

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

1

AGRO

chémia | chemistry

volume XXIII. (59)

2019

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 XXIII. (59), číslo 1/2019, vydané marec 2019

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 Ondrišík, CSc.
prof. Ing. Rostislav Richter, DrSc.
(MENDELU Brno, ČR)
doc. Ing. Pavol Slamka, PhD.
prof. Dr. hab. Ewa Szychaj-Fabisiak
(UT-P, Bydgoszcz, Poľsko)
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc.
(ČZU Praha, ČR)
prof. Ing. Ján Tomáš, CSc.
Ing. Kamil Vali (Duslo, a. s.)
prof. Ing. Václav Vaněk, CSc.
(ČZU Praha, ČR)

Adresa redakcie: Vydavateľstvo SPU, Tr. A. Hlinku 2,
949 76 Nitra
Tel.: 037/641 45 69
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 excerptovaný 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

Sadzba: Tatiana Šmehilová

ISSN 1335-2415, EV 3392/09

© SPU Nitra a Duslo, a. s., 2019

Volume XXIII. (59), Number 1/2019

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 Ondrišík, CSc.
prof. Ing. Rostislav Richter, DrSc.
(MENDELU Brno, CR)
doc. Ing. Pavol Slamka, PhD.
prof. Dr. hab. Ewa Szychaj-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: Publishing centre of SUA
Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, SR
Tel.: +421 37 641 45 69
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 University
of Agriculture in Nitra

web: www.agrochemia.uniag.sk

Set-type: Tatiana Šmehilová

ISSN 1335-2415, EV 3392/09

© SPU Nitra and Duslo, a. s., 2019

Dynamika zmien obsahu prístupného fosforu v pôdach na Slovensku

The dynamics of changes of available phosphorus soil content in Slovakia

Otto Ložek, Pavol Slamka, Štefan Gáborík, Mária Vicianová, Jozef Kobza

The dynamics of change phosphorus content in the soil is well characterized by Riehm index. It is expressed as the percentage of phosphorus well supplied soil area and half share of soil area with medium supply of phosphorus. The Riehm index had a value of 7.2 at the beginning of the agrochemical soil testing in the Slovak Republic in years 1956–1960. The value increased to 65 after intensive phosphorus fertilization in years 1990–1994 (IX. cycle of agrochemical soil testing). The highest available phosphorus supply in soil was in this period. Phosphorus fertilization was subsequently reduced with decrease of phosphorus supply. The value of Riehm index decrease to 37.9. It means the unfavourable soil phosphorus supply, that corresponds to the 70th years of the last century. This negative trend of decreasing of available phosphorus soil content continues also in the current period. It is confirmed by results of XIII. cycle of agrochemical soil testing realized in years 2012–2017.

agrochemical soil testing, phosphorus

Fosfor výrazne ovplyvňuje biochemické procesy v rastlinách, je zdrojom energie pri enzymatických procesoch, plní úlohu pri syntéze organických zlúčenín a výrazne ovplyvňuje celý pôdny život (1, 7, 13, 18). Je dôležitý hlavne v skorších vývinových štádiách, z čoho plynie aj opodstatnenosť lokálneho hnojenia „pod päť“ (3, 11, 19). Príznaky nedostatku fosforu v rastlinách sú jednými z problematických identifikácií, keďže prijateľnosť ovplyvňujú aj iné faktory, ktorými sú druh pôdy, pôdna acidita, resp. alkalita, teplota a vodný režim prostredia (2, 5, 9, 14, 17). Diferenciácia fosforového režimu v závislosti od pôdnej reakcie je vzájomne prepojená s obsahom prijateľného fosforu a pH pôdy, kde interval slabo kyslej a neutrálnej pôdnej reakcie sa z pohľadu prístupnosti fosforu ukazuje ako optimálny s najvyšším váženým aritmetickým priemerom 70 mg.kg⁻¹ P pôdy. Opačný trend vykazujú pôdy s kyslou (pH <5,5) a alkalickou (pH >7,3) pôdnou reakciou, kde sa nachádza aj výrazne vyšší podiel pôd s nízkou zásobou fosforu resp. je aj nižšia priemerná hodnota fosforu, t. j. 48 mg.kg⁻¹ na kyslých, resp. 57 mg.kg⁻¹ na alkalických pôdach (20). Spôsobené je to tzv. retrogradáciou fosforu, t. j. premenou vodorozpustného fosforu na nerozpustný fosfát v prostredí s voľným vápnikom, alebo na hydrogénuhličitan vápenatý (3, 10). Podobná chemická sorpcia vzniká aj v kyslom prostredí s dvoj, alebo trojmocnými kationmi, čím sa fosfor stáva pre rastliny menej prístupný až neprístupný (11, 13, 18). Vplyvom nízkej spotreby fosforečných hnojív a jeho trvalého odberu úrodami, dochádza k postupnému poklesu obsahu prijateľného fosforu v pôde (4, 8, 9, 12, 14, 16).

Môžeme pozorovať negatívny trend v náraste kategórií z nízkou zásobou fosforu a pokles kategórií s vysokou zásobou fosforu (9, 15, 17, 20).

V období XII. cyklu ASP boli celoštátne priemerné obsahy fosforu v ornej pôde 68,7 mg.kg⁻¹ P, čo je na úrovni „vyhovujúcej“ kategórie zásobenosti vyžadujúcej minimálne tzv. nahradzovacie hnojenie na úrovni ročného odberu živín úrodou. V porovnaní s predchádzajúcim cyklom došlo k poklesu o 7,2 mg.kg⁻¹ P, čo predstavuje úbytok 32,6 mg.kg⁻¹ P. V priemere predstavoval ročný úbytok 5,5 mg.kg⁻¹ P, pričom podobná hodnota bola vypočítaná aj pri bilancovaní živín z prieskumu potreby hnojív. Najdramatickejší pokles zásob prijateľného fosforu v ornej pôde nastal v kukuričnej výrobnnej oblasti. Nedostatočné zabezpečovanie výživy rastlín, t. j. na úkor pôdnych zásob vedie k degradácii pôdnej úrodnosti a tým aj k dosahovaniu nízkych úrod (20). V súčasnosti už 73,8 % výmery ornej pôdy vyžaduje systematické hnojenie. Zastaviť tento negatívny trend je možné iba vyváženým hnojením, t. j. minimálne na úroveň odberového normatívu a to ako minerálnymi hnojivami s obsahom fosforu, tak aj vhodnými alternatívami v podobe ÚKSUP-om schválených sekundárnych zdrojov živín (15, 20).

Materiál a metodika

Systematické zisťovanie obsahu prístupného fosforu v pôdach na Slovensku sa uskutočňuje v rámci agrochemického skúšania pôdy ASP od roku 1956. Prvých päť cyklov ASP malo 5-ročný interval odberu pôdnych vzoriek a realizovalo sa v rokoch 1956 až 1980. V nasledujúcich troch cykloch ASP, t. j. VI. až VIII., sa časový interval odberu pôdnych vzoriek skrátil na tri roky, čo sa uskutočňovalo v rokoch 1981 až 1989. Po transformácii spoločenského systému na Slovensku sa od roku 1990 do roku 1999 uskutočnili dva cykly ASP, a to IX. a X., každý v 5-ročnom intervale. V I. až X. cykle ASP sa stanovoval obsah prístupného fosforu v pôde individuálne, špecifickým výluhovadlom len pre fosfor metódou podľa Egnera (9).

Od roku 2000, v zmysle zákona o hnojivách č. 136/2000 Z. z., sa predĺžil odberový cyklus vzoriek pôdy na 6 rokov, tzn., že posledné tri cykly ASP, XI. až XIII., sa uskutočnili v období rokov 2000 až 2017. Pod garanciou ÚKSUP-u sa od roku 2000 stanovujú prístupné formy živín a to fosforu, draslíka, horčíka a vápnika skupinovým extrakčným činidlom podľa Mehlicha III. (6). Získané výsledky sa vyhodnocujú podľa platných kritérií a po štatistickom spracovaní sa poskytujú príslušným poľnohospodárskym podnikom spolu s interpretáciou výsledkov (20). Prezentované výsledky ASP v ďalšej časti tohto článku sú čiastočne ovplyvnené celkovou odskúšanosťou pôdy. Celková plošná odskúšanosť poľnohospodárskej pôdy predstavovala napr. za XII. cyklus 81,2 % z celkového pokrytia obhospodarovaného poľnohospodárskeho pôdneho fondu, kde zvyšná nepreskúšaná výmera predstavovala najmä pôdy s nižšou bonitou mimo záujmu farmárov, t. j. využívaná veľmi extenzívne bez vstupov do výživy rastlín, resp. menšie pozemky s výmerou pod 1 ha, ktoré sú legislatívne vyňaté z prieskumu (4, 20).

V predkladanom príspevku je hodnotená dynamika obsahu prístupného fosforu v jednotlivých kultúrach pôdy a to poľnohospodárska pôda, orná pôda, vinohradnícka pôda, pôda v ovocných sadoch a v trvalých trávnych porastov. Obsah fosforu v chmeľniciach sa nehodnotil z dôvodu súčasnej veľmi nízkej výmery chmeľníc na Slovensku. Tak-

tiež sa hodnotil obsah prístupného fosforu v jednotlivých krajoch SR v rámci XII. cyklu ASP, nakoľko XIII. cyklus nie je ešte definitívne vyhodnotený.

Výsledky a diskusia

Hodnotenie obsahu fosforu v poľnohospodárskej pôde

Dynamiku obsahu prístupného fosforu v SR v poľnohospodárskej pôde od začiatku realizovania agrochemického skúšania pôdy (ASP) uvádzame v tabuľke 1 v I. cykle ASP v rokoch 1956 – 1960 nízku zásobu fosforu malo až 89,5 % výmery poľnohospodárskej pôdy (p.p.). Bývalý Západoslovenský kraj vykazoval 81,8 % výmery s nízkym obsahom fosforu, Stredoslovenský kraj 93,2 % a Východoslovenský kraj až 93,6 % výmery p. p. s nízkym obsahom fosforu. Naproti tomu, dobrá zásoba fosforu v SR bola na výmere len 3,9 % z p. p., pričom Západoslovenský kraj vykazoval dobrú zásobu fosforu na výmere 7,2 %, Východoslovenský kraj 2,3 % a Stredoslovenský kraj iba 2,2 % výmery s dobrou zásobou fosforu. Stredná zásoba fosforu v SR bola tiež na veľmi malej výmere a to 6,6 % z p. p. pričom Západoslovenský kraj mal výmeru strednej zásoby fosforu na 11,0 %, stredoslovenský kraj na 4,6 % a Východoslovenský kraj na 4,1 % výmere z poľnohospodárskej pôdy.

Následným takmer 30-ročným intenzívnym fosforečným hnojením sa situácia s obsahom fosforu v poľnohospodárskej pôde výrazne menila, a v VII. cykle ASP v rokoch 1984 – 1986 (kedy cyklus ASP bol iba 3 roky), sa dosiahla najnižšia výmera poľnohospodárskej pôdy s nízkou zásobou fosforu len 17,4 %. Stredná zásoba fosforu bola na výmere 39,4 % a dobrá zásoba fosforu predstavovala výmeru 43,2 % z poľnohospodárskej pôdy v rámci Slovenskej republiky. V 90-tych rokoch minulého storočia došlo k výraznému, takmer 4-násobnému, zníženiu dávok fosforečných hnojív z úrovne 80 kg.ha⁻¹ P₂O₅ (35 kg.ha⁻¹ P) na 20 kg.ha⁻¹ P₂O₅ (8,8 kg.ha⁻¹ P), čo pretrváva až doteraz (4, 20). Dlhodobé, približne 25-ročné, obdobie ne-

dostatočnej fosforečnej výživy sa aj adekvátne prejavilo na značnom zvýšení výmery s nízkou zásobou fosforu v poľnohospodárskej pôde na hodnotu 46,4 % v XIII. cykle ASP v rokoch 2012 až 2017. Súčasne sa znížili výmery poľnohospodárskej pôdy so stredným obsahom fosforu na hodnotu 31,5 % a rapídne sa znížila výmera poľnohospodárskej pôdy s dobrým obsahom fosforu z hodnoty 43,2 % v VII. cykle ASP na hodnotu 22,1 % v XIII. cykle ASP, t. j. v súčasnom období (tabuľka 1). Pre rýchlu orientáciu v rozdieloch v zásobenosti pôd prístupnými živinami sa využíva Riehmov (RI) index (tabuľka 1), ktorý sa vypočíta tak, že spočítame percentuálny podiel výmery pôdy s dobrou zásobou živiny a pripočítame polovicu percentuálneho podielu pôdy so strednou zásobou konkrétnej živiny, tzn. v našom prípade podiel výmery fosforu. Na začiatku uskutočňovania ASP, t. j. v I. cykle v rokoch 1956 – 1960, bola hodnota Riehmovho indexu pre obsah fosforu v poľnohospodárskej pôde veľmi nepriaznivá, keď hodnota RI bola 7,2 (tabuľka 11). Následne sa hodnota Riehmovho indexu pre fosfor postupne zvyšovala, a najvyššia hodnota RI = 65,0, t. j. priaznivá zásoba, sa dosiahla v rokoch 1990 až 1994. Potom sa hodnota Riehmovho indexu postupne znižovala z dôvodu nedostatočného fosforečného hnojenia a v súčasnom období (XIII. cyklus ASP) má Riehmov index hodnotu len 37,9 (nepriaznivá zásoba P), čo dokumentuje výrazný pokles obsahu prístupného fosforu v poľnohospodárskej pôde na Slovensku (tabuľka 1).

Hodnotenie obsahu fosforu v ornej pôde

Dynamika obsahu prístupného fosforu v ornej pôde na Slovensku od začiatku uskutočňovania agrochemického skúšania pôd je uvedená v tabuľke 2. Stav zásobenosti ornej pôdy fosforom bol podstatne lepší ako v prípade zásobenosti fosforom v poľnohospodárskej pôde. V I. cykle ASP v rokoch 1956 – 1960 nízku zásobu fosforu malo 54,1 % výmery ornej pôdy (o. p.), 30,3 % výmery o. p. malo stredný obsah fosforu a dobrá zásoba fosforu bola na výmere 15,9 % ornej pôdy. Najnižší podiel výmery ornej pôdy s nízkym obsahom fosforu t. j. 10,7 % sa dosiahol

Tabuľka 1: Dynamika obsahu prístupného fosforu v SR v poľnohospodárskej pôde v rámci ASP v percentuálnom podiele z celkovej výmery poľnohospodárskej pôdy

Table 1: Dynamics of available phosphorus content of agricultural land in the Slovak Republic within the agrochemical soil testing in percentage of the total area of agricultural land

Cyklus ASP (1)	Roky (2)	Obsah P v percentuálnom podiele z výmery p.p. (3)			Riehmov index (4)
		nízky (5)	stredný (6)	dobrý (7)	
I.	1956 – 1960	89,5	6,6	3,9	7,2
II.	1961 – 1965	78,2	14,6	7,2	14,5
III.	1966 – 1970	60,7	25,0	13,5	26,0
IV.	1971 – 1975	55,7	28,3	16,0	30,2
V.	1976 – 1980	40,2	38,1	21,7	40,8
VI.	1981 – 1983	21,6	47,0	31,4	54,9
VII.	1984 – 1986	17,4	39,4	43,2	62,9
VIII.	1987 – 1989	19,0	38,0	43,0	62,0
IX.	1990 – 1994	18,1	33,9	48,0	65,0
X.	1995 – 1999	25,6	38,0	36,5	55,0
XI.	2000 – 2005	33,6	35,8	30,6	48,5
XII.	2006 – 2011	42,2	33,2	24,7	41,3
XIII.	2012 – 2017	46,4	31,5	22,1	37,9

(1) cycle of agrochemical soil testing, (2) years, (3) phosphorus content in percentage of the total area of agricultural land, (4) Riehm index, (5) low, (6) medium, (7) good

Tabuľka 2: Dynamika obsahu fosforu v SR na ornej pôde v rámci ASP v percentuálnom podiele z celkovej výmery ornej pôdy
Table 2: Dynamics of available phosphorus content of the arable land in the Slovak Republic within the agrochemical soil testing in percentage of the total area of arable land

Cyklus ASP (1)	Roky (2)	Obsah P v percentuálnom podiele z výmery o.p. (3)			Riehmov index (4)
		nízky (5)	stredný (6)	dobrý (7)	
III.	1966 – 1970	54,1	30,3	15,9	31,1
IV.	1971 – 1975	47,2	33,7	19,1	36,0
V.	1976 – 1980	26,2	46,3	27,5	50,7
VI.	1981 – 1983	15,6	52,3	32,1	58,3
VII.	1984 – 1986	10,7	43,5	45,8	67,6
VIII.	1987 – 1989	13,1	42,1	44,8	65,9
IX.	1990 – 1994	11,9	38,0	50,1	69,1
X.	1995 – 1999	19,6	42,1	38,3	59,4
XI.	2000 – 2005	29,0	38,4	32,6	51,8
XII.	2006 – 2011	37,7	36,1	26,2	44,3
XIII.	2012 – 2017	41,6	34,2	24,2	41,3
ČR (8)	2011 – 2016	26,5	27,9	45,6	59,6

(1) cycle of agrochemical soil testing, (2) years, (3) phosphorus content in percentage of the total area of arable land, (4) Riehm index, (5) low, (6) medium, (7) good, (8) the Czech Republic

v rokoch 1984 – 1986, t. j. v VII. cykle ASP. Stredná zásoba fosforu bola na výmere 43,5 % a dobrá zásoba fosforu bola zistená na výmere 45,8 % ornej pôdy. Hodnota Riehmovho indexu činila 67,3 čo poukazuje na priaznivý obsah prístupného fosforu v ornej pôde v danom cykle ASP. Priaznivý obsah fosforu v ornej pôde bol aj VIII. cykle (RI = 65,9) a IX. cykle ASP (RI = 69,1) t. j. do roku 1994. Následne sa zásobnosť fosforom v ornej pôde znižovala a v súčasnom období je hodnota Riehmovho indexu 41,3 a podiel výmery s nízkou zásobou fosforu sa v XIII. cykle (roky 2012 – 2017) zvýšil na 41,6 % a podiel výmery ornej pôdy s dobrou zásobou sa znížil na 24,20 % (tabuľka 2). Približne 1/3 ornej pôdy (34,2 %) má strednú zásobu fosforu. Evidentný pokles obsahu fosforu sa prejavil vo všetkých výrobných oblastiach najmä na ťažkej a stredne ťažkej pôde (20).

V českej republike je súčasná situácia v zásobenosti ornej pôdy fosforom podstatne lepšia, nakoľko výmera s nízkym obsahom fosforu je len na úrovni 26,5 %, strednú zásobu fosforu má 27,9 % pôd a dobrú zásobu

má takmer polovica (45,6 %) výmery ornej pôdy (tabuľka 2) (17).

Hodnotenie obsahu fosforu vo vinohradoch

Dynamika obsahu fosforu vo vinohradníckej pôde na Slovensku je uvedená v tabuľke 3. Na začiatku uskutočňovania agrochemického skúšania vinohradníckej pôdy, t. j. v III. cykle ASP v rokoch 1966 – 1970, bola zásobnosť pôdy fosforom uspokojivá, ako to dokumentuje Riehmov index, ktorý mal hodnotu 56,1. Dobrá zásobnosť vinohradníckej pôdy fosforom bola na výmere 41,5 %, stredná na výmere 29,2 % a nízka zásoba fosforu bola na výmere 29,3 %. Intenzívnym fosforečným hnojením sa zásobnosť vinohradníckej pôdy fosforom postupne zvyšovala a najlepšia zásobnosť fosforu sa dosiahla v XI. cykle ASP, v rokoch 1990 – 1994. Výmera vinohradov s dobrou zásobou fosforu predstavovala až 77,8 %, so strednou zásobou 12,6 % a s nízkou zásobou fosforu len 9,6 %. Takáto zásobnosť vinohradov fosforom vyjadrená Riehmovým indexom mala hodnotu 84,1, čo zodpovedá najvyššej

Tabuľka 3: Dynamika obsahu fosforu v SR vo vinohradoch v percentuálnom podiele z celkovej výmery vinohradníckej pôdy
Table 3: Dynamics of available phosphorus content of vineyards in the Slovak Republic within the agrochemical soil testing in percentage of the total area of vineyards

Cyklus ASP (1)	Roky (2)	Obsah P v percentuálnom podiele z výmery vinohradov (3)			Riehmov index (4)
		nízky (5)	stredný (6)	dobrý (7)	
III.	1966 – 1970	29,3	29,2	41,5	56,1
IV.	1971 – 1975	29,9	24,0	46,1	58,1
V.	1976 – 1980	18,0	36,0	46,0	64,0
VI.	1981 – 1983	16,8	24,0	59,2	71,2
VII.	1984 – 1986	15,0	17,0	68,0	76,5
VIII.	1987 – 1989	11,6	18,6	69,7	79,0
IX.	1990 – 1994	9,6	12,6	77,8	84,1
X.	1995 – 1999	15,6	16,4	68,0	76,2
XI.	2000 – 2005	21,5	29,5	49,0	63,8
XII.	2006 – 2011	27,9	31,7	40,4	56,3

(1) cycle of agrochemical soil testing, (2) years, (3) phosphorus content in percentage of the total area of vineyards, (4) Riehm index, (5) low, (6) medium, (7) good

Tabuľka 4: Dynamika obsahu fosforu v SR v ovocných sadoch v percentuálnom podiele z celkovej výmery ovocných sadoch
Table 4: Dynamics of available phosphorus content of fruit orchards in the Slovak Republic within the agrochemical soil testing in percentage of the total area of fruit orchards

Cyklus ASP (1)	Roky (2)	Obsah P v percentuálnom podiele z výmery ovocných sadoch (3)			Riehmov index (4)
		nízky (5)	stredný (6)	dobry (7)	
III.	1966 – 1970	52,5	27,8	19,7	33,6
IV.	1971 – 1975	40,6	39,3	20,1	39,8
V.	1976 – 1980	50,9	25,5	23,6	36,4
VI.	1981 – 1983	33,6	31,0	35,4	50,9
VII.	1984 – 1986	28,2	29,3	42,5	57,2
VIII.	1987 – 1989	27,6	28,0	44,4	58,4
IX.	1990 – 1994	22,3	26,3	51,4	64,6
X.	1995 – 1999	23,5	26,2	50,3	63,4
XI.	2000 – 2005	40,1	34,8	25,1	42,5
XII.	2006 – 2011	53,3	20,4	26,4	36,6

(1) cycle of agrochemical soil testing, (2) years, (3) phosphorus content in percentage of the total area of fruit orchards, (4) Riehm index, (5) low, (6) medium, (7) good

kategórii zásobenosti číslu 5, a v slovnom vyjadrení predstavuje veľmi priaznivú zásobenosť vinohradnickej pôdy fosforom (tabuľka 11).

Následným obmedzovaním fosforečného hnojenia vinohradov sa postupne obsah fosforu vo vinohradnickej pôde znižoval, a v XII. cykle ASP v rokoch 2006 – 2011 sme klesli v obsahu fosforu vo vinohradoch na úroveň III. cyklu ASP, t. j. na roky 1966 – 1970. Dobrá zásoba fosforu vo vinohradnickej pôde sa znížila na výmeru 40,4 % a nízka zásoba fosforu sa zvýšila na výmeru 27,9 %. Podľa Riehmovho indexu (RI = 56,3) zásobenosť vinohradnickej pôdy fosforom klesla z piatej kategórie do tretej kategórie, slovným vyjadrením ešte uspokojivá zásobenosť fosforom.

Hodnotenie obsahu fosforu v ovocných sadoch

Dynamika obsahu fosforu v ovocných sadoch na Slovensku je uvedená v tabuľke 4. Z uvedených hodnôt obsahu fosforu v ovocných sadoch vyplýva, že dynamika obsahu fosforu je analogická ako vo vinohradoch, avšak na podstatne nižšej úrovni. V rokoch 1966 – 1970, t. j. v III. cykle ASP, bola nízka zásoba fosforu na výmere 52,5 % a dobrá zásoba fosforu bola len na výmere 19,7 % ovocných sadoch. Riehmov index mal nízku hodnotu, len 33,6, čo predstavuje nepriaznivú zásobenosť fosforom vo vinohradoch v danom období. Výrazným fosforečným hnojením sa podiel ovocných sadoch s nízkou zásobou fosforu v IX. cykle ASP (roky 1990 – 1994) znížil na najnižšiu výmeru, a to 22,3 %, a naopak, podiel výmery ovocných sadoch s dobrou zásobou sa najvýraznejšie zvýšil a dosiahol hodnotu 51,4 % z celkovej výmery ovocných sadoch. Tento pozitívny trend sa premietal aj do hodnoty Riehmovho indexu, ktorý činil 64,6, čo predstavuje už priaznivú zásobenosť ovocných sadoch fosforom, čiže zásobenosť fosforom sa posunula z druhej do štvrtej kategórie zásobenosti. Podobne ako pri vinohradoch, aj v ovocných sadoch sa obmedzilo fosforečné hnojenie, a v XII. cykle ASP (roky 2006 – 2011) sa zásobenosť fosforom prakticky vrátila na úroveň rokov 1966 – 1970 (III. cyklus ASP). V tomto období nízka zásoba fosforu dosiahla výmeru až 53,3 % ovocných sadoch a dobrá zásoba fosforu klesla na výmeru 26,4 % celkovej plochy ovocných sadoch. Riehmov index sa znížil na hodnotu 36,6, čo zodpovedá druhej kategórii zásobenosti, čiže ide o nepriaznivú zásobenosť ovocných sadoch fosforom.

Hodnotenie obsahu fosforu na trvalých trávnych porastoch

Dynamika obsahu fosforu na lúkach a pasienkoch v rámci SR je uvedená v tabuľke 5. Zásobenosť lúk a pasienkov fosforom, v porovnaní s ornou pôdou, vinohradmi a ovocnými sadoch je najnižšia. V III. cykle ASP (v rokoch 1966 – 1970) predstavovala výmera lúk a pasienkov s nízkou zásobou fosforu až 85,3 % a s dobrou zásobou fosforu len 4,4 %. Riehmov index mal hodnotu 9,6 čo zodpovedá iba prvej kategórii zásobenosti, t. j. veľmi nepriaznivý obsah fosforu na trvalých trávnych porastoch. Uspokojivá zásobenosť lúk a pasienkov fosforom s RI = 45,9, t. j. tretia kategória zásoby fosforu v TTP, sa dosiahla v VIII. cykle ASP v rokoch 1987 – 1989, keď sa výmera trvalých trávnych porastov s dobrou zásobou fosforu zvýšila na 34,5 % a podiel výmery TTP s nízkou zásobou fosforu sa znížil na 42,7 %. Stredná zásoba fosforu bola na výmere 22,8 %. V súčasnom období nastal pokles zásobenosti lúk a pasienkov fosforom do druhej kategórie s Riehmovým indexom 32,9, čo zodpovedá nepriaznivej zásobe fosforu, je len na 1/5 výmery (20,1 %) TTP a nízka zásoba fosforu je viac ako na polovici výmery TTP (54,4 %). Strednú zásobu fosforu má 1/4 výmery lúk a pasienkov z celkovej plochy trvalých trávnych porastov.

Hodnotenie súčasnej zásobenosti pôd fosforom v jednotlivých krajoch SR

V tabuľkách 6 až 10 je uvedený prehľad o zásobenosti pôdy fosforom v 5 krajoch SR pre jednotlivé kultúry pôdy, a to poľnohospodárska pôda (tab. 6), orná pôda (tab. 7), vinohradnícka pôda (tab. 8), pôda v ovocných sadoch (tab. 9) a pôda na lúkach a pasienkoch (tab. 10) v XII. cykle ASP. Celkový prehľad o percentuálnej výmere pôd s nízkym obsahom fosforu v jednotlivých krajoch SR je uvedený v tabuľke 13, s vysokým a veľmi vysokým obsahom fosforu je v tabuľke 14, s dobrým obsahom fosforu je v tabuľke 15 a s vyhovujúcim obsahom fosforu je uvedený v tabuľke 16.

Celoslovenský priemer s nízkou zásobou fosforu je na výmere 42,2 % z celkovej výmery poľnohospodárskej pôdy. Nižšie výmery p. p. s nízkou zásobou fosforu ako je celoslovenský priemer majú kraje Bratislavský (37,4 %), Trenčiansky (38,4 %), Nitriansky (38,6 %), Banskobystrický (39,5 %) a Košický (41,6 %). Naproti tomu, vyššie

Tabuľka 5: Dynamika obsahu fosforu v SR na lúkach a pasienkoch v percentuálnom podiele z celkovej výmery trvalých trávnych porastov

Table 5: Dynamics of available phosphorus content of meadows and pastures in the Slovak Republic on within the agrochemical soil testing in percentage of the total area of permanent grasslands

Cyklus ASP (1)	Roky (2)	Obsah P v percentuálnom podiele z výmery TTP (3)			Riehmov index (4)
		nízky (5)	stredný (6)	dobrý (7)	
III.	1966 – 1970	85,3	10,3	4,4	9,6
IV.	1971 – 1975	85,6	9,2	5,2	9,8
V.	1976 – 1980	81,0	14,2	4,8	11,9
VI.	1981 – 1983	52,3	22,5	25,2	36,5
VII.	1984 – 1986	47,1	23,0	29,9	41,4
VIII.	1987 – 1989	42,7	22,8	34,5	45,9
IX.	1990 – 1994	51,2	14,0	34,8	41,8
X.	1995 – 1999	61,3	15,1	23,6	31,2
XI.	2000 – 2005	51,4	25,9	22,7	35,7
XII.	2006 – 2011	54,4	25,5	20,1	32,9

(1) cycle of agrochemical soil testing, (2) years, (3) phosphorus content in percentage of the total area of permanent grassland, (4) Riehm index, (5) low, (6) medium, (7) good

Tabuľka 6: Prehľad súčasnej zásoby fosforu v jednotlivých krajoch SR v poľnohospodárskej pôde v XII. cykle ASP

Table 6: A review of the current state of phosphorus supply in Slovak regions of agricultural land in XII. cycle of agrochemical soil testing

Kraj (1)	Percentuálny podiel jednotlivých kategórií zásoby fosforu v p.p. (2)					Riehmov index (3)
	nízky (4)	vyhovujúci (5)	dobrý (6)	vysoký (7)	veľmi vysoký (8)	
Bratislavský (9)	37,4	33,6	19,6	5,1	4,3	45,8
Nitriansky (10)	38,6	39,6	14,4	4,5	3,0	41,7
Trenčiansky (11)	38,4	35,5	17,0	5,4	3,7	43,9
Trnavský (12)	44,5	35,6	14,1	3,4	2,4	37,7
Banskobystrický (13)	39,5	32,0	16,5	5,8	6,2	44,5
Žilinský (14)	43,1	25,1	16,5	6,7	8,6	44,4
Košický (15)	41,6	30,7	15,7	6,3	5,8	43,2
Prešovský (16)	50,3	29,4	12,2	3,9	4,2	35,0

(1) region, (2) the percentage of each category of agricultural land phosphorus supply, (3) Riehm index, (4) low, (5) suitable, (6) good, (7) high, (8) very high, (9) the Bratislava region, (10) the Nitra region, (11) the Trenčín region, (12) the Trnava region, (13) the Banská Bystrica region, (14) the Žilina region, (15) the Košice region, (16) the Prešov region

Tabuľka 7: Prehľad súčasnej zásoby fosforu v jednotlivých krajoch SR v ornej pôde v XII. cykle ASP

Table 7: A review of the current state of phosphorus supply in Slovak regions of arable land in XII. cycle of agrochemical soil testing

Kraj (1)	Percentuálny podiel jednotlivých kategórií zásoby fosforu v o.p. (2)					Riehmov index (3)
	nízky (4)	vyhovujúci (5)	dobrý (6)	vysoký (7)	veľmi vysoký (8)	
Bratislavský (9)	39,5	34,7	18,9	4,3	2,7	43,3
Nitriansky (10)	38,6	39,9	14,2	4,4	2,9	41,5
Trenčiansky (11)	29,8	40,0	20,1	6,6	3,5	50,2
Trnavský (12)	44,6	36,0	14,1	3,2	2,1	37,4
Banskobystrický (13)	30,1	35,8	20,9	7,4	5,8	52,0
Žilinský (14)	19,1	28,3	29,0	13,9	9,7	52,6
Košický (15)	38,1	33,1	16,5	6,7	5,7	45,5
Prešovský (16)	42,8	32,6	15,8	5,3	3,5	40,9

(1) region, (2) the percentage of each category of arable land phosphorus supply, (3) Riehm index, (4) low, (5) suitable, (6) good, (7) high, (8) very high, (9) the Bratislava region, (10) the Nitra region, (11) the Trenčín region, (12) the Trnava region, (13) the Banská Bystrica region, (14) the Žilina region, (15) the Košice region, (16) the Prešov region

Tabuľka 8: Prehľad súčasnej zásobe fosforu v jednotlivých krajoch SR vo vinohradoch v XII. cykle ASP

Table 8: A review of the current state of phosphorus supply in Slovak regions of vineyards in XII. cycle of agrochemical soil testing

Kraj (1)	Percentuálny podiel jednotlivých kategórií zásoby fosforu vo vinohradoch (2)					Riehmov index (3)
	nízky (4)	vyhovujúci (5)	dobrý (6)	vysoký (7)	veľmi vysoký (8)	
Bratislavský (9)	7,7	17,8	18,7	27,5	28,4	83,5
Nitriansky (10)	30,9	37,5	17,7	6,4	7,4	50,3
Trenčiansky (11)	91,0	0,0	0,0	0,0	9,0	9,0
Trnavský (12)	37,6	36,2	12,2	10,8	3,2	44,3
Banskobystrický (13)	18,2	33,0	23,3	12,6	12,9	65,3
Žilinský (14)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Košický (15)	40,8	25,3	19,9	11,7	2,3	46,6
Prešovský (16)	47,5	0,0	52,5	0,0	0,0	52,5

(1) region, (2) the percentage of each category of vineyards phosphorus supply, (3) Riehm index, (4) low, (5) suitable, (6) good, (7) high, (8) very high, (9) the Bratislava region, (10) the Nitra region, (11) the Trenčín region, (12) the Trnava region, (13) the Banská Bystrica region, (14) the Žilina region, (15) the Košice region, (16) the Prešov region

Tabuľka 9 : Prehľad súčasnej zásobe fosforu v jednotlivých krajoch SR v ovocných sadoch v XII. cykle ASP

Table 9: A review of the current state of phosphorus supply of fruit orchards in Slovak regions in XII. cycle of agrochemical soil testing

Kraj (1)	Percentuálny podiel jednotlivých kategórií zásoby fosforu vo vinohradoch (2)					Riehmov index (3)
	nízky (4)	vyhovujúci (5)	dobrý (6)	vysoký (7)	veľmi vysoký (8)	
Bratislavský (9)	1,4	14,1	21,7	47,9	14,9	91,6
Nitriansky (10)	34,5	25,5	21,1	13,5	5,4	52,8
Trenčiansky (11)	53,8	24,2	7,4	4,5	10,1	34,1
Trnavský (12)	66,6	19,9	10,2	1,4	1,9	23,5
Banskobystrický (13)	56,9	5,4	10,1	8,8	18,9	40,5
Žilinský (14)	18,3	11,7	7,0	0,0	63,1	76,0
Košický (15)	63,2	19,0	6,7	6,2	4,9	27,3
Prešovský (16)	66,2	18,2	10,0	2,5	3,1	24,7

(1) region, (2) the percentage of each category of fruit orchards phosphorus supply, (3) Riehm index, (4) low, (5) suitable, (6) good, (7) high, (8) very high, (9) the Bratislava region, (10) the Nitra region, (11) the Trenčín region, (12) the Trnava region, (13) the Banská Bystrica region, (14) the Žilina region, (15) the Košice region, (16) the Prešov region

Tabuľka 10: Prehľad súčasnej zásobe fosforu v jednotlivých krajoch SR na lúkach a pasienkoch v XII. cykle ASP

Table 10: A review of the current state of phosphorus supply of meadows and pastures in Slovak regions in XII. cycle of agrochemical soil testing

Kraj (1)	Percentuálny podiel jednotlivých kategórií zásoby fosforu v lúkach a pasienkoch (2)					Riehmov index (3)
	nízky (4)	vyhovujúci (5)	dobrý (6)	vysoký (7)	veľmi vysoký (8)	
Bratislavský (9)	1,4	14,1	21,7	47,9	14,9	91,6
Nitriansky (10)	34,5	25,5	21,1	13,5	5,4	52,8
Trenčiansky (11)	53,8	24,2	7,4	4,5	10,1	34,1
Trnavský (12)	66,6	19,9	10,2	1,4	1,9	23,5
Banskobystrický (13)	56,9	5,4	10,1	8,8	18,9	40,5
Žilinský (14)	18,3	11,7	7,0	0,0	63,1	76,0
Košický (15)	63,2	19,0	6,7	6,2	4,9	27,3
Prešovský (16)	66,2	18,2	10,0	2,5	3,1	24,7

(1) region, (2) the percentage of each category of meadows and pastures phosphorus supply, (3) Riehm index, (4) low, (5) suitable, (6) good, (7) high, (8) very high, (9) the Bratislava region, (10) the Nitra region, (11) the Trenčín region, (12) the Trnava region, (13) the Banská Bystrica region, (14) the Žilina region, (15) the Košice region, (16) the Prešov region

Tabuľka 11: Kritéria hodnotenia zásobenosti pôd prístupnými živinami podľa Riehma

Table 11: Criteria of evaluation of soil nutrient supply according to Riehm

Kategória (1)	Riehmov index (2)	Zásobenosť živinami P, K, Mg (3)
I.	0 – 20	veľmi nepriaznivá (4)
II.	20,1 – 40	nepriaznivá (5)
III.	40,1 – 60	uspokojivá (6)
IV.	60,1 – 80	priaznivá (7)
V.	80,1 – 100	veľmi priaznivá (8)

(1) category, (2) Riehm index, (3) supply of nutrients P, K, Mg, (4) very unfavorable, (5) unfavorable, (6) satisfactory, (7) favorable, (8) very favorable

Tabuľka 12: Celkový prehľad o súčasnej zásobenosti pôd fosforom v jednotlivých krajoch SR vyjadrený Riehmovým indexom v XII. cykle ASP

Table 12: Complete review of the current state of phosphorus supply in Slovak regions in XII. cycle of agrochemical soil testing expressed by Riehm index

Kraj (1)	Hodnota Riehmovho indexu (2)				
	poľnohospodárska pôda (3)	orná pôda (4)	vinohrady (5)	ovocné sady (6)	trvalé trávne porasty (7)
Bratislavský (8)	45,8	43,3	83,5	91,6	70,5
Nitriansky (9)	41,7	41,5	50,3	52,8	37,4
Trenčiansky (10)	43,9	50,2	9,0	34,1	29,6
Trnavský (11)	37,7	37,4	44,3	23,5	48,4
Banskobystrický (12)	44,5	52,0	65,3	40,5	33,9
Žilinský (13)	44,4	52,6	-	76,0	32,7
Košický (14)	43,2	45,5	46,6	27,3	36,8
Prešovský (15)	35,0	40,9	52,5	24,7	29,8
SR (16)	41,3	44,3	56,3	36,6	32,9

(1) region, (2) value of Riehm index, (3) agricultural land, (4) arable land, (5) vineyards, (6) fruit orchards, (7) permanent grasslands, (8) the Bratislava region, (9) the Nitra region, (10) the Trenčín region, (11) the Trnava region, (12) the Banská Bystrica region, (13) the Žilina region, (14) the Košice region, (15) the Prešov region, (16) the Slovak Republic

Tabuľka 13: Celkový prehľad o percentuálnej výmere pôd s nízkym obsahom fosforu v jednotlivých krajoch SR stanovený v XII. cykle ASP

Table 13: Complete review of percent of soil with low phosphorus content in Slovak regions determined in XII. cycle of agrochemical soil testing

Kraj (1)	Percentuálna výmera pôd s nízkym obsahom fosforu (2)				
	poľnohospodárska pôda (3)	orná pôda (4)	vinohrady (5)	ovocné sady (6)	trvalé trávne porasty (7)
Bratislavský (8)	37,4	39,5	7,7	1,4	17,8
Nitriansky (9)	38,6	38,6	30,9	34,5	50,1
Trenčiansky (10)	38,4	29,8	91,0	53,8	57,6
Trnavský (11)	44,5	44,6	37,6	66,6	37,8
Banskobystrický (12)	39,5	30,1	18,2	56,9	52,8
Žilinský (13)	43,1	19,1	-	18,3	55,8
Košický (14)	41,6	38,1	40,8	63,2	51,5
Prešovský (15)	50,3	42,8	47,5	66,2	56,9
SR (16)	42,2	37,7	27,9	53,3	54,4

(1) region, (2) value of Riehm index, (3) agricultural land, (4) arable land, (5) vineyards, (6) fruit orchards, (7) permanent grasslands, (8) the Bratislava region, (9) the Nitra region, (10) the Trenčín region, (11) the Trnava region, (12) the Banská Bystrica region, (13) the Žilina region, (14) the Košice region, (15) the Prešov region, (16) the Slovak Republic

Tabuľka 14: Celkový prehľad o percentuálnej výmere pôd s vysokým a veľmi vysokým obsahom fosforu v jednotlivých krajoch SR stanovený v XII. cykle ASP

Table 14: Complete review of percent of soil with high and very high phosphorus content in Slovak regions determined in XII. cycle of agrochemical soil testing

Kraj (1)	Percentuálna výmera pôd s vysokým a veľmi vysokým obsahom fosforu (2)				
	poľnohospodárska pôda (3)	orná pôda (4)	vinohrady (5)	ovocné sady (6)	trvalé trávne porasty (7)
Bratislavský (8)	9,4	7,0	55,9	62,8	24,2
Nitriansky (9)	7,5	7,3	13,8	18,9	7,3
Trenčiansky (10)	9,1	10,1	9,0	14,6	6,4
Trnavský (11)	5,8	5,3	14,0	3,3	18,2
Banskobystrický (12)	12,0	13,2	25,5	27,7	10,1
Žilinský (13)	15,3	23,6	-	63,1	11,0
Košický (14)	12,1	12,4	14,0	11,1	11,2
Prešovský (15)	8,1	8,8	0,0	5,6	7,5

(1) region, (2) value of Riehm index, (3) agricultural land, (4) arable land, (5) vineyards, (6) fruit orchards, (7) permanent grasslands, (8) the Bratislava region, (9) the Nitra region, (10) the Trenčín region, (11) the Trnava region, (12) the Banská Bystrica region, (13) the Žilina region, (14) the Košice region, (15) the Prešov region

výmery p.p. s nízkym obsahom fosforu ako je celoslovenský priemer vykazujú kraje Žilinský (43,1 %), Trnavský (44,5 %) a Prešovský (50,3 %).

Čiastočne lepšia situácia je v zásobenosti orných pôd fosforom, kde celoslovenský priemer predstavuje 37,7 % výmery s nízkym obsahom fosforu z celkovej výmery ornej pôdy. Najmenšia výmera ornej pôdy s nízkym obsahom fosforu je v Žilinskom kraji (19,1 %). Potom nasleduje kraj Trenčiansky (29,8 %) a Banskobystrický (30,1 %). Ostatné kraje majú vyššiu výmeru ornej pôdy s nízkym obsahom fosforu ako je slovenský priemer a sú v tomto stúpajúcom poradí: kraj Košický (38,1 %), Nitriansky (38,6 %), Bratislavský (39,5 %), Prešovský (42,8 %) a nakoniec Trnavský (44,6 %).

Vinohrady majú najmenší podiel výmery s nízkou zásobou fosforu v pôde. Slovenský priemer s nízkou zásobou fosforu predstavuje 27,9 % z celkovej výmery vinohradov v SR. Najlepšia situácia s nízkou zásobenosťou vinohradníckej pôdy fosforom je v Bratislavskom kraji s výmerou len 7,7 %. Potom nasledujú kraje v tomto stúpajúcom poradí: Banskobystrický (18,2 %), Nitriansky (30,9 %), Trnavský (37,6 %), Košický (40,8 %), Prešovský (47,5 %) a najhoršia je situácia so zásobenosťou fosforu vo vinohradníckej pôde v Trenčianskom kraji s 91,0 % výmery

s nízkou zásobou fosforu z celkovej výmery vinohradov v tomto kraji.

V rámci Slovenska pôda v ovocných sadoch má viac ako polovicu výmery (53,3 %) s nízkou zásobou fosforu. Veľmi nízky podiel výmery ovocných sádov s nízkou zásobou fosforu je v Bratislavskom kraji, t. j. len 1,4 %. Ešte relatívne priaznivá je zásobenosť ovocných sádov fosforom v Žilinskom kraji s podielom 18,3 % výmery pôdy s nízkym obsahom fosforu. Pod celoslovenský priemer sa dostal aj Nitriansky kraj s 34,5 % výmery pôdy s nízkou zásobou fosforu. V ostatných krajoch SR je výmera ovocných sádov s nízkou zásobou fosforu vyššia ako je slovenský priemer, a to konkrétne v Trenčianskom kraji 53,8 %, v Banskobystrickom kraji 56,9 %, v Košickom kraji 63,2 %, v Prešovskom kraji 66,2 % a v Trnavskom kraji 66,6 %.

Trvalé trávne porasty vykazujú v rámci SR tiež viac ako polovicu (54,4 %) výmery lúk a pasienkov s nízkym obsahom fosforu. Bratislavský kraj má 17,8 % a Trnavský kraj má 37,8 % výmery trvalých trávnych porastov s nízkou zásobou fosforu. V ostatných krajoch SR sa nízky obsah fosforu na TTP nachádza v rozpätí od 50,1 % do 57,6 % výmery z celkovej plochy TTP v daných krajoch.

Nízky obsah fosforu v pôde vyžaduje intenzívnejšie hnojenie fosforom ako je odberový normatív pre konkrétne

Tabuľka 15: Celkový prehľad o percentuálnej výmere pôd s dobrým obsahom fosforu v jednotlivých krajoch SR stanovený v XII. cykle ASP

Table 15: Complete review of percent of soil with good phosphorus content in Slovak regions determined in XII. cycle of agrochemical soil testing

Kraj (1)	Percentuálna výmera pôd s dobrým obsahom fosforu (2)				
	poľnohospodárska pôda (3)	orná pôda (4)	vinohrady (5)	ovocné sady (6)	trvalé trávne porasty (7)
Bratislavský (8)	19,6	18,9	18,7	21,7	34,6
Nitriansky (9)	14,4	14,2	17,7	21,1	17,4
Trenčiansky (10)	17,0	20,1	0,0	7,4	10,4
Trnavský (11)	14,1	14,1	12,2	10,2	16,3
Banskobystrický (12)	16,5	20,9	23,3	10,1	10,4
Žilinský (13)	16,5	29,0	-	7,0	10,0
Košický (14)	15,7	16,5	19,9	6,7	13,6
Prešovský (15)	12,2	15,8	52,5	10,0	9,0

(1) region, (2) value of Riehm index, (3) agricultural land, (4) arable land, (5) vineyards, (6) fruit orchards, (7) permanent grasslands, (8) the Bratislava region, (9) the Nitra region, (10) the Trenčín region, (11) the Trnava region, (12) the Banská Bystrica region, (13) the Žilina region, (14) the Košice region, (15) the Prešov region

plodiny a ich plánované úrody. Zvýšením dávky fosforu o 20 – 50 % ako odoberú fosfor pestované plodiny, zabezpečíme postupné zvyšovanie obsahu fosforu v pôde, a tým aj znižovanie výmery pôdy s nízkou zásobou fosforu v pôde. Takéto fosforečné hnojenie je síce finančne náročnejšie, ale je nevyhnutné, lebo na mnohých parcelách sa už fosfor stáva v zmysle Liebigovho zákona minima limitujúcou živinou, ktorá výrazne ovplyvňuje kvantitu aj kvalitu dopestovanej produkcie. Na druhej strane však môžeme pri racionálnom prístupe k hnojeniu fosforom aj finančne ušetriť a to tým, že na pôdach s vysokým a veľmi vysokým obsahom fosforu v pôde sa neznižuje do kategórie dobrá zásoba. Takéto vynechanie hnojenia fosforom môže trvať niekoľko rokov. Na akých plochách môžeme fosforečné hnojenie vynechať dokumentuje celkový prehľad o percentuálnej výmere pôd s vysokým a veľmi vysokým obsahom fosforu v pôde v jednotlivých krajoch SR a jednotlivých pôdných kultúrach, ktorý je uvedený v tabuľke 14. Najviac ornej pôdy s vysokým a veľmi vysokým obsahom fosforu sa nachádza v Žilinskom kraji, a to 23,6 % z výmery ornej pôdy. Potom nasledujú kraje Banskobystrický (13,2 %), Košický (12,4 %), Trenčiansky (10,1 %), Prešovský (8,8 %), Nitriansky (7,3 %), Bratislavský (7,0 %) a najnižšiu výmeru, 5,3 %, vykazuje Trnavský kraj.

Vysoký podiel vinohradníckej pôdy s vysokým a veľmi vysokým obsahom fosforu vykazuje Bratislavský kraj s percentuálnou výmerou 55,9 %. V ostatných krajoch je podiel vinohradov s vysokým a veľmi vysokým obsahom fosforu v pôde evidentne nižší, napríklad Banskobystrický kraj ma takúto výmeru 25,5 %, Trnavský a Košický kraj 14,0 %, Nitriansky kraj 13,8 %, Trenčiansky kraj 9,0 % a Prešovský kraj vôbec nemá vinohrady s vysokým a veľmi vysokým obsahom fosforu. Ovocné sady majú v jednotlivých krajoch Slovenska veľmi rozdielnu výmeru s vysokým a veľmi vysokým obsahom fosforu v pôde. Odlisujú sa iba dva kraje a to Žilinský (63,1 %) a Bratislavský (62,8 %), ktoré vykazujú takmer 2/3 zo svojej celkovej výmery ovocných sadov vysoký až veľmi vysoký obsah fosforu v pôde. Podstatne menej výmery s vysokým a veľmi vysokým obsahom fosforu majú kraje Banskobystrický (27,7 %), Nitriansky (18,9 %), Trenčiansky (14,6 %) a Košický (11,1 %) a pod 10 % výmery majú kraje Prešovský (5,6 %), a Trnavský (3,3 %).

Na trvalých trávnych porastoch je podstatne nižšia výmera plôch, ktoré vykazujú vysoký až veľmi vysoký obsah fosforu. Najvyššie výmery majú kraje Bratislavský (24,2 %) a Trnavský (18,2 %), potom nasledujú kraje s výmerou vysokého a veľmi vysokého obsahu fosforu, približne 10 – 11 %, a to Košický (11,2 %), Žilinský (11,0 %) a Banskobystrický (10,1 %). Podiely TTP s vysokým a veľmi vysokým obsahom fosforu pod 10 % majú kraje Prešovský (7,5 %), Nitriansky (7,3 %) a Trenčiansky (6,4 %).

Nahradzovací systém hnojenia sa výhodne uplatňuje vtedy, ak obsah živiny v pôde sa nachádza v kategórii dobrá zásoba. To znamená, že aplikujeme iba také množstvo živiny, aké odoberie úroda. Tým zabezpečíme nielen dosiahnutie požadovanej úrody, ale aj udržanie príslušnej živiny v pôde v kategórii dobrá zásoba. Koľko pôdy s dobrou zásobou fosforu v jednotlivých krajoch SR máme je uvedené v tabuľke 15. Z týchto údajov vyplýva, že dobrá zásoba fosforu v ornej pôde sa nachádza v rozpätí 14 % až 29,0 %, pričom najnižšie výmery ornej pôdy s dobrou zásobou sú v krajoch Trnavský (14,1 %), Nitriansky (14,2 %), Prešovský (15,8 %), Košický (16,5 %) a Bratislavský (18,9 %). Podiel výmery ornej pôdy s dobrou zásobou fosforu majú kraje Trenčiansky (20,1 %), Banskobystrický (20,9 %) a Žilinský (29,0 %).

Dobrá zásoba fosforu v ovocných sadoch sa v jednotlivých krajoch nachádza v rozpätí od 7 % do 22 %, pričom najnižšie výmery sa nachádzajú v Trenčianskom (7,4 %), Žilinskom (7,0 %) a Košickom kraji (6,7 %) a najvyššie výmery sú v Nitrianskom (21,1 %) a Bratislavskom kraji (21,7 %).

Vinohrady s dobrou zásobou fosforu sú najviac zastúpené v Prešovskom kraji (52,5 %), potom v Banskobystrickom (23,3 %), Košickom (19,9 %), Bratislavskom (18,7 %), Nitrianskom (17,7 %) a Trnavskom kraji (12,2 %). Trenčiansky kraj nemá žiadnu výmeru vinohradov s dobrou zásobou fosforu.

Menší rozptyl dobrej zásoby fosforu majú trvalé trávne porasty v jednotlivých krajoch SR. Okrem Bratislavského kraja, ktorý vykazuje až 1/3 výmery TTP s dobrou zásobou fosforu, v ostatných krajoch sa tieto hodnoty pohybujú od 9 % do 17,4 %.

Značná časť výmery pôdy s vyhovujúcim (stredným) obsahom fosforu sa nachádza vo všetkých poľnohospo-

Tabuľka 16: Celkový prehľad o percentuálnej výmere pôd s vyhovujúcim obsahom fosforu v jednotlivých krajoch SR stanovený v XII. cykle ASP

Table 16: Complete review of percent of soil with suitable phosphorus content in Slovak regions determined in XII. cycle of agrochemical soil testing

Kraj (1)	Percentuálna výmera pôd s vyhovujúcim obsahom fosforu (2)				
	poľnohospodárska pôda (3)	orná pôda (4)	vinohrady (5)	ovocné sady (6)	trvalé trávne porasty (7)
Bratislavský (8)	33,6	34,7	17,8	14,1	23,4
Nitriansky (9)	39,6	39,9	37,5	25,5	25,3
Trenčiansky (10)	35,5	40,0	0,0	24,2	25,6
Trnavský (11)	35,6	36,0	36,2	19,9	27,7
Banskobystrický (12)	32,0	35,8	33,0	5,4	26,7
Žilinský (13)	25,1	28,3	-	11,7	23,3
Košický (14)	30,7	33,1	25,3	19,0	23,9
Prešovský (15)	29,4	32,6	0,0	18,2	26,6
SR (16)	33,2	36,1	31,7	20,4	25,5

(1) region, (2) value of Riehm index, (3) agricultural land, (4) arable land, (5) vineyards, (6) fruit orchards, (7) permanent grasslands, (8) the Bratislava region, (9) the Nitra region, (10) the Trenčín region, (11) the Trnava region, (12) the Banská Bystrica region, (13) the Žilina region, (14) the Košice region, (15) the Prešov region, (16) the Slovak Republic

dárskych kultúrach (tabuľka 16). Na pôdach s vyhovujúcim obsahom fosforu je potrebné uskutočňovať minimálne nahradzovací systém hnojenia, avšak keď chceme postupne presunúť pôdy s vyhovujúcim obsahom fosforu do kategórie s dobrým obsahom, je nutné dávky fosforu pri nahradzovacom systéme zvýšiť o 10 – 20 %. V jednotlivých krajoch SR sa nachádza približne 1/3 výmery poľnohospodárskej pôdy s vyhovujúcim obsahom fosforu a varíruje v rozpätí od 25,1 % (Žilinský kraj) do 39,6 % (Nitriansky kraj). Pri ornej pôde je výmera s vyhovujúcim obsahom v rozpätí od 28,3 % v Žilinskom kraji, do 40,0 % v Trenčianskom kraji. Vinohrady majú toto rozpätie od 0 % (Trenčiansky a Prešovský kraj) do 37,5 % (Nitriansky kraj). Ovocné sady vykazujú rozptyl s vyhovujúcim obsahom fosforu v pôde na výmere od 5,4 % (Banskobystrický kraj) až po 25,5 % (Nitriansky kraj) a TTP majú rozptyl výmery s vyhovujúcim obsahom fosforu veľmi úzky a predstavuje približne 1/4 výmery z celkovej plochy lúk a pasienkov, konkrétne od 23,3 % v Žilinskom kraji, až po 27,7 % v Trnavskom kraji.

Záver

Z výsledkov agrochemického skúšania pôdy na Slovensku od roku 1956 až doteraz vyplýva, že obsah prístupného fosforu v ornej pôde, vinohradníckej pôde, v ovocných sadoch a trvalých trávnych porastoch sa postupne zvyšoval z dôvodu intenzívneho fosforečného hnojenia. Najvyššia zásobenosť všetkých pôdných kultúr fosforom sa dosiahla v 90-tych rokoch 20. storočia. Následne nedostatočným fosforečným hnojením, ktoré bolo na nižšej úrovni ako odber fosforu z pôdy úrodami poľnohospodárskych plodín, sa obsah prístupného fosforu v pôde sa pohybuje na úrovni 70-tych rokov 20. storočia. V mnohých prípadoch sa obsah fosforu v pôde stáva už limitujúcim prvkom pre tvorbu úrody a jej kvality. Tento negatívny stav podporuje aj zvyšujúca sa kyslosť pôdy, kedy dochádza k chemickej sorpcii fosforu, a tým k zníženiu využiteľnosti fosforu z pôdy pri pestovaní poľnohospodárskych plodín.

Literatúra

- (1) BALÍK, J. – PAVLÍKOVÁ, D. – VANĚK, V. 2017. význam a poslání agrochemických rozborů půd. Praha: ČZU, Sborník z 23. mezinárodní konference. Racionální použití hnojiv. 2017, s. 9–16. ISBN 978-80-213-2793-1.
- (2) FECENKO, J. a i. 1994. Hnojenie poľnohospodárskych plodín. Nitra : VŠP, 1944, 184 s. ISBN 80-7137-162-9.
- (3) FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. Nitra : SPU, 2000, 452 s. ISBN 80-7137-836-4.
- (4) GÁBORÍK, Š. – LOŽEK, O. – SLAMKA, P. – KAJANOVIČOVÁ, I. – VARÁDY, T. 2010. Výsledky dlhodobých poľných pokusov na Slovensku. In Racionální použití hnojiv. Sborník z 16. mezinárodní konference, Praha : ČZU, 2010, s. 49–56. ISBN 978-80-213-2118-2.
- (5) GREGOROVÁ, H. 2009. Špeciálne trávnikárstv. Nitra : SPU, 2009, 148 s. ISBN 978-80-552-0212-9.
- (6) HALÁS, L. – GÁBORÍK, Š. 2000. Porovnanie analýz pôd metódami Mehlich III. a Mehlich II. In Agrochémia, roč. 40, 2000, č. 3, s. 21–24. ISSN 1335-2415.
- (7) IVANIČ, J. – HAVELKA, B. – KNOP, K. 1984. Výživa rastlín a hnojenie. 2. vyd. preprac., Bratislava : Príroda, 1984, 482 s.
- (8) KLÍR, J. 2002. Úroveň hnojení fosforem a jeho bilance v rostlinné výrobě v ČR a některých zemích Evropy. In Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku fosforu v rostlinné výrobě. Praha : ČZU, 2002, s. 20–25. ISBN 80-213-0957-1.

- (9) KOBZA, J. – GÁBORÍ, Š. 2008. Súčasný stav a vývoj obsahu makro a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Bratislava : VÚPO, 2008, 58 s. ISBN 978-80-891124-47-1.
- (10) KOVÁČIK, P. 2014. Princípy a spôsoby výživy rastlín. Nitra : SPU, 2014, 278 s. ISBN 978-80-552-1193-0.
- (11) LOŽEK, O. 1997. Výživa a hnojenie rastlín. Nitra : SPU, 1997, 11102 s. ISBN 80-7137-348-6.
- (12) MACHAČEK, V. – LIPAVSKÝ, J. 2012. Využití výsledku z dlouhodobých pokusů ke studiu fosforečného režimu půd. In Agrochémia, roč. XVI. (52), 2012, č. 1, s. 3–7. ISSN 1335-2415.
- (13) MICHALÍK, I. 2001. Molekulárne a energetické aspekty príjmu živín v rastlinách. Nitra : SPU, 2001, 158 s. ISBN 80-7137-836-4.
- (14) PRÁŠKOVÁ, L. – NĚMEC, P. 2017. Změny obsahu přístupných živin a půdní reakce v půdách bazálního monitoringu půd (BMP). In Sborník. 23. mezinárodní konference. Racionální použití hnojiv, Praha : ČZU, 2017, s. 33–40. ISBN 978-80-213-2793-1.
- (15) SLAMKA, P. – LOŽEK, O. – GÁBORÍK, Š. – PANÁKOVÁ, Z. 2017. Dynamika zmien agrochemických vlastností pôd na Slovensku. In Sborník z 23. mezinárodní konference. Racionální použití hnojiv, Praha : ČZU, 2017, s. 65–72. ISBN 978-80-213-2793-1.
- (16) SMATANOVÁ, M. – KLEMENT, V. – SUŠIL, A. 2015. Změny obsahu přístupných živin v půdách ČR. In Racionální použití hnojiv. Sborník 21. mezinárodní konference, Praha : ČZU, 2015, s. 49–56. ISBN 978-80-213-2594-4.
- (17) SMATANOVÁ, L. – SUŠIL, A. 2017. Současný stav obsahu přístupných živin a půdní reakce v půdách ČR. In Sborník z 23. mezinárodní konference. Racionální použití hnojiv, Praha : ČZU, 2017, s. 25–31. ISBN 978-80-213-2793-1.
- (18) VANĚK, V. et al. 2012. Výživa záhradních rostlin. Praha : Academia, 2012, 568 s. ISBN 978-80-200-2147-2.
- (19) VAŇEK, V. – LOŽEK, O. – BALÍK, J. – PAVLÍKOVÁ, D. – TLUSTOŠ, P. 2013. Výživa poľných záhradných plodín. Nitra : Profi Press SK, 2013, 184 s. ISBN 978-80-970572-3-7.
- (20) Výsledky ASP na Slovensku v rokoch 2006 – 2011 (XII. cyklus ASP), Zvolen, 2012, 155 s.

prof. Ing. Otto Ložek, CSc.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Katedra agrochémie a výživy rastlín
Tr. Andreja Hlinku 2, 949 01 Nitra
e-mail: otto.lozek@uniag.sk



Ilustračné foto.

Nedostatok makroelementov, mikroelementov a tvorba fytomasy kukurice siatej

Lack of macroelements, microelements and formation of the maize phytomass

Peter Kováčik, Petr Škarpa

There was found the effect of deficiency of 9 nutrients (5 macroelements and 4 microelements) on maize phytomass formation, in pot experiment realized in vegetation cage in the campus of Slovak university of Agriculture in Nitra. The aim of the experiment was to accurately quantify the difference in the formation of vegetative and generative organs. It was found, that the most negative impact on generative organs formation had lack of N, then Zn followed by P, K, Mn, Mg, Fe, Cu, S. Straw formation was also negatively affected by lack of N, then Zn and P, K, Mn, Mg, Fe, Cu, S. At the same time it was found that potassium deficiency caused the change in maize grain colour. The maize grain was yellow at the other 9 treatments. There was created the brindle coloured grain – grain with two pigments, at treatment with the lack of potassium. This finding belongs to new knowledges of the area of nutrients deficiency symptoms.

maize, deficit, macronutrients, micronutrients

Kukurica siata v porovnaní s inými poľnými plodinami citlivejšie reaguje na pestovateľské podmienky. Príčinou je skutočnosť, že patrí do skupiny rastlín typu C 4, pričom väčšina poľných plodín patrí do skupiny rastlín typu C 3. Táto metabolická odlišnosť spôsobuje, že ak je pestovaná vo vhodných podmienkach, t. j. pri dostatku svetla, tepla, vlhky, živín a pri realizácii správnych ochranných opatrení, jej úrody v závislosti od hybridu kolíšu od 9 t.ha⁻¹ po 14 t.ha⁻¹. V slovenskej praxi sa však nezriedka dosahujú úrody len na úrovni 5 – 6 t.ha⁻¹, ako dôsledok už uvedenej citlivosti kukurice na pôdne a poveternostné podmienky pestovania.

V stredoeurópskom priestore sa na tvorbe úrody kukurice podieľa výživa 10 až 35 %, z čoho je zrejme, že racionálne hnojenie rastlín je významný intenzifikačný faktor. Napriek existencii viacerých poznatkov o vplyve nedostatku jednotlivých živín na tvorbu fytomasy kukurice siatej (2, 3), o význame jednotlivých živín pre rastliny (1), sme za účelom prípravy študijnej pomôcky pre študentov Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre založili nádobový pokus, v ktorom sme sledovali vplyv deficitu 9 živín (5 makroelementov a 4 mikroelementov) na tvorbu fyto-

masy kukurice siatej s cieľom presne kvantifikovať vplyv nedostatku jednotlivých prvkov na tvorbu slamy a na tvorbu zrna spolu so šúľkom.

Materiál a metodika

Nádobový pokus sa vykonával vo vegetačnej kletke nachádzajúcej sa v areáli SPU v Nitre (48° 18' S, 18° 06' V). Vegetačná kletka mala rozmery 20 × 20 × 5 m. Na jej stenách a strope bolo kovové pletivo s veľkosťou ôk 15 × 15 mm, ktoré chránilo pokus pred vtáctvom. Podlaha bola zo zámkovej dlažby sivej farby. Pokus bol založený 13. mája. Do nádob tvaru valca vysokých 0,52 m s priemerom 0,38 m sa navážilo 13 kg zmesi pozostávajúcej z 3 kilogramov perlitu a 10 kg piesku. Agrochemické parametre použitých materiálov uvádza tabuľka 1. Takto pripravené nádoby sa zaliali destilovanou vodou na úroveň 40 % PVK. Následne sa zaliali Knopovými roztokmi do úrovni 70 % PVK. Celkovo bolo pripravených 10 variantov, 10 roztokov: Ú = úplný živný roztok, –N = živný roztok bez dusíka, –P = živný roztok bez fosforu, –K = živný roztok bez draslíka, –Mg = živný roztok bez horčíka, –S = živný roztok bez síry, –Cu = živný roztok bez medi, –Zn = živný roztok bez zinku, –Fe = živný roztok bez železa, –Mn = živný roztok bez mangánu. Pokus bol založený metódou náhodného usporiadania nádob s päťnásobným opakovaním. Keďže nádoby boli umiestnené vo vegetačnej kletke, hrozilo, že pravidelné denné zalievanie nádob živnými roztokmi by pri veľkom výpare vody spôsobilo výrazné zasolenie substrátu. Z toho dôvodu sa pripravili presné objemy živných roztokov podľa Knopa (11), ktorými sa do polovice júna dodali živiny potrebné na vytvorenie 6-tonovej úrody zrna kukurice siatej pri kalkulácii 60 % využiteľnosti dusíka. Následne sa 4 týždne zalievalo len destilovanou vodou. V polovici júla bolo zrejme, že absolútny deficit najmä makroelementov, ale aj mikroelementov spôsobí predčasné ukončenie vegetácie daných rastlín. Z toho dôvodu sa za účelom predĺženia života rastlín od 20. júla do všetkých nádob raz za týždeň (celkovo 8-krát) pridával úplný Knopov roztok o objeme 500 ml, čo umožnilo ukončiť pokus až v septembri. Celkové množstvo živín dodaných do nádob jednotlivých variantov do polovice júna uvádza tabuľka 2. Na konci pokusu sa vyhodnotila tvorba nadzemnej fytomasy, hmotnosť slamy a hmotnosť zrna spolu so šúľkom.

Výsledky a diskusia

Z piatich sledovaných makroelementov najväčší vplyv na tvorbu celej nadzemnej fytomasy mal dusík. Jeho nedostatok znížil tvorbu nadzemnej fytomasy o 82,89 %, čo vysvetľuje, prečo farmári i pri nedostatku financií na hnojivá, si takmer vždy nájdu finančné zdroje na nákup dusíkatých hnojív (obr. 1). Zistené potvrdzuje názor Fecenka a Ložeka (4), že dusík je motorom výživy rastlín. Z obrázkov 2 a 3 vyplýva, že nedostatok dusíka viac ovplyvnil tvorbu

Tabuľka 1: Agrochemické parametre použitého piesku a perlitu
Table 1: Agrochemical parameters of used sand and perlite

Materiál (1)	pH	N _{an}	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	Obj. hm. (2)
		mg.kg ⁻¹										
Perlit (3)	7,95	10,3	5,0	175	300	113,3	5,0	0,69	10,98	0,38	0,32	0,18
Piesok (4)	6,79	5,4	4,4	15	72	19,0	0,7	0,20	1,86	0,65	0,02	1,58

(1) material, (2) volume weight, (3) perlite, (4) sand

Tabuľka 2: Množstvo živín dodaných do nádob jednotlivých variantov prostredníctvom Knopovho roztoku do konca júna
Table 2: The amount of nutrients added to pots of each variant via Knop's solution by the end of June

Zlúčenina (1)	Ú (2)	-N (3)	-P (4)	-K (5)	-S (6)	-Mg (7)	-Cu (8)	-Zn (9)	-Fe (10)	-Mn (11)
	mg.nádoba ⁻¹ (12)									
Ca(NO ₃) ₂ · 4 H ₂ O	15 037,78	-	15 037,78	15 037,78	15 037,78	15 037,78	15 037,78	15 037,78	15 037,78	15 037,78
K ₂ H ₂ PO ₄	3 759,44	3 759,44	-	-	3 759,44	3 759,44	3 759,44	3 759,44	3 759,44	3 759,44
KCl	1 879,72	4 661,46	3 939,85	-	1 879,72	1 879,72	1 879,72	1 879,72	1 879,72	1 879,72
KNO ₃	3 759,44	-	3 759,44	-	3 759,44	3 759,44	3 759,44	3 759,44	3 759,44	3 759,44
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	3 759,44	3 759,44	3 759,44	3 759,44	-	-	3 759,44	3 759,44	3 759,44	3 759,44
CaCl ₂	-	7 067,76	-	-	-	-	-	-	-	-
NaH ₂ PO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NaNO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FeSO ₄ · 7 H ₂ O	150,38	150,38	150,38	150,38	-	150,38	150,38	150,38	-	150,38
CuSO ₄ · 5 H ₂ O	2,26	2,26	2,26	2,26	-	2,26	-	2,26	2,26	2,26
ZnSO ₄ · 7 H ₂ O	3,31	3,31	3,31	3,31	-	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
MnSO ₄ · H ₂ O	13,75	13,75	13,75	13,75	-	13,75	13,75	13,75	13,75	13,75
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4 H ₂ O	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
H ₃ BO ₃	21,05	21,05	21,05	21,05	21,05	21,05	21,05	21,05	21,05	21,05
MgCl ₂	-	-	-	-	1 443,63	-	-	-	-	-
FeCl ₂ · 4 H ₂ O	-	-	-	-	89,17	-	-	-	-	-
CuCl ₂ · 2 H ₂ O	-	-	-	-	1,65	-	-	-	-	-
MnCl ₂ · 4 H ₂ O	-	-	-	-	16,54	-	-	-	-	-
S (elementárna síra)	-	-	-	-	-	489,0	0,31	-	-	-
ZnCl ₂	-	-	-	-	1,53	-	-	-	-	-

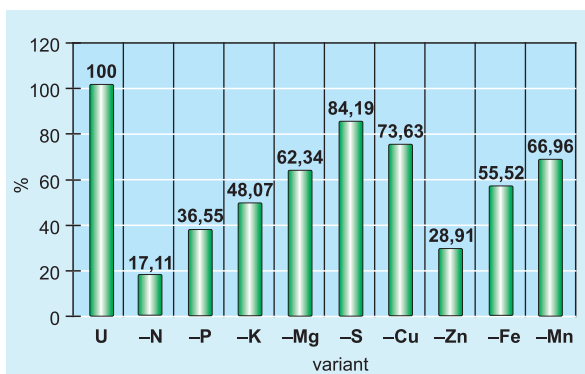
(1) compound, (2) complete nutrient solution, (3) solution without N, (4) solution without P, (5) solution without K, (6) solution without S, (7) solution without Mg, (8) solution without Cu, (9) solution without Zn, (10) solution without Fe, (11) solution without Mn

generatívnych orgánov ako vegetatívnych. Nedostatok N rezultoval v nevytvorenie samičích pohlavných orgánov, t. j. nevytvorili sa šúľky, čím sa nemohli vytvoriť ani zrná. Hmotnosť zŕn bola o 100,00 % a hmotnosť slamy o 65,25 % menšia v porovnaní s kontrolným variantom na ktorom sa realizovala úplná výživa.

Nedostatok jednotlivých makroelementov sa na tvorbe generatívnych a vegetatívnych orgánov kukurice siatej neprejavil rovnako. Najmenší vplyv sa zaznamenal pri síre. Nedostatok síry znížil tvorbu nadzemnej fytohmoty kukurice siatej len o 15,81 % a hmotnosť šúľka spolu so zrnom znížil o 22,57 %. Zistené korešponduje s poznatkom, že ak rastliny rastú v podmienkach nedostatku síry v pôde a dostatku síry vo vzduchu (nie nadbytku), dokážu prostredníctvom listov prijať až 90 % z jej celkového množstva v rastline (8). Poradie vplyvu nedostatku sledovaných makroelementov na tvorbu generatívnych i vegetatívnych orgánov kukurice siatej (obr. 1, 2 a 3) bolo nasledovné $N > P > K > Mg > S$, pričom deficit sa výraznejšie prejavil na tvorbe generatívnych orgánov, ako na tvorbe slamy.

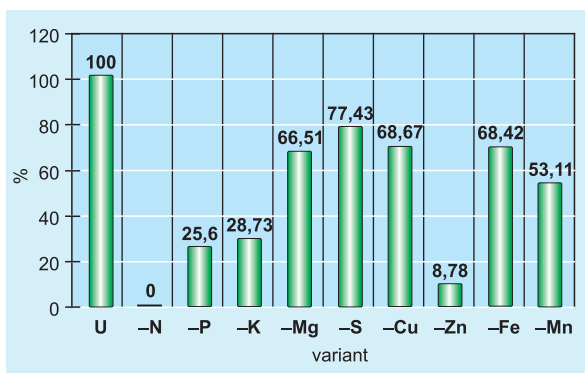
Obrázok 1: Vplyv úplnej a deficitnej výživy vybranými makroelementmi a mikroelementmi na hmotnosť nadzemnej fytohmoty kukurice siatej

Figure 1: Effect of complete and deficient nutrition by selected macroelements and microelements on the weight of maize aboveground phytomass



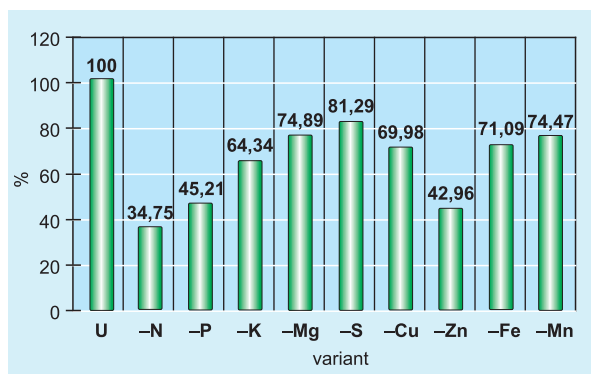
Obrázok 2: Vplyv úplnej a deficitnej výživy vybranými makroelementmi a mikroelementmi na hmotnosť šúľkov spolu so zrnom kukurice siatej

Figure 2: The effect of complete and deficient nutrition by selected macroelements and microelements on weight of maize cobs with corn



Obrázok 3: Vplyv úplnej a deficitnej výživy vybranými makroelementmi a mikroelementmi na hmotnosť slamy kukurice siatej

Figure 3: The effect of complete and deficient nutrition by selected macroelements and microelements on maize straw weight



Je známe, že kukurica siata veľmi dobre reaguje na hnojenie meďou a zinkom, dobre na hnojenie bórom, molybdénom, mangánom a železom. Hnojenie inými mikroelementmi je málo efektívne (7).

Údaje na obrázkoch 1 až 3 vypovedajú, že zo štyroch testovaných mikroelementov, najväčší vplyv na tvorbu generatívnych i vegetatívnych orgánov mal zinok. Deficit zinku sa na tvorbe úrody zŕn podieľal významnejšie (91,22 %) ako na tvorbe slamy (57,04 %). Vplyv nedostatku Zn na tvorbu zŕn bol výraznejší ako vplyv fosforu, draslíka, horčíka či síry. Zistené je v súlade s poznatkami autorov (9, 10), ktorí odporúčajú pestovateľom kukurice venovať zvýšenú pozornosť hnojeniu zinkom.

Zo všetkých deväť testovaných prvkov, úrodu zŕn kukurice siatej najviac negatívne ovplyvnil nedostatok N, potom nedostatok Zn a následne P, K, Mn, Mg, Fe, Cu, S. Tvorbu slamy taktiež najviac negatívne ovplyvnil nedostatok N, potom Zn, P, K, Cu, Fe, Mn, Mg, S.

Pri realizácii predloženého pokusu sa zaznamenal jeden menej známy poznatok, a to že na variante s deficitom draslíka v pestovateľskom substráte, sa na rozdiel od ostatných variantov nedopestovalo žlté zrnó, ale zrnó žihané, majúce červené až fialové pružky, prípadne časť zrna bola zafarbená do sivočierna, resp. sfarbenie niektorých zŕn bolo tmavomodré (obr. 4). Pravdepodobnou príčinou objavenia sa červených až fialových pružkov, prí-

Obrázok 4: Červeno až modrofialovo, resp. sivočierno žihané zrná kukurice siatej a neopelená špička ako dôsledok nedostatku draslíka

Figure 4: From red to blue-violet, grey-black brindle coloured maize corn and unpainted peak as a result of potassium deficiency



padne tmavomodrej farby zrna bola skutočnosť, že draslík významne ovplyvňuje glycidový metabolizmus (5), pričom pri jeho poruchách sa v nadmernej miere tvoria antokyány (13). Antokyány sú vodou rozpustné pigmenty, ktorých farba môže byť červená, fialová, modrá (12).

Okrem, doposiaľ nám neznámeho zaznamenania žltaného zafarbenia zrn kukurice v dôsledku nedostatku draslíka, sa zaznamenal i dlhodobo známy poznatok o nepelení špičky kukuričného šúľka (obr. 4) v dôsledku nedostatku draslíka (6).

Záver

Prezentované poznatky spresnili (číselne vyjadrili) význam racionálnej výživy kukurice siatej vybranými makroelementmi a mikroelementmi (N, P, K, Mg, S, Cu, Zn, Fe a Mn) a zároveň priniesli unikátny poznatok o zmene farby kukuričného zrna v dôsledku výrazného nedostatku draslíka v pestovateľskom substráte.

Literatúra

- (1) BALIGAR, V. C. – N. K. FAGERIA – HE, Z. L. 2001. Nutrient use efficiency in plants. In Communications in soil science and plant analysis, vol. 32, 2001, no. 7–8, pp. 921–950.
- (2) BERGMANN W. 1992. Nutritional disorders of plants. Development, visual and analytical diagnosis. Colour atlas. Jena, Gustav Fischer Verlag, 1992, 386 p. ISBN 3-334-60423-3.
- (3) DETURK, E. E. 1941. Plant nutrient deficiency symptoms. In Physiological basis industrial & engineering chemistry, vol. 33, 1941, no. 5, pp. 648–653.
- (4) FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín: Nitra – Šaľa : SPU a Duslo, 2000, 452 s. ISBN 80-7137-777-5.

- (5) IVANIČ, J. – HAVELKA, B. – KNOP, K. 1984. Výživa a hnojenie rastlín. Bratislava a Praha: Príroda a SZN, 1984, 488 s.
- (6) KIRÁLY, Z. 1976. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects on nutrients in fertilizers. In Fertilizer use and plant health, Proceedings of colloquium 12, Atlanta, GA: International potash institute, 1976, pp. 33–46.
- (7) KOVÁČIK, P. 2009. Výživa a systémy hnojenia rastlín. České Budějovice : Kurent, s. r. o., 2009, 109 s. ISBN 978-80-87111-16-1.
- (8) KOVÁČIK, P. 2014. Princípy a spôsoby výživy rastlín. Nitra : SPU, 2014, 278 s. ISBN 978-80-552-1193-0.
- (9) RICHTER, R. – RYANT. P. – HLUŠEK, J. – FRYŠČÁKOVÁ, E. 2004. Multimediální učební texty z výživy rostlin. http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/htm/biogenní_prvky/a_index_biogen.htm. 23.november, 2018
- (10) RUFFO, M. – OLSON, R. – DAVEREDE, I. 2016. Maize yield response to zinc source and effectiveness of diagnostic indicators. In Communications in soil science and plant analysis, vol. 47, 2016, no. 2.
- (11) SHIVE, J. W. 1915. A three-salt Nutrient solution for plants. In American Journal of Botany, vol. 2, 1915, no. 4, pp. 157–160. <http://www.jstor.org/stable/2435048>
- (12) VOLLMANNOVÁ, A. – MUSILOVÁ, J. – URMINSKÁ, D. et al. 2018. Chémia potravín. Nitra : SPU, 2018, 543 s. ISBN 978-80-552-1814-4.
- (13) WALLACE, T. 1961. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. 3rd ed., London : Her Majesty's Stationery Office, 1961, 124 p.

prof. Ing. Peter Kováčik, CSc.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Katedra agrochémie a výživy rastlín
Tr. Andreja Hlinku 2, 949 01 Nitra
e-mail: peter.kovacik@uniag.sk

Pôdna organická hmota a pôdna štruktúra hnedozeme ovplyvnená pridaním biohľia a biohľia s N hnojivom

Soil organic matter and soil structure of Haplic Luvisol affected of biochar and biochar with N fertilizer

Martin Juriga, Vladimír Šimanský

The study was conducted on experimental site of SUA in Nitra (Dolná Malanta) on a silty loam Haplic Luvisol as a part of biochar experiment, during the vegetation season of corn in 2017. The aims of study were (1.) to quantify the extent to which individual rates of biochar: 0 t.ha⁻¹, 10 t.ha⁻¹ and 20 t.ha⁻¹ (B0, B10 and B20) and biochar with N fertilizer at the rate of 240 kg.ha⁻¹ affected soil organic matter (SOM) and soil structure parameters, (2.) to evaluate the dynamic changes of SOM and soil structure parameters to relate on application rates of biochar and biochar in combination with N, and (3.) to determine the interrelationships between SOM and soil structure parameters. The results

showed that the application rate 20 t.ha⁻¹ of pure biochar (B20) had the strongest effects on evaluated parameters SOM and soil structure. In comparison to the control (B0), the biochar dose of 20 t.ha⁻¹ statistical significantly increased the soil organic carbon content (C_{org}) by 29%. There was the extractability of humic substances carbon (CHS), humic acids carbon (C_{HA}) and fulvic acids carbon (C_{FA}) decreased by 18%, 16% and 20%, respectively than B0 treatment, at B20 treatment. At the same time, the higher rate of pure biochar significantly increased content of the water-stable macro-aggregates (WSA_{ma}), the mean weight diameter of water-stable aggregates (MWD_w) and the index of water-stable aggregates (S_w) by 10%, 37% and 11%, respectively, compared to the B0. In B20, during the vegetation season of corn, we also observed statistical significantly dynamic changes in follows parameters: C_{HA}, labile carbon (C_L), C_{FA}, C_{HA} : C_{FA} and colour quotient of humic acids (Q_{HA}). In addition, significant changes in dynamics of soil structure parameters were observed at B20 treatment. These dynamics are the best expressed the quadratic polynomial model. Content of C_L positively correlated with WSA_{ma} (r = 0.384, P ≤ 0.05), MWD_w (r = 0.427, P ≤ 0.05) and S_w (r = 0.393, P ≤ 0.05). At the same time, C_L negatively correlated with WSA_{mi} (r = -0.384, P ≤ 0.05) and K_v (r = -0.466, P ≤ 0.01). Higher content of C_{HA} resulted in higher MWD_d and K_v values. Between Q_{HA} and MWD_d (r = -0.576, P ≤ 0.001) and K_v (r = -0.559, P ≤ 0.01) negative correlations were confirmed.

biochar, nitrogen fertilization, organic carbon, aggregation

Pôdna organická hmota (POH) je kľúčovou súčasťou každého ekosystému. POH zahŕňa rastlinné a živočíšne zvyšky v rôznych štádiách rozkladu, od čerstvých nerozložených materiálov až po humus (22). Humus predstavuje amorfnú, koloidnú organickú hmotu, ktorej rozklad je veľmi pomalý. Skladá sa zo stabilných prírodných organických komplexov tvorených produktmi biologického rozkladu a resyntézy (18). POH zohráva v pôde mnoho významných úloh, napr. slúži ako rezervoár živín a vody, podieľa sa na tvorbe a stabilite pôdnych agregátov, na iónovej výmene či sekvestracii C a plní i mnoho iných významných funkcií v pôde.

Pôdna štruktúra predstavuje priestorové usporiadanie jednotlivých častíc, agregátov a pórov medzi nimi. Zohráva významnú úlohu v mnohých procesoch. Pôdna štruktúra sa primárne týka procesu agregácie, pri ktorom dochádza k tvorbe pôdnych agregátov. Najskôr sa medzi sebou viažu minerálne a organické častice. Potom sa vzniknuté agregáty spájajú s časticami piesku a prachu, ako aj s organickými zvyškami a tvoria tak väčšie agregáty rôznych veľkostí (23). Pôdny organický uhlík a jeho frakcie sú základnými elementmi agregáčného procesu. Pôdny agregát je základná stavebná jednotka pôdnej štruktúry, ktorá zohráva kľúčovú úlohu pri zachovávaní úrodnosti pôdy. Množstvo, ale i kvalita organickej hmoty v pôde zohráva podstatnú úlohu pri tvorbe a stabilizácii pôdnych agregátov (22). Na druhej strane, pôdne agregáty stabilizujú C prostredníctvom zabezpečenia fyzických bariér voči mikroorganizmom a tým podporujú zadržiavanie C v pôde (23).

V poslednom období narastá záujem o pridávanie biouhlia do pôdy (31). Biouhlie predstavuje pevnú hmotu vyrobenú z rôzneho organického materiálu v procese zvanom pyrolýza, pri teplote vyššej ako 350 °C, v prostredí bez alebo s obmedzeným prístupom kyslíka. Používanie biouhlia, ako pôdneho aditíva, sa javí ako vhodná alternatíva pre dlhodobú sekvestraciu C v pôde. Odhadovaná dĺžka trvania účinku biouhlia na ukladanie C je niekoľko stoviek až tisícok rokov (9). Vďaka veľkej ploche merného povrchu a pórovitosti môžu mať častice biouhlia vysokú sorpčnú schopnosť, čím podporujú tvorbu kationových mostíkov, prostredníctvom ktorých sa spájajú minerálne i organické častice s časticami biouhlia (31). Okrem toho biouhlie môže podporiť rozvoj a aktivitu pôdnych mikroorganizmov (12), ktoré vylučujú extrakty s cementačným účinkom (2). Účinky biouhlia sú závislé najmä od jeho vlastností, ktoré sú ovplyvnené predovšetkým typom vstupnej suroviny, teplotou pyrolýzy či dĺžkou trvania tohto procesu (20).

Na základe množstva rôznych štúdií z tejto oblasti predpokladáme, že aplikácia biouhlia by mohla priaznivo pôsobiť na hodnotené parametre pôdnej organickej hmoty a pôdnej štruktúry. Preto aj cieľom tejto štúdie bolo:

1. sledovať účinky biouhlia a biouhlia s N na parametre pôdnej organickej hmoty a pôdnej štruktúry,
2. posúdiť dynamiku zmien hodnotených parametrov počas vegetačného obdobia kukurice siatej,
3. určiť vzájomné vzťahy medzi parametrami pôdnej organickej hmoty a pôdnej štruktúry.

Materiál a metodika

Štúdia sa uskutočnila na experimentálnej báze SPU Nitra na lokalite Dolná Malanta (48° 10' 00" S, 18° 09' 00" W) počas vegetačného obdobia kukurice siatej (2017). Územie leží približne 5 km od mesta Nitra. Z geografického

hľadiska sa oblasť rozprestiera na rozhraní sprašových sedimentov pohoria Tribeč a Žitavskej pahorkatiny, v nadmorskej výške 170 m n. m. Pôdny typ je klasifikovaný ako hnedozem kultizemná. Pôda je stredne ťažká, hlinitá až piesočnato-hlinitá. Územie je zaradené do suchého a teplého agro-klimatického pásma, s priemernou ročnou teplotou vzduchu 10,2 °C a priemerným ročným úhrnom atmosférických zrážok 540 mm.

Experiment bol založený na jar v roku 2014. Za obdobie rokov 2014 – 2017 sa na ploche vystriedali tieto plodiny: jarný jačmeň, kukurica siata (na zrno), pšenica jarná a opäť kukurica siata (na zrno). Aplikácia biouhlia bola realizovaná na začiatku experimentu v dvoch dávkach, a to 10 t.ha⁻¹ a 20 t.ha⁻¹. Biouhlie bolo vyrobené z obilných pliev a odpadového kalu, vytvoreného pri výrobe papiera v pomere 1 : 1, pri teplote pyrolýzy 500 °C. Jeho vlastnosti a základné zloženie sú uvedené v tabuľke 1. Ako dusíkaté hnojivo sa používal LAD 27, ktorý sa každoročne aplikoval v dvoch dávkach. Jeho dávky záviseli od požiadaviek konkrétnej plodiny pestovanej v danom roku. V roku 2017 boli použité dávky 160 kg.ha⁻¹ a 240 kg.ha⁻¹ N. Táto štúdia však bola zameraná na účinok vyššej dávky N. Prehľad testovaných variantov je uvedený v tabuľke 2.

Tabuľka 1: Základné vlastnosti biouhlia

Table 1: The basic properties of biochar

Ca	57 g.kg ⁻¹
Mg	3,9 g.kg ⁻¹
K	15 g.kg ⁻¹
N	0,7 g.kg ⁻¹
Celkový C (1)	53,1 %
Celkový N (2)	1,4 %
Popol (3)	38,3 %
pH	8,8
Veľkosť biouhlia (4)	1 – 5 mm
Merný povrch (5)	21,7 m ² .g ⁻¹

(1) content of total carbon, (2) content of total nitrogen, (3) ash, (4) particles size, (5) surface area

Tabuľka 2: Prehľad hodnotených variantov

Table 2: Overview of the evaluated treatments

Variant (1)	Popis variantu (2)
B0 (3)	kontrola
B10 (4)	biouhlie v dávke 10 t.ha ⁻¹
B20 (5)	biouhlie v dávke 20 t.ha ⁻¹
B10 + N (6)	biouhlie v dávke 10 t.ha ⁻¹ + N hnojivo
B20 + N (7)	biouhlie v dávke 20 t.ha ⁻¹ + N hnojivo

(1) treatment, (2) description of treatments, (3) control, (4) 10 t.ha⁻¹ of biochar, (5) 20 t.ha⁻¹ of biochar, (6) 10 t.ha⁻¹ of biochar and nitrogen, (7) 20 t.ha⁻¹ of biochar and nitrogen

Vzorky pôdy boli zo všetkých variantov odoberané v pravidelných mesačných intervaloch počas vegetačného obdobia kukurice siatej v roku 2017. Každý odber bol realizovaný z hĺbky 0 – 0,25 m. Zo vzoriek pôdy boli odstránené väčšie organické zvyšky. Následne boli vzorky vysušené pri laboratórnej teplote. Napokon boli hodnotené tieto parametre pôdnej organickej hmoty a pôdnej štruktúry:

- o obsah celkového organického uhlíka (C_{org}) (27),
- o obsah labilného uhlíka (C_L) (15),
- o skupinové zloženie humusových látok (11),

- o farebný kvocient humusových látok (Q_{HL}) a farebný kvocient huminových kyselín (Q_{HK}),
- o stupeň humifikácie (SH),
- o frakcie vodoodolných agregátov: WSA (frakcie: >5 mm; 5 – 3 mm; 3 – 2 mm; 2 – 1 mm; 1 – 0,5 mm; 0,5 – 0,25 mm a <0,25 mm) (8),
- o stredný vážený priemer agregátov získaný preosievaním za sucha (MWD_d),
- o stredný vážený priemer vodoodolných agregátov získaný preosievaním za mokra (MWD_w),
- o koeficient zraniteľnosti (K_v) (28),
- o index stability vodoodolných makro-agregátov vypočítaný, na základe zrnitostného zloženia a percentuálneho zastúpenia vodoodolných makro-agregátov (33).

Jednotlivé parametre organickej hmoty a pôdnej štruktúry sme hodnotili pomocou jednofaktorovej analýzy rozptylu. Priemerné hodnoty medzi variantmi boli testované pomocou LSD testu s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Dynamiku zmien parametrov POH a pôdnej štruktúry sme hodnotili prostredníctvom regresnej analýzy. Na určenie závislosti medzi parametrami pôdnej štruktúry a pôdnej organickej hmoty sme použili jednoduchú korelačnú maticu.

Výsledky a diskusia

Účinok biouhľia a biouhľia s N na parametre POH a pôdnej štruktúry

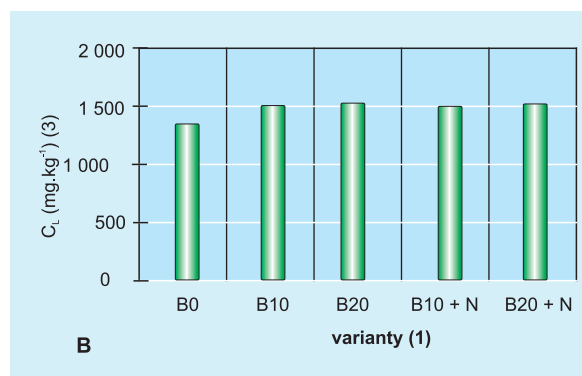
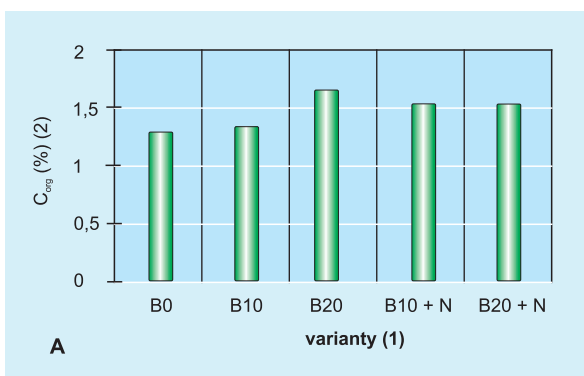
Celkový organický uhlík (C_{org}), reprezentuje pomerne stabilnú frakciu organickej hmoty a preto zmeny v jeho obsahu najmä v krátkom časovom úseku prostredníctvom bežných agronomických postupov nie sú detekované (30). Biouhlie je bohaté najmä na stabilnú frakciu C, a to vďaka jeho aromatickej povahe (21). Podľa Hamer et al. (7) majú pôdy obohatené biouhlím väčšinou vyšší obsah C, ako pôdy bez jeho aplikácie. Naše výsledky ukázali, že aplikácia samotného biouhľia štatisticky významne zvýšila obsah C_{org} a to pri vyššej dávke biouhľia (B20) o 22 % oproti kontrole (B0). Keď bolo biouhlie aplikované spolu s N hnojivom, rovnaký nárast C_{org} bol dosiahnutý pri oboch dávkach biouhľia, a to o 17 %, v porovnaní s kontrolou (obr. 1A). Guo et al. (6) tiež poukázali na pozitívny účinok N hnojiva na nárast obsahu C_{org} v pôde, keďže N hnojenie stimulovalo mikrobiálnu aktivitu a tiež vyššiu produkciu koreňových zvyškov. Labilný uhlík (C_L) je považovaný za

frakciu s vysokou aktivitou a ľahko podlieha pôsobeniu rastlín a mikroorganizmov, pre ktoré je cenným zdrojom energie. Je teda náchylný na oxidáciu, rozklad a jeho obsah sa preto nepočíta k dlhodobým zásobám C v pôde (21). Významný nárast obsahu C_L v pôdach po pridaní biouhľia bol pozorovaný v mnohých štúdiách (napr. 29, 34). Tieto výsledky však boli získané v krátkom časovom intervale po pridaní biouhľia a neskôr došlo k poklesu C_L . Pri hodnotení C_L sme nepozorovali žiadne významné zmeny vplyvom aplikácie biouhľia ani biouhľia s N (obr. 1B), čo môže byť spôsobené tým, že tieto výsledky sme získali až vo štvrtom roku, po tom ako bolo biouhlie aplikované do pôdy. To vysvetľuje zistenie Shackley et al. (21), že pomerne malý obsah C_L prítomný v biouhľí podlieha mineralizácii v pomerne krátkom čase po aplikácii biouhľia.

Humus je pomerne stabilná a odolná zložka POH. Humifikácia je všeobecne definovaná, ako proces transformácie ľahko rozložiteľnej organickej hmoty na plne stabilizované humusové látky. Chemická povaha biouhľia je charakterizovaná vysokým stupňom polymerizácie humusových látok (HL). HL predstavujú dôležité frakcie POH. Zvyčajne sa delia na humínové kyseliny (HK), fulvokyseliny (FK) a humín (HU), v závislosti od ich rozpustnosti v roztokoch s rôznym pH (29). Podľa Song et al. (24) môže byť obsah HL v pôde najviac ovplyvnený druhom aplikovaného hnojiva. Okrem toho poukázal na zmenu molekulárnej štruktúry HL vplyvom dlhodobého hnojenia. Z našich výsledkov je zrejmé, že aplikácia 20 t.ha⁻¹ samotného biouhľia významne znížila extrahovateľnosť uhlíka huminových kyselín (C_{HK}) a uhlíka fulvokyselín (C_{FK}) o 16 % a o 20 % (obr. 2A, 2B). Biouhlie môže pôsobiť rôzne na extrahovateľnosť uhlíka humusových látok (C_{HL}). Jeho aplikácia má stimulačný účinok na aktivitu pôdných mikroorganizmov (12) a C_{HL} môže byť degradovaný pôdnymi baktériami (14). Napríklad, Zhao et al. (34) poukázali na teplotu pyrolýzy, ako na významný faktor pôsobiaci na výsledný účinok biouhľia na obsah C_{HL} v pôde. Podľa týchto autorov (34), vyššia teplota pyrolýzy vedie k nižšej extrahovateľnosti C_{HK} . Biouhlie vyrobené pri nižšej teplote obsahuje vyšší podiel alifatických frakcií C, ktoré sa môžu podieľať na tvorbe HK a FK pri svojom rozklade. Na druhej strane, biouhlie vyrobené pri vyšších teplotách sa vyznačuje vyšším obsahom aromatického C (21), ktorý by mohol zvýšiť kondenzáciu alebo polymerizáciu HK vodíkovou väzbou, čo by viedlo

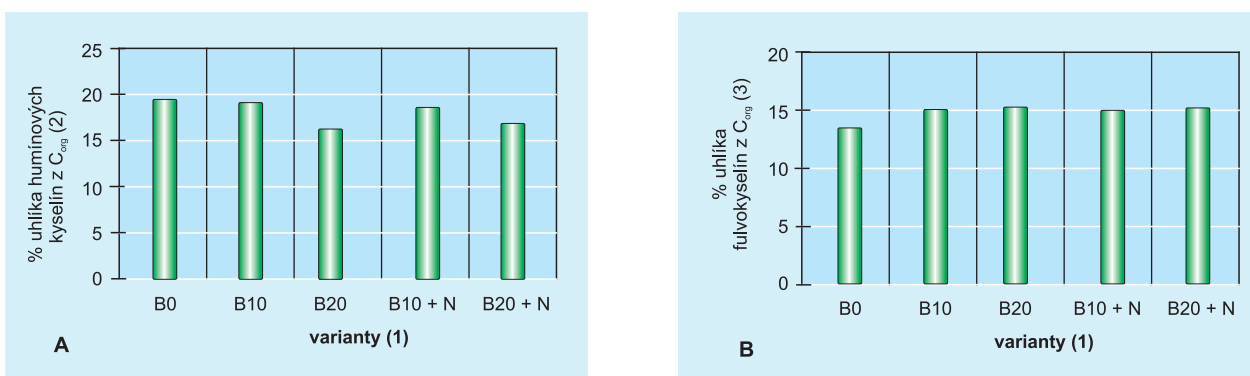
Obrázok 1: Obsah A) celkového organického uhlíka, B) labilného uhlíka

Figure 1: The content of A) total organic carbon, B) labile carbon



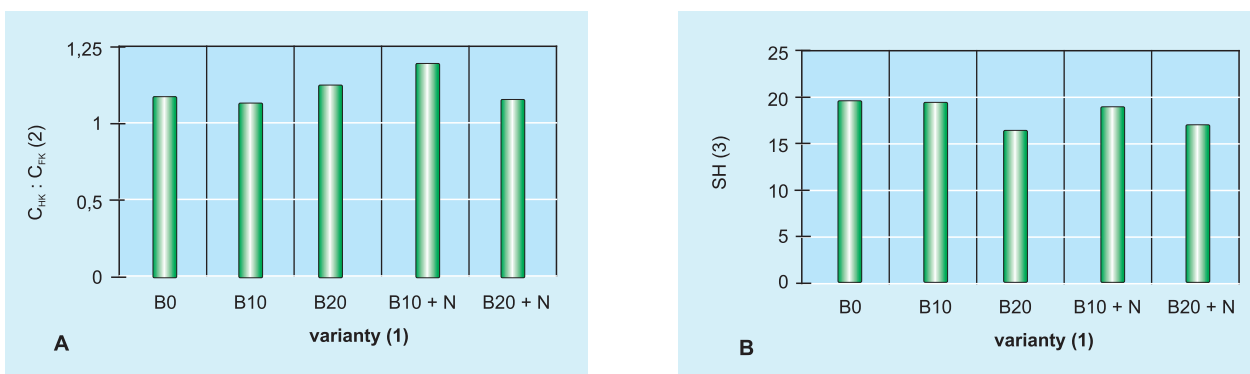
(1) treatments, (2) soil organic carbon content, (3) labile carbon content

Obrázok 2: Extrahovateľnosť A) uhlíka humínových kyselín, B) uhlíka fulvokyselín
Figure 2: Extractability of A) humic acids carbon, B) fulvic acids carbon



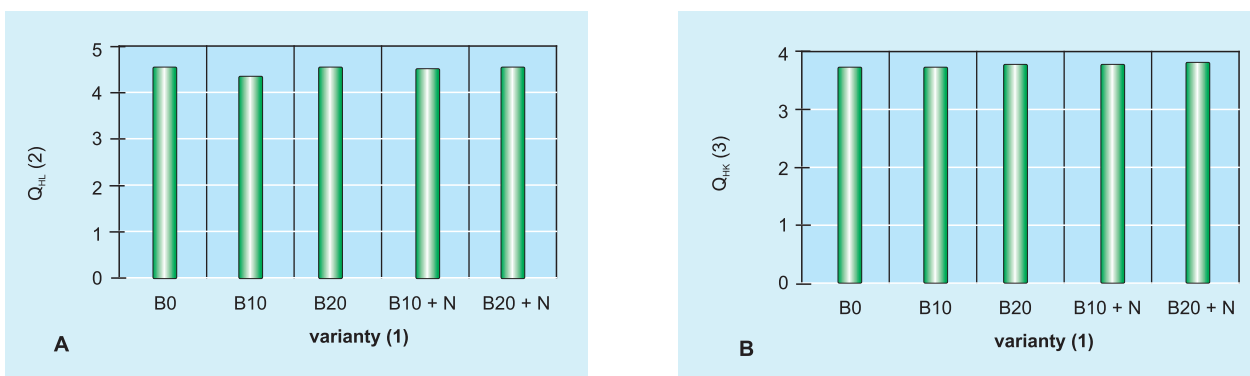
(1) treatments, (2) percentage content of humic acids carbon from soil organic carbon, (3) percentage content of fulvic acids carbon from soil organic carbon

Obrázok 3: Kvalitatívne parametre humusu A) pomer uhlíka humínových kyselín k uhlíku fulvokyselín, B) stupeň humifikácie
Figure 3: Qualitative humus parameters A) humic acids carbon to fulvic acids carbon ratio, B) degree of humification



(1) treatments, (2) humic acids carbon to fulvic acids carbon ratio, (3) degree of humification

Obrázok 4: Farebný kvocient A) humusových látok, B) humínových kyselín
Figure 4: Colour quotient of A) humic substances, B) humic acids

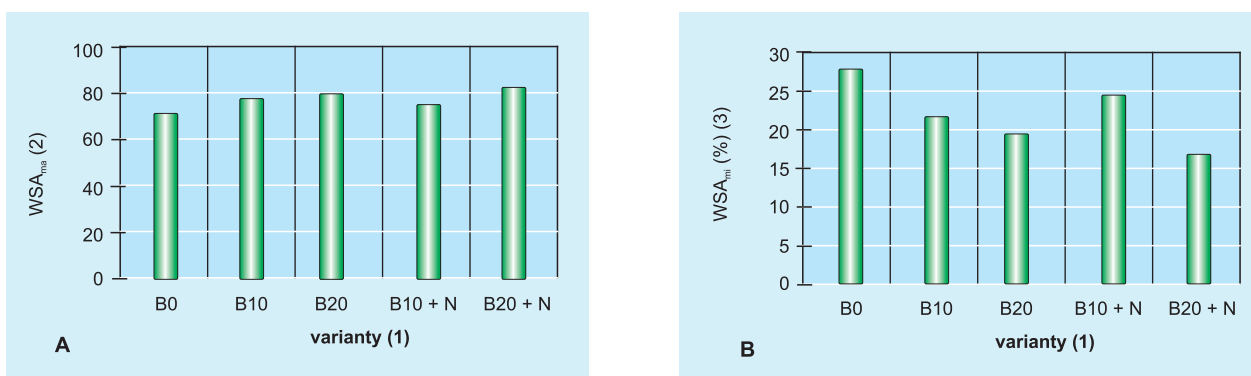


(1) treatments, (2) colour quotient of humic substances, (3) colour quotient of humic acids

k poklesu C_{HK} (34). Madari et al. (16) pozorovali zvýšenie obsahu frakcie C_{HL} vplyvom pôsobenia biouhľia, už v prvom roku po jeho aplikácii. Podľa nich by tento účinok biouhľia mohol byť spôsobený vysokým obsahom extrahovateľného C v pridanom biouhľí. Periférne štruktúry

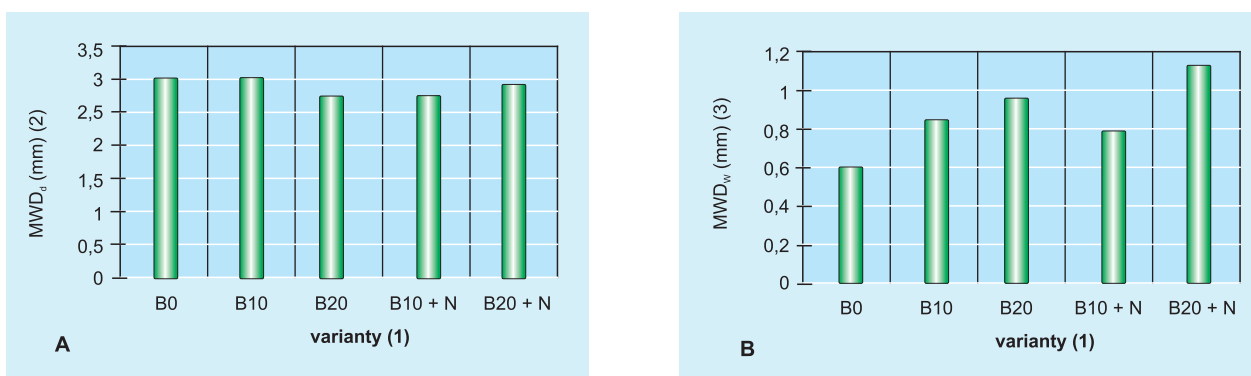
v kondenzovanom aromatickom jadre podliehajú časom pomalej oxidácii (21). Hnojenie N hnojivom môže často viesť k poklesu pH, čím by sa tiež mohla znížiť extrahovateľnosť C_{HL} (16). Kombinovaná aplikácia oboch dávok biouhľia s N tiež štatisticky významne znížila extrahova-

Obrázok 5: Obsah vodoodolných A) makroagregátov, a B) mikroagregátov
Figure 5: Content of water-stable A) macroaggregates, B) microaggregates



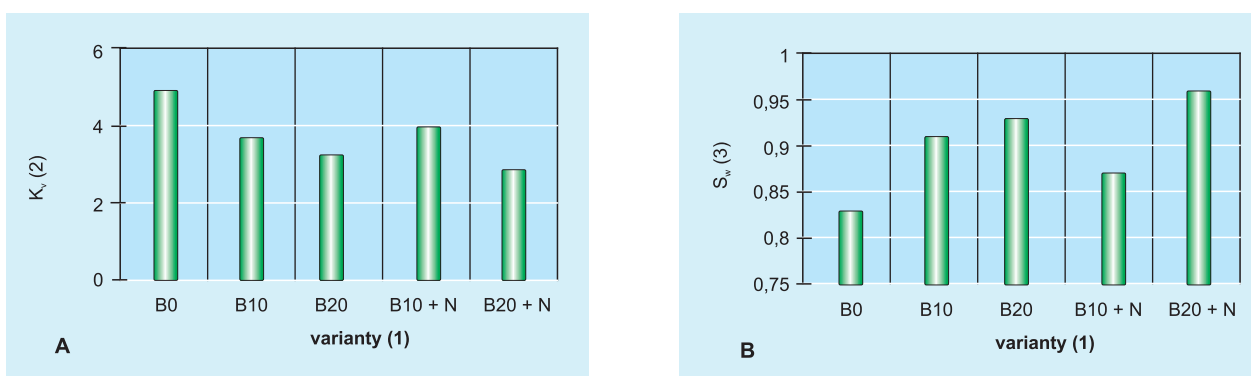
(1) treatments, (2) content of water-stable macroaggregates, (3) content of water-stable microaggregates

Obrázok 6: Stredný vážený priemer agregátov získaný preosievaním za A) sucha, B) za mokra
Figure 6: Mean weight diameter of A) aggregates for dry sieving, B) water-stable aggregates



(1) treatments, (2) mean weight diameter of aggregates for dry sieving, (3) mean weight diameter of water-stable aggregates

Obrázok 7: Parametre pôdnej štruktúry A) koeficient zraniteľnosti, B) index stability vodoodolných makroagregátov
Figure 7: Soil structure parameters A) vulnerability coefficient, B) stability index of water-stable macroaggregates



(1) treatments, (2) vulnerability coefficient, (3) stability index of water-stable macroaggregates

teľnosť C_{HK} o 7 % (B10 + N) a o 13 % (B20 + N) a kombinácia 20 t.ha⁻¹ biouhľia s N aj extrahovateľnosť C_{FK} o 9 % (B20 + N). Znížená extrahovateľnosť C_{HK} sa zároveň odzrkadľila na kvalite (obr. 3A) a stabilite humusu (obr. 4A, 4B), ale i na znížení stupňa humifikácie (obr. 3B). Jeho hodnota (SH) sa vo variantoch s 20 t.ha⁻¹ biouhľia znížila o 16 % (B20) a o 13 % (B20+N), oproti kontrole (B0). Tieto výsledky môžu mať súvislosť so sorpčnou schopnosťou aplikovaných častíc biouhľia, ktoré znižujú prístupnosť C pre enzymatickú aktivitu vedúcu k procesu humifikácie (13).

Pri väčšine hodnotených parametrov pôdnej štruktúry sa prejavil pozitívny účinok aplikácie biouhľia a biouhľia s N (obr. 7). Iba stredný vážený priemer agregátov získaný preosieváním za sucha (MWD_d) nebol aplikáciou významne ovplyvnený. Podľa Sui et al. (25) sú obsah vodoodolných makro-agregátov (WSA_{ma}) a stredný vážený priemer agregátov získaný preosieváním za mokra (MWD_w) vhodnými ukazovateľmi pre hodnotenie zmien v dôsledku rozdielného hospodárenia na pôde. Pôdy, ktoré majú vyššie hodnoty WSA_{ma} a MWD_w sú zvyčajne bohatšie na obsah organického C. Tieto pôdy by preto mali byť odolnejšie voči degradácii a erózii. Zvýšenie stability pôdnych agregátov v pôde obohatenej o biouhlie bolo potvrdené vo viacerých štúdiách (26, 20). V našom prípade, prídanie 20 t.ha⁻¹ samotného biouhľia štatisticky významne zvýšilo hodnoty WSA_{ma} o 10 %, MWD_w o 37 % a indexu stability vodoodolných makro-agregátov (S_w) o 11 %, v porovnaní s kontrolou. Zvýšený podiel makro-agregátov sa prirodzene prejavil na poklese podielu mikro-agregátov. Vo variante B20 sme teda zistili aj významne nižšiu hodnotu WSA_{mi} ako na variante B0, a to o 30 %. Menšie zastúpenie mikro-agregátov sa zároveň prejavilo na znížení koeficientu zraniteľnosti (K_v), ktorý podľa Valla et al. (33) vyjadruje mieru, akou dochádza k znížovaniu veľkostí agregátov. Jeho hodnota bola vo variante B20 nižšia o 34 %, v porovnaní s B0. Aplikácia 20 t.ha⁻¹ biouhľia v kombinácii s N tiež priaznivo pôsobila na hodnotené parametre pôdnej štruktúry. Vo variante B20 + N boli dosiahnuté vyššie hodnoty: WSA_{ma} , MWD_w a S_w , a to o 13 %, 46 % a 14 % a nižšie hodnoty:

WSA_{mi} a K_v , o 40 % a 42 %, ako vo variante B0. Fonte et al. (3), ale i Jiang et al. (10) dokázali negatívny účinok samotného N hnojiva na parametre pôdnej štruktúry, ale zároveň pozitívny účinok aplikácie N hnojiva s kompostom či inými organickými hnojivami. Prídanie C v komposte malo preukázateľný účinok na elimináciu negatívneho dopadu N hnojenia (3). Biouhlie predstavuje bohatý zdroj C a ak je kombinovaný s N, môže mať pozitívny efekt na hodnotené parametre ako to potvrdili naše zistenia.

Dynamika zmien parametrov POH a pôdnej štruktúry za sledované obdobie

Priebeh dynamiky zmien hodnotených parametrov POH a humusu, v priebehu vegetačného obdobia kukurice sietej (2017) je zobrazený na obrázku 8A až 8H. V dynamike zmien C_{org} sme počas sledovaného obdobia nepozorovali žiadny štatisticky významný (lineárny, polynomický, exponenciálny, logaritmický) trend (tab. 3). To je pravdepodobne spôsobené tým, že organické materiály, ako je biouhlie sú pomerne stabilné zdroje C v pôde a preto bývajú mineralizované a humifikované pomaly (21). Stabilitu biouhľia potvrdili tiež Barriga et al. (1), ktorí uviedli, že obsah C_{org} zostal stabilný počas celého sledovaného obdobia. Na druhej strane, výrazné zmeny sú zvyčajne pozorované v prípade C_L . C_L je často používaný ako citlivý ukazovateľ krátkodobých zmien v pôde (21). Štatisticky významné trendy narastania obsahu C_L sme na základe hodnôt koeficientu determinácie (R^2) zistili v prípade kontroly (B0) a variantov so samotným biouhlím (B10 a B20) (tab. 3). Najvyšší nárast C_L bol zaznamenaný vo variante B0 ($R^2 = 0,81$), zatiaľ čo so zvyšujúcou sa dávkou biouhľia nadobudla intenzita rastu klesajúcu tendenciu: B10 ($R^2 = 0,77$), B20 ($R^2 = 0,73$). Významným zdrojom C_L vo všetkých variantoch mohli byť organické zvyšky pestovaných plodín, ktoré sú podľa Yan et al. (32) vysoko účinné pri zvyšovaní obsahu C_L v pôde. C_L môže byť v pôde absorbovaný časticami biouhľia (13), čo mohlo obmedziť mieru jeho narastania na variantoch s biouhlím. Najlepšie dynamiku zmien C_L popisoval podľa R^2 polynomický model. V B20 okrem polynomickeho trendu dobre dynamiku zmien popisovali

Tabuľka 3: Trendy hodnotených parametrov pôdnej organickej hmoty v priebehu vegetačného obdobia 2017 na jednotlivých variantoch.

Table 3: Trends of evaluated soil organic matter parameters at individual treatments during vegetation season in 2017.

Variant (1)	Lineárny (2)		Polynomický (3)		Exponenciálny (4)		Logaritmický (5)	
	rovnica (6)	R^2 (7)	rovnica	R^2	rovnica	R^2	rovnica	R^2
C_{org} (8)								
B0	$y = -0,01x + 1,32$	0,05	$y = 0,01x^2 - 0,10x + 1,44$	0,15	$y = 1,31e^{-0,009x}$	0,04	$y = -0,06\ln(x) + 1,34$	0,13
B10	$y = -0,02x + 1,40$	0,24	$y = 0,01x^2 - 0,10x + 1,51$	0,45	$y = 1,40e^{-0,014x}$	0,23	$y = -0,07\ln(x) + 1,41$	0,37
B20	$y = 0,04x + 1,53$	0,19	$y = -0,03x^2 + 0,22x + 1,28$	0,42	$y = 1,53e^{0,0213x}$	0,20	$y = 0,11\ln(x) + 1,53$	0,24
B10 + N	$y = 0,01x + 1,39$	0,03	$y = 0,01x^2 - 0,08x + 1,50$	0,09	$y = 1,38e^{0,0085x}$	0,03	$y = 0,01\ln(x) + 1,42$	0,00
B20 + N	$y = -0,03x + 1,74$	0,23	$y = 0,02x^2 - 0,16x + 1,91$	0,37	$y = 1,74e^{-0,019x}$	0,22	$y = -0,12\ln(x) + 1,75$	0,36
C_L (9)								
B0	$y = -3,72x + 1\ 384$	0,00	$y = 60,68x^2 - 429x + 1\ 950$	0,81	$y = 1\ 363e^{-5E-04x}$	5E-01	$y = -76,75\ln(x) + 1\ 455$	0,08
B10	$y = 45,71x + 1\ 354$	0,58	$y = 17,93x^2 - 79,8x + 1\ 521$	0,77	$y = 1\ 362e^{0,0296x}$	0,56	$y = 105,61\ln(x) + 1\ 398$	0,39
B20	$y = 102,6x + 1\ 177$	0,73	$y = 4,58x^2 + 70,51x + 1\ 220$	0,73	$y = 1\ 207e^{0,0664x}$	0,75	$y = 277,5\ln(x) + 1\ 232$	0,67
B10 + N	$y = 18,22x + 1\ 392$	0,04	$y = 49,08x^2 - 325x + 1\ 850$	0,60	$y = 1\ 394e^{0,0103x}$	0,02	$y = 7,47\ln(x) + 1\ 447$	0,00
B20 + N	$y = 17,51x + 1\ 437$	0,09	$y = 29,63x^2 - 190x + 1\ 713$	0,65	$y = 1\ 439e^{0,0108x}$	0,07	$y = 22,39\ln(x) + 1\ 474$	0,02

C_{org} – celkový organický uhlík, C_L – labilný uhlík

(1) treatment, (2) linear, (3) polynomial, (4) exponential, (5) logarithmic, (6) equation, (7) coefficient of determination, (8) total organic carbon, (9) labile carbon

Tabuľka 4: Trendy hodnotených kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov humusu v priebehu vegetačného obdobia 2017 na jednotlivých variantoch

Table 4: Trends of evaluated quantitative and qualitative humus parameters at individual treatments during vegetation season in 2017

Variant (1)	Lineárny (2)		Polynomický (3)		Exponenciálny (4)		Logaritmický (5)	
	rovnica (6)	R ² (7)	rovnica	R ²	rovnica	R ²	rovnica	R ²
C_{HL} (8)								
B0	$y = 0,10x + 35,96$	0,01	$y = -0,18x^2 + 1,35x + 34,29$	0,07	$y = 35,83e^{0,0035x}$	0,01	$y = 0,60\ln(x) + 35,66$	0,04
B10	$y = 0,46x + 35,18$	0,05	$y = -0,62x^2 + 4,83x + 29,36$	0,25	$y = 35,02e^{0,013x}$	0,06	$y = 1,88\ln(x) + 34,74$	0,11
B20	$y = -0,73x + 32,36$	0,25	$y = 0,38x^2 - 3,38x + 35,90$	0,39	$y = 32,37e^{-0,025x}$	0,25	$y = -2,14\ln(x) + 32,16$	0,27
B10 + N	$y = -0,33x + 36,32$	0,03	$y = -0,70x^2 + 4,58x + 29,77$	0,36	$y = 36,22e^{-0,01x}$	0,04	$y = -0,06\ln(x) + 35,22$	0,00
B20 + N	$y = 0,42x + 29,52$	0,14	$y = -0,71x^2 + 5,37x + 22,91$	0,98	$y = 29,43e^{0,0141x}$	0,14	$y = 1,82\ln(x) + 28,98$	0,33
C_{HK} (9)								
B0	$y = -0,16x + 20,16$	0,02	$y = -0,27x^2 + 1,74x + 17,61$	0,16	$y = 20,00e^{-0,007x}$	0,02	$y = -0,08\ln(x) + 19,68$	0,00
B10	$y = -0,39x + 20,78$	0,20	$y = -0,32x^2 + 1,85x + 17,79$	0,50	$y = 20,81e^{-0,021x}$	0,22	$y = -0,73\ln(x) + 20,21$	0,09
B20	$y = -1,16x + 20,52$	0,76	$y = -0,12x^2 - 0,34x + 19,42$	0,77	$y = 20,93e^{-0,071x}$	0,77	$y = -2,92\ln(x) + 19,66$	0,60
B10 + N	$y = 0,11x + 18,78$	0,01	$y = -0,59x^2 + 4,26x + 13,25$	0,67	$y = 18,65e^{0,0068x}$	0,02	$y = 0,88\ln(x) + 18,21$	0,09
B20 + N	$y = 0,29x + 15,55$	0,04	$y = -0,74x^2 + 5,48x + 8,63$	0,62	$y = 15,27e^{0,02x}$	0,06	$y = 1,53\ln(x) + 14,87$	0,15
C_{FK} (10)								
B0	$y = 0,27x + 15,80$	0,33	$y = 0,09x^2 - 0,38x + 16,66$	0,41	$y = 15,84e^{0,0153x}$	0,31	$y = 0,67\ln(x) + 15,99$	0,26
B10	$y = 0,86x + 14,40$	0,32	$y = -0,31x^2 + 2,99x + 11,55$	0,40	$y = 14,41e^{0,0508x}$	0,36	$y = 2,62\ln(x) + 14,53$	0,37
B20	$y = 0,43x + 11,90$	0,19	$y = 0,48x^2 - 2,96x + 16,41$	0,70	$y = 12,06e^{0,0278x}$	0,16	$y = 0,79\ln(x) + 12,53$	0,08
B10 + N	$y = -0,45x + 17,59$	0,07	$y = -0,12x^2 + 0,42x + 16,43$	0,08	$y = 17,38e^{-0,028x}$	0,07	$y = -0,94\ln(x) + 17,04$	0,04
B20 + N	$y = 0,13x + 13,96$	0,02	$y = 0,03x^2 - 0,11x + 14,28$	0,02	$y = 13,83e^{0,0098x}$	0,02	$y = 0,30\ln(x) + 14,10$	0,01
C_{HK} : C_{FK} (11)								
B0	$y = -0,03x + 1,26$	0,11	$y = -0,02x^2 + 0,12x + 1,07$	0,27	$y = 1,26e^{-0,023x}$	0,12	$y = -0,05\ln(x) + 1,23$	0,04
B10	$y = -0,08x + 1,42$	0,82	$y = 0,00x^2 - 0,09 + 1,43$	0,82	$y = 1,45e^{-0,072x}$	0,80	$y = -0,22\ln(x) + 1,38$	0,76
B20	$y = -0,11x + 1,64$	0,70	$y = -0,05x^2 + 0,21x + 1,21$	0,96	$y = 1,73e^{-0,098x}$	0,71	$y = -0,26\ln(x) + 1,53$	0,47
B10 + N	$y = 0,04x + 1,11$	0,05	$y = -0,04x^2 + 0,31x + 0,75$	0,17	$y = 1,08e^{0,0337x}$	0,07	$y = 0,13\ln(x) + 1,10$	0,08
B20 + N	$y = 0,00x + 1,16$	0,00	$y = -0,07x^2 + 0,48x + 0,53$	0,27	$y = 1,11e^{0,0092x}$	0,00	$y = 0,09\ln(x) + 1,09$	0,03
Q_{HL} (12)								
B0	$y = 0,08x + 4,27$	0,53	$y = -0,00x^2 + 0,11x + 4,24$	0,53	$y = 4,28e^{0,017x}$	0,52	$y = 0,23\ln(x) + 4,30$	0,56
B10	$y = 0,08x + 4,23$	0,27	$y = -0,01x^2 + 0,15x + 4,13$	0,29	$y = 4,23e^{0,0171x}$	0,28	$y = 0,22\ln(x) + 4,26$	0,28
B20	$y = 0,07x + 4,28$	0,21	$y = 0,06x^2 - 0,32x + 4,80$	0,48	$y = 4,29e^{0,015x}$	0,19	$y = 0,15\ln(x) + 4,37$	0,11
B10 + N	$y = 0,04x + 4,38$	0,05	$y = 0,04x^2 - 0,25 + 4,77$	0,18	$y = 4,37e^{0,0084x}$	0,05	$y = 0,07\ln(x) + 4,43$	0,02
B20 + N	$y = 0,12x + 4,05$	0,60	$y = 0,05x^2 - 0,23x + 4,50$	0,84	$y = 4,07e^{0,0252x}$	0,60	$y = 0,27\ln(x) + 4,15$	0,42
Q_{HK} (13)								
B0	$y = 0,08x + 3,43$	0,80	$y = -0,01x^2 + 0,12x + 3,38$	0,80	$y = 3,44e^{0,022x}$	0,79	$y = 0,23\ln(x) + 3,46$	0,83
B10	$y = 0,04x + 3,56$	0,75	$y = 0,02x^2 - 0,07x + 3,71$	0,95	$y = 3,56e^{0,0119x}$	0,75	$y = 0,11\ln(x) + 3,60$	0,52
B20	$y = 0,07x + 3,62$	0,76	$y = 0,01x^2 - 0,02x + 3,70$	0,83	$y = 3,62e^{0,0122x}$	0,77	$y = 0,12\ln(x) + 3,65$	0,63
B10 + N	$y = 0,05x + 3,63$	0,48	$y = 0,03x^2 - 0,16x + 3,91$	0,88	$y = 3,64e^{0,0125x}$	0,48	$y = 0,11\ln(x) + 3,69$	0,29
B20 + N	$y = 0,06x + 3,61$	0,55	$y = 0,03x^2 - 0,17x + 3,91$	0,94	$y = 3,62e^{0,0147x}$	0,55	$y = 0,12\ln(x) + 3,67$	0,32

C_{HL} – uhlík humusových látok, C_{HK} – uhlík humínových kyselín, C_{FK} – uhlík fulvokyselín, C_{HK} : C_{FK} – pomer uhlíka humínových kyselín k uhlíku fulvokyselín, Q_{HL} – farebný kvocient humusových látok, Q_{HK} – farebný kvocient humínových kyselín

(1) treatment, (2) linear, (3) polynomial, (4) exponential, (5) logarithmic, (6) equation, (7) coefficient of determination, (8) humic substances carbon, (9) humic acids carbon, (10) fulvic acids carbon, (11) humic acids carbon to fulvic acids carbon ratio, (12) colour quotient of humic substances, (13) colour quotient of humic acids

aj ostatné trendy (lineárny, exponenciálny, logaritmický). Keďže biouhlie pozostáva prevažne zo stabilných štruktúr, obsah labilných štruktúr je nízky. To je spôsobené modifikáciou organických materiálov v procese pyrolýzy. Podľa Shackley et al. (21) vyjadruje stabilitu či labilitu biouhlia aromaticita a stupeň kondenzácie v závislosti od podmienok pyrolýzy (17). Barriga et al. (1) odporúčajú aplikovať biouhlie s čerstvou organickou hmotou, čím by bol do

pôdy dodaný C, prístupný pre labilné frakcie POH a humusové frakcie. Dynamiku zmien extrahovateľnosti C_{HL}, C_{HK} a C_{FK} na základe R² štatisticky preukazane najlepšie popisoval polynomický trend (tab. 4). Extrahovateľnosť C_{HL} (R² = 0,98) klesala významne vo variante B20 + N, C_{HK} (R² = 0,77) a C_{FK} (R² = 0,70) vo variante B20. Pokles hodnôt C_{HK} v B20 za sledované obdobie dobre vyjadroval aj lineárny, exponenciálny a logaritmický trend. Aplikácia

Tabuľka 5: Trendy hodnotených parametrov pôdnej štruktúry v priebehu vegetačného obdobia 2017 na jednotlivých variantoch
Table 5: Trends of evaluated soil structure parameters at individual treatments during vegetation season in 2017

Variant (1)	Lineárny (2)		Polynomický (3)		Exponenciálny (4)		Logaritmický (5)	
	rovnica (6)	R^2 (7)	rovnica	R^2	rovnica	R^2	rovnica	R^2
WSA_{ma} (8)								
B0	$y = 0,72x + 69,42$	0,09	$y = 0,72x^2 - 4,31x + 76,13$	0,30	$y = 69,4e^{0,0098x}$	0,09	$y = 1,51\ln(x) + 70,28$	0,05
B10	$y = -0,87x + 81,30$	0,05	$y = -0,31x^2 + 1,30x + 78,41$	0,06	$y = 81,20e^{-0,012x}$	0,05	$y = -2,82\ln(x) + 81,34$	0,07
B20	$y = 2,93x + 70,04$	0,75	$y = 0,60x^2 - 1,28x + 75,65$	0,82	$y = 70,60e^{0,0361x}$	0,75	$y = 7,56\ln(x) + 72,01$	0,62
B10 + N	$y = 0,79x + 70,88$	0,08	$y = 0,27x^2 - 1,07x + 73,36$	0,09	$y = 70,53e^{0,0117x}$	0,08	$y = 1,50\ln(x) + 71,99$	0,03
B20 + N	$y = 2,32x + 71,23$	0,16	$y = 1,18x^2 - 5,96x + 82,26$	0,24	$y = 71,21e^{0,0286x}$	0,14	$y = 5,85\ln(x) + 72,93$	0,13
WSA_{mi} (9)								
B0	$y = -0,72x + 30,59$	0,09	$y = -0,72x^2 + 4,31x + 23,87$	0,30	$y = 30,59e^{-0,028x}$	0,10	$y = -1,51\ln(x) + 29,72$	0,05
B10	$y = 0,87x + 18,70$	0,05	$y = 0,31x^2 - 1,30x + 21,59$	0,06	$y = 18,22e^{0,0368x}$	0,04	$y = 2,82\ln(x) + 18,66$	0,07
B20	$y = -2,93x + 29,96$	0,75	$y = -0,60x^2 + 1,28x + 24,34$	0,82	$y = 33,69e^{-0,168x}$	0,75	$y = -7,56\ln(x) + 27,99$	0,62
B10 + N	$y = -0,79x + 29,12$	0,08	$y = -0,27x^2 + 1,073x + 26,64$	0,09	$y = 28,27e^{-0,024x}$	0,06	$y = -1,50\ln(x) + 28,01$	0,03
B20 + N	$y = -2,32x + 28,77$	0,16	$y = -1,18x^2 + 5,96x + 17,74$	0,24	$y = 28,93e^{-0,131x}$	0,20	$y = -5,85\ln(x) + 27,07$	0,13
MWD_d (10)								
B0	$y = -0,419x + 4,51$	0,79	$y = 0,01x^2 - 0,49x + 4,60$	0,79	$y = 4,78e^{-0,139x}$	0,84	$y = -1,12\ln(x) + 4,27$	0,70
B10	$y = -0,26x + 3,94$	0,41	$y = -0,08x^2 + 0,27x + 3,23$	0,49	$y = 4,01e^{-0,087x}$	0,48	$y = -0,604\ln(x) + 3,69$	0,27
B20	$y = -0,35x + 3,99$	0,45	$y = -0,01x^2 - 0,28x + 3,89$	0,45	$y = 4,05e^{-0,121x}$	0,54	$y = -0,868\ln(x) + 3,72$	0,35
B10 + N	$y = -0,12x + 2,86$	0,54	$y = -0,03x^2 + 0,08x + 2,59$	0,60	$y = 2,89e^{-0,05x}$	0,54	$y = -0,279\ln(x) + 2,75$	0,37
B20 + N	$y = -0,15x + 3,26$	0,36	$y = 0,03x^2 - 0,32x + 3,50$	0,38	$y = 3,30e^{-0,057x}$	0,33	$y = -0,409\ln(x) + 3,19$	0,34
MWD_w (11)								
B0	$y = 0,00x + 0,60$	0,00	$y = 0,02x^2 - 0,16x + 0,81$	0,51	$y = 0,60e^{0,0032x}$	0,00	$y = -0,01\ln(x) + 0,62$	0,00
B10	$y = 0,00x + 0,85$	0,00	$y = -0,02x^2 + 0,12x + 0,70$	0,05	$y = 0,83e^{0,0034x}$	0,00	$y = 0,00\ln(x) + 0,86$	0,00
B20	$y = 0,15x + 0,46$	0,66	$y = 0,02x^2 + 0,04x + 0,60$	0,68	$y = 0,52e^{0,1612x}$	0,65	$y = 0,40\ln(x) + 0,54$	0,61
B10 + N	$y = 0,01x + 0,72$	0,01	$y = 0,05x^2 - 0,34x + 1,19$	0,39	$y = 0,66e^{0,0314x}$	0,03	$y = -0,03\ln(x) + 0,79$	0,01
B20 + N	$y = 0,09x + 0,61$	0,23	$y = 0,05x^2 - 0,25x + 1,07$	0,38	$y = 0,63e^{0,0892x}$	0,16	$y = 0,22\ln(x) + 0,69$	0,17
S_w (12)								
B0	$y = 0,01x + 0,80$	0,08	$y = 0,01x^2 - 0,056x + 0,89$	0,31	$y = 0,80e^{0,0094x}$	0,08	$y = 0,02\ln(x) + 0,81$	0,04
B10	$y = -0,01x + 0,94$	0,04	$y = -0,00x^2 + 0,01x + 0,91$	0,06	$y = 0,94e^{-0,011x}$	0,05	$y = -0,03\ln(x) + 0,94$	0,06
B20	$y = 0,03x + 0,81$	0,75	$y = 0,01x^2 - 0,01x + 0,88$	0,82	$y = 0,82e^{0,0364x}$	0,75	$y = 0,09\ln(x) + 0,83$	0,62
B10 + N	$y = 0,01x + 0,80$	0,17	$y = 0,00x^2 + 0,00x + 0,81$	0,17	$y = 0,80e^{0,0167x}$	0,17	$y = 0,03\ln(x) + 0,81$	0,11
B20 + N	$y = 0,03x + 0,82$	0,16	$y = 0,01x^2 - 0,07x + 0,96$	0,25	$y = 0,82e^{0,0293x}$	0,14	$y = 0,07\ln(x) + 0,85$	0,13

WSA_{ma} – obsah vodoodolných makro-agregátov, WSA_{mi} – obsah vodoodolných mikro-agregátov, MWD_d – stredný vážený priemer agregátov získaný presievaním za sucha, MWD_w – stredný vážený priemer agregátov získaný preosievaním za mokra, K_v – koeficient zraniteľnosti, S_w – index stability vodoodolných makro-agregátov

(1) treatment, (2) linear, (3) polynomial, (4) exponential, (5) logarithmic, (6) equation, (7) coefficient of determination, (8) water-stable macroaggregates, (9) water-stable microaggregates, (10) mean weight diameter of aggregates for dry sieving, (11) mean weight diameter of water-stable aggregates, (12) coefficient of vulnerability, (13) stability index of water-stable macroaggregates

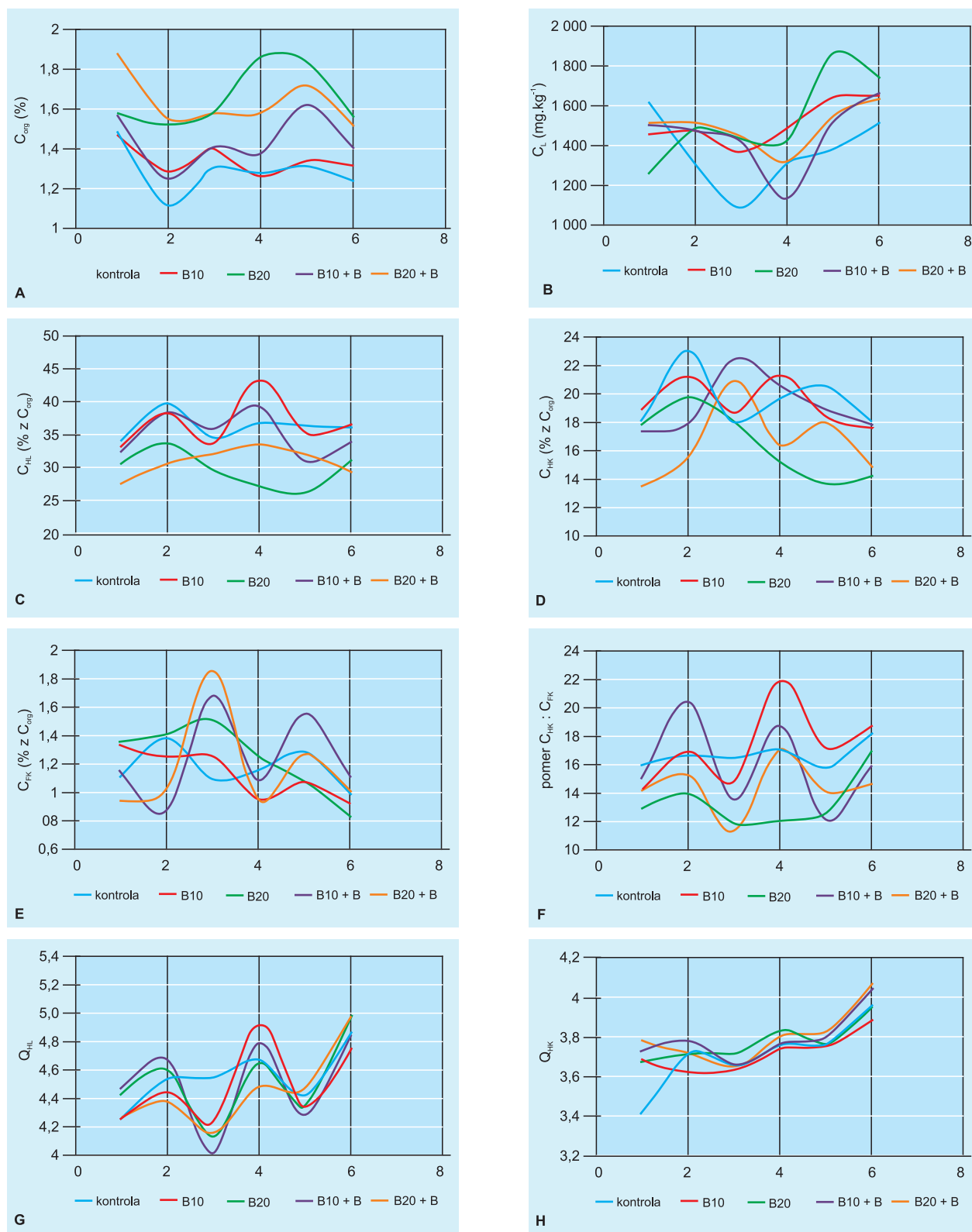
biouhlia prispieva z dlhodobého hľadiska k stabilite humusových látok (21). V našej štúdií sme však zistili zníženie stability humusových kyselín. Tieto zmeny zo všetkých pozorovaných trendov najlepšie vyjadroval polynomický model. Vo variantoch so samotným biouhlím, ako aj biouhlím s N: B10 ($R^2 = 0,95$), B20 ($R^2 = 0,83$), B10 + N ($R^2 = 0,88$), B20 + N ($R^2 = 0,94$) bolo štatisticky preukázané zvyšovanie, no na variante B0 ($R^2 = 0,80$) znižovanie hodnôt Q_{HK}, čo potvrdzuje skutočnosť, že biouhlie, ale aj jeho kombinácia s N hnojivom narušuje a celkovo znižuje stabilitu humusu.

V priebehu vegetácie kukurice sietej sa významne menila dynamika hodnotených parametrov pôdnej štruktúry. Stabilita pôdnych agregátov v priebehu roka prechádzala značnými zmenami. Biouhlie môže meniť dynamiku parametrov pôdnej štruktúry viacerými mechanizmami. Po-

stupná oxidácia, a s ňou súvisiace zmeny v počte a zložení funkčných skupín na povrchu aplikovaných častíc biouhlia, môže byť zodpovedná za zlepšenie stability pôdnych agregátov (4). Biouhlie môže ďalej prispieť k zlepšeniu pôdnej štruktúry podporou pôdnych mikroorganizmov (2, 12), ktorých aktivita by sa mohla zvýšiť kombinovanou aplikáciou biouhlia spolu s čerstvou organickou hmotou bohatou na labilné frakcie C (1). Naše výsledky zmien dynamiky však poukázali iba na štatisticky významné zmeny v parametroch ako: WSA_{ma}, WSA_{mi}, MWD_w a S_w, a aj to iba vo variante B20. Len v prípade MWD_d boli pozorované významné zmeny vo variante B0. Vplyvom vyššej dávky biouhlia dochádzalo v priebehu sledovaného obdobia k zvyšovaniu podielu a stability makroagregátov a znižovaniu podielu mikroagregátov. Nárast WSA_{ma}, S_w a pokles WSA_{mi} mal lineárny, polynomický a exponenciálny trend,

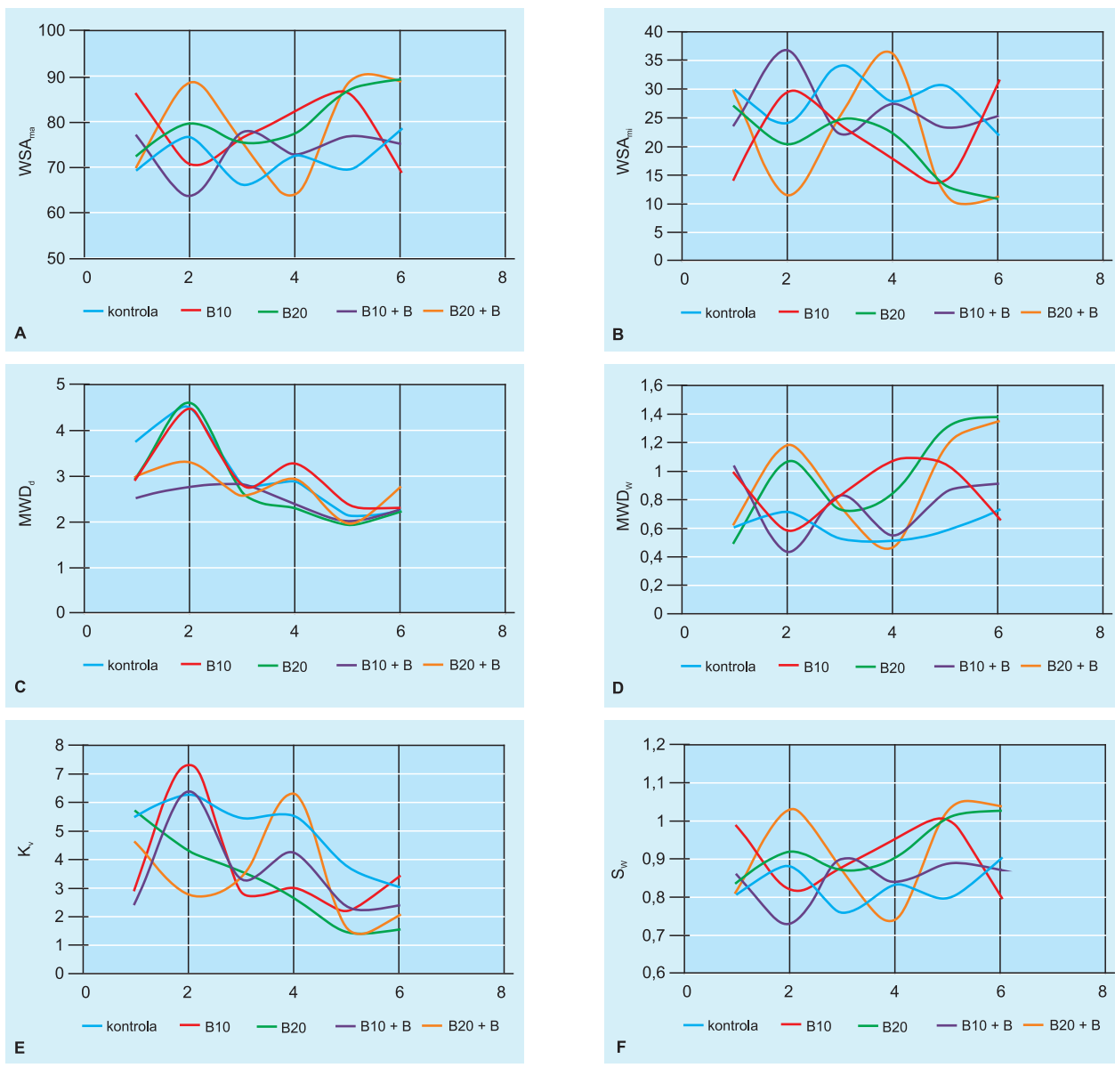
Obrazok 8: Dynamika zmien parametrov pôdnej organickej hmoty a humusu A) obsahu organického uhlíka, B) obsahu labilného uhlíka, C) extrahovateľnosti C_{HL} , D) extrahovateľnosti C_{HK} , E) extrahovateľnosti C_{FK} , F) pomeru $C_{HK} : C_{FK}$, G) farebného kvocientu humusových látok, H) farebného kvocientu humínových kyselín

Figure 8: Change dynamics of soil organic matter and humus parameters A) total organic carbon, B) labile carbon, C) extractability of humic substances carbon, D) extractability of humic acids carbon, E) extractability of fulvic acids carbon, F) humic acids carbon to fulvic acids carbon ratio, G) colour quotient of humic substances, H) colour quotient of humic acids



Obrázok 9: Dynamika zmien parametrov pôdnej štruktúry A) obsahu vodoodolných makroagregátov, B) obsahu vodoodolných mikroagregátov, C) stredného váženého priemeru agregátov získaného preosievaním za sucha, D) stredného váženého priemeru agregátov získaného preosievaním za mokra, E) koeficientu zraniteľnosti, F) indexu stability vodoodolných makroagregátov

Figure 9: Change dynamics of soil structure parameters A) content of water-stable macroaggregates, B) content of water-stable microaggregates, C) mean weight diameter of aggregates for dry sieving, D) mean weight diameter of water-stable aggregates, E) vulnerability coefficient, F) stability index of water-stable macroaggregates



pričom najspôhlivejšie podľa R^2 tieto zmeny popisoval polynomický trend. Agro-klimatické podmienky hrajú významnú úlohu v dynamike pôdnych agregátov. Striedanie cyklov zmáčania a vysušania môže po pridaní organickej hmoty do pôdy zvýšiť i znížiť stabilitu pôdnych agregátov, v závislosti od stability C, ktorá je určená kvalitou organickej hmoty (20). Z vyššou dynamikou vody ako aj nárastom teploty sa stimuluje aktivita pôdnych mikroorganizmov, čím sa na jednu stranu urýchľuje rozklad organickej hmoty pričom sa môže zlepšiť stabilita pôdnych agregátov (2, 5). Keďže je biouhlie charakteristické vysokou stabilitou C jeho rozklad je pomalý (21). Stabilizujúci účinok biouhlia

pri jeho vyššej dávke prevýšil prípadné deštruktívne vplyvy iných faktorov a preto zmeny, ku ktorým došlo v priebehu vegetačnej sezóny kukurice boli pozitívneho charakteru.

Korelačné vzťahy medzi parametrami POH a pôdnej štruktúry

V tabuľke 6 sú uvedené vzájomné vzťahy medzi parametrami POH a pôdnej štruktúry. Organická hmoty sa považuje za kľúčový prvok pôsobiaci na stabilizáciu pôdnych agregátov. Pôdne agregáty môžu slúžiť ako fyzikálna ochrana organických látok voči mikrobiálnemu rozkladu (23). V poľných pokusoch bývajú často zistené

Tabuľka 6: Korelačné koeficienty medzi parametrami pôdnej organickej hmoty a pôdnej štruktúry
Table 6: Correlation coefficients between soil organic matter and soil structure parameters

Parameter (1)	WSA _{ma} (11)	WSA _{mi} (12)	MWD _d (13)	MWD _w (14)	K _v (15)	S _w (16)
C _{org} (2)	0,275	-0,275	-0,290	0,308	-0,356	0,281
C _L (3)	0,384*	-0,384*	-0,286	0,427*	-0,466**	0,393*
C _{HL} (4)	-0,166	0,166	0,357	-0,233	0,311	-0,170
C _{HK} (5)	-0,302	0,302	0,530**	-0,317	0,492**	-0,303
C _{FK} (6)	0,035	-0,035	0,033	-0,048	0,001	0,032
C _{HK} : C _{FK} (7)	-0,202	0,202	0,308	-0,127	0,289	-0,199
Q _{HL} (8)	-0,099	0,099	-0,201	-0,002	-0,070	-0,103
Q _{HK} (9)	0,336	-0,336	-0,576***	0,322	-0,559**	0,331
SH (10)	-0,302	0,302	0,530**	-0,317	0,492**	-0,303

n = 54, *** = P ≤ 0,001, ** = P ≤ 0,01, * = P ≤ 0,05

C_{org} – celkový organický uhlík, C_L – labilný uhlík, C_{HL} – uhlík humusových látok, C_{HK} – uhlík humínových kyselín, C_{FK} – uhlík fulvokyselín, C_{HK} : C_{FK} – pomer uhlíka humínových kyselín k uhlíku fulvokyselín, Q_{HL} – farebný kvocient humusových látok, Q_{HK} – farebný kvocient humínových kyselín, SH – stupeň humifikácie, WSA_{ma} – obsah vodoodolných makro-agregátov, WSA_{mi} – obsah vodoodolných mikro-agregátov, MWD_d – stredný vážený priemer agregátov získaný presievaním za sucha, MWD_w – stredný vážený priemer agregátov získaný presievaním za mokra, K_v – koeficient zraniteľnosti, S_w – index stability vodoodolných makro-agregátov

(1) parameter, (2) total organic carbon, (3) labile carbon, (4) humic substances carbon, (5) humic acids carbon, (6) fulvic acids carbon, (7) humic acids carbon to fulvic acids carbon ratio, (8) colour quotient of humic substances, (9) colour quotient of humic acids, (10) degree of humification, (11) water-stable macroaggregates, (12) water-stable microaggregates, (13) mean weight diameter of aggregates for dry sieving, (14) the mean weight diameter of water-stable aggregates, (15) coefficient of vulnerability, (16) stability index of water-stable macroaggregates

pozitívne vzťahy medzi stabilnými frakciami C a podielom makroagregátov v pôde (19). C_{org} sa vyznačuje pomerne vysokou stabilitou, čo by mohlo byť dôvodom, prečo sme nezaznamenali štatisticky významné vzťahy medzi ním a parametrami pôdnej štruktúry za sledované obdobie. Zistili sme však, že obsah C_L pozitívne koreloval s WSA_{ma} (r = 0,384, P ≤ 0,05), MWD_w (r = 0,427, P ≤ 0,05), a S_w (r = 0,393, P ≤ 0,05) a negatívne s WSA_{mi} (r = -0,384, P ≤ 0,05) a K_v (r = -0,466, P ≤ 0,01). Na tvorbe a stabilite makroagregátov sa teda vo väčšej miere podieľal najmä C_L. Labilné frakcie C môžu byť v pôde absorbované časticami biouhľia a v konečnom dôsledku sa môžu i podieľať na agregáčnom procese (13). Pozitívny účinok C_L na tvorbu makroagregátov zistili tiež viacerí autori (19, 26). Zároveň sme pozorovali štatisticky významne pozitívne vzťahy medzi extrahovateľnosťou C_{HK} a MWD_d (r = 0,530, P ≤ 0,01), ale aj medzi C_{HK} a K_v (r = 0,492, P ≤ 0,01). Avšak optické vlastnosti humínových kyselín (Q_{HK}) boli v negatívnom korelačnom vzťahu s MWD_d (r = -0,576, P ≤ 0,001) a K_v (r = -0,559, P ≤ 0,01), čo svedčí o tom, že viac kondenzovanejšie frakcie s vyššou aromatizáciou sa podieľali na tvorbe stabilnejších agregátov. Väčšia stabilita HK môže priaznivo pôsobiť na zastúpenie a stabilitu makroagregátov (19).

Záver

Aplikácia biouhľia, a to najmä v dávke 20 t.ha⁻¹ prípadne jeho kombinácia s H hnojením, najvýznamnejšie ovplyvnila parametre pôdnej organickej hmoty a štruktúru pôdy. V priebehu vegetačného obdobia kukurice sa na základe hodnôt R² štatisticky významne menila dynamika väčšiny hodnotených parametrov pôdnej organickej hmoty a pôdnej štruktúry. Najlepšie dynamiku zmien týchto parametrov vyjadroval polynómický trend. Najmä labilná frakcia pôdnej organickej hmoty mala pozitívny vplyv na parametre pôdnej štruktúry. Aj výsledky získané v tejto štúdii poukazujú na to, že biouhlie má svoje opodstatnenie ako pôdne aditívum, ktoré môže potenciálne zlepšovať vlastnosti organickej hmoty a pôdnej štruktúry hnedozeme.

Literatúra

- (1) BARRIGA, F. M. – DÍAZ, V. – ACOSTA, J. A. – MUÑOZ, M. Á. – FAZ, Á. – ZOMOZA, R. 2017. Organic matter dynamics, soil aggregation and microbial biomass and activity in Technosols created with metalliferous mine residues, biochar and marble waste. In Geoderma, vol. 301, 2017, pp. 19–29.
- (2) BRONICK, C. J. – LAL, R. 2005. The soil structure and land management: a review. In Geoderma, vol. 124, 2005, no. 1–2, pp. 3–22.
- (3) FONTE, S. J. – YEBOAH, E. – OFORI, P. – QUANSAH, Q. W. – VANLAUWE, B. – SIX, J. 2009. Fertilizer and Residue Quality Effects on Organic Matter Stabilization in Soil Aggregates. In Soil Science Society of America Journal, vol. 73, 2009, no. 3, pp. 961–966.
- (4) GLASER, B. – LEHMANN, J. – ZECH, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. In Biol Fertil Soils, vol. 35, 2002, s. 219 – 230.
- (5) GRUNWALD, D. – KAISER, M. – LUDWIG, B. 2016. Effect of biochar and organic mineralisation and macro-aggregate dynamics under different incubation. In Soil and Tillage Research, vol. 164, 2016, pp. 11–17.
- (6) GUO, S. – WU, J. – COLEMAN, K. – ZHU, H. – LI, Y. – LIU, W. 2012. Soil organic carbon dynamics in a dry land areal cropping system of the Loess Plateau under long-term nitrogen fertilizer applications. In Plant and Soil, vol. 353, 2012, pp. 321–332.
- (7) HAMER, U. – MARSCHNER, B. – BRODOWSKI, S. – AMELUNG, W. 2004. Interactive priming of black carbon and glucose mineralisation. In Organic Geochemistry, vol. 35, 2004, pp. 823–830.
- (8) HRAŠKO, J. – ČERVENKA, L. – TACEK, Z. – KOMAR, J. – NĚMĚČEK, J. – POSPÍŠIL, J. – SIROVÝ, V. 1962. Rozbory pôd. Bratislava : Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 1962, 334 s.
- (9) HUANG, R. – TIAN, D. – LIU, J. – LU, S. – HE, X. GAO, M. 2018. Responses of soil carbon pool and soil aggregates associated organic carbon to straw and straw-derived biochar addition in a dryland cropping mesocosms system. In Agriculture, Ecosystems and Environment, vol. 265, 2018, pp. 576–586.

- (10) JIANG, X. – HADDIX, M. L. – COTRUFO, M. F. 2016. Interactions between biochar and soil organic carbon decomposition. Effects of nitrogen and low molecular weight carbon compound addition. In *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 100, 2016, pp. 92–101.
- (11) KONONOVA, M.M. – BELČÍKOVÁ, N.P. 1962. Uskonnnyje metody opredelenija sostava gumusa minerálnych počv. In *Počvovedenije*, vol. 10, 1962, pp. 75–87.
- (12) LEHMANN, J. – RILLING, M. – THIES, J. – MASIELLO, C. A. – HOCKADAJ, W. C. – CROWLEY, D. 2011. Biochar effect on soil biota – A review. In *Biology and Biochemistry*, vol. 43, 2011, pp. 1812–1836.
- (13) LIANG, B. – LEHMANN, J. – SOHI, S. P. – THIES, J. E. – NEILL, B. O. – TRUJILLO, L. – GUANT, J. – SOLOMON, D. – GROSSMAN, J. – NEVES, E. G. – LUIZÃO, F. J. 2010. Black carbon affects the cycling of non-black carbon in soil. In *Organic Geochemistry*, vol. 41, 2010, pp. 206–213.
- (14) LIPCZYNSKA-KOCHANY, E. 2018. Humic substances, their microbial interactions and effects on biological transformations of organic pollutants in water and soil: A review. In *Chemosphere*, vol. 202, 2018, pp. 420–437.
- (15) LOGINOW, W. – WISNIEWSKI, W. – GONET, S.S. – CIESCINSKA, B. 1987. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation. In *Pol. J. Soil Sci.*, vol. 20, 1987, pp. 47–52.
- (16) MADARI, B. E. – MAIA, C. M. B. F. – NOVOTNY, E. H. 2012. Context and importance of biochar research. In *Pesq. Agropec. Bras.*, vol. 47, 2012, no. 5.
- (17) NGUYEN, B. – LEHMANN, J. 2009. Black carbon decomposition under varying water regimes. In *Organic Geochemistry*, vol. 40, 2012, pp. 846–853.
- (18) OLLNESS, A. – ARCHER, D. 2005. Effect of organic carbon on available water in soil. In *Soil Science*, vol. 170, 2005, pp. 90–101.
- (19) POLLÁKOVÁ N., ŠIMANSKÝ V., KRAVKA M. 2017. The influence of soil organic matter fractions in aggregates stabilization in agricultural and forest soils of selected Slovak and Czech hilly lands. In *Journal of Soils and Sediment*, vol. 18, 2017, no. 8, pp. 2790–2800.
- (20) RAHMAN, M. T. – GUO, Z. C. – ZHANG, Z. B. – ZHOU, H. PENG, X. H. 2018. Wetting and drying cycles improving aggregation and associated C stabilization differently after straw or biochar incorporated into a vertisol. In *Soil and Tillage Research*, vol. 175, 2018, pp. 28–36.
- (21) SHACKLEY, S. – RUYSSCHAERT, G. – ZWART, K. – GLASER, B. 2016. *Biochar in European soils and agriculture*. New York : Routledge, 301 p. ISBN 978-0-415-71166-1.
- (22) SIX, J. – CAUNT, R.T. – PAUSTIAN, K. – PAULIE, A. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. In *Plant and Soil*, vol. 241, 2002, pp. 155–176.
- (23) SIX, J. – BOSSUYT, H. – DEGRYZE, S. – DENEFF, K. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. In *Soil and Tillage Research*, vol. 79, 2004, pp. 7–31.
- (24) SONG, Y. – LIU, S. – LIU, Q. – ZHANG, W. – HU, CH. 2014. Carbon sequestration in humic substances under long-term fertilization in a wheat-maize system from north China. In *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 13, 2014, pp. 562–569.
- (25) SUI, Y. – JIAO, X. – LIU, X. – ZHANG, X. – DING, G. 2012. Water-stable aggregates and their organic carbon distribution after five years of chemical fertilizer and manure treatments on eroded farmland of Chinese Mollisol. In *Can. J. Soil Sci.*, vol. 92, 2012, pp. 551–557.
- (26) ŠIMANSKÝ, V. – HORÁK, J. – IGÁZ, D. – JONCZAK, J. – MARKIEWICZ, M. – FELBER, R. – RIZMIYA, E.Y. – LUKAC, M. 2016. How dose of biochar and biochar with nitrogen can improve the parameters of soil organic matter and soil structure? In *Biologia*, vol. 71, 2016, pp. 989–995.
- (27) ŤURIN, I. V. 1966. K metodike analiza deje sravnitel'nogo izučeniya sostava počvennoho peregrnoja ili gumusa. In *Voprosy genezisa i plodorodija počv*. Moskva : Nauka, 1966.
- (28) VALLA, M. – KOZÁK, J. – ONDÁČEK, V. 2000. Vulnerability of aggregates separated from selected anthrosols developed on reclaimed dumpsites. In *Rostlinná výroba*, vol. 46, 2000, pp. 563–568.
- (29) WANG, Z. – LI, Y. – CHANG, S. X. – ZHANG, J. – JIANG, P. – ZHOU, G. – SHEN, L. 2014. Contrasting effects of bamboo leaf and its biochar on soil CO₂ effect and labile organic carbon in an intensively management Chinese chestnut plantation. In *Biology and Fertility of Soil*, vol. 50, 2014, pp. 109–119.
- (30) WEIL, R. R. – ISLAM, K. R. – STINE, M. A. – GRUVER, J. B. 2003. Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. In *American Journal of Alternative Agriculture*, vol. 18, 2003, pp. 3–17.
- (31) WU, W. – YANG, M. – FENG, Q. – GROUTHER, K. M. – WANG, H. – LU, H. – CHEN, Y. 2012. Chemical characterization of rice straw-derived biochar for soil amendment. In *Biomass and Bioenergy*, vol. 47, 2012, pp. 268–276.
- (32) YAN, D. – WANG, D. – YANG, L. 2007. Long-term effect of chemical fertilizer, straw and manure on labile organic matter fractions in a paddy soil. In *Biology and Fertility of Soils*, vol. 44, 2007, pp. 93–101.
- (33) ZAUJEC, A. – ŠIMANSKÝ, V. 2006. Vplyv biostimulátorov rozkladu rastlinných zvyškov na pôdnu štruktúru a organickú hmotu pôdy. *Vedecká monografia*. Nitra : SPU, 112 s. ISBN 180-8069-779-5.
- (34) ZHAO, S. – TA, N. – LI, Z. – YANG, Y. – ZHANG, X. – LIU, D. – ZHANG, A. – WANG, X. 2017. Varying pyrolysis temperature impacts application effects of biochar on soil labile organic carbon and humic substances. In *Applied Soil Ecology*, vol. 116, 2017, no. 2, pp. 399–409.

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

Pod'akovanie
Práca bola riešená v rámci projektu VEGA 1/0136/17.



Ilustračné foto

Vplyv stresových faktorov na produkciu a kvalitu zrna jačmeňa siateho jarného

Effect of stress factors on production and grain quality of spring barley

Eva Candráková

The field multi-factorial experiment with spring barley (variety Kangoo) was realized in Dolná Malanta, in years 2015–2017. The experimental area is situated in a warm, very dry, lowland climatic region. Two methods of the soil cultivation were compared within the experiment: K – conventional (ploughing to a depth of 0.24 m) and M – minimized soil cultivation (ploughing by disc tools to a depth of 0.12 m), as well as treatments of fertilization: H – un-fertilized control, H2 – rational fertilization by industrial fertilizers, H3 – balanced fertilization by industrial fertilizers and ploughing of the preceding crop plant residues (grain maize). The effect of the above-mentioned factors on yield and quality of barley grain was investigated, in this experiment. The doses of industrial fertilizers were determined on the basis of available nutrients content in soil to a depth of 0.60 m and for the planned grain yield of 5 t.ha⁻¹ and corresponding quantities of straw was used the normative dose. There were applied phosphorus and potassium in the form of superphosphate and potassium salt, in autumn. Nitrogen was applied in the form of ammonium nitrate with lime (LAN) at growth stage the beginning of tillering, in spring. The highest yield of barley grain (4.57 t.ha⁻¹) was reached in 2016, when the temperatures and precipitation, especially in the spring months, were relatively favorable for barley. The lowest grain yield was in 2017 (3.68 t.ha⁻¹). It was caused by a lack of precipitation in May (37.6% of normal) and in June (49.4% of normal). After minimal soil preparation, the grain yield was significantly higher by 0.51 t.ha⁻¹ than yield of treatment, where the conventional soil cultivation method was used. The application of fertilizers (H2 – 4.37 t.ha⁻¹), as well as industrial fertilizers in combination with crop residues (H3 – 4.23 t.ha⁻¹) influenced the barley grain yields high-significantly, compared to the unfertilized treatment (3.91 t.ha⁻¹). The weather conditions of the experimental year also high-significantly affected the protein and extract content. The high protein content (12.45%) and the low extract content (59.66%) in 2015 resulted in not suitable spring barley grain quality for the malt production. There was the beneficial protein content (9.70%), but the extract content was nearly below the requirement for malting barley (79.12%), in 2017. Only the extract content was significantly affected by treatments of fertilization. Soil cultivation methods had no significant effect on grain quality.

spring barley, growth stages, fertilization, soil cultivation, yield, quality

Jačmeň siaty (*Hordeum sativum* L.) pestovaný na Slovensku, stále zostáva druhou významnou hustosiatou obilninou za pšenicou. Pestovateľské plochy jačmeňa stagnujú až klesajú. Dokazuje to štatistika, z ktorej vyplýva, že osevná plocha na Slovensku v roku 2015 (140,7 tis. ha) klesla v roku 2016 na 115,4 tis. ha a v roku 2017 bola 121 tis. ha. Priemerné úrody sa zvyšujú. V roku 2015 bola úroda 4,78 t.ha⁻¹, v roku 2016 sme dosiahli úrodu zrna 5,08 t.ha⁻¹ a v roku 2017 klesla na 4,53 t.ha⁻¹ (15).

O zrno jačmeňa má záujem sladovnícky priemysel, preto by sa pestovateľské plochy mohli zvýšiť. Riziko kolísania úrod jačmeňa, v závislosti od priebehu klimatických podmienok (v roku 2012 bola úroda 3,18 t.ha⁻¹), sa stáva brzdou vo zvyšovaní osevných plôch.

Pri pestovaní plodín sú dôležitými faktormi teplota a úhrn zrážok. Nameraná vypovedacia hodnota narastá ich porovnávaním so štandardnými hodnotami alebo normálmi. Aktuálne platný klimatologický normál je z obdobia rokov 1961 – 1990 (1. január 1961 – 31. december 1990) a bude sa používať až do roku 2020. Klimatologické normály sú vypočítavané pre každú lokalitu s meteorologickou stanicou (5).

Meniace sa podmienky pestovania veľmi ovplyvňujú úrodu a kvalitu zrna jačmeňa siateho jarného. Pestovateľ sa musí prispôbovať a reagovať tak, aby ich dopad na výsledky produkcie bol čo najmiernejší.

Cieľom príspevku je poukázať na faktory, ktoré najviac ovplyvnili produkciu a kvalitu zrna jačmeňa siateho jarného v hodnotenom prostredí v rokoch 2015 – 2017.

Materiál a metodika

Poľný polyfaktorový pokus bol založený na Výskumno-experimentálnej báze Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov SPU v Nitre, v lokalite Dolná Malanta, ktorá sa nachádza východne od mesta Nitra v nadmorskej výške 170 m n.m. Územie spadá do teplého, veľmi suchého, nížinného klimatického regiónu. Zemina z orníc je prachovito-hlinitá s objemovou hmotnosťou 1 500 – 1 680 kg.m⁻³ (20).

V poľnom pokuse sme v rokoch 2015 – 2017 pestovali jačmeň siaty jarný, odrodu Kangoo (2009), ktorá je stredne skorá, vyššieho typu (0,75 m), s dobrou odolnosťou proti poliehaniu. Pokus bol založený metódou dlhých pásov s kolmo delenými blokmi. Veľkosť pokusnej plochy variantu bola 20 m² (10 × 2 m) v troch opakovaníach.

V práci sme skúmali dva spôsoby obrábania pôdy:

- K – konvenčné obrábanie pôdy (orba do hĺbky 0,20 – 0,25 m);
- M – minimálne obrábanie pôdy (tanierovanie do hĺbky 0,10 – 0,12 m).

V rámci obrábania pôdy boli náhodne usporiadané tri varianty hnojenia s cieľom eliminovať heterogenitu pôdy:

- H1 – kontrola bez hnojenia,
- H2 – racionálne hnojenie priemyselnými hnojivami, LAV, superfosfát a KCl,
- H3 – racionálne hnojenie priemyselnými hnojivami so zapravením rastlinných zvyškov predplodiny (kukurica siata na zrno).

Dávky priemyselných hnojív boli určené na základe analyticky zisteného obsahu prístupných živín v pôde, v hĺbke 0,60 m, na plánovanú úrodu zrna 5 t.ha⁻¹ a príslušného množstva slamy podľa normatívu: 24 kg N, 5 kg P, 20 kg K, 5,7 kg Ca, 1,2 kg Mg, 4 kg S (6). Fosforečné a drasel-

né hnojivá boli doplnené a zaorané do pôdy na jeseň vo forme superfosfátu a draselnej soli v dávkach 20 kg.ha⁻¹ P a 25 kg.ha⁻¹ K na varianty H2 a H3. Dusíkaté hnojenie sa uskutočnilo na jar pri predsejbovej príprave pôdy vo forme hnojiva LAV v dávkach 30 kg.ha⁻¹ N na variant H2 a 20 kg.ha⁻¹ N na variant H3.

Termín sejby: 21. 3. 2015; 15. 3. 2016; 16. 3. 2017

Termín zberu: 28. 7. 2015; 29. 7. 2016; 17. 7. 2017

Proti burinám bol použitý prípravok Lintur Premium v dávke 160 g.ha⁻¹ a fungicídny prípravok Arthea 0,5 l.ha⁻¹.

Výsledky pokusu boli štatisticky vyhodnotené analýzou rozptylu, Tukey testom v programe Statgraphics Plus.

Výsledky a diskusia

Plodiny pestované v poľných podmienkach sú vystavené pôsobeniu klimatických a poveternostných podmienok. Zo všetkých abiotických faktorov, ktoré obmedzujú rast a produktivitu porastu, je na prvom mieste nedostatok vody spôsobujúci vodný stres (7).

Súčasný trend klimatických zmien signalizuje pokles atmosférických zrážok a relatívnej vlhkosti vzduchu v lete. Súčasne sa zvyšujú priemerné teploty vzduchu a narastajú evapotranspiračné požiadavky na vodu. Obdobie nedostatku vody sa predlžuje, takže rastliny často trpia vodným deficitom (9).

Celá geografická oblasť pestovania jačmeňa je určená predovšetkým teplotou. Jačmeň jarný, pre svoje krátke vegetačné obdobie (95 – 120 dní), sa môže pestovať na severe až po 70° s. š. a tiež vystupuje do hôr. Južná hranica pestovania jačmeňa na niektorých miestach siaha skoro k rovníku (19).

Plodiny pestované v miernom klimatickom pásme sú prispôsobené k dennému cyklu striedania dennej a noč-

nej teploty s teplotným gradientom, t. j. dennou teplotnou amplitúdou 5 °C až 10 °C. Tento adaptačný proces je geneticky fixovaný (9).

V hodnotenom období rokov 2015 – 2017 neboli v jarných mesiacoch výrazné teplotné rozdiely. Všetky hodnotené roky sa vyznačovali studeným májom. Rozdiely medzi ročníkmi boli zistené v množstve vlahy. V roku 2015 vlhký marec vystriedal suchý apríl, vlhký máj a veľmi suchý jún. V roku 2016 boli vlhové podmienky v mesiaci marec na úrovni normálu, ale mesiac apríl bol suchý, máj veľmi vlhký a jún znovu veľmi suchý. V roku 2017 boli vlhové podmienky v jarných mesiacoch najhoršie. Mesiac marec a apríl boli charakterizované ako suché, máj a jún veľmi suché (obr. 1).

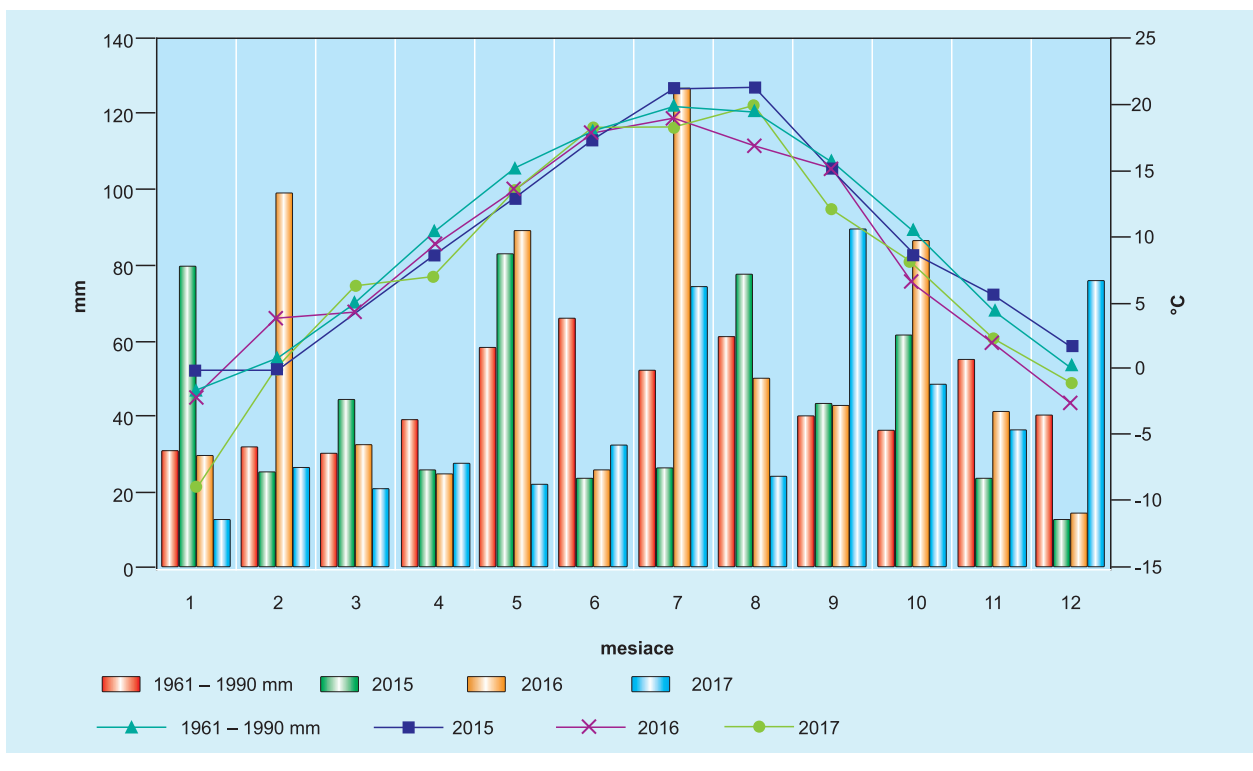
Jačmeň siaty jarný skorým a pomerne rýchlym rastom vie veľmi dobre využiť zimné a predjarné zásoby vody v pôde (1). Preto úhrn zrážok v mesiaci marec a apríl môže byť nižší (40 – 50 mm), zaisťujúci primeranú momentálnu vlhkosť pôdy tak, aby všetky rastové fázy prebiehali v optimálnych vlhkosťových podmienkach. Závislosť medzi množstvom vodných zrážok a vlhkosťou pôdy potvrdil kolektív autorov (4), meraním vlhkosti pôdy vo svojich pokusoch s pestovaním plodín vo vyváženom oševnom postupe, v ktorom bol zaradený aj jačmeň siaty jarný.

Podľa autorov (11), jačmeň vyžaduje dostatok vlahy pri klasení, kvitnutí a tvorbe zrna, ktoré pripadajú najmä na mesiac máj a čiastočne aj mesiac jún. V mesiaci máj prekročili zrážky normálne hodnoty o 53,4 %, čo stačilo aj na suchý jún, v ktorom boli zrážky na úrovni iba 39,4 %.

Vysoko preukazne najvyššia úroda zrna jačmeňa siateho jarného (4,57 t.ha⁻¹) bola dosiahnutá v roku 2016, kedy boli teplotné a vlhové podmienky, najmä v jarných mesiacoch

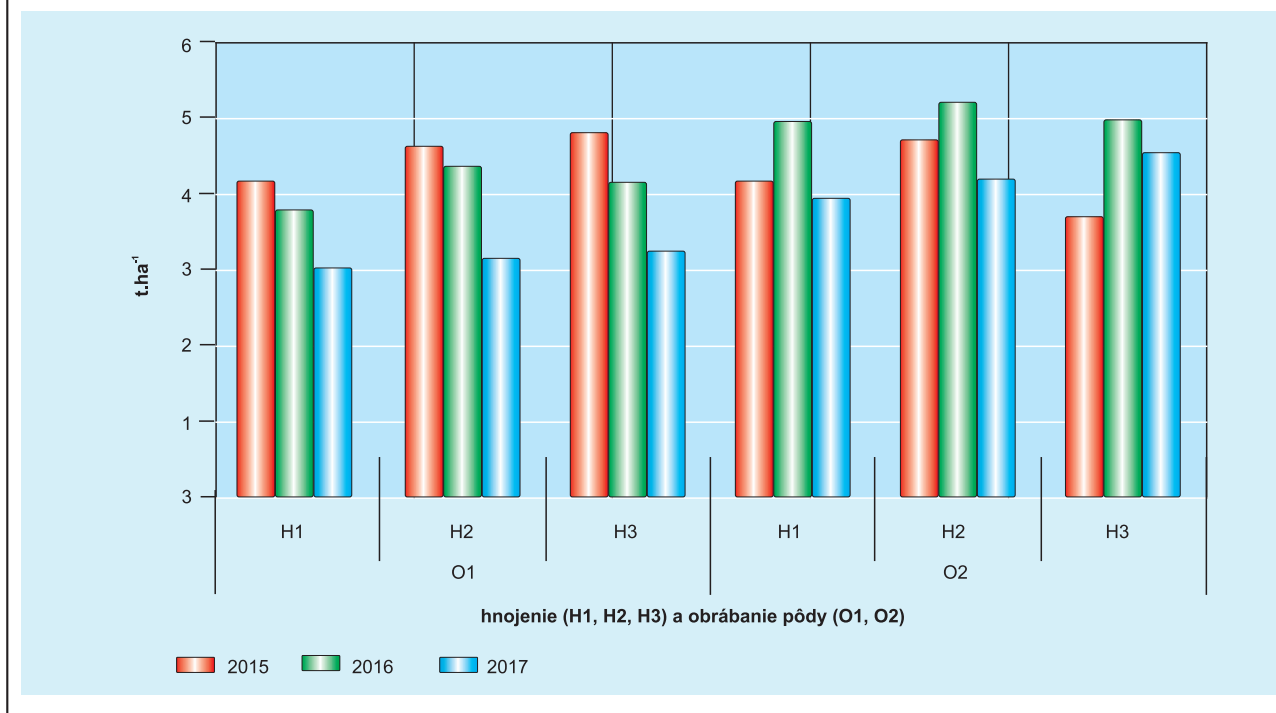
Obrázok 1: Klimatická charakteristika rokov 2015 – 2017 porovnaná s normálom 1961 – 1990

Figure 1: The climate characteristics of years 2015–2017 in comparison with long-term normal 1961–1990



Obrázok 2: Úroda zrna jačmeňa siateho jarného v závislosti od spôsobov obrábania pôdy a variantov hnojenia v rokoch 2015 – 2017

Figure 2: Spring barley yield of grain in relation to soil cultivation and fertilization in 2015–2017



och, pre jačmeň pomerne priaznivé. Najnižšia úroda zrna bola v roku 2017. Nedostatok vlhky v mesiaci máj (37,6 % z normálu) a v mesiaci jún (49,4 % z normálu) spôsobil, že úroda zrna bola iba 3,68 t·ha⁻¹ (obr. 2).

Úroda môže byť ovplyvnená indukovaným suchom v rastovej fáze klasenia v rozmedzí 5 – 30 %, pričom na eliminácii uvedeného negatívneho účinku má výrazný podiel zvolená odroda, rastová fáza a trvanie expozície vodného stresu (18)

Zo spôsobov obrábania pôdy sa prejavil ako vhodnejší minimalizačný postup bez použitia orby. Oproti konvenčnému spôsobu (3,92 t·ha⁻¹) bola úroda zrna preukazne vyššia o 0,51 t·ha⁻¹. Porovnateľné, až mierne vyššie úrody jačmeňa siateho jarného medzi minimalizačnou prípravou pôdy a konvenčnou, zistili aj výskumníci v podmienkach Kanady, zároveň s lepšími hodnotami vlhkosti pôdy (14).

Aplikovanie priemyselných hnojív (H2 – 4,37 t·ha⁻¹), ako aj priemyselné hnojivá v kombinácii s pozberovými zvyškami predplodiny (H3 – 4,23 t·ha⁻¹), sa vysoko preukazne prejavilo na úrode zrna jačmeňa v porovnaní s nehnojivým variantom (3,91 t·ha⁻¹). V podmienkach Slovenska dosiahli vysoko preukazne vyššiu výkonnosť jačmeňa siateho jarného v low-input systéme s použitím orby, ale pri vyššej úrovni hnojenia dusíkom (22).

Z úrodnotvorných prvkov bola hodnotená HTZ. Obrábanie pôdy a hnojenie vplývali na hodnoty HTZ nepreukazne. Vysokopreukazne pôsobili podmienky ročníka (tab. 1). Najvyššie hodnoty HTZ boli zistené v roku 2017 (50,79 g), pri najnižšej úrode zrna. Vysvetlenie spočíva v riedkom poraste, kde nízky počet rastlín a zŕn v klase bol kompenzovaný vyššou HTZ. Tieto hodnoty HTZ ovplyvnili aj objemovú hmotnosť a podiel zrna I. triedy. Z kvalitatívnych ukazovateľov, sa v roku 2017, dosiahli priaznivé hodnoty

v obsahu bielkovín v zrne (9,70 %), ako aj v obsahu extraktu (79,12 %).

Dusíkaté látky (NL) prítomné v zrne tvoria 8 % až 15 %. Ich obsah v zrne sa vyžaduje pre sladovnícky jačmeň do 11 %, pretože vyšší obsah spôsobuje bielkovinové zákaly piva. Nemali by klesnúť pod 9 %. Obsah škrobu má byť nad 60 % a obsah extraktu min. 80 % (21).

Kvalita zrna jačmeňa bola nevyhovujúca pre sladovnícke využitie najmä v roku 2015. Obsah bielkovín v zrne bol až 12,45 % a obsah extraktu bol veľmi nízky (59,66 %). Na hranici normovaných požiadaviek bola kvalita zrna v roku 2016 s obsahom bielkovín 11,0 %, ale obsah extraktu (68,4 %) nedosiahol požiadavky normy (nad 80 %). Extrémne a nevyrovnané vlhové a teplotné podmienky nevyhovovali z hľadiska kvality zrna ani v jednom z hodnotených ročníkov. Ako uvádza (10), obsah dusíkatých látok výrazne ovplyvňujú agroekologické podmienky pestovania, čo sa prejavilo aj v našich výsledkoch. Pozitívny vplyv aplikácie NPK hnojív na úrodu zrna jačmeňa a zároveň zvýšenie obsahu bielkovín v zrne zistil aj (12) a (16).

Rozhodujúci vplyv podmienok ročníka na obsah dusíkatých látok v zrne jačmeňa a extraktu bol potvrdený vo výsledkoch, ktoré získala (2). Zároveň poukázala na priaznivý vplyv aplikácie dusíkatých hnojív na úrodu zrna, ale taktiež aj na zvyšovanie obsahu dusíkatých látok v zrne jačmeňa, najmä v kombinácii s nepriaznivými poveternosťnými vplyvmi. Tieto zistenia boli potvrdené aj v roku 2012, kde v dôsledku sucha obsahovalo zrna jačmeňa 12,68 % bielkovín (3).

Spôsoby obrábania pôdy sa na ukazovateľoch kvality zrna štatisticky preukazne neprejavili, okrem podielu zrna I. triedy, ktorý bol vysoko preukazne najvyšší po konvenčnej príprave pôdy (88,32 %). Z variantov hnojenia priaznivo ovplyvnila kvalitu zrna aplikácia priemyselných

Tabuľka 1: Úroda zrna jačmeňa siateho jarného, technologické a kvalitatívne ukazovatele v závislosti od skúmaných faktorov
Table 1: Spring barley yield of grain, technological and qualitative parameters in relation to monitored factors

Faktor (1)	Úroda (t.ha ⁻¹) (2)	HTZ (g) (3)	OH (g.l ⁻¹) (4)	Podiel zrna 1. triedy (%) (5)	Bielkoviny (%) (6)	Extrakt (%) (7)	
Rok (8)	2015	4,27b	48,21a	587,33a	80,34a	12,45c	59,66a
	2016	4,57c	48,15a	633,33b	84,26b	11,00b	68,40b
	2017	3,68a	50,79b	660,33c	97,49c	9,70a	79,12c
Obrábanie (9)	K	3,92a	49,16a	625,44a	88,32b	11,02a	69,35a
	M	4,42b	49,16a	628,56a	86,41a	11,08a	68,77a
Hnojenie (10)	H1	3,91a	49,50a	626,17a	87,82b	11,08a	69,34ab
	H2	4,37b	49,13a	626,66a	88,44b	10,88a	70,16b
	H3	4,23b	48,51a	628,17a	85,84a	11,18a	67,68a

Rozdielne písmená znamenajú preukaznosť faktorov na hladine $P 0,05$ a $P 0,01$

(1) factor, (2) yield, (3) thousand kernel weight, (4) volume weight, (5) 1st class grain portion, (6) protein, (7) extract, (8) year, (9) cultivation, (10) fertilization
 Different letters indicate significance of factors at $P 0.05$ and $P 0.01$

Tabuľka 2: Preukaznosť faktorov na hladine $P 0,05$ a $P 0,01$

Table 2: Significance of the factors at level $P 0.05$ and $P 0.01$

Faktor (1)	Preukaznosť (2)	Úroda (3)	HTZ (4)	OH (5)	Podiel zrna I. triedy (6)	Bielkoviny (7)	Extrakt (8)
Variant hnojenia (9)	$P 0,05$	0,1481	1,2513	9,6118	1,3183	0,3540	1,8544
	$P 0,01$	0,1880	1,5888	12,2039	1,6738	0,4495	2,3546
Obrábanie (10)	$P 0,05$	0,1004	0,8483	6,5158	0,8937	0,2400	1,2571
	$P 0,01$	0,1343	1,1351	8,7190	1,1959	0,3211	1,6822

(1) factor, (2) significance, (3) yield, (4) thousand kernel weight, (5) volume weight, (6) 1st class grain portion, (7) protein, (8) extract, (9) treatment of fertilization, (10) cultivation

Tabuľka 3: Korelačné vzťahy medzi technologickými a kvalitatívnymi ukazovateľmi

Table 3: Correlation between technological and qualitative parameters

Faktor (1)	Bielkoviny (2)	OH (3)	Podiel zrna I. triedy (4)	Extrakt (5)
HTZ (6)	-0,41**	0,57**	0,60**	0,68**
Bielkoviny	-	-0,81**	-0,84**	-0,91**
OH	-	-	0,79**	0,90**
Podiel zrna I. triedy	-	-	-	0,90**

$P 0,05 = 0,27^*$; $P 0,01 = 0,35^{**}$

(1) factor, (2) protein, (3) volume weight, (4) 1st class grain portion, (5) extract, (6) thousand kernel weight

hnojív (H2), najmä množstvo extraktu (70,16 %). Preukaznosť faktorov na hladine $P 0,05$ a $P 0,01$ je uvedený v tabuľke 2.

Najväčším spracovateľom jačmeňa v SR je Heineken Slovensko Sladovne a.s., ktorých kľúčové parametre sladovnickeho jačmeňa sú: vlhkosť max. 14 %, obsah bielkovín 9,5 – 11,5 %, podiel zrna nad sitom 2,5 mm min. 90 %, klíčivosť min. 95 %, odrodová čistota min. 95 %. Odroda Kangoo patrí medzi nakupované odrody.

Korelačnou analýzou boli zistené vysoko preukazné závislosti medzi všetkými hodnotenými ukazovateľmi. Negatívna korelačná závislosť bola medzi HTZ a obsahom bielkovín v zrne ($r = -0,47^{**}$). HTZ bola v kladnej korelačnej závislosti k objemovej hmotnosti zrna, podiele zrna I. triedy, ako aj k obsahu extraktu. Podobne boli kladné vysoké závislosti medzi objemovou hmotnosťou zrna a podielom zrna I. triedy a obsahom extraktu, ako aj medzi podielom zrna I. triedy a množstvom extraktu. Pozitívny vzťah extraktu k HTZ ako aj negatívny vzťah k obsahu bielkovín zaznamenali aj autori (17) v podmienkach Srbska.

Vo vysokej negatívnej korelačnej závislosti bol obsah bielkovín v zrne jačmeňa k objemovej hmotnosti zrna ($r = -0,81^{**}$), podiele zrna I. triedy ($r = -0,84^{**}$) a množstvom extraktu ($r = -0,91^{**}$). Výsledky sú uvedené v tabuľke 3. Negatívne preukaznú korelačnú závislosť, medzi

obsahom dusíkatých látok a extraktom ($r = -0,55^{**}$), zistili aj ďalší autori (8).

V dôsledku globálnych klimatických zmien je do budúcnosti nevyhnutné posilniť adaptačnú kapacitu odrôd jačmeňa šľachtiteľskými programami alebo prostredníctvom nových technológií na udržanie produkcie jačmeňa, ako to odporúčajú autori (10, 13). V súčasnosti pestované odrody jačmeňa rozdielne reagujú na vlhkové podmienky a stresy zo sucha v čase nalievania zrna, čo sa prejavuje na úrode a kvalite zrna. Preto je potrebné zamerať šľachtenie jačmeňa pre konkrétne podmienky pestovania.

Záver

Jačmeň siaty jarný citlivo reaguje na podmienky pestovania. Rozhodujúcimi faktormi pri tvorbe úrody zrna je dostatok vlhky a optimálne hodnoty teploty v priebehu vegetačného obdobia, najmä v období vzhádzania, klasenia a nalievania zrna. Rozdielne vlhkové podmienky v období rokov 2015 až 2017 výrazne ovplyvnili úrodu a kvalitu zrna jačmeňa siateho jarného. Preukazne najvyššia úroda zrna (4,57 t.ha⁻¹) bola v roku 2016, v ktorom mal jačmeň v období kvitnutia a zakladania zrna dostatok vlhky. V roku 2017 bol počas vegetačného obdobia výrazný deficit vlhky a úroda zrna bola najnižšia (3,68 t.ha⁻¹). Pre využitie

v sladovníckom priemysle, zrno jačmeňa získané z pokusov v rokoch 2015 – 2017 nevyhovovalo pre vysoký obsah bielkovín v roku 2015 a nízky obsah extraktu pod 80 % bol vo všetkých pokusných rokoch. V roku 2017 bol obsah bielkovín v norme (9,70 %), ale extrakt (79,12 %) nedosiahol požadované hodnoty, aj keď bol zo všetkých ročníkov najvyšší. Hnojenie priemyselnými hnojivami štatisticky významne pozitívne ovplyvnilo len úrodu zrna jačmeňa (zvýšenie úrody o 11,8 %). Nepreukazuje sa zvýšil podiel zrna I. triedy a obsah extraktu. Napriek tomu bol obsah extraktu nízky (70,16 %). Po minimalizačnom spôsobe prípravy pôdy sa dosiahla preukazne vyššia úroda zrna (4,42 t.ha⁻¹) v porovnaní s konvenčným spôsobom obrábania pôdy (3,92 t.ha⁻¹) t. j. o 13 %. Konvenčná príprava pôdy spôsobila však preukazné zvýšenie podielu zrna I. triedy (o 2,2 %) v porovnaní s minimalizačným spôsobom prípravy pôdy. Na ostatných ukazovateľoch kvality jačmenného zrna sa spôsoby obrábania pôdy štatisticky neprejavili.

Literatúra

- (1) BORISONIK, E. B. 1974. Jarovoj jačmeň. Moskva : Izd. Kolos, 1974, 247 p.
- (2) CANDRÁKOVÁ, E. 2011. Reakcia jačmeňa siateho jarného na aplikáciu dusíkatých hnojív počas vegetácie. In *Agrochémia*, roč. XV. (51), 2011, č. 1, s. 3 – 8. ISSN 1335-2415.
- (3) CANDRÁKOVÁ, E. – HANÁČKOVÁ, E. 2015. The response of spring barley on selected experimental factors. In *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, vol. 61, 2015 no. 3, p.13. ISSN 0551-3677.
- (4) CANDRÁKOVÁ, E. – HANÁČKOVÁ, E. – ŽEMBERY, J. – ILLÉŠ, L. – ONDRIŠÍK, P. – URMINSKÁ, J. 2015. Pestovanie poľných plodín vo vyváženom osevnom postupe. Vedecká monografia, Nitra : SPU, 2015, 145 s. ISBN 978-8-552-1352-1.
- (5) DANILOVIČ, M. – HLAVATÁ, H. – ŠOLTYSOVÁ, B. 2017. Criteria for Abnormality Evaluation of Selected Weather Parameters in the Slovak Republic. In *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, vol. 63, 2017, no. 2, pp. 86–91.
- (6) FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. Nitra : SPU a Duslo, a.s. : Šála, 2000, 442 s. ISBN 80-7137-777-5.
- (7) GLOSER, J. – PRÁŠIL, I. 1998. Fyziologie stresu. In Procházka et al. *Fyziologie rostlin*. Praha : Academia, 1998, s. 412– 430). ISBN 80-200-0586-2.
- (8) HANÁČKOVÁ, E. – CANDRÁKOVÁ, E. 2013. Možnosti uplatnenia pestovateľských systémov jačmeňa siateho jarného v udržateľnom poľnohospodárstve. 1. vyd., Vedecká monografia, Nitra : SPU, 2013, 119 s. ISBN 978-80-552-1133-6.
- (9) KOSTREJ, A. a i. 1998. Ekofyziológia produkčného procesu porastu a plodín. Nitra : SPU, 1998, 187 s. ISBN 80-7137-528-4.
- (10) KRIŽANOVÁ, K et al. 2010. Grain yield and malting quality of new spring barley genotypes. In *Agriculture*, vol. 56, 2010, no. 3, pp. 90–94.
- (11) LÍŠKA, E. –FRANČÁKOVÁ, H. – KULÍK, D. 1994. Vplyv poveternostných podmienok na kvalitu zrna jarného jačmeňa. In *Poľnohospodárstvo*, roč. 40, 1994, č. 9, s. 642–650.
- (12) LOŽEK, O. 2000. Efektívnosť hnojenia vybraných poľnohospodárskych plodín priemyselnými hnojivami. In *Agrochémia*, roč. 4 (40), 2000, č. 3, s. 4 – 6. ISSN 1335-2415.
- (13) MAHALINGAM, R. 2017. Phenotypic, physiological and malt quality analyses of US barley varieties subjected to short periods of heat and drought stress. In *Journal of Cereal Science*, vol. 76, 2017, pp 199–205.
- (14) MALHI, S.S. – MCANDREW, D.W. – CARTER, M.R. 1992. Effect of tillage and N fertilization of a Solonchic soil on barley production and some soil properties. In *Soil and Tillage Research*, vol. 22, 1992, no. 1–2, pp. 95–107.
- (15) MASÁR, I. 2017. Obilniny. Situačná a výhľadová správa k 31. 12. 2016. Bratislava : NPPC-VÚEPP, 2017.
- (16) PECHOVÁ, B. 2000. Možnosti ovplyvňovania kvality jarného jačmeňa výživou. In *Agrochémia*, roč. 4 (40), 2000, č. 2, s. 7 – 10. ISSN 1335-2415.
- (17) PRŽULJ, N. – MOMCILOVIC, V. – CRNOBARAC, J. 2013. Path coefficient analysis of quality of two-row spring barley. In *Genetika*, vol. 45, 2013, no. 1, pp. 21–30.
- (18) SLAFER, G. A. – MOLINA-CANO, J. L. – SAVIN, R. et al. 2002. *Barley Science. Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality*. New York : Food products press, 2002, 565 p. ISBN 1-56022-910-1.
- (19) ŠPALDON, E. a i. 1982. *Rastlinná výroba*. Bratislava : Príroda, 1982, 628 s. 5132-SÚKK 375/I-82.
- (20) TOBIÁŠOVÁ, E. – ŠIMANSKÝ, V. 2009. Kvantifikácia pôdných vlastností a ich vzájomných vzťahov ovplyvnených antropickou činnosťou. 1. vyd., Nitra : SPU, s. 114. ISBN 978-80-552-0196-2.
- (21) ZIMOLKA, J. a i. 2006. *Ječmen – formy a úžitkové smery v České republice*. Praha, 2006, 199 s.
- (22) ŽÁK, Š. – HRČKOVÁ, K. 2015. Vyhodnotenie bilancie živín a výkonnosti v integrovanom a lowinput systéme. In *Agrochémia*, roč. XIX (55), 2015, č. 4, s. 19 – 26. ISSN 1335-2415.

doc. Ing. Eva Candráková, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Katedra rastlinnej výroby
Tr. Andreja Hlinku, 949 76 Nitra
tel. 037/6508 224
e-mail: Eva.Candrakova@uniag.sk

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



ilustračné foto

Vplyv SULFERT-Humátu na dynamiku rastu a produkcie trávnikového porastu

The influence of SULFERT-Humate on the dynamics of the turf growth and production

Ľuboš Vozár, Peter Kovár, Peter Hric, Petra Verešová, Miriama Paulisová

The effect of the various of polysulfide preparation doses SULFERT-Humate on the growth-production parameters of the lawn consisting from Festuca rubra agg. and Festuca ovina agg. was studied. The concentrations of 1.5, 5, 10, 20, 60, 80 and 100% were compared with non-fertilized and lawn with conventional NPK fertilization.

The two-year results of the SULFERT-Humate application demonstrate a significant impact of the high concentrations on the growth and production characteristics on the turf. On the other hand, the negative effect of high concentrations of polysulphides was also manifested. Especially when we applied a non-diluted concentrated preparation we watched 90–95% lawn damage in the second year of the experiment during the summer period, which it was unable to regenerate anymore.

In the assessment over the whole period we measured in average of daily height gains in average of year similar value by high concentrations of SULFERT-Humate (60–100%) even at 80% higher than in conventional NPK fertilization. Comparable values were also found in the average daily weight gains, where the variant with 100% SULFERT-Humate compared to the whole period with the addition of 4 cutes with zero production, did not decrease the mean value demonstrably compared to the variant fertilized with classical NPK fertilizers. However, considering only the period of damage/burning of the lawn at 100% of SULFERT-Humate we can state that the highest doses have a stronger fertilizer effect than NPK.

turf, growth-production indicators, polysulphides, SULFERT-Humate

Hoci je síra (S) jedným z esenciálnych prvkov potrebných pre rast rastlín s požiadavkami plodín podobnými ako na fosfor, tomuto prvku sa veľa rokov venovala malá pozornosť, pretože hnojivá a atmosférické vstupy dodávali pôde adekvátne množstvom síry. Teraz sa nedostatok S rozšíril po celom svete v dôsledku použitia vysokohodnotných hnojív s nízkym obsahom S, nízkou návratnosťou S v maštalnom hnoji, výnosnými odrodami a intenzívnym poľnohospodárstvom, znížením používania fungicidov obsahujúcich S a znížením atmosférických vstupov spôsobený prísnejšou reguláciou emisií (8, 15).

Aj v celej Európe počas posledných niekoľkých desaťročí (približne 30 rokov) došlo k poklesu atmosférických depozícií síry (18, 16), čo spolu s nižším zásobovaním minerálnym hnojením (2) viedlo k nedostatku síry v trávnych porastoch (26).

Problematike síry sa na Slovensku v nedávnej minulosti nevenovala náležitá pozornosť, nakoľko priemyselne

podniky produkovali významné množstvo oxidu siričitého a rastliny v prípade potreby dokážu prijať až 90 % síry prostredníctvom listov. Zmena nastala v polovici 90-tych rokov minulého storočia, keď v SR produkcia oxidu siričitého klesla o 58,6 % a zároveň sa významne znížila spotreba hospodárskych a priemyselných hnojív, ktoré obsahujú značný podiel síry (napr. síran amónny, jednoduchý superfosfát a i.) (12). Tým dochádza k postupnému znižovaniu obsahu prístupnej síry a na rastlinách sa objavujú príznaky jej deficitu.

Síra je pritom životne dôležitým prvkom pre všetky organizmy zohrávajúca dôležitú úlohu v biosyntéze metionínu a cysteínu (10). Je tiež nevyhnutná v syntéze koenzýmu A, ktorý je dôležitý pre biosyntézu a oxidáciu mastných kyselín, absorpciu aminokyselín, oxidáciu medziproduktov cyklu kyseliny citrónovej a pre oxidáciu ferredoxínu, ktorý je nevyhnutný pri fotosyntéze a biologickej fixácii N. Okrem toho je dôležitá pri syntéze vitamínov (5).

Napriek tomu, že rastliny preferujú príjem S koreňmi vo forme síranu (SO_4^{2-}), malé množstvo môžu tiež absorbovať ako tiosíran ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$). Malé množstvá SO_2 môžu navyše absorbovať listy (5). Vyššie rastliny prijímajú síru ako anión SO_4^{2-} , a to koreňovou sústavou, vo forme oxidu siričitého koreňovou sústavou a listami a nevylučuje sa ani príjem malého množstva síry v elementárnej forme (7). Vitti a i. (25) tiež uviedli, že asimilácia S0 listami sóje, ktorá bez ohľadu na dávku a povahu zdroja viedla k zvýšeniu N a S v listoch v porovnaní s aplikovaním S0 do pôdy.

Koncentrácia S v rastlinných pletivách sa pohybuje v rozpätí 0,1 a 0,5 %, s klesajúcimi koncentraciami v rastlinách v poradí Cruciferae, Leguminosae a Gramineae (5). Podľa ďalších autorov (3, 19) medzi najnáročnejšie na dostatok síry patria cibuľoviny, kapustovité, bôbovité, z tých najmä ďatelinoviny. Trávy radíme k stredne náročným druhom (9).

Symptómy nedostatku S v rastlinách sa vyznačujú zníženým rastom rastlín a výskytom rovnomernej chlórózy na mladších listoch (5).

Aktuálnym sa v súčasnom období stáva využitie stimulačného efektu humátov vo výžive poľnohospodárskych plodín, ktorému sa venuje vo výskume, ale aj v poľnohospodárskej praxi značná pozornosť. Je známe, že humusové látky priaznivo ovplyvňujú fyzikálno-chemické vlastnosti pôdy, vodný a vzdušný režim, pufrovaciu schopnosť pôdy, viazanie živín do prístupných foriem a mikrobiologickú činnosť pôd (24). Humáty sú soli humínových kyselín. Vyrábajú sa chemickou izoláciou humínových kyselín z organických materiálov bohatých na uhlík (rašelina, lignit, oxihumolit, hnedé uhlie, čierne uhlie, antracit a pod.) (12). Majú stimulačné, adsorpčné a ochranné vlastnosti, a preto je výhodné aplikovať ich spolu s výživou a ochranou rastlín (14).

Trávníkmi je prijímaná síra približne v rovnakom množstve ako fosfor. Je súčasťou mnohých hnojív (síraný a obalované hnojivá), ale i napriek tomu sa môže vyskytnúť jej deficit, ktorý sa prejavuje podobne ako nedostatok N (13). Aplikácia síry priniesla už v minulosti pozitívny efekt na „putting green“ založený z druhov rodu *Agrostis* (psinček) (4). Problém výživy trávnikov sírou spočíva v tom, že v utuženej pôde (anaeróbne prostredie) sa podieľa na vytváraní tzv. „blacklayer“, čo je čierne sfarbená vrstva pôdy (najčastejšie 40 – 60 mm pod povrchom) s vysokým obsahom FeS (toxické pre rast koreňov) (13). Alternatívou k eliminácii tohto problému sa javí foliárna aplikácia. V nadväznosti na uvedené bola cieľom experimentu

analýza vplyvu polysulfidového hnojiva SULFERT-Humát na rastovo-produkčné ukazovatele trávnik.

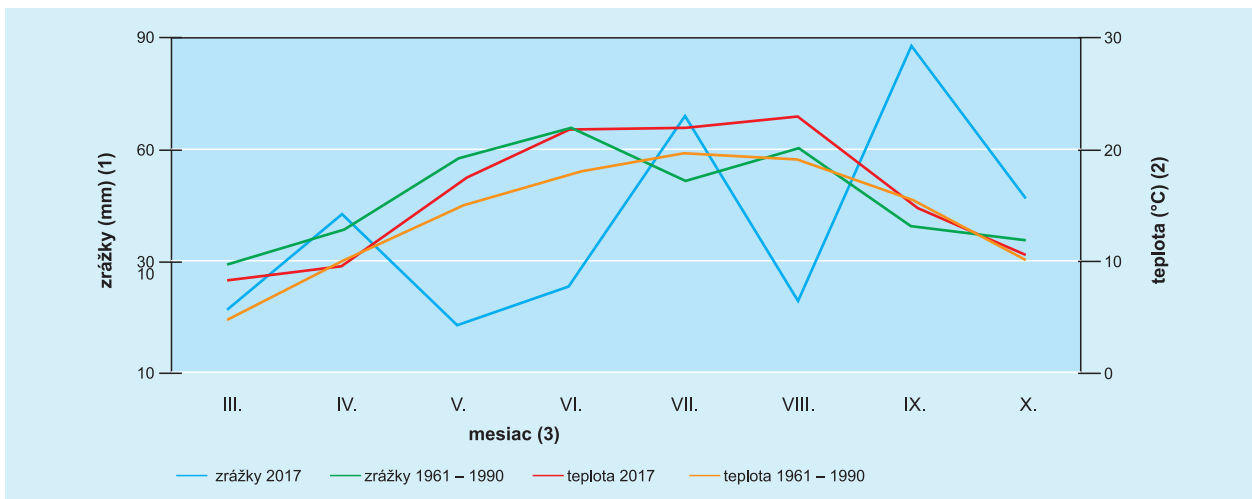
Materiál a metodika

Experiment sa realizoval v rokoch 2017 a 2018 v poľných podmienkach Demonštračnej a výskumnej bázy Katedry trávnych ekosystémov a kŕmnych plodín FAPZ SPU v Nitre na dlhoročnom extenzívne využívanom trávniku zloženom z odrôd kostravy červenej (*Festuca rubra* agg. L.) a kostravy ovčej (*Festuca ovina* agg. L.). Územie je

charakteristické teplou nížinnou klímou s dlhým až veľmi dlhým, teplým a suchým letom a krátkou, mierne teplou, suchou až veľmi suchou zimou s krátkym trvaním snehovej prikrývky (30 – 40 dní). Priemerná ročná teplota vzduchu je 9,7 °C, dlhodobý priemer ročného úhrnu zrážok je 561 mm (23). Priebeh poveternostných podmienok v sledovanom období uvádzame na obrázkoch 1 a 2.

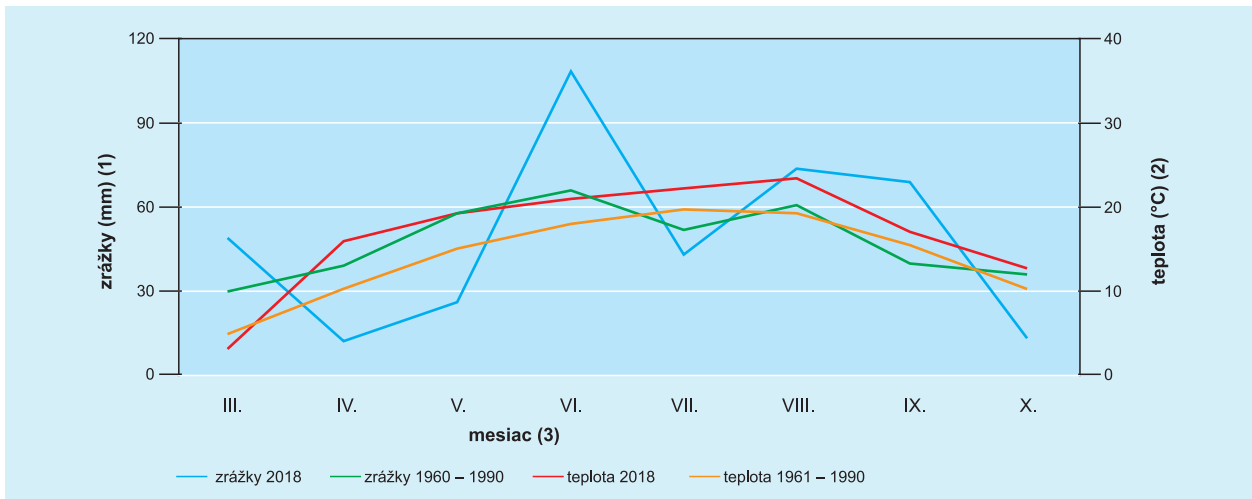
Pôdnym typom je ilovito-hlinitá fluvizem. Agrochemické vlastnosti pôdy pokusného stanovišťa dokumentuje tabuľka 1.

Obrázok 1: Walterov klimadiagram – rok 2017 (1; upravené)
Figure 1: Walters's climate diagram – year 2017 (1; orderly)



(1) precipitation, (2) temperature, (3) month

Obrázok 2: Walterov klimadiagram – rok 2018 (1; upravené)
Figure 2: Walters's climate diagram – year 2018 (1; orderly)



(1) precipitation, (2) temperature, (3) month

Tabuľka 1: Agrochemické vlastnosti pôdy pokusného stanovišťa

Table 1: Agrochemical properties of the soil on the experimental site

pH/KCl	mg.kg ⁻¹						C _{ox} (g.kg ⁻¹)
	N	P	K	Mg	Ca	Na	
7,09	2 282	54	350	680	4 900	40	20,82

Pokus bol riešený metódou dlhých pásov. Veľkosť každého variantu je 4 m². Sledovalo sa nasledovných deväť variantov:

- (V1) bez hnojenia [v texte „kontrola“].
- (V2) s klasickým NPK hnojením [v texte „NPK“].
- (V3) 1,5 % roztok SULFERT-Humátu 4x za vegetačné obdobie + P [v texte „SH 1,5“].
- (V4) 5 % roztok SULFERT-Humátu 4x za vegetačné obdobie + P [v texte „SH 5“].
- (V5) 10 % roztok SULFERT-Humátu 4x za vegetačné obdobie + P [v texte „SH 10“].
- (V6) 20 % roztok SULFERT-Humátu 4x za vegetačné obdobie + P [v texte „SH 20“].
- (V7) 60 % roztok SULFERT-Humátu 4x za vegetačné obdobie + P [v texte „SH 60“].
- (V8) 80 % roztok SULFERT-Humátu 4x za vegetačné obdobie + P [v texte „SH 80“].
- (V9) 100 % roztok SULFERT-Humátu 4x za vegetačné obdobie + P [v texte „SH 100“].

Dusík vo forme 27 % LAD sa vo variante 2 aplikoval v množstve 180 kg.ha⁻¹ N. Celoročná dávka sa delila na šesť rovnakých dielov. Na fosforečnú výživu sa použil Amofos NP 12/52 v dávke 30 kg.ha⁻¹ P jednorazovo na jar po zazelenaní porastov. Draselná výživa (60 % draselná soľ) sa použila rovnako na jar po zazelenaní po-

rastov v množstve 80 kg.ha⁻¹ K. SULFERT-Humát sa aplikoval ručným postrekovačom v dvojmesačnom intervale v množstve 500 ml postrekovej kvapaliny na variant v príslušnej koncentrácii (1,5 %, 5 %, 10 %, 20 %, 60 %, 80 % a 100 %). Konkrétne dátumy hnojenia sú uvedené v tabuľke 2.

Charakteristika použitých hnojív

- o **LaD** – Liadok amónny s dolomitom (LAD) je granulát dusičnanu amónneho s jemne mletým dolomitom, ktorý znižuje prirodzenú kyslosť hnojiva. Obsahuje 27 % dusíka. Hnojivo je povrchovo upravené proti spekaniu. Obsahuje vápnik a horčík vo forme uhličitanov nerozpustných vo vode. Pomer obsahu dusičnanového a amoniakálneho dusíka je 1 : 1.
- o **Amofos** je granulované organominerálne hnojivo s 12 % obsahom N a 52 % obsahom P₂O₅. Podstatnou zložkou je fosforečnan amónny. Dodávajú sa rôzne druhy s kolísajúcim obsahom dusíka a fosforu. Z celkového obsahu fosforu je min. 40 % vodorozpustného P₂O₅.
- o **Draselná soľ** je v podstate technická soľ KCl s obsahom 60 % K₂O. Celkový obsah chlóru sa pohybuje okolo 48 %, neobsahuje žiadne sprievodné soli. Hnojivo je dodávané v kryštalickej, granulovanej alebo práškovej forme.

Tabuľka 2: Konkrétne dátumy hnojenia a aplikácie SULFERT-Humátu

Table 2: Specific dates of fertilization and application of SULFERT-Humate

Variant (3)	Termín aplikácie (1)											
	Rok (2) 2017											
	21.3.	31.3.	27.4.	25.5.	30.5.	27.6.	27.7.	1.8.	28.8.	29.9.		
Rok (2) 2018												
	5.4.	9.4.	4.5.	5.6.	6.6.	27.6.	2.8.	2.8.	7.9.	5.10.		
	N (LAD) g/var.	P (Amofos) g/var.	K (60 % K ₂ O) g/var.	S-Hum.	N (LAD) g/var.	N (LAD) g/var.	S-Hum.	N (LAD) g/var.	N (LAD) g/var.	S-Hum.	N (LAD) g/var.	S-Hum.
1												
2	39,87	61,68	64,26		39,87	39,87		39,87	39,87		39,87	
3		61,68		1,5 %			1,5 %			1,5 %		1,5 %
4		61,68		5 %			5 %			5 %		5 %
5		61,68		10 %			10 %			10 %		10 %
6		61,68		20 %			20 %			20 %		20 %
7		61,68		60 %			60 %			60 %		60 %
8		61,68		80 %			80 %			80 %		80 %
9		61,68		100 %			100 %			100 %		100 %

var. – variant, S-Hum. – SULFERT-humát

(1) terms of application, (2) year, (3) variant/treatment

Tabuľka 3: Termíny zavlažovania porastov

Table 3: Terms of irrigation

Rok (3) 2017										
Poradie (1)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Dátum (2)	30.3.	18.5.	23.5.	2.6.	6.6.	9.6.	13.6.	19.6.	26.6.	28.6.
Poradie (1)	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Dátum (2)	3.7.	18.7.	24.7.	2.8.	4.8.	11.8.	16.8.	24.8.	28.8.	30.8.
Rok (3) 2018										
Poradie (1)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.			
Dátum (2)	9.5.	31.5.	4.7.	26.7.	10.8.	20.8.	10.10.			

(1) order, (2) date, (3) year

o **SULFERT-Humát** (5-0-10 + 12S + 0,9 % Humát) (Obr. 9) je čierna kvapalina s nepríjemným sírnym zápachom, ktorý sa zvlášť stupňuje pri interakcii so vzduchom. Ide o vysoko koncentrovaný vodný roztok močoviny s polysulfidom a tiosíranom draselným a s humátom draselným. Roztoková forma živín a neobmedzená rozpustnosť v mäkkej vode umožňuje jednoduchú a efektívnu aplikáciu s vysokým stupňom využitia živín. Hnojivo je predurčené na rýchle doplnenie dusíka, draslíka a síry do pôdy, alebo na list. Prítomné draselné soli humínových kyselín sú zdrojom uhlíka, ako základného biogénneho stavebného prvku. Draselné soli humínových kyselín v hnojive SULFERT-Humát tiež znižujú kyslosť pôdy a potláčajú činnosť pôdných patogénov. Aj nízke dávky humátov zintenzívňujú prijímanie živín rastlinami predovšetkým dusíka, fosforu a mikroprvkov (Fe, Cu, Zn, Mn, B, Mo). Zabezpečuje efektívnu výživu v čase najvyššej spotreby rastlinou, pozitívne ovplyvňujú zdravotný stav a kvalitu pestovaných plodín. Špecifická chemická zložka vytvárajú priestor pre sekundárne účinky v smere ochrany rastlín (21).

Pokus bol realizovaný v závlahových podmienkach. Zavlažovanie sa realizovalo podľa potreby a podľa poveternostných podmienok jednorazovou dávkou v intenzite približne 10 mm v nasledovných termínoch (tabuľka 3).

Porasty boli kosené na výšku 50 mm pri dosiahnutí priemernej výšky približne 80 mm. Pred kosbou bola zisťovaná výška (v každom opakovaní sa urobilo 10 meraní). Priemerný denný prírastok výšky (PDPv) (mm.deň⁻¹) sme vypočítali podľa nasledovného vzťahu:

$$PDPv = \frac{\varnothing \text{ výška v kosbe (mm)} - 50 \text{ mm}}{\text{počet dní dorastania}} \text{ (mm.deň}^{-1}\text{)}$$

Vzorky na zisťovanie produkcie sušiny sa odoberali pomocou akumuláčnych nožníc z plochy 100 × 1 000 mm a štandardne sa sušili pri teplote 105 °C. Následným vá-

žením sa zistila hmotnosť sušiny. Priemerný denný prírastok hmotnosti (PDP_{hm}) (g.m⁻².deň⁻¹) sme vypočítali podľa nasledovného vzťahu:

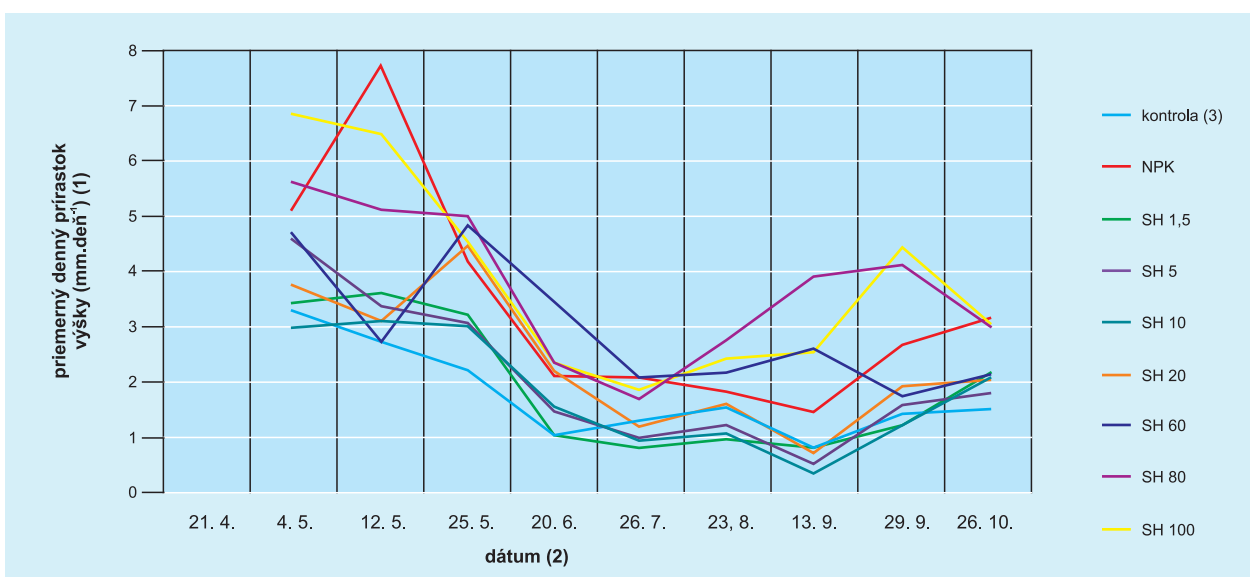
$$PDP_{hm} = \frac{\varnothing \text{ produkcia v kosbe (g.m}^{-2}\text{)}}{\text{počet dní dorastania}} \text{ (g.m}^{-2}\text{.deň}^{-1}\text{)}$$

Získané údaje sa štatisticky vyhodnotili v programe STATISTICA Cz, version 10 (20) pomocou jednofaktorovej analýzy rozptylu (ANOVA) s overením hodnovernosti rozdielov Fischerovým LSD testom pri 95 % hladine pravdepodobnosti (P = 0,05). Pre vyjadrenie variability celkovej výšky porastu a celkovej produkcie nadzemnej fytomasy sa použila smerodajná odchýlka. Grafické zobrazenie sa robilo pomocou programov MS Word a MS Excel.

Výsledky a diskusia

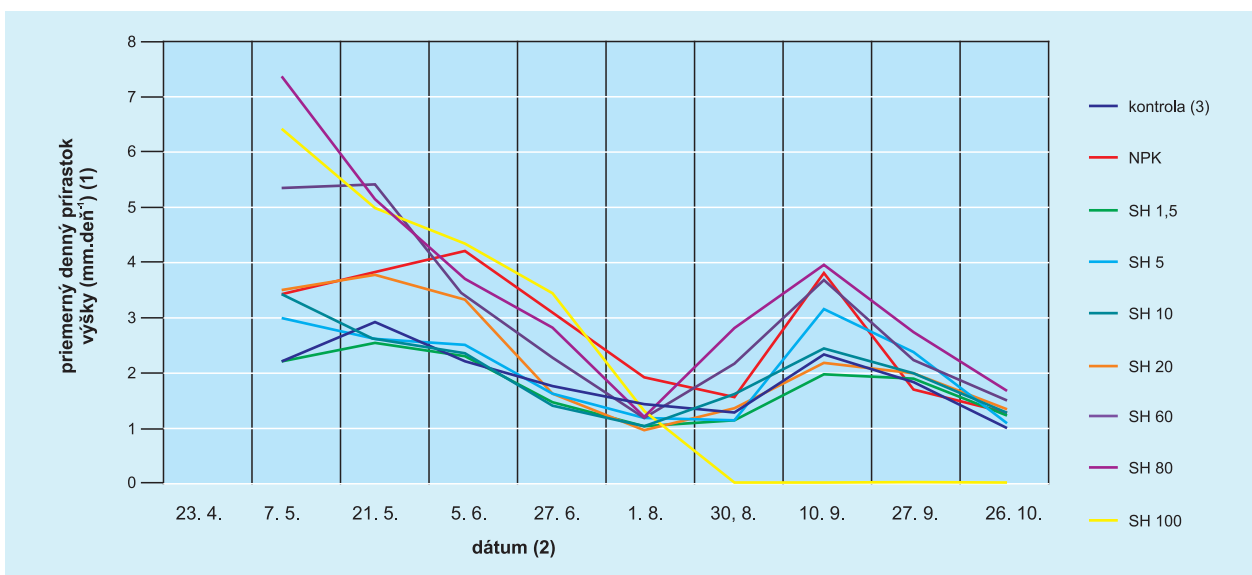
Priebeh tvorby nadzemnej fytomasy a reakciu na hnojenie trávniku z odrôd kostravy červenej (*Festuca rubra* agg.) a kostravy ovčej (*Festuca ovina* agg.) prípravkom SULFERT-Humát dokumentuje obrázok 3. Na začiatku sezóny môžeme podľa Klasifikátora pre čeľaď Poaceae L. (22) pozorovať relatívne vysokú intenzitu narastania porastu do výšky vo všetkých sledovaných variantoch. Najvýraznejšiu reakciu sme zaznamenali na trávniku s aplikáciou 100 %, neriedeného, SULFERT-Humátu, resp. aj pri 80 % koncentrácii. Dokonca hodnoty boli vyššie ako pri štandardnej aplikácii NPK. V nasledujúcej kosbe sme pozorovali všeobecne mierny pokles intenzity narastania trávniku do výšky. Výnimkou bol variant hnojený NPK, ktorý naopak rástol podstatne rýchlejšie v porovnaní s 1. kosbou (približne o 33 %). V tretej kosbe pokračoval všeobecný pokles hodnôt priemerných denných prírastkov výšky, okrem variantov SH 60 a SH 20. Po tomto období rôznej reakcie na aplikovaný prípravok intenzita narastania do výšky klesala až do konca júla. Tento pokles je všeobecne známy jav, tzv. letná depresia, spojený s klimatickými podmienkami

Obrázok 3: Priemerný denný prírastok výšky v kosbách v roku 2017 (mm.deň⁻¹)
Figure 3: Average daily gain of height in cuts in the year 2017 (mm.day⁻¹)



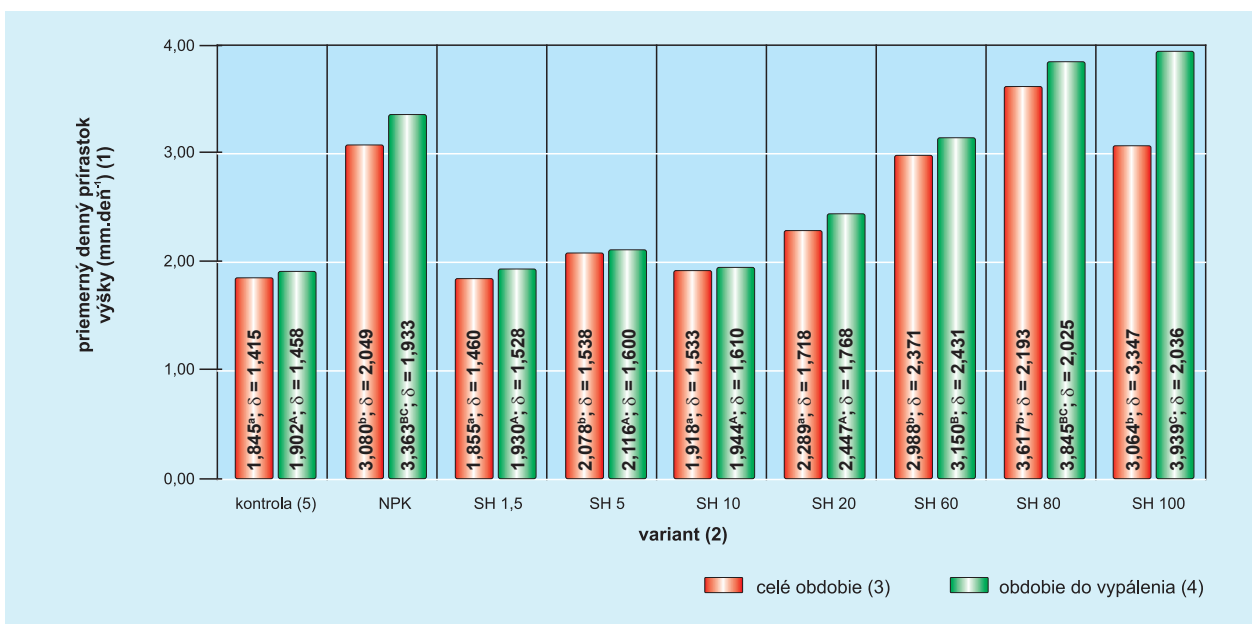
(1) average daily gain of height, (2) date, (3) control

Obrázok 4: Priemerný denný prírastok výšky v kosbách v roku 2018 (mm.deň⁻¹)
Figure 4: Average daily gain of height in cuts in the year 2018 (mm.day⁻¹)



(1) average daily gain of height, (2) date, (3) control

Obrázok 5: Priemerný denný prírastok výšky v kosbách (mm.deň⁻¹) – priemer rokov 2017 a 2018
Figure 5: Average daily gain of height in cuts (mm.day⁻¹) – the average of 2017 and 2018



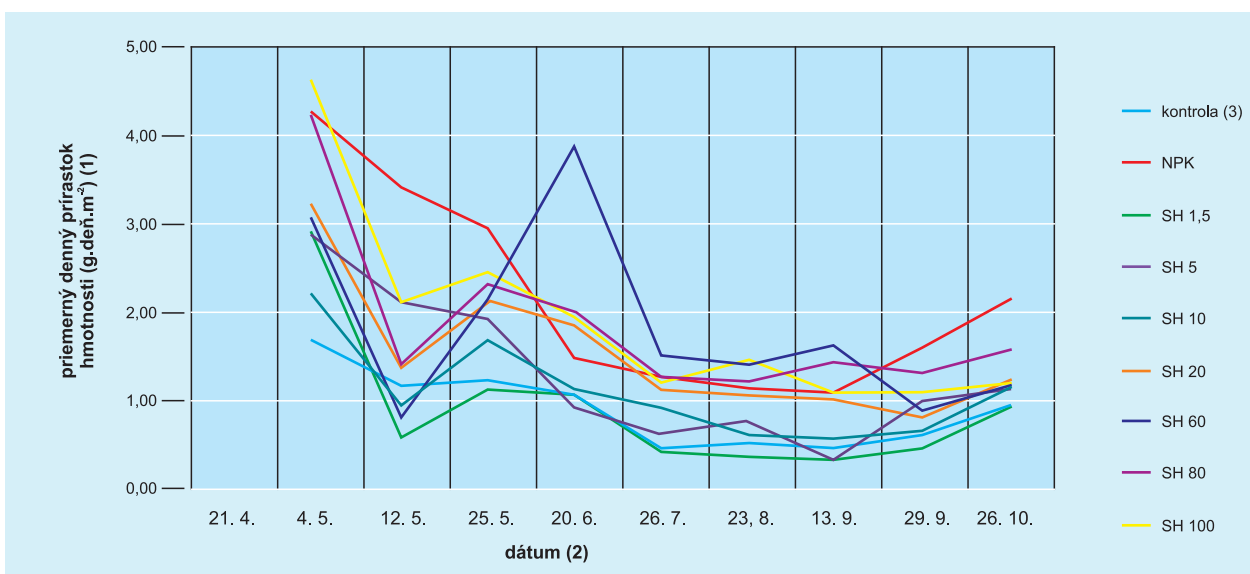
(1) average daily gain of height, (2) variant, (3) whole period, (4) period until damage/burn, (5) control, δ – smerodajná odchýlka (standard deviation)
 Rozdielne indexy v rámci období indikujú signifikantné rozdiely (Fisherov LSD test, α = 0.05)
 Different index indicates statistically significant differences within periods (Fisher LSD test, α = 0.05)

Slovenska (11). Od tohto obdobia sme zaznamenali relatívne rovnomernú intenzitu narastania porastov do výšky vo väčšine variantov. Mierne sa odlišovali varianty s aplikáciou najvyšších koncentrácií prípravku SULFERT-Humát (SH 80 a SH 100), kde sme zistili takmer dvojnásobne vyššiu rýchlosť narastania do výšky.

V druhom roku (2018) sledovaní (Obr. 4) sme zaznamenali na začiatku sezóny podobné charakteristiky ako

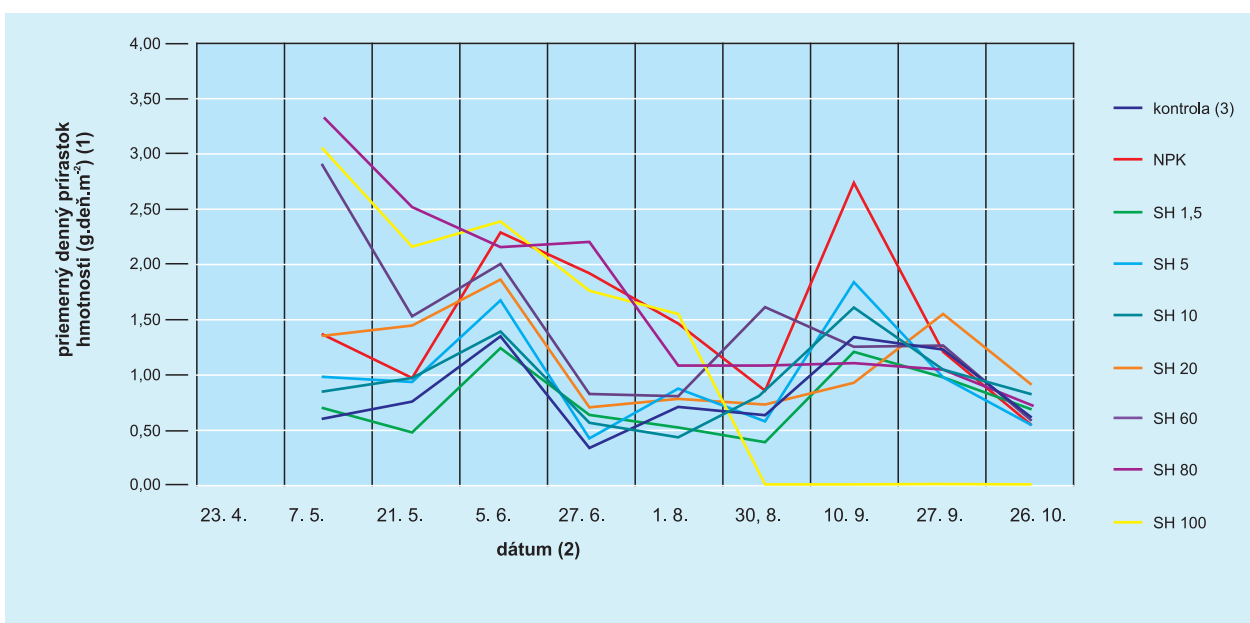
v iniciálnom roku. Najväčšie prírastky výšky sme zistili vo variantoch hnojených vysokými koncentraciami SULFERT-Humátu (7,357 mm.deň⁻¹, SH 80; 6,429 mm.deň⁻¹, SH 100 a 5,357 mm.deň⁻¹, SH 60). Uvedené hodnoty prírastkov výšky boli 1,65- až 2,14-krát vyššie ako pri klasickom NPK hnojení. Vývoj pokračoval znížením intenzity narastania porastu do výšky, pričom najmarkantnejší bol pokles vo V8 a V9 po aplikácii 80 % a 100 % roztoku SUL-

Obrázok 6: Priemerný denný prírastok hmotnosti v kosbách v roku 2017 ($\text{g}\cdot\text{deň}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)
Figure 6: Average daily gain of weight in cuts in the year 2017 ($\text{g}\cdot\text{day}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)



(1) average daily gain of weight, (2) date, (3) control

Obrázok 7: Priemerný denný prírastok hmotnosti v kosbách v roku 2018 ($\text{g}\cdot\text{deň}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$) – priemer rokov 2017 a 2018
Figure 7: Average daily gain of weight in cuts in the year 2018 ($\text{g}\cdot\text{day}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$) – the average of 2017 and 2018

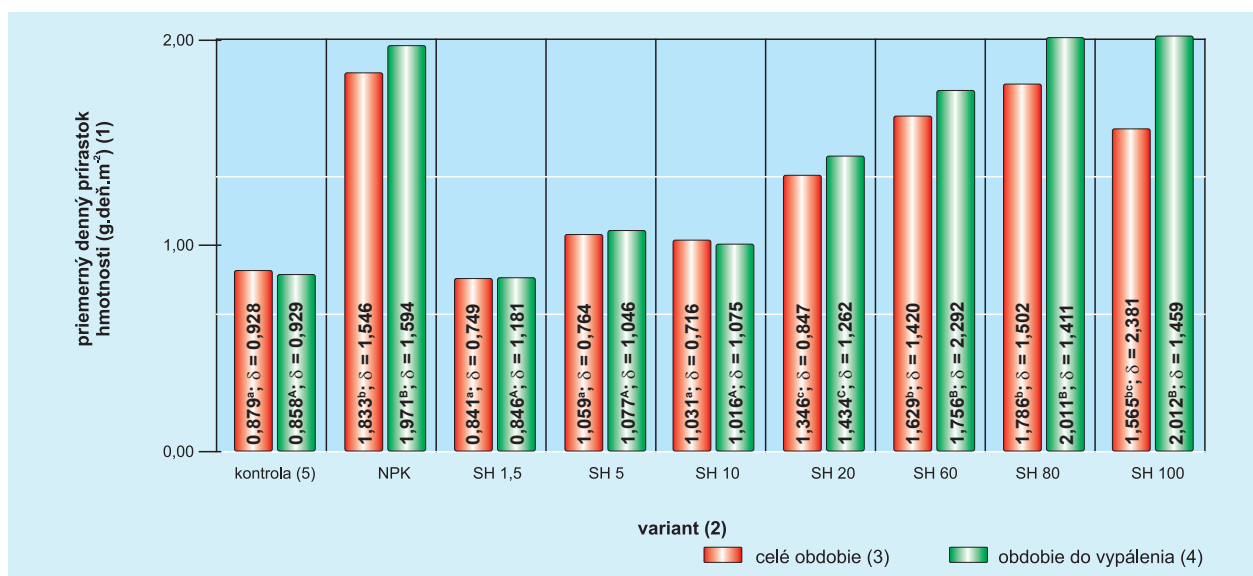


(1) average daily gain of weight, (2) date, (3) control

FERT-Humátu. Mierne zvýšenie rýchlosti narastania do výšky sme pozorovali na variantoch SH 1,5, SH 20, SH 60, pri klasickom NPK hnojení, ale aj na nehnojenej kontrole. Od tretej dekády mája do začiatku augusta porasty všeobecne spomalili rast do výšky. Výnimkou bol porast hnojený NPK, ktorý znížil intenzitu narastania až od začiatku júna. Následne, od začiatku augusta, vyššie koncentrácie SULFERT-Humátu (SH 10 až SH 80) a od konca augusta aj ostatné varianty, zrýchlili rast do výšky. Od 8. kosby sme

až do konca vegetačného obdobia pozorovali spomalenie narastania do výšky. Osobitnú pozornosť je nutné venovať variantu SH 100, kde sme zaznamenali v auguste silný fyto toxický účinok SULFERT-Humátu s 90 – 95 % poškodením (popálením) porastu (Tab. 4) a v podstate nulové prírastky. Uvedený fyto toxický efekt vyššej dávky polysulfidov je už dlhodobo známy a zdokumentovaný v literatúre (17) a upozorňuje na to aj výrobca (21).

Obrázok 8: Priemerný denný prírastok hmotnosti v kosbách (g.deň⁻¹.m⁻²) – celoročný priemer
Figure 8: Average daily gain of weight in cuts (g.day⁻¹.m⁻²) – year round average



(1) average daily gain of weight, (2) variant, (3) whole period, (4) period until damage/burn, (5) control, δ – smerodajná odchýlka (standard deviation)
 Rozdielne indexy v rámci období indikujú signifikantné rozdiely (Fisherov LSD test, α = 0.05)
 Different index indicates statistically significant differences within periods (Fisher LSD test, α = 0.05)

V porovnaní celoročných priemerných denných prírastkov výšky (Obr. 5) mali preukazne najvyššiu intenzitu rastu do výšky varianty SH 60, SH 80, SH 100 a NPK. Zaujímavé je to najmä z pohľadu variantu SH 100, kde sme v posledných kosbách namerali nulové prírastky a napriek tomu v priemere za celé sledované obdobie (roky 2017 a 2018) priemerný denný prírastok výšky bol porovnateľný s variantmi NPK a SH 60. Výrazný hnojivý účinok je vidieť, ak porovnáme iba kosby do obdobia, kedy došlo k silnému poškodeniu porastu (august 2018, obr. 4) pri aplikácii čistého koncentráту SULFERT-Humátu (SH 100), kde vidíme dokonca preukazne najvyššie prírastky výšky. Nižšie koncentrácie aplikovaného prípravku zvyšovali intenzitu narastania do výšky len mierne, v porovnaní s kontrolným variantom nepreukazne.

Dynamika priemerných denných prírastkov hmotnosti v prvom experimentálnom roku (2017, Obr. 6) potvrdila všeobecné tendencie zistené pri hodnotení intenzity rastu do výšky. Pri hodnotení jednotlivých variantov sme však

zistili odlišný vývoj. Najviac sa prejavil na porastoch hnojených NPK a 60 % SULFERT-Humátom. Pokiaľ pri výške sme zistili vo variante NPK v 3. kosbe prudké zvýšenie, pri intenzite tvorby fytohmoty sme zistili naopak relatívne rýchly pokles. Ten pokračoval až do začiatku jesene (13. 9.). Trávnik SH 60 je zaujímavý najmä prudkým zvýšením priemerných denných prírastkov hmotnosti na začiatku leta (20. 6.). Tie následne klesli, po 8. kosbu sa však radil k najproduktívnejším. V tejto súvislosti je nutné spomenúť, že výsledky z variantov SH 80 a SH 100 boli čiastočne ovplyvnené miernym popálením rastlín (Tab. 4) spôsobeným pravdepodobne vysokou koncentráciou postrekovej kvapaliny.

Základný rozdiel na začiatku 2. roku sledovaní (Obr. 7) priemerných denných prírastkov hmotnosti v porovnaní so začiatkom sezóny predchádzajúceho roku bol pozorovaný vo variante NPK. Pokiaľ v roku 2017 sa radil k porastom rastúcim najintenzívnejšie, v roku 2018 v úvode vegetačného obdobia skôr k variantom s najnižšími prírastkami.

Tabuľka 4: Zaznamenaná plocha poškodenie/popálenia porastu (%)

Table 4: Recorded of damage/burn area (%)

Variant (3)	Kosba (1) (dátum (4))						
	Rok (2) 2017						
	5. (20. 6.)	6. (26. 7.)	7. (23. 8.)	8. (13. 9.)	9. (29. 9.)	10. (26. 10.)	
SH 80	20	20	20	20	8	10	
SH 100	30	25	25	25	20	20	
Rok (2) 2018							
	4. (5. 6.)	5. (27. 6.)	6. (1. 8.)	7. (30. 8.)	8. (10. 9.)	9. (27. 9.)	10. (26. 10.)
SH 60	–	–	–	5	7	3	–
SH 80	2	–	2	33	33	25	15
SH 100	5	5	5	95	90	90	90

(1) cut, (2) year, (3) variant/treatment, (4) date

Obrázok 9 Sulfert-Humát
Figure 9 Sulfert-Humát



Obrázok 10 Pokus so SULFERT-Humátom (27.6. 2018)
Figure 10 Experiment with SULFERT-Humate (27.6. 2018)



Tento vývoj pokračoval až do začiatku poslednej dekády mája. Zaujímavé je aj výrazné zníženie intenzity narastania trávnikov porastov pri aplikovaní vysokých koncentrácií SULFERT-Humátu. Najviac vo variante SH 60 (o približne 90 %). Do nasledujúceho využitia sa intenzita prírastkov hmotnosti všeobecne zvýšila. Najvýraznejšie sa to prejavilo na poraste hnojenom klasickými hnojivami (NPK, z 0,975 g.deň⁻¹.m⁻², 21. 5. na 2,295 g.deň⁻¹.m⁻², 5. 6.). Následne počas leta až do konca augusta sme pozorovali všeobecný pokles intenzity narastania. Odlišoval sa len variant SH 60, ktorý zrýchľil tvorbu fytoomas už od začiatku augusta. Podobne ako pri výške v 1. dekáde septembra trávnik zintenzívil prírastky hmotnosti vo všetkých hodnotených variantoch, s maximom vo variante NPK (2,748 g.deň⁻¹.m⁻²). Neskôr už rýchlosť narastania až do konca sezóny postupne klesala. Pozornosť si však zaslúži

Obrázok 11 Variant „SH 100“ (10. 9. 2018)
Figure 11 Variant „SH 100“ (10. 9. 2018)



variant SH 20, ktorý mal do posledných dvoch kosieb najväčšie prírastky hmotnosti. Rovnako ako pri výške možno konštatovať osobitný vývoj pri aplikácii 100 % SULFERT-Humátu (Obr. 7), kde bolo zaznamenané rozsiahle poškodenie porastu (Tab. 4).

Vyhodnotením priemerov denných prírastkov hmotnosti za oba roky (Obr. 8) sme zistili, že preukazne najrýchlejšie dorastali trávniky s aplikáciou NPK a 80 % SULFERT-Humátu (1,833 g.deň⁻¹.m⁻², resp. 1,786 g.deň⁻¹.m⁻²). Z pohľadu trávnikárstva je dôležitá aj rovnomernosť narastania (6), v čom lepšie hodnotíme hnojenie 80 % koncentráciou použitého prípravku, kde variabilita prírastkov hmotnosti vyjadrená smerodajnou odchýlkou bola nižšia ($\delta = 1,502$) na rozdiel od variantu NPK ($\delta = 1,546$). Upozorniť by sme chceli aj na porast, kde sa použila „iba“ 20 % koncentrácia SULFERT-Humátu, kde boli výsledky produkcie preukazne nižšie od variantov, kde sa aplikovali najvyššie dávky, ale aj preukazuje vyššie od porastov hnojených menej intenzívne.

Záver

Dvojitý výsledok aplikácie polysulfidového prípravku SULFERT-Humátu ukazujú preukazný vplyv na rastovo-produkčné charakteristiky trávnikového porastu na báze kostravy červenej (*Festuca rubra* agg.) a kostravy ovčej (*Festuca ovina* agg.) pri využití vysokých koncentrácií. Na druhej strane sa prejavil aj negatívny účinok vysokých koncentrácií polysulfidov. Najmä pri aplikácii neriedeného koncentrovaného prípravku, kde sme v druhom roku experimentu zaznamenali 90 – 95 % poškodenie trávnik v letnom období, z ktorého sa už nedokázal zregenerovať.

V hodnotení za celé obdobie je možné konštatovať, že najmä vplyvom vysokých koncentrácií SULFERT-Humátu (60 – 100 %) sme zaznamenali v celoročných priemeroch prírastkov výšky podobné, dokonca pri 80 % vyššie hodnoty, ako pri klasickom NPK hnojení. Porovnateľné hodnoty sme zistili aj v priemerných denných prírastkoch hmotnosti, kde aj vo variante s aplikáciou 100 % SULFERT-Humátu v porovnaní celého obdobia, t. j. so zarútaním 4 kosieb s nulovými prírastkami neklesla priemerná hodnota preukazne v porovnaní s variantom hnojenom klasickými hnojivami NPK. Ak však uvažujem iba s obdobím do poškodenia/vypálenia trávnik pri 100 % SULFERT-Humáte môžeme konštatovať, že najvyššie dávky majú silnejší hnojivý účinok ako NPK.

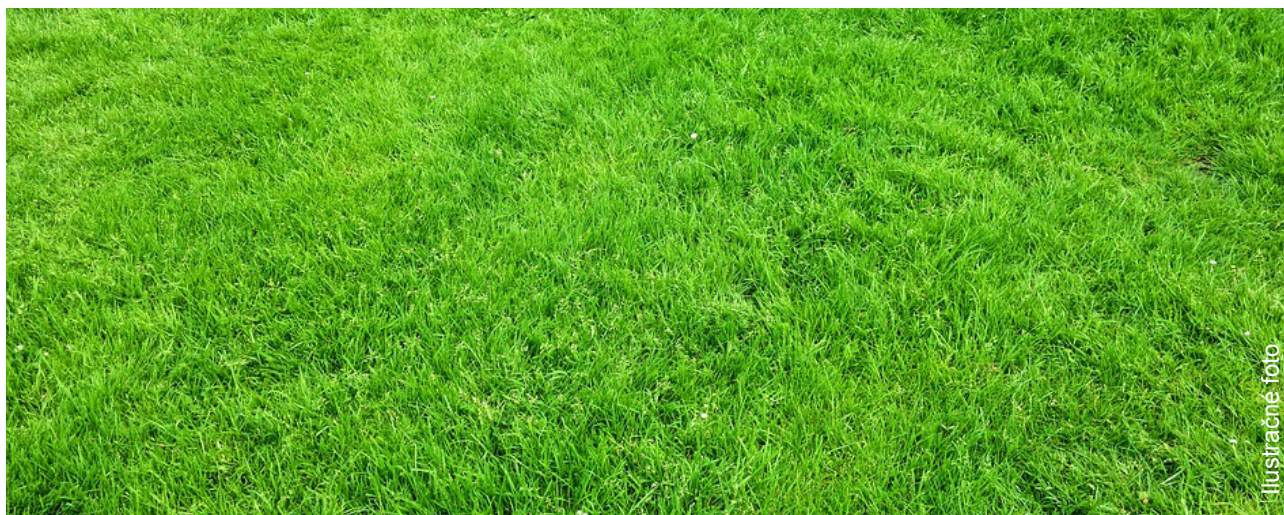
Literatúra

- (1) Bulletin Meteorológia a Klimatológia (dostupné na: www.shmu.sk/sk/?page=1613 [cit. 2019-02-08])
- (2) CECCOTTI, S.P. 1996. Plant nutrient sulphur – a review of nutrient balance, environmental impact and fertilizers. In Fertilizer Research, vol. 43, 1996, pp. 117–125.
- (3) FECENKO, J. 2002. Význam síry pre výživu rastlín a jej potreba na hnojenie plodín pestovaných v SR. In Agrochémia, vol. VI. (42.), 2002, s. 13 – 15.
- (4) GOSS, R.L. – BRAUN, S.E. – ORTON, S.P. 1979. Uptake of sulfur by bentgrass putting green turf. In Agron. J. 71, 1979, pp. 909–913.
- (5) HAVLIN, J.L. – BEATON, J.D. – TISDALE, S.L. – NELSON, W.L. 2005. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 7th ed., New Jersey : Pearson Prentice Hall, 2005, 528 p. ISBN 0-13-027824-6
- (6) HRABĚ, F. – CAGAŠ, B. – ČERNOCH, V. – DEKAŘ, J. – GRÉZL, V. – HEJDUK, S. – CHYTKA, T. – KNOT, P. – KUŤKOVÁ, T. – MÜLLER-BECK, K. – NAŠINEC, I. – POSPÍCHALOVÁ, H. – SKLÁDANKA, J. – STRAKA, J. – STRAKOVÁ, M. – ŠEVČÍKOVÁ, M. – VIKTORÍN, J. – VORLÍČEK, Z. – ZEMKOVÁ, L. – ZÍTKO, J. 2009. Trávníky pro záhradu, krajinu a sport. Olomouc : Vydavatelství Ing. Petr Baštan, 2009, 335 s. ISBN 978-80-87091-07-4.
- (7) IVANIČ, J. – HAVELKA, B. – KNOP, K. 1984. Výživa rastlín a hnojenie. 2. prepracované vyd., Bratislava : Príroda, 1984, 482 s.
- (8) JAMAL, A. – MOON, YS. – ABDIN, M.Z. 2010. Sulphur – a general overview and interaction with nitrogen. In Australian journal of crop science. In Review article, AJCS, vol. 4, 2010, no. 7, pp. 523–529.
- (9) JEDLOVSKÁ, L. – FESZTEROVÁ, M. 2003. Dynamika zmien vybraných frakcií síry v rôznych pôdnych typoch [online] http://www.slpk.sk/eldo/ax_10/sekcia1/05.pdf#0,%22name%22:%22XYZ%22,-5,842,null [cit. 2019-01-30]
- (10) KERTESZ, M.A. – FELLOWS, E. – SCHMALEMBERGER, A. 2007. Rhizobacteria and plant sulfur supply. In Adv. Appl. Microbiol., vol. 62, 2007, pp. 235–268.
- (11) KOSTREJ, A. – DANKO, J. – JUREKOVÁ, Z. – ZIMA, M. – GÁBORČÍK, N. – VIDOVIČ, J. 1998. Ekofyziológia produkčného procesu porastu a plodín. Nitra : SPU, 1998, 187 s. ISBN 80-7137-528-4.
- (12) KOVÁČIK, P. 2014. Princípy a spôsoby výživy rastlín. Nitra : SPU, 2014, 278 s. ISBN 978-80-552-1193-0.
- (13) KOVÁR, P. – VOZÁR, Ľ. 2015. Špeciálne trávníkárstvo. 1. vyd., Nitra : SPU, 2015, 136 s. ISBN 978-80-552-1357-6.
- (14) LOŽEK, O. – SLAMKA, P. – DUCSAY, L. 2001. Utilization of Sodium Humate in Winter Wheat Nutrition. In Humic Substances in Ecosystems, vol. 4, 2001, pp. 85–90.
- (15) LUCHETA, A.R. – LAMBAIS, M. R. 2012. Sulfur in Agriculture. In Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 36, 2012, no. 5, pp. 369–1379.
- (16) MATHOT, M. – THÉLIER-HUCHÉB, L. – LAMBERT R. 2009. Sulphur and nitrogen content as sulphur deficiency indicator for grasses In Europ. J. Agronomy, vol. 30, 2009, pp. 172–176.
- (17) MATOLCSY, G. – NÁDASY, M. – ANDRISKA, V. 1989. Pesticide Chemistry. Studies in Environmental Science. Elsevier, 1989, 805 p. ISBN 9780080874913.
- (18) McGRATH, S.P. – ZHAO, F.J. – BLAKE KALFF, M. 2002. History and outlook for sulphur fertilisers in Europe. In Proceedings N° 497, International Fertiliser Society, York, 2002, pp. 1–22.
- (19) POLÁČEK, Š. – KULICH, J. – TOMÁŠ, J. – VOLLMANOVÁ, A. 2009. Anorganická chémia. Nitra : SPU, 2009, 513 s. ISBN 978-80-552-0282-2.
- (20) StatSoft, Inc. 2011. STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com
- (21) SULFERT-Humát [online] https://www.vucht.sk/userfiles/products/sulfert_humit.pdf [cit. 2018-01-30]
- (22) ŠEVČÍKOVÁ, H. – ŠRÁMEK, P. – FABEROVÁ, I. 2002. Klasifikátor – Trávy. Zubří : OSEVA PRO s. r. o., 2002, s. 34.
- (23) ŠPÁNIK, F. – ŠIŠKA, B. – REPA, Š. 1996. Agroklimatická charakteristika roku 1995 v Nitre. Nitra : VŠP, 1996, 44 s. ISBN 80-7137-313-3.
- (24) VANĚK, V. – BALÍK, J. – PAVLÍK, M. – PAVLÍKOVÁ, D. – TLUSTOŠ, P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Praha : Profi Press, 2016, 220 s. ISBN 978-80-86726-79-3.
- (25) VITTI, G.C. – FAVARIN, J.L. – GALLO, L.A. – PIEDADE, S. M.S. – FARIA, M.R.M. – CICARONE, F. 2007. Assimilação foliar do enxofre elementar pela soja. In Pesq. Agropec. Bras., vol. 42, 2007, pp. 225–229.
- (26) ZHAO, F.J. – MCGRATH, S.P. – BLAKE KALFF, M. – LINK, A. – TUCKER, M. 2002. Crop responses to sulphur fertilisation in Europe. In Proceedings N° 504, International Fertiliser Society, York, 2002, pp. 1–7.

doc. Ing. Ľuboš Vozár, PhD.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov
Katedra trávnych ekosystémov a kŕmnych plodín
Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika
e-mail: Lubos.Vozar@uniag.sk

Podakovanie

Práca bola riešená s podporou Zmluvy o dielo č. 653/2015/SPU „Testovanie vybraných hnojív s polysulfidmi vo výžive a ochrane trávnikov“ uzavretou s VÚCHT a.s., Bratislava



Ilustračné foto

Vplyv kombinácií minerálnych a organických hnojív s biouhľikovým substrátom na pôdne vlastnosti a úrody slnečnice ročnej a zeleninovej papriky

The effect of combinations of mineral and organic fertilizers with biochar on the soil properties and sunflower and green pepper yields

Vladimír Šimanský, Dušan Šrank, Martin Juriga

A number of studies have shown that biochar from biomass waste pyrolysis is a promising soil amendment material which has the potential to improving soil quality and thus increase crop yields. The objective of this study, therefore, was to determine whether the addition of biochar and biochar with other mineral or organic fertilizers affects soil quality and increase the crop yield in the soils with different particle-size distribution. This study was conducted in two localities (1. Dolná Streda: sandy soil, and 2. Veľké Uľany: loamy soil) with different soil texture. Biochar (B) was applied at rates; 0, 10 and 20 t.ha⁻¹, in sandy soil in combination with urea (M) in dose of 100 kg.ha⁻¹ and in loamy soil in combination with Italtollina (organic fertilizer: OH) in dose of 850 kg.ha⁻¹. Soil samples were taken in autumn 2018. In sandy soil, the tendency of soil organic carbon content (C_{org}) increase was observed in all treatments, while in loamy soil in B10 and B20 the C_{org} increased by 11 and 12 % respectively, compared to B0. In sand soil, in B20 + M, soil pH in H₂O increased by 0.37 pH unit, while values of soil pH in KCl were significantly increased in B20 and B20+M treatments. Application of biochar and its combinations had significant effect on increase of soil pH in loamy soil. In sandy soil, the values of sum of basic cations in B10, B20, B10 + M and B20 + M increased by 70, 25, 30 and 73%, respectively, compared to B0. On the other hand, the differences between fertilized and unfertilized treatments in loamy soil were not significant. Between soil pH and available P significant negative correlation was observed. Higher soil pH due to biochar application decreased availability of Fe, on the other hand, it increased availability of Ca, Mg, Mn, Cu and Ni. Our results showed that C_{org} had positive effects on increase of availability of Mg, Cu and Ni, but on the other hand, it decreased availability of P, Fe and Zn. Application of biochar at rate of 20 t.ha⁻¹ together with urea had statistically significant influence on increase of sunflower yield (by 37 %) in sandy soil. In loamy soil, the highest yield of green pepper (81.5 t.ha⁻¹) was observed in B10+OH treatment.

Effeco 33 : 33 : 33, soil quality, fertilization, crop yield

Rýchly priemyselný rozvoj a ľudské aktivity spôsobili zhoršenie kvality a úrodnosti pôd (3), pričom zásadný vplyv má aj poľnohospodárstvo, v spojení s nadmerným spásaním lúk a odlesňovaním krajiny. Celosvetovo sa práve poľnohospodárske aktivity na degradácii pôdneho fondu podieľajú takmer z 1/3 (7) a preto sa v poslednom období zvyšuje záujem o starostlivosť o pôdny fond, obnovu jeho úrodnosti a zvýšenie kvality pôd a celkovo udržateľnosti hospodárenia na pôde. Ak chceme na pôde efektívne a zároveň ekologicky hospodáriť, musíme poznať jej vlastnosti, príčiny prípadnej nízkej úrodnosti a spôsoby, ako ich odstrániť. Len takýto prístup umožňuje racionálne využívanie pôdneho fondu a dosiahnutie vysokej efektívnosti nákladov potrebných na stabilizáciu a zvyšovanie úrodnosti a produkčnej schopnosti pôd.

V poslednom období sa práve kvôli vyššie uvedeným skutočnostiam začalo využívať biouhlie ako nástroj na zlepšovanie pôdnych vlastností a zvyšovanie úrodnosti pestovaných plodín (1, 3, 28). Biouhlie však nie je homogénny materiál s rovnakými vlastnosťami, pretože tie závisia predovšetkým od vlastností vstupnej suroviny, teploty, dĺžky, tlaku pri jeho výrobe (18), od kombinácie s inými hnojivami (11), od pôdy, do ktorej sa aplikuje, od dĺžky jeho kontaktu s pôdnymi časticami, od aplikačnej dávky (21), ale i iných. V tejto súvislosti sa mnohé aktuálne štúdie zameriavajú na modifikovanie metód, maximalizáciu účinnosti a optimalizáciu výrobného procesu biouhlia, ktoré sa bude približovať nárokom zo strany farmárov.

V tejto práci sme sa zamerali na posúdenie vplyvu biouhľikového substrátu Effeco 33 : 33 : 33 a jeho kombinácie s minerálnym a organickým hnojením v dvoch pôdach s rozdielnym zrnitostným zložením na zmeny vybraných pôdnych vlastností a úrod pestovaných plodín (slnečnica ročná a zeleninová paprika).

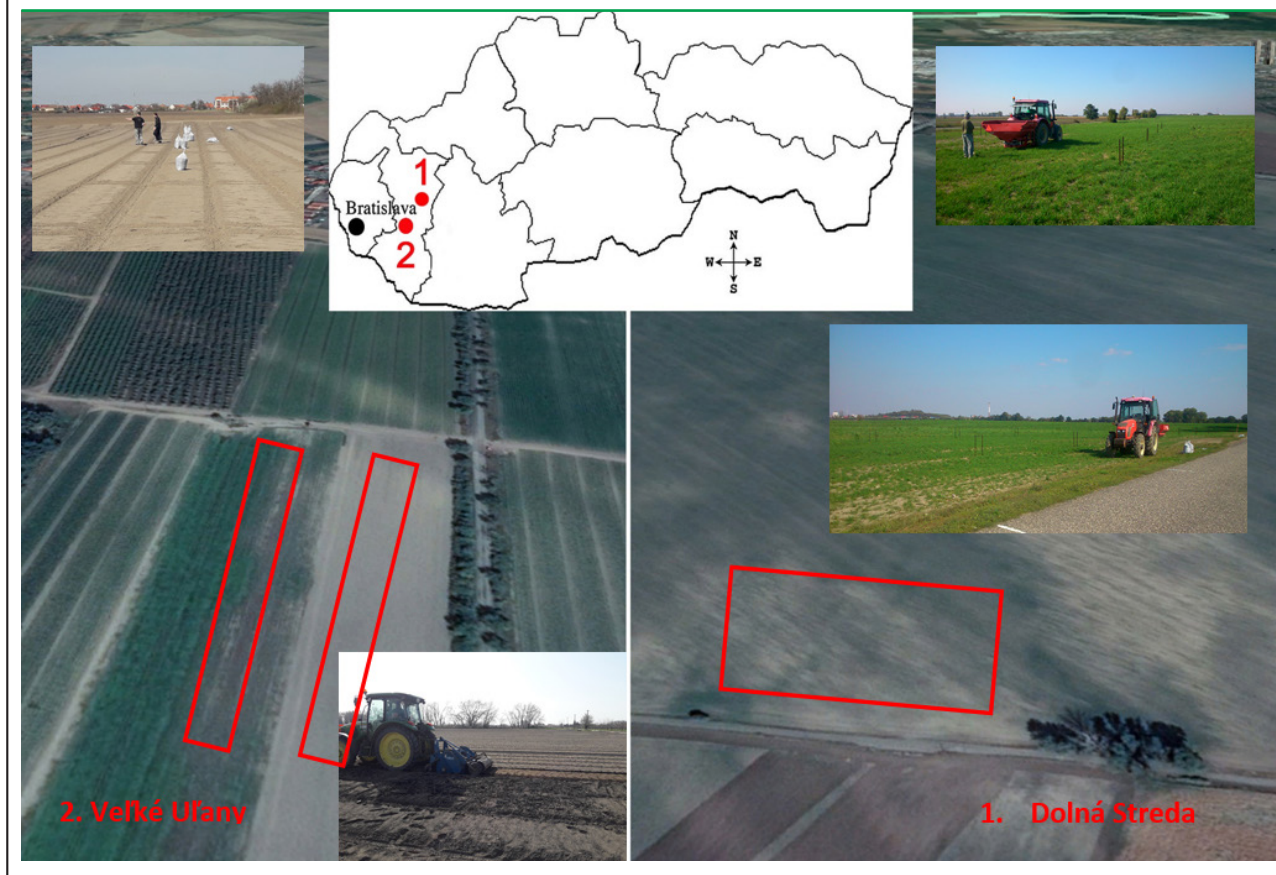
Materiál a metodika

Experimenty boli založené v juhozápadnej časti Slovenska na lokalitách Dolná Streda a Veľké Uľany (Obrázok 1). V Dolnej Strede bol poľný experiment založený na parcele, ktorá sa využíva na pestovanie bežných tržných plodín (piesočnatá Regozem kultizemná). V čase zakladania pokusu pôda obsahovala 81,9 % piesku, 10,5 % prachu, 7,64 % ílu, 0,97 % (nízky obsah) celkového organického uhlíka (C_{org}), 1 300 mg.kg⁻¹ N (nízky obsah), 175 mg.kg⁻¹ P (vysoký obsah), 165 mg.kg⁻¹ K (dobrý obsah) a pH bolo slabo alkalické (pH_{H₂O} = 7,60). Vo Veľkých Uľanoch bol založený pokus na parcele, ktorá sa využíva na intenzívne pestovanie zeleniny. Pôda bola klasifikovaná ako černozem kultizemná s obsahom piesku 38,5 %, prachu 47,8 % a obsahom ílu 13,7 %. Pôda pred založením experimentu mala stredný obsah C_{org} (1,56 %), nízky obsah N (966 mg.kg⁻¹), vysokú zásobu P (129 mg.kg⁻¹), dobrú zásobu K (255 mg.kg⁻¹) a pH bolo slabo alkalické (pH_{H₂O} = 7,78). Priemerná ročná teplota na oboch lokalitách je 9 – 10 °C a priemerný ročný úhrn zrážok sa pohybuje od 520 do 600 mm.

Pokus v Dolnej Strede bol založený na jeseň 2017. Veľkosť jedného polička bola 810 m². Pokus bol založený metódou dlhých dielov. Predplodinou pred založením pokusu tu bola pšenica tvrdá. Na jeseň 2017 sa do pôdy do hĺbky 0,15 m zapracovalo biouhlie diskovaním. Počas celej doby trvania pokusu sa tu bude realizovať minimalizačný systém obrábania pôdy t. j. diskovanie, resp. kyprenie do hĺbky 0,15 – 0,18 m. Na jar 2018 pred sejbou slnečnice

Obrázok 1: Lokalizácia experimentov

Figure 1: Field site location and an areal view of experimental plots



na 4. a 5. variante bola aplikovaná močovina v dávke $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Pokus vo Veľkých Uľanoch bol založený na jar 2018. Veľkosť políčka bola 25 m^2 a medzi políčkami boli vynechané ochranné pásy. Pokus bol založený metódou náhodného rozloženia v dvojnásobnom opakovaní. Predplodinou bola mrkva siata a pred vysadením papriky (plodina v roku 2018) sa do pôdy (do hĺbky $0,10 - 0,12 \text{ m}$) zapravilo biouhlie a granulované organické hnojivo Italpollina (v 4. a 5. variante). Pôda sa obrába konvenčným spôsobom, t. j. na jeseň sa orie do hĺbky $0,20 \text{ m}$ a na jar následne pripraví rotačným kypričom a v závislosti od pestovanej zeleniny sa využije mechanická plečka v kombinácii s chemickým ničéním burín. Počas vegetačného obdobia pestovania papriky v roku 2018 tu bola aplikovaná kvapková závlaha celkovo 3-krát (aplikačná dávka = nasýtenie pôdy vodou do 80 % plnej vodnej kapacity) a povrch pôdy bol pokrytý krycou fóliou a v prípade nepriaznivých poveternostných podmienok boli rastliny papriky zakrývané textíliou.

Na piesočnatej pôde (Dolná Streda) sme založili nasledovné varianty: 1. Kontrola – nehnojený variant (B0), 2. Biouhlie v dávke $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (B10), 3. Biouhlie v dávke $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (B20), 4. Biouhlie v dávke $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ + močovina v dávke $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (B10+M), 5. Biouhlie v dávke $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ + močovina v dávke $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (B20 + M). Na hlinitej pôde v lokalite Veľké Uľany sme založili varianty: 1. Kontrola – nehnojený variant (B0), 2. Biouhlie v dávke $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (B10), 3. Biouhlie v dávke $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (B20), 4. Biouhlie v dávke $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Italpollina 4-4-4 v dávke $850 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (B10 + OH), 5. Biouhlie v dávke $20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Italpollina 4-4-4 v dávke $850 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (B20 + OH).

Testovalo sa biouhlie označené pod obchodným názvom Effeco 33 : 33 : 33 od spoločnosti Zdroje Zeme a.s., ktorá sa zaoberá vývojom biouhličkových substrátov. Effeco 33 : 33 : 33 je biouhlie miešané so sušeným ovčím hnojom a separátom z bioplynovej stanice (pôvodná surovina kravský hnoj) v pomere 1 : 1 : 1 a obsahuje: 45,4 % celkového organického uhlíka, 1,3 % celkového N, 0,79 % P a 15,5 % K a jeho pH je slabo alkalické. Obsah rizikových prvkov v tomto produkte neprekračuje limitné hodnoty, ktoré stanovuje vyhláška 577/2005. Effeco 33 : 33 : 33 je granulované do tvaru valca, ktorého veľkosť je cca. $20 \times 10 \times 10 \text{ mm}$. Vo variantoch s organickým hnojením bolo použité organické hnojivo Italpollina, ktoré je vyrobené z hydínového trusu a obsahuje: 4 % N, 4 % P_2O_5 , 4 % K_2O a jeho pH je neutrálne. Dodávané je vo forme granúl o veľkosti 3,5 mm.

Vzorky pôdy boli odobrané z oboch experimentov na jeseň 2018. Vo vzorkách boli stanovené: pôdna reakcia – aktívna (pH v H_2O) a výmenná (pH v $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ KCl}$), potenciometricky, parametre pôdneho sorpčného komplexu (10), obsah organického uhlíka v pôde (C_{org}) – oxidometricky (2). Obsahy prístupných foriem P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Ni a Zn boli stanovené po extrakcii vzoriek v roztoku Mehlich III.

Získané výsledky C_{org} , pH a úrod pestovaných plodín boli následne vyhodnotené pomocou jednofaktorovej analýzy rozptylu. Priemerné hodnoty v jednotlivých variantoch hnojenia boli posúdené LSD testom na hladine význam-

nosti 95 %. Na určenie závislosti medzi C_{org} , parametrami sorpcie, pH a prístupnosťou živín bola použitá jednoduchá korelačná analýza.

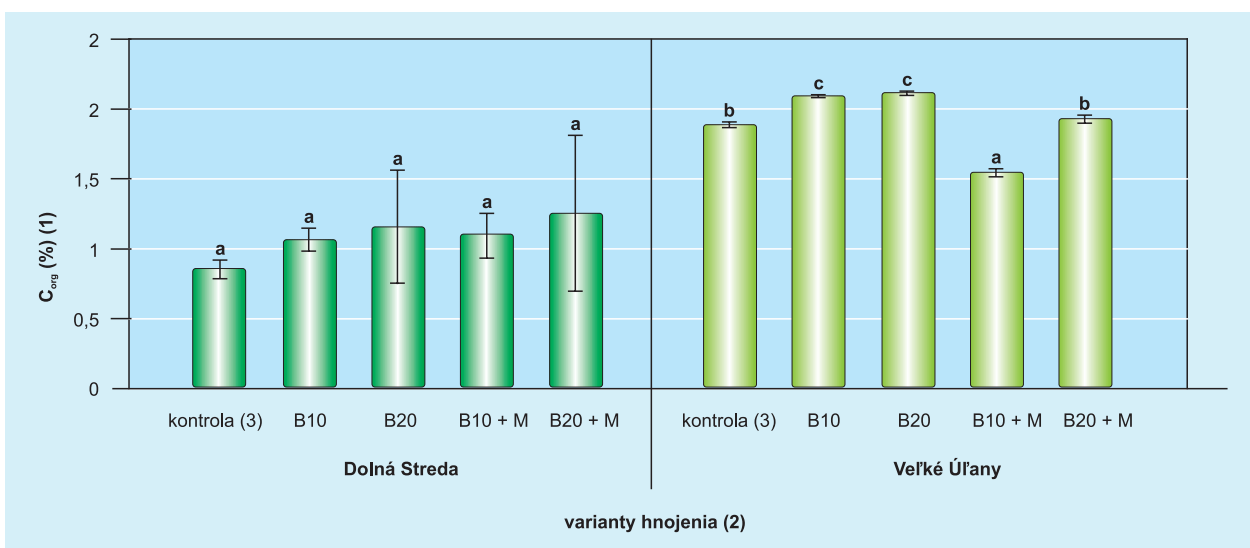
Výsledky a diskusia

Pôdna organická hmota je dôležitý ukazovateľ úrodnosti pôd a keďže jej obsah v niektorých pôdach SR nie je uspokojivý (12) vyžaduje si značnú pozornosť zo strany farmárov. Keďže biouhlie, ktoré bolo testované v tejto štúdii či už samostatne, resp. v kombinácii s prídavným hnojením (piesočnatá pôda: + močovina; hlinitá pôda: + Italpöllina ako organické hnojivo) obsahovalo 45,4 % celkového organického uhlíka (C_{org}), tak sme predpokladali, že aspoň aplikácia jeho vyššej dávky významne zvýši obsah C_{org} v oboch pôdnych druhoch. Biouhlie priamo zvyšuje obsah pôdnych organických látok a vďaka jeho stabilnej štruktúre je tento jeho účinok dlhodobý (4, 22). V piesočnatej pôde sme však zaznamenali iba tendenciu zvyšovania obsahov C_{org} , a to pre jeho veľký rozptyl v jednotlivých variantoch hnojenia, t. j. hodnoty C_{org} neboli štatisticky významne zmenené v dôsledku aplikácie biouhlia (Obrázok 2). Vysvetľujeme si to tým, že biouhlie vo forme granúl bolo zapracované diskovaním do piesočnatej pôdy na jeseň 2017 do hĺbky 0,12 – 0,15 m a vzorky pôdy sa odoberali z hĺbky 0,25 m. Pri odbere vzoriek (jar a jeseň 2018) boli stále v pôde (na povrchu, ale aj do hĺbky 0,15 m) pozorované málo narušené granule biouhlia. Z toho vyplýva, že jeho efekt na obsah C_{org} ešte nebol výrazný. Tammeorg et al. (24) pozoroval mierny nárast hodnôt pôdneho organického C vo vrstve 0,10 – 0,20 m a to vďaka pohybu jemnejších častíc biouhlia z vrchnej vrstvy pôdy (pôvodne zapracované do hĺbky 0,10 m) prostredníctvom pôdnej fauny, koreňov rastlín a pohybom vody. Nárast obsahu C_{org} v pôde závisí od vlastností biouhlia, ale i od pôdneho druhu (3,14, 24). Výraznejšie účinky biouhlia na zvýšenie C_{org} sú pozorované práve v piesočnatých pôdach v porovnaní s hlinitými či ílovitými (3, 14), čo nebolo potvrdené našimi výsledkami. V našom prípade, v hlinitej pôde sa obsah C_{org} štatisticky významne zvýšil o 11 a 12 % vo

variantoch, kde bolo biouhlie aplikované samostatne, a to v dávke 10 a 20 t.ha⁻¹ v porovnaní s kontrolou. Aplikácia biouhlia v dávke 20 t.ha⁻¹ s prídavným organickým hnojením nemala žiadny efekt na obsah C_{org} , kým kombinácia biouhlia v nižšej dávke s organickým hnojením obsah C_{org} štatisticky významne znížila (Obrázok 2). Dôvodom môže byť pozitívny „priming“ efekt spôsobený aplikáciou biouhlia v kombinácii s organickým hnojením. Biouhlie má vysoký merný povrch, ktorý poskytuje životný priestor pre pôdne mikroorganizmy a prídavne organické hnojenie zase pre ne poskytuje ľahko rozložiteľný substrát (4), vďaka čomu sa môže zvýšiť mikrobiálna aktivita a zintenzívnia sa mineralizačné procesy v pôde. V tomto prípade nepredpokladáme tzv. zriedovací efekt v dôsledku toho, že pôdna vzorka bola odobraná z väčšej hĺbky (0,25 m) ako sa zapracovalo biouhlie (zapracované povrchovo do hĺbky 0,05-0,08 m), pretože pokus bol teplotne a vlhkosťne regulovaný (krycia fólia + kvapková závlaha), v dôsledku čoho v pôde prebiehala intenzívna biologická aktivita. Dôkazom toho boli početné koprolity (mix pôdnych častíc s biouhlím) po dažďovkách (Obrázok 3) zanesené v hlbších častiach pôdy (do 0,20 m).

Testované biouhlie obsahuje 19,5 g.kg⁻¹ K, 22,0 g.kg⁻¹ Ca a 5,80 g.kg⁻¹ Mg, ktoré môžu reagovať s H⁺, čo zvyšuje pH pôd. Celkovo hodnoty aktívneho i výmenného pH v piesočnatej pôde boli nižšie v porovnaní s hlinitou pôdou. Mierny vyšší nárast v hodnotách aktívneho a výmenného pH bol zistený v piesočnatej pôde v porovnaní s hlinitou, čo môže súvisieť s počiatočným pH oboch pôd (neutrálne pH_{H₂O} v piesočnatej pôde a slabob alkalické pH_{H₂O} v hlinitej pôde v kontrolných variantoch). Výraznejší efekt biouhlia na zmeny pH býva pozorovaný na piesočnatých pôdach ako na ílovitých (30) a najmä na pôdach s kyslou reakciou (9). V piesočnatej pôde sa hodnoty aktívneho pH štatisticky významne zvýšili o 0,37 pH jednotky a to iba po aplikácii biouhlia v dávke 20 t.ha⁻¹ v kombinácii s močovinou, kým hodnoty výmenného pH boli významne zvýšené po aplikácii biouhlia v dávke 20 t.ha⁻¹ a biouhlia v dávke 20 t.ha⁻¹ v kombinácii s močovinou (Obrázok 4). V hlinitej pôde

Obrázok 2: Efekt aplikácie biouhlia na obsah celkového organického uhlíka
Figure 2: Effect of biochar application on content of soil organic carbon



(1) content of soil organic carbon, (2) treatments, (3) control

Obrázok 3: Efekt dážďoviek na začleňovanie biouhlia do agregátov a pôdneho profilu (Veľké Uľany)

Figure 3: Effect of earthworms – (Earthworms ingest soil and biochar, mixing in their gut) in soil with applied biochar



sa aj aktívne i výmenné pH štatisticky významne zvýšilo po aplikácii oboch dávok biouhlia či už samostatne resp. s prídavným organickým hnojením. Hodnoty pH_{H_2O} sa vo variante B10, B20, B10 + OH a B20 + OH zvýšili o 0,23; 0,22; 0,26; a 0,24 pH jednotiek a hodnoty $pHKCl$ v tých istých variantoch a poradí sa zvýšili o 0,10; 0,09; 0,13; a 0,10 pH jednotiek. V oboch pôdnych druhoch boli celkové hodnoty výmenného pH priemerne vyššie, čiže $\Delta pH = -0,20$, čo signalizuje, že na povrchu pôdnych častíc dominujú záporne nabité ióny. Vďaka aplikácii biouhlia, ale i jeho kombinácii s prídavným hnojením v oboch pôdach dochádzalo k znižovaniu ΔpH . Hodnoty ΔpH v piesočnatej pôde boli nasledovné: B0: -0,25; B10: -0,19; B20: -0,16; B10 + M: -0,25; B20 + M: -0,16; a hodnoty ΔpH v hlinitej pôde boli: B0: -0,31; B10: -0,18; B20: -0,18; B10+M: -0,18; B20 + M: -0,17.

Yuang a Xu (29) uviedli, že biouhlie prostredníctvom nárastu pH pozitívne vplyva na nárast kationovej výmennej kapacity pôdy (KVK), t. j. vyššie pH zvyšuje elektrostatické väzby medzi pôdnymi časticami a výmennými kationmi, čím sa zvyšuje KVK (8). Významné rozdiely v parametroch sorpcie boli pozorované medzi jednotlivými pôdami (Tabuľka 1). V piesočnatej pôde, hodnoty hydrolytickej kyslosti (H) sa po aplikácii biouhlia, ale i biouhlia spolu s močovinou znížili, kým v prípade hlinitej pôdy bola situácia (okrem variantu B20 + OH) diametrálne odlišná a hodnoty H sa zvýšili. Celkovo hodnoty sumy výmenných bázičných kationov (S) v piesočnatej pôde boli výrazne nižšie v porovnaní s hlinitou pôdou, čo je spájané práve zo zrnitosťným zložením oboch pôd. Častice piesku majú nižší aktívny povrch v porovnaní s časticami prachu a v hlinitých pôdach je i vyšší obsah organickej hmoty ako v pôdach piesočnatých, čo sa odráža aj na parametroch sorpcie pôd (23). V piesočnatej pôde sa hodnoty S v B10, B20, B10 + M a B20 + M zvýšili o 70, 25, 30 a 73 % v porovnaní s B0, naopak v hlinitej pôde rozdiely medzi nehnojeným a hnojenými variantmi neboli významné (Tabuľka 1). V piesočnatej pôde a to aj napriek tomu, že tu dominovali záporne nabité častice (priemerné $\Delta pH = -0.20$), ktorých množstvo sa znížilo po aplikácii biouhlia sme pozorovali významné zvýšenie hodnôt KVK v dôsledku aplikácie biouhlia, ale i biouhlia s močovinou. Vysvetľujeme si to tým, že v piesočnatej pôde sú priaznivejšie podmienky na oxidáciu biouhlia, ktoré na svojom povrchu obsahuje karboxylové skupiny (15). Karboxylové skupiny môžu mať aj

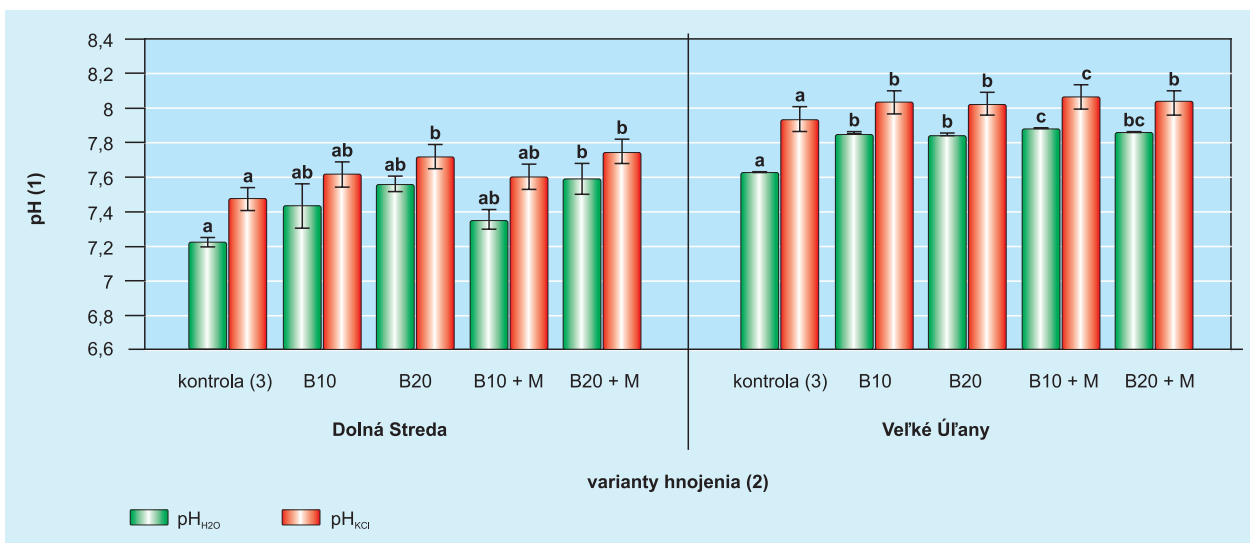
Tabuľka 1: Efekt aplikácie biouhlia na zmeny parametrov sorpcie pôdy

Table 1: Effect of biochar application on changes in soil sorption parameters

Lokalita (1) – pôdny druh (2)	Varianty hnojenia (5)	H (6)	S (7)	KVK (8)	V (9)
		mmol.kg ⁻¹			%
Dolná Streda – piesočnatá pôda (3)	B0	3,25	26,8	30	88,8
	B10	2,40	45,6	48	95,0
	B20	2,44	33,6	36	93,1
	B10 + M	3,11	34,9	38	91,9
	B20 + M	1,76	46,3	48	95,9
Veľké Uľany – hlinitá pôda (4)	B0	2,53	492,3	495	99,5
	B10	3,37	490,4	494	99,3
	B20	3,36	490,4	494	99,3
	B10 + OH	3,03	494,2	497	99,4
	B20 + OH	2,36	494,2	496	99,5

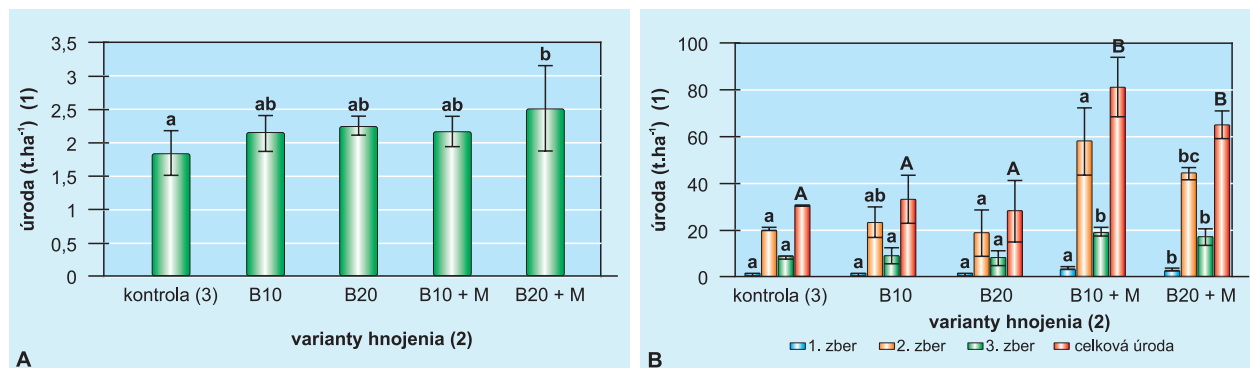
(1) location, (2) soil classes, (3) sandy soil, (4) loamy soil, (5) treatments, (6) hydrolytic acidity, (7) sum of basic cations, (8) cation exchange capacity, (9) base saturation

Obrázok 4: Efekt aplikácie biouhlia na zmeny aktívneho a výmenného pH
Figure 4: Effect of biochar application on soil pH changes



(1) soil pH, (2) treatments, (3) control

Obrázok 5: Efekt aplikácie biouhlia A) na úrodu nažiek slnečnice v piesočnatej pôde, a B) na úrodu papriky v hlinitej pôde
Figure 5: Effect of biochar application on A) crop of sunflower yield in sandy soil, and B) yield of pepper in loamy soil



(1) yield of crop, (2) treatments, (3) control

významný neutralizačný efekt (16), čo sa na jednej strane prejavilo na znížení H, ale tiež zvýšení S a KVK a taktiež vďaka aplikáciám biouhlia a jeho kombinácií s močovinou sa sorpčný komplex stal plne nasýteným. V hlinitej pôde výrazné rozdiely v KVK neboli pozorované. Vysvetľujeme si to tým, že častice pôdy mali záporný náboj (priemerné $\Delta pH = -0.20$) a aj keď sa po pridaní biouhlia tento efekt čiastočne eliminoval, stále v tejto pôde prevládali záporne nabité častice. Navyše povrch pôdy počas celej vegetačnej sezóny pestovania papriky bol pokrytý krycou fóliou čo obmedzovalo oxidáciu aplikovaného biouhlia a aj v dôsledku toho v pôde prebiehala najmä aniónová výmena, ktorá je podstatne nižšia ako výmena kationov a môže ovplyvniť celkovo sorpciu pôdy (6). Hodnoty stupňa nasýtenia sorpčného komplexu v prípade hlinitej pôdy tým pádom zostali bez výraznejších zmien.

Prístupnosť živín je významne ovplyvnená pH pôdy (13, 26). Keďže sa pH zmenilo po pridaní biouhlia (Obrázok 4) a biouhlie ovplyvnilo i sorpciu pôd (Tabuľka 1) predpokladali sme, že sa zmení aj prístupnosť živín v oboch pôdach.

V dôsledku zvýšenia pH sa napríklad prístupnosť P môže výrazne limitovať (17), čo potvrdili aj naše výsledky, keďže sme medzi pH a prístupným P zistili negatívnu koreláciu (Tabuľka 2). Alkalické biouhlie aplikované do alkalického pôdy minimalizuje efekt na prístupnosť živín (14), najmä prístupnosť Fe, Zn, Cu a Mn (5). Zvýšené pH prostredníctvom aplikácie biouhlia znížilo prístupnosť Fe, ale na druhej strane sa zvýšila prístupnosť Ca, Mg, Mn, Cu a Ni (Tabuľka 2). Taktiež po aplikácii biouhlia sa do pôdy dostáva organická hmota, ktorá zvyšuje obsah C_{org} v pôde (Obrázok 2), čo môže ovplyvňovať prístupnosť napr. Ca, Fe a Al (27). Naše výsledky poukázali na pozitívny efekt C_{org} na zvýšenie prístupnosti Mg, Cu a Ni, ale na druhej strane na zníženie prístupnosti P, Fe a Zn. Novak et al. (16), uviedol, že zvýšením KVK pôdy sa zároveň zvyšuje adsorpcia živín, čiže ich prístupnosť je nižšia. Naše výsledky poukázali na negatívnu korelačnú závislosť medzi KVK a P, Fe a Zn, ale na druhej strane hodnoty KVK pozitívne korelovali s prístupným obsahom Ca, Mg, Cu a Ni (Tabuľka 2). V piesočnatej pôde bola sorpcia po pridaní

Tabuľka 2: Korelačné koeficienty medzi C_{org} , parametrami sorpcie, pH a obsahmi prístupných makro a mikroelementov
Table 2: Correlation coefficients between C_{org} , soil sorption parameters, soil pH and contents of available macro and microelements

	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni
H	0,001	-0,392	-0,094	0,234	-0,115	0,074	0,317	-0,175	0,069
S	-0,914***	-0,309	0,648*	0,814**	-0,932***	0,583	0,955***	-0,725*	0,816**
KVK	-0,914***	-0,310	0,647*	0,814**	-0,931***	0,583	0,955***	-0,725*	0,815**
V	-0,957***	-0,061	0,682*	0,776**	-0,935***	0,660*	0,867**	-0,596	0,894***
pH _{H₂O}	-0,926***	0,072	0,660*	0,874**	-0,898***	0,816**	0,887***	-0,523	0,851**
pHKCl	-0,949***	-0,032	0,699*	0,868**	-0,934***	0,773**	0,930***	-0,607	0,878***
C_{org}	-0,892***	-0,201	0,575	0,726*	-0,903***	0,588	0,882***	-0,653*	0,705*

Tabuľka 3: Efekt aplikovaného biouhľia na zmeny prístupných makro a mikroelementov
Table 3: Effect of biochar application on changes in available macro and microelements

Lokalita (1) – pôdny druh (2)	Varianty hnojenia (5)	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni
		mg.kg ⁻¹								
Dolná Streda – piesočnatá pôda (3)	B0	369	131	6027	221	431	55	2,0	8,7	1,1
	B10	265	187	4617	289	290	63	3,9	12,4	1,8
	B20	271	345	4875	344	303	82	4,8	14,9	1,6
	B10 + M	393	158	6364	218	454	64	1,8	10,5	1,4
	B20 + M	259	257	9991	225	353	68	1,7	7,8	1,5
Veľké Uľany – hlinitá pôda (4)	B0	138	170	8886	330	131	70	8,3	6,7	2,0
	B10	143	172	8005	410	135	83	9,6	7,6	1,9
	B20	130	201	8384	352	119	74	8,9	6,9	1,9
	B10 + OH	138	215	10204	425	147	84	9,5	7,4	2,4
	B20 + OH	114	126	8587	383	127	74	8,9	6,3	1,9

(1) location, (2) soil classes, (3) sandy soil, (4) loamy soil, (5) treatments

biouhľia zvýšená (Tabuľka 1), ale prístupnosť P, Ca, Fe, ktorých obsah bol veľmi vysoký, dobrý a veľmi vysoký bola znížená vo variantoch B10 a B20 (Tabuľka 3). Obsah prístupného K bol vyhovujúci v kontrole a v dôsledku aplikácie biouhľia v dávke 10 t.ha⁻¹ a biouhľia v rovnakej dávke, ale s močovinou sa jeho zásoba zvýšila na dobrú. Na vysoký obsah sa K zvýšil vo variante s vyššou dávkou či už aplikovanou samostatne, resp. v kombinácii s močovinou. Obsah Mg bol vysoký, ale po aplikácii 20 t biouhľia ha⁻¹ sa zvýšil na veľmi vysoký. Obsah Mn bol vysoký vo všetkých variantoch, ale v dôsledku hnojenia sa v porovnaní s kontrolou zvýšil o 15, 49, 16 a 24 % v B10, B20, B10 + M a B20 + M. V B10 a B20 sa obsah Cu zvýšil z dobrej zásoby v kontrolnom variantne na vysokú zásobu, kým v prípade oboch dávok biouhľia s močovinou jej prístupnosť nebola zmenená. Hodnoty Zn sa z vysokej zásoby zvýšili na veľmi vysokú. Viac ako o 50 % sa zvýšil prístupný Ni po aplikácii 10, ale i 20 t biouhľia ha⁻¹. V hlinitej pôde bol obsah prístupného P vysoký a biouhlie jeho prístupnosť významne neovplyvnilo. Zásoba K v kontrolnom variante bola vyhovujúca a najmä po aplikácii biouhľia v dávke 20 t.ha⁻¹ spolu s prídavným organickým hnojením sa jeho obsah dostal do dobrej zásoby. Hodnoty Ca vo všetkých variantoch boli veľmi vysoké. Najvýraznejšie, t. j. o 15 % sa zvýšili vo variante B10 + OH v porovnaní s B0. Taktiež aplikované biouhlie, ale i jeho kombinácia s organickým hnojením zvýšilo celkovú zásobu prístupného Mg (Tabuľka 3).

Podľa odhadovej správy o úrodách pestovaných plodín (keďže oficiálne výsledky zo štatistického úradu za rok 2018 ešte nie sú k dispozícii) vyplýva, že odhadovaná úroda slnečnice ročne v roku 2018 sa bude pohybovať

v rozpätí od 2,12 až 3,91 t.ha⁻¹ (19). Úrody slnečnice ročne závisia od rôznych faktorov ako sú: pôdno-klimatické podmienky, spôsob pestovania, ale i hnojenia (13). Podľa výsledkov, ktoré publikovali Van Zwieten et al. (25), ale i Zhang et al. (30) aplikácia biouhľia významne zlepšuje úrody pestovaných plodín, pričom tento efekt je výrazný najmä na menej produkčných pôdach (30). Priemerná úroda na piesočnatej pôde v našom prípade bola 1,86 t.ha⁻¹ a po aplikácii biouhľia v dávke 10 a 20 t.ha⁻¹ a v dávke 10 t.ha⁻¹ v kombinácii s močovinou sa priemerne zvýšila o 300, 410 a 340 kg.ha⁻¹ v porovnaní s nehnojenu kontrolou, avšak tento rozdiel nebol štatisticky významný z dôvodu veľkého rozptylu hodnôt. Štatisticky významný nárast úrody nažiek slnečnice však bol pozorovaný vo variante B20 + M, t. j. nárast úrody nažiek slnečnice o 37 % (Obrázok 5A). Kombinácia biouhľia v oboch dávkach spolu s močovinou zvýšila úrodu nažiek slnečnice o 2 a 12 % v porovnaní s variantmi B10 a B20. Z uvedeného je zrejme, že vyššia dávka biouhľia v kombinácii so 100 kg močoviny na hektár pôsobila výraznejšie na zvyšovanie úrody slnečnice ročne na piesočnatej pôde v roku 2018. Na hlinitej pôde bola v roku 2018 pestovaná zeleninová paprika pod závlahou a krycou fóliou a v prípade nepriaznivého počasia bola navyše prikrývaná textíliou (Obrázok 6), takže efekt klimatických podmienok na tvorbu úrody bol minimalizovaný. Priemerné úrody papriky v našich pôdno-klimatických podmienkach sa spravidla pohybujú od 17,4 do 21,3 t.ha⁻¹, avšak závisia od množstva faktorov, ako už bolo vyššie uvedené. Napr. Slamka et al. (20) uviedli dosiahnuté úrody zeleninovej papriky pestovanej vo fóliovníku pri rôznej intenzite hnojenia na lokalite Báb od 54,2 do 60,0 t.ha⁻¹, na lokalite Kolíňany od 12,5 do 62,2 t.ha⁻¹,

Obrázok 6: Spôsob pestovania papriky v roku 2018 (Veľké Uľany)
Figure 6: The method of growing peppers in 2018 (Veľké Uľany)



a v poľných podmienkach na lokalite Kráľová nad Váhom od 18,6 do 20,9 t.ha⁻¹. V našom prípade aplikácia biouhľia v dávke 10 t.ha⁻¹ zvýšila celkovú úrodu zeleninovej papriky o 9 %, kým aplikácia vyššej dávky biouhľia aplikovanej samostatne bez prídavného organického hnojenia znížila celkovú úrodu zeleninovej papriky o 8 % (v oboch prípadoch štatisticky nepreukazne – veľký rozptyl hodnôt). Kombinácia biouhľia v oboch dávkach spolu s organickým hnojením sa prejavila štatisticky významným zvýšením celkovej úrody zeleninovej papriky. Najvyššia úroda (81,5 t.ha⁻¹) sa dosiahla po aplikácii biouhľia v dávke 10 t.ha⁻¹ v kombinácii s prídavným organickým hnojením, čo v porovnaní s nehnojenou kontrolou predstavovalo nárast úrody o viac ako 1,5 násobok. Aplikácia vyššej dávky biouhľia v kombinácii s organickým hnojením zvýšila úrodu zeleninovej papriky o 112 % v porovnaní s nehnojenou kontrolou. Výrazné rozdiely v úrodách boli pozorované v jednotlivých termínoch zberu. Najnižšia úroda zeleninovej papriky bola získaná z 1. zberu <3. zberu <2. zberu. Pri všetkých zberoch však najvyššie úrody boli dosiahnuté vo variantoch B10 + OH a B20 + OH (Obrázok 5B). Najvýraznejší efekt prídavného organického hnojenia bol pozorovaný vo variantoch B10 + OH a B20 + OH v 1. zbere (zvýšenie úrod o 218 % a 220 % v porovnaní s B10 a B20) a počas ďalších dvoch zberov sa postupne znižoval. Po 2. a 3. zbere v porovnaní s B10 bola úroda zeleninovej papriky väčšia o 149 % a 114 % vo variante B10 + OH a vo variante B20 + OH o 135 % a 109 % vyššia ako v B20 variante. Celková úroda zeleninovej papriky v porovnaní s variantmi s oboma dávkami biouhľia (B10 a B20) bola vyššia o 143 % vo variante B10 + OH a 131 % v dôsledku aplikácie biouhľia v dávke 10 t.ha⁻¹ v kombinácii s organickým hnojením.

Záver

Biouhlie zmiešané s maštalným hnojom a digestátom aplikované do pôdy samostatne, resp. v kombinácii s ďalším prídavným hnojivom pôsobilo rozdielne v piesočnatej a hlinitej pôde. V piesočnatej pôde bola pozorovaná tendencia zvýšenia organického uhlíka vo všetkých variantoch hnojenia, kým v hlinitej pôde aplikácia biouhľia v oboch dávkach významne zvýšila jeho obsah. V piesočnatej pôde sa pH zvýšilo významne iba po aplikácii vyššej dávky aplikovanej samostatne, ale i v kombinácii s močovinou. Na druhej strane, v hlinitej pôde sa pH zvýšilo vo všetkých sledovaných variantoch. Sorpčná schopnosť pôdy bola významne zlepšená v prípade piesočnatej pôdy, kým v hlinitej významné zmeny pozorované neboli. Aplikované biouhlie samostatne či v kombinácii s prídavným hnojením prostredníctvom zmeny obsahu organického uhlíka, pH a sorpcie ovplyvnili i prijateľnosť živín. Oba sledované pôdne druhy mali dobrú zásobu živín a biouhlie v oboch pôdach pôsobilo ako regulátor ich prijateľnosti. Zaznamenaný bol i pozitívny efekt na zvýšenie úrod pestovaných plodín na oboch pôdnych druhoch. Výsledky prezentované v tejto práci naznačujú, že aplikácia biouhľia a jeho kombinácie s inými hnojivami môžu byť zaujímavé aj pre našich farmárov a to z hľadiska zlepšovania pôdnych vlastností a zvyšovania úrod pestovaných plodín.

Literatúra

- (1) BEUSCH, CH. – CIERJACKS, A. – BOHM, J. – MERTENS – BISCHOFF, W.A. – FILHO, J.C.A. – KAUPENJOHANN, M. 2019. Biochar vs. clay: Comparison of their effects on nutrient retention of a tropical Arenosol. In *Geoderma*, vol. 337, 2019, pp. 524–535.
- (2) DZIADOWIEC, H. – GONET, S.S. 1999. Przewodnik metodyczny do badań materii organicznej gleb. *Prace komisji*

- naukowych Warszawa : Polskiego towarzystwa gleboznaczezo, 1999, 65 p.
- (3) EL-NAGGARA, A. et al. 2019. Biochar application to low fertility soils: A review of current status, and future prospects. In *Geoderma*, vol. 337, 2019, pp. 536–557.
 - (4) FISCHER, D. – GLASER, B. 2012. Synergisms between compost and biochar for sustainable soil amelioration. In *Management of Organic Waste*, Rijeka : Tech Europe, 2012, pp. 167–198.
 - (5) GUNES, A. – INAL, A. – TASKIN, M.B. – SAHIN, O. – KAYA, E.C. – ATAKOL, A. 2014. Effect of phosphorus-enriched biochar and poultry manure on growth and mineral composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv.) grown in alkaline soil. In *Soil Use Manag.*, vol. 30, 2014, pp.182–188.
 - (6) HANES, J. 1999. *Analýza sorpčných vlastností pôdy*. 1. vyd., Bratislava : Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 1999, 138 s. ISBN 80-85361-47-7.
 - (7) HARRISON, P. – PEARCE, F. 2000. *Atlas of Population & Environment*. Los Angeles: American Association for the Advancement of Science and University California Press, 2000, 215 p. ISBN 0-520-23081-7.
 - (8) HEITKÖTTER, J. – MARSCHNER, B. 2015. Interactive effects of biochar ageing in soils related to feedstock, pyrolysis temperature, and historic charcoal production. In *Geoderma*, 2015, pp. 56–64, 245–246.
 - (9) HORÁK, J. 2015. Testing biochar as a possible way to ameliorate slightly acidic soil at the research field located in the Danubian lowland. In *Ac. Horti. Reg.*, 2015, 18, pp. 20–24.
 - (10) HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – BEZÁK, P. – BEZÁKOVÁ, Z. – DODOK, R. – GREČO, V. – CHLPIK, J. – KOBZA, J. – LIŠTJAK, M. – MALIŠ, J. – PÍŠ, V. – SCHLOSSEROVÁ, J. – SLÁVIK, O. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. Bratislava : VUPOP, 2011, 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.
 - (11) KHAN, N. – CLARK, I. – SANCHEZ-MONEDERO, M.A. – SHEA, S. – MEIER, S. – QI, F. – KOOKANA, R.S. – BOLAN, N. 2016. Physical and chemical properties of biochars co-composted with biowastes and incubated with a chicken litter compost. In *Chemosphere*, 2016, 142, pp. 14–23.
 - (12) KOBZA, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2017. Current state and development of land degradation processes based on soil monitoring in Slovakia. In *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, vol. 63, 2017, no. 2, pp. 74–85.
 - (13) KOVÁČIK, P. 2014. *Princípy a spôsoby výživy rastlín*. Nitra : SPU, 2014, 278 s. ISBN 978-80-552-1193-0.
 - (14) LAGHARI, M. – MIRJAT, M.S. – HU, Z. – FAZAL, S. – XIAO, B. – HU, M. – CHEN, Z. – GUO, D. 2015. Effects of biochar application rate on sandy desert soil properties and sorghum growth. In *Catena*, 2015, 135, pp. 313–320.
 - (15) LEHMANN, J. – JOSEPH, S. 2015. *Biochar for environmental management*. London, New York : Routledge, Taylor and Francis Group, 2015, 928 p. ISBN 978-0-415-70415-1.
 - (16) NOVAK, J. M. – BUSSCHER, W. J. – WATS, D. W. – LAIRD, D. A. – AMMENDA, M. A. – NIANDOU, M. A. S. 2009. Short-term CO₂ mineralization after additions of biochar and switchgrass to a Typic Kandiuult. In *Geoderma* [online], vol. 154, 2009, pp. 281–288.
 - (17) NURHIDAYATI, N. – MARIATI, M. 2014. Utilization of maize cob biochar and rice husk charcoal as soil amendment for improving acid soil fertility and productivity. In *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, vol. 2, 2014, no. 1, pp. 223–230.
 - (18) SHAHEEN, S.M. – NIAZI, N.K. – HASSAN, N.E. – BIBI, I. – WANG, H. – TSANG, D.C. – OK, Y.S. – BOLAN, N. – RINKLEBE, J. 2018. Wood-based biochar for the removal of potentially toxic elements in water and wastewater: a critical review. In *Int. Mater. Rev.*, 2018, 22, pp. 1–32.
 - (19) SKALSKÝ, R. – SLIVKOVÁ, M. – KUSÝ, D. – SVIČEK, M. 2018. *Odhad úrody a produkcie kukurice na zrno, cukrovej repy technickej, slnečnice ročnej a zemiakov*. Správa k 20. 8. 2018, Bratislava : NPPC, VUPOP, 2018, 36 s.
 - (20) SLAMKA, P. – LOŽEK, O. – VARGA, L. – HANKOVÁ, H. 2017. Účinnosť pomaly pôsobiacich minerálnych hnojív pri pestovaní zeleninovej papriky. Nitra : SPU, 2017, 90 s. ISBN 978-80-552-1769-7.
 - (21) ŠIMANSKÝ, V. – HORÁK, J. – IGAZ, D. – JONCZAK, J. – MARKIEWICZ, M. – FELBER, R. – RIZHIYA, E.Y. – LUKAC, M. 2016. How dose of biochar and biochar with nitrogen can improve the parameters of soil organic matter and soil structure? In *Biologia*, vol. 71, 2016, no 9, pp. 989–995.
 - (22) ŠIMANSKÝ, V. – IGAZ, D. – HORÁK, J. – ŠURDA, P. – KOLENČÍK, M. – BUCHKINA, N.P. – UZAROWICZ, L. – JURIGA, M. – ŠRANK, D. – PAUKOVÁ, Ž. 2018. Response of soil organic matter and water-stable aggregates to different biochar treatments including nitrogen fertilization. In *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, vol. 66, 2018, no. 4, pp. 429–436.
 - (23) ŠIMANSKÝ, V. – POLLÁKOVÁ, N. – CHLPIK, J. – KOLENČÍK, M. 2018a. *Pôdoznanectvo*. Nitra : SPU, 2018, 399 s. ISBN 978-80-552-1878-6.
 - (24) TAMMEORG, P. et al. 2014. Short-term effects of biochar on soil properties and wheat yield formation with meat bone meal and inorganic fertiliser on a boreal loamy sand. In *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2014, 191, pp. 108–116.
 - (25) VAN ZWIETEN, L. – KIMBER, S. – MORRIS, S. – CHAN, K.Y. – DOWNIE, A. – RUST, J. – JOSEPH, S. – COWIE, A. 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. In *Plant Soil*, 2010, 327, pp. 235–246.
 - (26) VANĚK, V. – LOŽEK, O. – BALÍK, J. – PAVLÍKOVÁ, D. – TLUSTOŠ, P. 2013. *Výživa poľných a záhradných plodín*. Nitra : Profi Press SK, 2013, 184 s. ISBN 978-80-970572-3-7.
 - (27) XU, C.Y. – HOSSEINI-BAI, S. – HAO, Y. – RACHAPUTI, R. – WANG, H. – XU, Z. – WALLACE, H. 2015. Effect of biochar amendment on yield and photosynthesis of peanut on two types of soils. In *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 22, 2015, no. 8, pp. 6112–6125.
 - (28) XU, H.J. – WANG, X.H. – LI, H. – YAO, H.Y. – SU, J.Q. – ZHU, Y.G. 2014. Biochar impacts soil microbial community composition and nitrogen cycling in an acidic soil planted with rape. In *Environ. Sci. Technol.*, 2014, 48, pp. 9391–9399.
 - (29) YUANG, J. H. – XU, R. K. 2011. The forms of alkalis in the biochars produced from crop residues at different temperatures. In *Bioresource Technology*, 2011, 102, pp. 3488–3497.
 - (30) ZHANG, R. – ZHANG, Y. – SONG, L. – SONG, X. – HANNINEN, H. – WU, J. 2017. Biochar enhances nut quality of *Torreya grandis* and soil fertility under simulated nitrogen deposition. In *For. Ecol. Manag.*, 2017, 391, pp. 321–329.

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



ilustračné foto

DUSLO®



ENERGY OF YOUR GROWTH

ENSIN®

GRANULOVANÉ DUSÍKATÉ
HNOJIVO S OBSAHO M S
A S INHIBÍTORMI
NITRIFIKÁCIE DCD
(DIKYÁNDIAMID)
A TZ (TRIAZOL)
V POMERE 10:1 – HNOJIVO ES.
ZELENÝ, POVRCHOVO
UPRAVENÝ GRANULÁT.



www.duslo.sk



Pokyny pre autorov príspevkov

Agrochémia uverejňuje pôvodné vedecké a kompilačné práce, krátke vedecké oznámenia a recenzie o významných vedeckých dielach z oblasti výživy rastlín, úrodnosti pôdy, ochrany pôdy a racionálneho využívania agrochemikálií v poľnohospodárstve. Autor je plne zodpovedný za pôvodnosť práce a jej vecnú a formálnu správnosť.

Štruktúra príspevku

Názov – sa uvádza najprv v slovenskom (alebo českom), potom v anglickom jazyku. Maximálne 90 znakov.

Autori – sa uvádzajú bez titulov, najskôr celé krstné meno (nie skratka), potom priezvisko.

Abstrakt (Súhrn) – v angličtine (alebo v slovenčine, ak je príspevok písaný v anglickom jazyku) – musí jasne charakterizovať cieľ prezentovanej výskumnej práce, stručne popísať podmienky pokusu, použité metódy, výsledky a závery bez odkazov na tabuľky a obrázky. Nemal by presiahnuť 150 a klesnúť pod 75 slov.

Kľúčové slová – sa uvádzajú v anglickom jazyku (pre databázu CAB) v počte 5 až 7 slov. Uvádzajú sa za abstraktom v angličtine s malým začiatčným písmenom, oddelené čiarkami.

Úvod – treba tu zdôvodniť aktuálnosť riešenia prezentovaného problému a stručne informovať o stave výskumu v danej oblasti. Je treba uvádzať len citácie, ktoré majú úzky vzťah k prezentovanej problematike. Na konci tejto časti stručne uviesť, čo bolo cieľom predpokladaného príspevku, resp. riešenej výskumnej práce, ktorá sa v článku prezentuje.

Materiál a metódy – táto časť článku by mala obsahovať:

- charakteristiku použitého technického a biologického materiálu (zariadenia, osivo, odrody, hybridy...);
- popis stanovištných podmienok pokusu (klimatické podmienky, pôdne podmienky);
- charakteristiku agrochemických parametrov pôdy (obsah živín, pH, C_{ox} ...);
- organizáciu založenia pokusu (varianty, počet opakovaní, spony, rozmer parceliek...);
- pri aplikácii hnojív uviesť konkrétne o aký druh hnojiva ide a aký má obsah živín;
- pri hnojivách uvádzať v čistých živinách alebo v oxidových formách (okrem dusíka);
- stručne charakterizovať použité metódy (vrátane citovania ich autora);
- pri zložitej organizácii pokusu odporúčame uviesť aj schému pokusu;
- na záver tejto časti uviesť metódy matematicko-štatistického hodnotenia výsledkov;
- túto kapitolu písať tak, aby spĺňala podmienku reprodukovateľnosti pokusu, t.j., aby nezávislý subjekt bol schopný pokus bez problémov zopakovať.

Výsledky a diskusia – dosiahnuté výsledky prezentovať čo najstručnejšie v podobe tabuliek a obrázkov. V textovom hodnotení výsledkov sa zamerať na najdôležitejšie zistenia a vzťahy medzi sledovanými faktormi. Nezabúdať na odkazovanie na príslušnú tabuľku alebo obrázok. Neuvádzať tú istú informáciu vo viacerých formách (napr. v tabuľke a zároveň tie isté hodnoty v grafe resp. na obrázku). Tabuľky a obrázky musia byť kompletne, musia mať samovypovediacu hodnotu. Nad tabuľkou musí byť názov najprv v slovenčine, potom v anglickom jazyku. Pod tabuľkou uviesť vysvetľovaciu legendu v anglickom jazyku.

Záver – mal by mať stručný, jasný, zdôrazňujúci, originálne výsledky.

Literatúra – za presnosť údajov a použitej literatúry zodpovedá autor. Pri citovanej literatúre treba rešpektovať STN ISO 690 a ISO 690-2. Zoznam literatúry musí byť usporiadaný abecedne podľa priezviska autora. Informácie získané prostredníctvom internetu sa popisujú tak, že sa uvedie priezvisko a meno autora, názov materiálu a presná URL adresa. Citácie v texte sa popisujú uvedením čísla v zátvorke, pod ktorým sa použitý zdroj nachádza v zozname literatúry.

Vlastná úprava rukopisu:

- formát rukopisu A4, rozsah 6 – 10 strán (t.j. 180 – 300 riadkov) vrátane tabuliek a obrázkov;
- členenie príspevku štandardné pre vedecké práce (pozri vyššie);
- články písať vo formáte s koncovkou *.doc alebo *.rtf,
- odporúčané písmo: Times New Roman CE, veľkosť písma 12;
- pri písaní príspevku použiť riadkovanie 1;
- naskenované obrázky priložiť v samostatnom súbore, 300 dpi (*.PCX, *.GIF, *.TIF);
- na konci príspevku pridať kompletnú kontaktnú adresu prvého autora, vrátane e-mailu.

Príspevky posielajte na e-mailovú adresu: lenka.kovacova@uniag.sk

Instructions for the authors of contributions

Journal of Agrochemistry publishes original scientific and compilatory articles, short communications and reviews of significant scientific works in the field of plant nutrition, soil fertility, soil conservation and rational application of agrochemicals in agriculture. The author of the scientific article is fully responsible for the originality of the work and its formal correctness.

Structure of an article

Title – short, brief, clear in English language. It should not exceed 90 characters.

Authors – are stated without academical degree, at first the whole christian (first) name (not abbreviation), then the second name (surname).

Abstract – in English language. It should clearly define the aim of presented research work, briefly describe the conditions of the experiment, applied methods, results and conclusions without referring to tables and figures. The length of the abstract should not exceed 150 words.

Key words – are stated in English language in range from 5 to 7 words written in lower-case letters and separated by comma. They are situated below the abstract.

Introduction – gives reasons for topicality of presented research and informs in brief on the current status in respective scientific field. Particularly the citations closely related to presented topic are required. At the end of this part, state the aim of presented research task.

Material and Methods – this part of article should contain the following items:

- characterization of used technical and biological material (equipment, seed, varieties, hybrids ...);
- description of experimental site (climatic and soil conditions);
- characterization of soil agrochemical parameters (content of nutrients, C_{ox} , pH...);
- experimental layout (treatments, number of repetitions, span, size of plots ...);
- kind of applied fertilizers and their nutrient content;
- quote rates of nutrients in pure or oxide form;
- characterization of applied methods including citation of their author/s;
- draft of experimental layout is suitable especially when organization of trial is complicated;
- applied methods of statistical evaluation;
- this part should be written in the way to make independent subject possible to reproduce the experiment.

Results and discussion – achieved results should be presented as briefly as possible by means of tables and figures. Evaluation of the results should be focused to the most important findings and relations among investigated factors. Do not state the same information by several forms (for instance by table and the same time by graph or figure). The tables and figures must be complete and have all needed items: Title (head) of both table and figure is situated above the table and figure and explaining legend below them.

Conclusion – should be brief, clear and emphasizing particularly original results.

References – Author is responsible for the correctness of presented data as well as cited literature. Citing literature sources, STN ISO 690 and ISO 690-2 standard should be respected. List of literature must be arranged alphabetically according to the surname of the author. The references to information acquired from internet should be provided with the URL address and the date of acquisition. Interlinear references in the text should be introduced by the number in brackets referring to the position of this source in the list of literature.

Manuscript layout:

- use manuscript A4 formate at the total range of 6–10 pages (180–300 lines) including tables and figures;
- structure of the article is characterized above;
- article should be written in formate of *.doc or *.rtf;
- recommended font: New Times Roman CE, size 12;
- spacing 1;
- scanned figures should be enclosed in separate file: 300 dpi (*.PCX, *.GIF, *.TIF);
- at the end of the article the complete address of the first author including e-mail one should be added.

Send the contributions to the following e-mail address:
lenka.kovacova@uniag.sk

obsah

contents

Otto Ložek, Pavol Slamka, Štefan Gáborík, Mária Vicianová, Jozef Kobza

Dynamika zmien obsahu prístupného fosforu v pôdach na Slovensku	3
The dynamics of changes of available phosphorus soil content in Slovakia	3

Peter Kováčik, Petr Škarpa

Nedostatok makroelementov, mikroelementov a tvorba fytomasy kukurice siatej	13
Lack of macroelements, microelements and formation of the maize phytomass	13

Martin Juriga, Vladimír Šimanský

Pôdna organická hmota a pôdna štruktúra hnedozeme ovplyvnená pridaním biouhlia a biouhlia s N hnojivom	16
Soil organic matter and soil structure of Haplic Luvisol affected of biochar and biochar with N fertilizer	16

Eva Candráková

Vplyv stresových faktorov na produkciu a kvalitu zrna jačmeňa siateho jarého	28
Effect of stress factors on production and grain quality of spring barley	28

Ľuboš Vozár, Peter Kovár, Peter Hric, Petra Verešová, Miriama Paulisová

Vplyv SULFERT-Humátu na dynamiku rastu a produkcie trávnikového porastu	33
The influence of SULFERT-Humate on the dynamics of the turf growth and production	33

Vladimír Šimanský, Dušan Šrank, Martin Juriga

Vplyv kombinácií minerálnych a organických hnojív s biouhlíkovým substrátom na pôdne vlastnosti a úrody slnečnice ročnej a zeleninovej papriky	42
The effect of combinations of mineral and organic fertilizers with biochar on the soil properties and sunflower and green pepper yields	42