeds of Chera–1 soybean variety were used in the experiment.

The soil of the experimental plot is a dark–grey forest, medium loamy. The availability of mobile phosphorus is 13.4 mg in 100 g of soil and potassium is 10.8 mg in 100 g of soil that can be mentioned as medium capacity. The reaction of the soil solution is slightly acid – 6.8 pH. The relief of area under the experiment is smooth. The testing area was plowed to a depth of 0.25–0.27 m in autumn. Harrowing and pre-sowing cultivation with a soil herbicide were carried out in spring. The sowing of soybean seeds was carried out in the middle of May, according to the experiment scheme.

The area of 1 plot was 22.4 m<sup>2</sup>. The area of the plot from which the plants samples were taken represented 10.0 m<sup>2</sup>. The total area under the experiment amounted 806.4 m<sup>2</sup>. All treatments were replicated four times.

The scheme of the experimental study:

#### **Factor A – vermicompost application.**

- 1. Control without vermicompost application.
- 2. Vermicompost in dose of 100 l·ha<sup>-1</sup>.
- 3. Vermicompost in dose of 300 l·ha<sup>-1</sup>.

#### **Factor B – seeding rates.**

- 1. 250 thousand viable seeds per 1 ha.
- 2. 350 thousand viable seeds per 1 ha.
- 3. 500 thousand viable seeds per 1 ha.

The field experiment was carried out according to the field experimental methodology (1, 10). Phenological measurements and observations were determined according to the state variety testing methodology of agricultural crops (2).

Number of soybean plants after sprouting, number of soybean plants before harvesting and a soybean plants density were determined from fixed experimental plots with an area of 1.0 m<sup>2</sup>. The number of surviving plants of soybean before harvesting, multiplication coefficient and the yield was calculated. The number of surviving plants of soybean was calculated as the ratio of the amount of plants surviving to harvesting time to the amount of germinated soybean shoots on experimental plots, and was expressed in percentage. The beginning of ripening was detected at the stage when 10–15% of soybean plants had 1–2 yellow colored lowest pods. Economic ripening was identified when more than 60% of all pods on 1 plant were ripen. It means that all seeds became hard, seeds in the bottom pods of the plant made noise when shaken, and seeds have finally got a specific color and shape of

**Table 1:** Biometric analysis of soybean plants depending on seeding rates and application rates of vermicompost on the average of 3 years

**Tabuľka 1:** Biometrická analýza rastlín sóje v závislosti od intenzity sejby a aplikačnej dávky vermikompostu v priemere 3 rokov

Factors	Biometric indicators of soybean plants						
	B – seeding rate in thousands of viable seeds	Plant height in m	Distance from the soil to the lowest pod in m	Amount of pods on 1 soybean plant in pcs	Amount of seeds in 1 pod in pcs	Amount of seeds from 1 soybean plant in pcs	Mass of 1000 seeds in g
Control, without vermicompost	250	0.657	0.097	35.6	2.3	80.6	162.0
	350	0.673	0.099	34.4	2.0	71.3	160.5
	500	0.729	0.113	30.8	2.0	62.0	160.0
Vermicompost, 100 l·ha <sup>-1</sup>	250	0.678	0.088	43.2	2.1	90.3	161.5
	350	0.693	0.116	30.3	2.1	64.7	152.5
	500	0.710	0.107	25.3	2.1	52.4	161.5
Vermicompost, 300 l·ha <sup>-1</sup>	250	0.684	0.092	42.9	2.3	96.7	174.0
	350	0.696	0.114	29.8	2.2	64.4	162.1
	500	0.714	0.110	26.0	2.2	56.8	160.3
Average by experiment		0.693	0.104	33.1	2.1	71.0	161.6
t <sub>0.05</sub> for individual differences		0.309	0.137	2.56	0.10	4.76	5.18
t <sub>0.05</sub> for factor A		0.206	0.091	1.71	0.07	3.17	3.46
t <sub>0.05</sub> for factor B		0.178	0.079	1.48	0.06	2.75	2.99

the soybean variety. Analyzing of the yield structure was carried out in pilot sheaves taken before harvesting. The sheaves were collected from fixed platforms in plots. Ten plants from each replication were collected. The following parameters were measured in all sheaves: plant height, altitude of lowest pod placement from ground level, amount of pods and seeds from 1 soybean plant, average amount of seeds in 1 pod, weight of 1000 seeds. The height of the lowest pod placement is an important technological characteristic. Lower pods on the soybean plant are the most productive. So, the closer to the ground level lowest pods are attached on the soybean plants, the higher losses during harvesting will occur. For this index of the distance from the root cervix to the attachment point of the lowest pod of 10 plants was measured.

One of the quality indicators of seeds is the weight of 1000 air-dried seeds. The quality of soybean seeds is in straight relation to the mass of soybean seeds. The sowing of heavy seeds always provides higher yield compared with sowing of small lightweight seeds. To determine the mass of 1000 soybean seeds, all seeds from 1 sample were weighed to the hundredth part of a gram and the amount of soybean seeds in this sample was counted. The mass obtained by weighing of soybean seeds in 1 sample was divided by the number of soybean seeds in this sample and then was multiplied by 1000. The result was determined to 0.1 because the mass of 1000 seeds was more than 10.0 g (3).

The reproduction rate (coefficient of reproduction) of soybean was defined as the ratio of the mass (amount) of collected seeds to the mass (amount) of sown seeds from the same area.

Statistical data processing was carried out by analyzing of variance according to the field experiment methodology (2).

## Results and discussion

The results of biometric analysis of the soybean plants before harvesting on average over the three years are presented in table 1.

The highest plants (0.710–0.729 m) were formed in the experiment treatments with the seeding rate of 500 thousand viable seeds per 1 ha. The lowest plants (0.657–0.684 m) were registered in experiment treatments with the seeding rate of 250 thousand viable seeds per 1 ha. The influence of vermicompost application on plant height in this study was insignificant.

According to the results of our study, the highest placing point of the lowest pod on soybean plant was noted at the height of 0.113 m from the soil surface in the treatment with the seeding rate of 500 thousand viable seeds without vermicompost application and 0.114–0.116 m in the treatment with the seeding rate of 350 thousand viable seeds with application of 100 l·ha<sup>-1</sup> of vermicompost. The minimum height of the lowest pod placing on soybean plant from the soil surface was 0.088–0.097 m. It was observed in the treatment with seeding rate of 250 thousand viable seeds.

The seeding rate of 250 thousand viable seeds per 1 ha was determined as optimal to receive maximum amount of 35.6–43.2 pods from 1 plant and 80.6–96.7 seeds from 1 soybean plant. The vermicompost application in doses of 100 and 300 l·ha<sup>-1</sup> applying jointly with low seeding rate significantly increased amount of pods by 7.3–7.6 pcs per 1 plant and amount of seeds by 9.7–16.1 pcs per 1 plant.

The average amount of seeds in 1 pod according to different experimental treatments ranged from 2.0 to 2.3 seeds and it was also higher in applying of the seeding rate of 250 thousand viable seeds per 1 ha.

The best values of 1000 soybean seeds mass was also recorded in treatments with lowest seeding rate. The maximum (174.0 g) was obtained after vermicompost application in dose of 300 l·ha<sup>-1</sup>. The survival of the soybean plants before harvesting reached 81.0–89.0%. No distinct differences on the treatments of the experiment was observed, however it can be noted that in thickened crops the percentage of soybean plants survived was slightly lower (table 2).

The maximum yield of soybean seeds – 3.2 tons from 1 ha was obtained in the treatment with the seeding rate of

**Table 2:** Survival of soybean plants and the yield of soybean seeds on the average of 3 years

**Tabuľka 2:** Prežitie rastlín sóje a úroda semien sóje v priemere 3 rokov

Factors		Amount of plants before harvesting in pcs from 1 m <sup>2</sup>	Survival of soybean plants in %	Yield of seed in t·ha <sup>-1</sup>
A – vermicompost in l·ha <sup>-1</sup>	B – seeding rate in thousands of viable seeds			
Control, without vermicompost	250	21.0	87.0	2.9
	350	34.0	89.0	2.8
	500	45.0	84.0	2.7
Vermicompost, 100 l·ha <sup>-1</sup>	250	23.0	85.0	3.1
	350	33.0	88.0	2.6
	500	44.0	82.0	2.9
Vermicompost, 300 l·ha <sup>-1</sup>	250	23.0	84.0	3.2
	350	33.0	88.0	2.7
	500	44.0	81.0	3.2
Average by experiment		33.3	85.3	2.9
t <sub>0.05</sub> for individual differences		1.6	–	0.21
t <sub>0.05</sub> for factor A		0.9	–	0.14
t <sub>0.05</sub> for factor B		0.8	–	0.12

**Table 3:** Reproduction coefficient of soybean (average of 3 years)

**Tabuľka 3:** Koefficient reprodukcie sóje (priemer 3 rokov)

Factors		The reproduction coefficient	The reproduction coefficient after vermicompost application in %
A – Vermicompost in l·ha <sup>-1</sup>	B – seeding rate in thousands of viable seeds		
Control, without vermicompost	250	80.00	100.0
	350	71.00	100.0
	500	62.00	100.0
Vermicompost, 100 l·ha <sup>-1</sup>	250	90.00	112.5
	350	65.00	91.5
	500	60.00	96.7
Vermicompost, 300 l·ha <sup>-1</sup>	250	97.00	121.2
	350	70.00	98.6
	500	63.00	101.6
Average by experiment		73.00	–
t <sub>0.05</sub> for individual differences		4.76	–
t <sub>0.05</sub> for factor A		3.17	–
t <sub>0.05</sub> for factor B		2.75	–

250 thousand viable seeds per 1 ha with joint vermicompost (bio–humus) application in dose of 300 l·ha<sup>-1</sup>.

A tendency to increase the yield of soybean seeds by reducing of seeding rates and marginally by the different doses of vermicompost application was found. It could be observed in treatment with the seeding rate of 250 thousand viable seeds compared to the control (table 2).

Optimum plant density of soybean was estimated 21–23 plants per 1 m<sup>2</sup> in applying of the seeding rate of 250 thousand viable seeds per 1 ha, because it helped to maintain high resistance of the soybean plants against weeds and pests and supported the seed yield of soybean.

The increasing of the reproduction coefficient of soybean in our studies depended on the selection of seeding rate and a dose of vermicompost application (table 3).

Reduced soybean's seeding rate contributed to increase of soybean multiplication coefficient from 80 to 97. The vermicompost application in treatments applying the seed-

ing rate of 250 thousand viable seeds caused the increase of the multiplication coefficient by 12.5–21.2%.

## Conclusions

The results of three years long research showed that the reduction of the seeding rate of soybean down to 250 thousand viable seeds per 1 ha, with joint vermicompost application in doses of 100 and 300 l·ha<sup>-1</sup> contributed to generate the best biometric parameters of soybean plants in our experiment – the largest amount of pods and seeds per 1 soybean plant. Soybean plants were higher, and the height of lowest pod placement from the ground had the best parameter in denser soybean crops. The best index of the mass of 1000 soybean seeds was also recorded in treatments with reduced seeding rate and vermicompost (biohumus) application in the rate of 300 l·ha<sup>-1</sup>. The maximum yield in average over three years (3.2 t·ha<sup>-1</sup>)

was recorded in experimental treatments with applying of seeding rate of 250 thousand viable seeds with joint application of biohumus in dose of 300 l·ha<sup>-1</sup>. The optimum soybean plants density was 21–23 plants per 1 m<sup>2</sup> in treatment with seeding rate of 250 thousand viable seeds per 1 ha. The lowest seeding rate and the vermicompost application contributed to the increase of reproduction rate by 12.5–21.2%.

## Recommendations

In cultivation of soybeans for increasing the soybean's reproduction rate (multiplication coefficient) the applying of seeding rate of 250 thousand viable seeds per 1 ha with joint vermicompost application in a dose of 300 l·ha<sup>-1</sup> is recommended.

## Abstract

The aim of this study was to increase the reproduction rate of the original soybean seeds by using different seeding rates. The application efficiency of vermicompost (biohumus) in different doses to increase the yield of soybean was also evaluated. A three-year long experiment was carried out in 2012–2014 on the experimental plots of the Chuvash State Research Institute of Agriculture on the field of pilot seed crop rotation with dark–grey forest medium loamy soil, in Russia. The efficiency of two factors was investigated: factor A – vermicompost application in doses of 100 and 300 l·ha<sup>-1</sup>; factor B – sowing rates of 250, 300, and 500 thousand viable seeds per 1 ha. The best index of the mass of 1000 soybean seeds was recorded in treatments with reduced seeding rate and vermicompost (biohumus) application in the rate of 300 l·ha<sup>-1</sup>. The maximum yield in average over three years (3.2 t·ha<sup>-1</sup>) was recorded in experimental treatments with applying of seeding rate of 250 thousand viable seeds with joint application of biohumus in dose of 300 l·ha<sup>-1</sup>. The optimum soybean plants density was 21–23 plants per 1 m<sup>2</sup> in treatment with seeding rate of 250 thousand viable seeds per 1 ha. The lowest seeding rate in combination with the vermicompost application contributed to the increase of reproduction rate by 12.5–21.2%.

## References

- (1) Dospheov, B.A. 1985. Technique of the field experience. Agropromizdat publishing: Moscow, 1985, 351 p.
- (2) Fedin M. A. 1985. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Kolos publishing: Moscow, 1985, 263 p.
- (3) GOST – International standard 12042–80, Seeds of farm crops. Methods of determination of 1000 seed weight.
- (4) Kim, M. J. – Shim, C. K. – Kim, Y. K. – Hong, S. J. – Park, J. H. – Han, E. J. – Kim, J. H. – Kim, S. C. 2015. Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic cultivation. *Plant Pathology Journal*. Volume 31, Issue 3, 7 September 2015, P. 259–268.
- (5) Kirianov, D. P. – Kirillov, N. A. 2015. Processing of the organic waste into vermicompost. Materials of the IV International Scientific Ecological Conference on the topic "Problems of recultivation of waste of household, industrial and agricultural production", 24–25 March, 2015. Kuban state agrarian University, Krasnodar. – Part I. – P. 42–44.
- (6) Lim, S. L. – Wu, T. Y. – Lim, P. N. – Shak, K. P. Y. 2015. The use of vermicompost in organic farming: Overview, effects on soil and economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Volume 95, Issue 6, April 01, 2015, P. 1143–1156.
- (7) Lozhkin, A. G. – Danilov, K. P. 2015. Technology of the accelerated breeding of soybean "Chera 1" for obtaining high quality seed. Materials of the International scientifically–practical conference on the topic "Food security and sustainable agricultural development", 2015. Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary. – P. 160–163.
- (8) Lozhkin, A. G. – Ivanova, R. N. 2015. Study of the technology of soybean cultivation for the yield of seed material. Materials of the IV International scientific and practical conference of young scientists on the topic "Topical issues of agricultural science development in modern economic conditions", 2015. FSBI "PNIIAZ", Astrakhansk. – P. 51–53.
- (9) Pedersen, P. – Lauer J. G. 2003. Corn and soybean response to rotation sequence, row spacing, and tillage system. *Agronomy Journal*. Volume 95, Issue 4, July 2003, P. 965–971.
- (10) Polous, G. P. – Voykovsky, A. I. 2013. The basic elements of methods of field experiment: a training manual. Stavropol State Agrarian University. AGRUS, 2013.
- (11) Ramesh, P. – Panwar, N. R. – Singh, A. B. – Ramana, S. 2008. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. Volume 78, Issue 12, December 2008, P. 1033–1037.
- (12) Sinha, R. K. – Misra, N. K. – Singh, P. K. – Ghosh, A. – Patel, U. – Kumar, J. – Hahn, G. – Soni, B. K. – Prabhune, M. 2015. Vermiculture technology for recycling of solid wastes and wastewater by earthworms into valuable resources for their reuse in agriculture (organic farming) while saving water and fertilizer. *Waste Management: Challenges, Threats and Opportunities*. April 01, 2015, P. 233–255.
- (13) Titova, G. A. – Mikhailov L. N. 2010. The influence of organic fertilizers on quality parameters of the soybean. Materials of the VI Russian scientific–practical conference of young scientists, postgraduates and students, devoted to the 90<sup>th</sup> anniversary of the establishment of the Chuvash Republic, 2010. Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary. – P. 51–53.
- (14) Zarei, I. – Khah, E.M. – Mohammadi, G. – Petropoulos, S. 2011. Assessment of growth and yield components following the application of different biological fertilizers on soybean (*Glycine max* L.) cultivation. *Australian Journal of Crop Science*. Volume 5, Issue 13, December 2011, P. 1776–1782.

*Doc. Ing. Dmitrii Kirianov, CSc.*  
Chuvash State Agricultural Academy.  
Chief of the agrochemical laboratory.  
Faculty of Biotechnologies and Agronomy.  
428003, Russia, Chuvash Republic, Cheboksary,  
Karl Marks str., 29. E-mail: DKiryanov86@yandex.ru;

*Prof. Ing. Leonid Mikhailov, DSc.*  
Chuvash State Agricultural Academy.  
Chief researcher of the agrochemical laboratory.  
Faculty of Biotechnologies and Agronomy.  
428003, Russia, Chuvash Republic, Cheboksary,  
Karl Marks str., 29. E-mail: mln1943@mail.ru

*Doc. Ing. Alexander Lozhkin, CSc.*  
Chuvash State Agricultural Academy.  
Faculty of Biotechnologies and Agronomy.  
428003, Russia, Chuvash Republic, Cheboksary,  
Karl Marks str., 29. E-mail: megosalex@mail.ru

*Assoc. prof. Ing. Pavol Slamka, PhD.*  
Slovak University of Agriculture in Nitra.  
Department of Agrochemistry and Plant Nutrition.  
Faculty of Agrobiology and Food Resources.  
949 76, Slovakia, Nitra, Andrea Hlinku 2.  
E-mail: pavol.slamka@uniag.sk

*Ing. Zuzana Panakova,*  
Slovak University of Agriculture in Nitra.  
Department of Agrochemistry and Plant Nutrition.  
Faculty of Agrobiology and Food Resources.  
949 76, Slovakia, Nitra, Andrea Hlinku 2.  
E-mail: zuzka.panakova89@gmail.com

# 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 poskytne výrobca:  
**Duslo, a.s.** Administratívna budova ev. č. 1236,  
927 03 Šaľa, Slovenská republika.  
E-mail: [fertilizer@duslo.sk](mailto:fertilizer@duslo.sk) | [www.duslo.sk](http://www.duslo.sk)



## obsah

## contents

### Jozef Kobza

Monitoring obsahu mikroživín v poľnohospodárskych pôdach Slovenska .....	3
Monitoring of microelements on agricultural soils in Slovakia .....	3

### Eva Hanáčková, Eva Candráková

Vplyv rozdielnych technológií pestovania pšenice letnej f. ozimnej na úrodu a vybrané ukazovatele kvality zrna .....	8
Effect of different winter wheat cultivation technologies on the yield and quality of its grain .....	8

### Peter Kováčik, Pavol Slamka, Miroslav Balčák, Jana Urminská, Lýdia Koroncziová

Uplatnenie uhoľných materiálov (lignitu a humátu sodného) pri pestovaní jačmeňa jarného .....	16
Application of coal materials (lignite and sodium humate) in spring barley growing .....	16

### Ján Jančovič, Ľuboš Vozár, Peter Kovár, Peter Hric

Využitie kaustického magnezitu na trvalých trávnych porastoch .....	21
Utilization of caustic magnesite on the permanent grasslands .....	21

### Pavol Slamka, Otto Ložek, Zuzana Panáková

Overenie agronomickej účinnosti pridania lignitu k hnojivu DASA na modelovej plodine ovos siaty .....	26
Evaluation of agronomic effect of DASA fertilizer with lignite addition on model crop of oats ( <i>Avena sativa</i> , L.) .....	26

### Erika Tobiašová, Gabriela Barančíková, Erika Gömöryová, Jarmila Makovníková, Rastislav Skalský, Ján Halas, Štefan Koco

Zastúpenie labilného dusíka v závislosti od základných vlastností pôdy .....	34
Proportion of the labile nitrogen with dependence on the basic properties of soil .....	34

### Miloš Širáň, Jarmila Makovníková, Jozef Kobza

Možnosti hodnotenia kompaktie pôdy vo vzťahu ku zásobovacej agroekosystémovej službe .....	38
The possibilities of soil compaction evaluation in relation to provisioning agroecosystem service .....	38

### Dmitrii Kirianov, Leonid Mikhailov, Alexander Lozhkin, Pavol Slamka, Zuzana Panáková

Increasing of the reproduction rate of soybean ( <i>Glycine max</i> , L.) by seeding rate reduction and vermicompost application .....	42
Zvýšenie reprodukčného koeficientu sóje ( <i>Glycine max</i> , L.) redukcíou výsevku a aplikáciou vermikompostu .....	42

The logo for DUSLO features the word "DUSLO" in a bold, blue, sans-serif font. To the right of the "O" is a circular emblem containing three diagonal white stripes. A registered trademark symbol (®) is positioned to the upper right of the emblem.

ENERGY OF YOUR GROWTH