

Vplyv pozberových zvyškov a biostimulátorov na pH a parametre sorpcie pôdy

Effects of crop residues and bio-stimulators on soil pH and soil sorption parameters

Vladimír Šimanský

The effects of application of crop residues and bio-stimulators on changes in soil pH and sorption parameters were studied. There were established a small pots laboratory experiments with following variants: two soil types (Haplic Luvisol, Haplic Chernozem), two crop residues (residues of winter wheat and oil rape), and two bio-stimulators (BETALIQ and TRICHOMIL). Overall, soil type, crop residues and time of incubation had statistically significant influence on soil pH and soil sorption parameters. Bio-stimulators did not affect mentioned soil characteristics. During the investigated time (180 days of incubation), the values of hydrolytic acidity increased in both soils (more intensive in Haplic Luvisol than Haplic Chernozem). The dynamic of changes in cation exchange capacity values were significantly different in Haplic Luvisol compared to Haplic Chernozem. Before experiment, the sorptive complex of both soils was fully saturated. During the incubation in all treatments with crop residues as well as bio-stimulators a significant decrease in base saturation were observed. Overall, interaction crop residues together with time of incubation had statistically significant effect on soil pH and soil sorption parameters.

Betaliq, Trichomil, Chernozem, Luvisol, Crop residues

Využívanie pôdy pre poľnohospodárske účely je jednou z hlavných príčin degradácie pôd. Harrison a Pearce (8) uviedli, že celosvetovo je antropogénnou degradáciou postihnutá 1/3 pôdneho fondu. Jedným z najvýznamnejších faktorov, ktorý môže eliminovať negatívne dopady antropogénnej degradácie pôd je dostatok kvalitných organických látok v pôde. Následkami znižovania obsahu pôdnej organickej hmoty trpí na Slovensku asi 60 % z výmery poľnohospodárskych pôd. Pri bilancii hnojenia pôd organickými hnojivami sa odhaduje v súčasnosti najmenej 30 – 50 % deficit (z hľadiska potreby organických látok), keďže produkcia organických hnojív v posledných rokoch sa pohybuje okolo 10 miliónov ton ročne, čiže v priemere menej ako 5 ton na hektár (13). Z hľadiska množstva, sú v agro-ekosystémoch najväčším zdrojom organickej hmoty pozberové a koreňové zvyšky pestovaných plodín (19). Stupeň vplyvu rastlinných zvyškov na formovanie pôdnej úrodnosti závisí nielen od ich množstva, ale aj od ich chemického zloženia. Zapracovávanie pozberových zvyškov do pôdy vedie k zvyšovaniu obsahu uhlíka (15), dusíka (6), ale môžu sa meniť aj ostatné pôdne vlastnosti. Hussain et al. (11) uviedol, že zapracované zvyšky rastlín sú zdrojom C, a vyšší obsah C v pôde má priaznivý vplyv na kationovú výmennú kapacitu. Pravidelný prísun

organických látok do pôdy má za následok zlepšovanie kvality pôd. Pri regulácii procesov transformácie organických vstupov do pôd budú zrejme v budúcnosti intenzívne využívané rôzne biopreparáty, ktoré podporia pozitívne humifikačné procesy v pôdach (22). Biostimulátory sú organo-minerálne látky, ktoré podporujú rozklad pozberových zvyškov (14) pričom majú pozitívny efekt aj na úrodu pestovaných plodín (4), prostredníctvom zlepšenia príjmu živín z pôdy (13).

Pôdne prostredie je z hľadiska jeho chemických, fyzikálnych či biologických parametrov rozdielne. Na základe vyššie uvedeného je zrejme, že aj efekt pozberových zvyškov a biostimulátorov v rôznych pôdnych typoch bude rozdielny. Cieľom tejto práce bolo získať poznatky o vzájomnom vzťahu: rastlinné zvyšky – biostimulátory – pôdne typy, pričom dôraz bol kladený najmä na vplyv pozberových zvyškov a biostimulátorov na zmeny chemických indikátorov kvality pôdy – na pôdnu reakciu a sorpčné vlastnosti.

Materiál a metodika

Zeminy na založenie inkubačného pokusu boli odobrané z orníc hnedozeme kultizemnej (HM) z lokality Golianovo a černoze kultizemnej (ČM) z lokality Drážovce. Zeminy pred založením pokusu boli analyzované a výsledky sú uvedené v tabuľke 1. Do oboch zemín boli pridané pozberové zvyšky pšenice ozimnej (PŠ) v pomere slama : korene = 2 : 1; s prvkovým zložením: % C = 45; % N = 0,9; C : N = 50 a repky olejky (RO) v pomere slama : korene = 1 : 1; s prvkovým zložením: % C = 44; % N = 1,1; C : N = 40. V pokuse sa testovali biostimulátory BETALIQ (Redam, s.r.o., Smržice, ČR) a TRICHOMIL (výrobok Bioma, s.r.o. Trnava, SR).

Založené boli nasledovné varianty pokusu:

- HM – kontrola (hnedozem)
- HM + PŠ – hnedozem + pozberový zvyšky pšenice ozimnej
- HM + PŠ + B – hnedozem + pozberový zvyšky pšenice ozimnej + betaliq
- HM + PŠ + T – hnedozem + pozberový zvyšky pšenice ozimnej + trichomil
- HM + RO – hnedozem + pozberový zvyšky repky olejky
- HM + RO + B – hnedozem + pozberový zvyšky repky olejky + betaLIQ
- HM + RO + T – hnedozem + pozberový zvyšky repky olejky + trichomil
- ČM – kontrola (černozem)
- ČM + PŠ – černozem + pozberový zvyšky pšenice ozimnej
- ČM + PŠ + B – černozem + pozberový zvyšky pšenice ozimnej + betaliq
- ČM + PŠ + T – černozem + pozberový zvyšky pšenice ozimnej + trichomil
- ČM + RO – černozem + pozberový zvyšky repky olejky
- ČM + RO + B – černozem + pozberový zvyšky repky olejky + betaLIQ
- ČM + RO + T – černozem + pozberový zvyšky repky olejky + trichomil

Laboratórne pokusy boli založené v troch opakovaníach na dobu 7, 14, 28, 60, 90 a 180 dní do nádob o objeme 0,22 dm³. Do pripravených nádob, na dne so sitkom a filtračným papierom sa navážilo 200 g zeminy a 4 g rastlinných zvyškov. Na úpravu pomeru C : N vo variantoch

Tabuľka 1: Vlastnosti pôd pred založením pokusu

Table 1: Soil properties before experiment

Pôdny typ (1)	C _{ox} (%) (4)	pH _{H₂O} (5)	pH _{KCl} (6)	H (7)	S (8)	T (9)	V (10)
				mmol.kg ⁻¹			%
HM (2)	1,08	6,47	5,27	23,4	166,2	189,4	87,8
ČM (3)	1,59	7,75	6,85	6,42	296,2	302,6	98,0

(1) soil type, (2) Haplic Luvisol, (3) Haplic Chernozem, (4) soil organic carbon, (5) soil pH in H₂O, (6) soil pH in KCl, (7) hydrolytic acidity, (8) sum of basic cations, (9) cation exchange capacity, (10) base saturation

C_{ox} – celkový organický uhlík, pH_{H₂O} – aktívna pôdna reakcia, pH_{KCl} – výmenná pôdna reakcia, H – hydrolytická kyslosť, S – suma výmenných bázických kationtov, T – celková sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi, HM – hnedozem, ČM – černoze

Tabuľka 2: Štatistické vyhodnotenie pôdnej reakcie a ukazovateľov sorpcie

Table 2: Statistical evaluation of soil pH and sorption parameters

Faktor		pH _{H₂O} (7)	pH _{KCl} (8)	H (9)	S (10)	T (11)	V (12)
Pôdny typ (1)	P-Value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	ČM (5)	5,76	5,50	36,1	188,2	224,2	83,6
	HM (6)	5,15	4,67	54,1	112,6	166,6	67,8
	±limits	0,07	0,07	2,01	4,19	4,31	1,11
Pozberové zvyšky (2)	P-Value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0154	0,0000
	PŠ	5,36	5,00	48,4	144,4	192,7	73,7
	RO	5,55	5,17	41,7	156,4	198,1	77,7
	±limits	0,07	0,07	2,01	4,19	4,31	1,11
Biostimulátor (3)	P-Value	0,1570	0,4021	0,2467	0,2577	0,7022	0,1640
	0	5,41	5,06	46,2	148,0	194,2	75,0
	BETA	5,49	5,12	44,2	151,7	195,8	76,3
	TRI	5,45	5,08	44,8	151,5	196,3	75,8
	±limits	0,08	0,09	2,46	5,13	5,28	1,36
Doba inkubácie (4)	P-Value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	7	6,39	5,90	22,6	180,0	202,5	88,2
	10	6,21	5,89	30,2	176,5	207,5	83,9
	14	5,66	5,23	31,3	158,9	189,1	83,5
	28	5,11	4,70	45,6	148,0	193,5	75,1
	60	5,36	5,19	53,0	136,3	189,3	71,1
	90	4,90	4,56	68,9	130,6	199,5	64,1
	180	4,53	4,11	63,9	122,5	186,6	64,0
	±limits	0,12	0,13	3,75	7,83	8,06	2,08

(1) soil type, (2) crop residues, (3) bio-stimulators, (4) time of incubation, (5) Haplic Luvisol, (6) Haplic Chernozem, (7) soil pH in H₂O, (8) soil pH in KCl, (9) hydrolytic acidity, (10) sum of basic cations, (11) cation exchange capacity, (12) base saturation

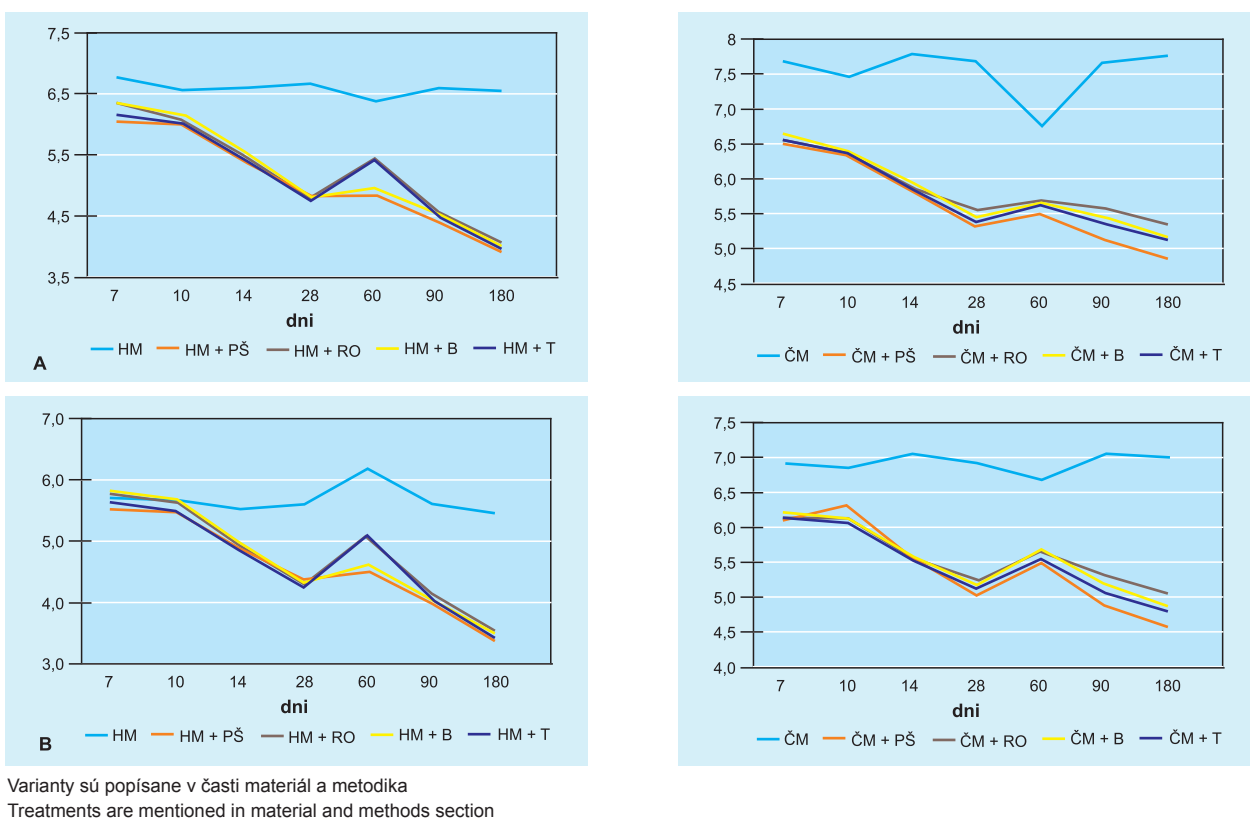
pH_{H₂O} – aktívna pôdna reakcia, pH_{KCl} – výmenná pôdna reakcia, H – hydrolytická kyslosť, S – suma výmenných bázických kationtov, T – celková sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi, HM – hnedozem, ČM – černoze

s rastlinnými zvyškami sa aplikoval N zodpovedajúci použitiu v praxi, a to 1 kg N na 100 kg rastlinných zvyškov, vo forme (NH₄)₂SO₄ a k variantom s biostimulátormi sa použil ich 1 % roztok. Pokus bol umiestnený v inkubačnej miestnosti, kde počas experimentu boli udržiavané optimálne podmienky (teplota 23 – 25 °C, vlhkosť 50 % PVK – 60 % PVK) pre rozklad organickej hmoty. Po ukončení inkubácie boli jednotlivé vzorky pôdy zo založených variantov analyzované. Stanovená bola aktívna a výmenná pôdna reakcia – potenciometricky (10), ale i parametre sorpčného komplexu ako: hydrolytická kyslosť (H) – titračne vo výluhu 1 mol.dm⁻³ CH₃COONa, suma výmenných bázických kationtov (S) – titračne vo výluhu 1 mol.dm⁻³ HCl – Kappenová metóda (10), a následne boli vypočítané hodnoty celkovej sorpčnej kapacity (T = H + S) a stupňa nasýtenia pôdneho sorpčného komplexu (V = S × 100/T).

Výsledky a diskusia

Hodnoty aktívneho pH boli štatisticky vysoko preukázane závislé od pôdneho typu, aplikovaných pozberových zvyškov a doby inkubácie zemín. Testované biostimulátory významne aktívne pH nezmenili. Priemerné hodnoty aktívneho pH boli o 0,61 pH jednotky vyššie v zemine z černoze (ČM) v porovnaní so zeminou z hnedozeme (HM). Pozberové zvyšky pšenice ozimnej (PŠ) štatisticky významne znížili aktívne pH v porovnaní so zvyškami repky olejky (RO). Hodnoty aktívneho pH sa za sledované obdobie 180 dní štatisticky významne znížili zo slabo kyslého do silne kyslého, čo svedčí o výraznej acidifikácii v oboch použitých zemínach. Výraznejší pokles hodnôt aktívneho pH bol pozorovaný v zemine z HM. Vo všetkých variantoch s pozberovými zvyškami bol upravený pomer C : N pridaním síranu amónneho, ktorý mohol byť príčinou výrazného oxysľovania počas inkubácie oboch zemín.

Obrázok 1: Dynamika zmien A) aktívnej pôdnej reakcie, B) výmennej pôdnej reakcie
Figure 1: Dynamic of A) soil pH in H₂O, B) soil pH in KCl



Navyše, Blevinsa et al. (3) uviedli, že hnojenie dusíkom zintenzívňuje nitrifikáciu, čo má za následok pokles pH. To, že tento proces bol menej výrazný v zemine s černozeťou súvisí s jej pufrácnou schopnosťou (7, 20, 22). Černozeť majú vyšší obsah humusu ako hnedozeme a vyvinuli sa na nespevnených sedimentoch, prevažne eolických karbonátových sprašiach (2, 21), čo vysvetľuje získané výsledky, keďže pufrácný systém pôd je úzko spojený práve s obsahom karbonátov a humusu v pôdach. Počas celého obdobia inkubácie sa hodnoty aktívneho pH vo variante HM + PŠ lineárne znižovali priemerne o 0,37 pH jednotky, čo bolo takmer identické zníženie ako vo variante HM + RO (obrázok 1; tabuľka 3). V zemine z ČM v porovnaní s HM bol za sledované obdobie pozorovaný miernejší pokles aktívneho pH vo variantoch s pozberovými zvyškami PŠ v porovnaní s pozberovými zvyškami RO. Ako bolo vyššie uvedené, černozeť sú pôdy kvalitnejšie, majú vyššiu tlmivú schopnosť a teda aj lepšie odolávajú zmenám pH ako hnedozeme. Efekt rastlinných zvyškov na zmeny pH môže súvisieť s ich rozkladom, kedy vznikajú organické látky, ktoré majú charakter kyselín, polyelektrolytov (1, 22). Avšak, ako potvrdzujú získané výsledky, intenzita ich vplyvu bola rozdielna (obrázok 1; tabuľka 3), čo je odrazom ich rozdielneho chemického zloženia (18). Biostimulátory sú látky, ktoré môžu ovplyvňovať rozklad pozberových zvyškov (14, 16, 17), prostredníctvom čoho sa môže meniť aj pH pôdy. Aj keď zo sumárneho hodnotenia biostimulátorov na hodnoty pH vyplynulo, že testované prípravky významne nezmenili hodnoty aktívnej pôdnej reakcie (tabuľka 2), zaznamenaný bol štatisticky významný lineárny pokles v pH_{H₂O} po ich aplikácii za celú dobu

inkubácie, pričom priaznivejší vplyv bol zistený v zemine z ČM ako HM. V zemine z HM za sledované obdobie inkubácie vo variantoch, kde bol aplikovaný biostimulátor TRICHOMIL sa hodnoty pH_{H₂O} priemerne znížili o 0,34 pH jednotky, kým po aplikácii testovaného BETALIQ-u sa hodnoty pH_{H₂O} priemerne znížili o 0,4 pH jednotky. V ČM, medzi testovanými biostimulátormi, nebol pozorovaný žiadny rozdiel na zmeny aktívneho pH za sledované obdobie. Identická tendencia či už pri posúdení priemerných hodnôt za sledované obdobie (tabuľka 2), resp. pri posúdení dynamiky zmien (obrázok 1; tabuľka 3) bola pozorovaná aj pri hodnotách výmenného pH.

Hodnoty hydrolytickej kyslosti (H) boli štatisticky výrazne vyššie takmer o 50 % v zemine z HM v porovnaní so zeminou z ČM. Zapracované rastlinné zvyšky RO štatisticky významne znížili hodnoty H o 14 % v porovnaní s rastlinnými zvyškami PŠ. Celkovo priemerné hodnoty H v dôsledku inkubácie sa štatisticky významne zvýšili. Aplikované biostimulátory nemali významný efekt na priemerné hodnoty hydrolytickej kyslosti. Z dynamiky zmien hodnôt H počas doby inkubácie je zrejmy štatisticky významný lineárny nárast, avšak výraznejšie sa hydrolytická kyslosť zvyšovala v zemine z HM v porovnaní s variantmi z ČM. Vo variantoch z HM výrazné rozdiely medzi pridanými pozberovými zvyškami resp. aplikovanými biostimulátormi neboli zistené, kým v zemine z ČM boli významné (obrázok 2A; tabuľka 3). Počas celého inkubačného obdobia sa hodnoty H vo variante ČM + PŠ lineárne zvyšovali priemerne o 6,6 mmol.kg⁻¹ H⁺ v porovnaní s variantmi ČM + RO (zvýšenie o 3,6 mmol.kg⁻¹ H⁺). Z biostimulátorov v zemine z ČM štatisticky výraznejšie zvyšoval hodnoty

Tabuľka 3: Trendy pH a parametrov sorpcie pôdy ($y = \text{pH}$ alebo parameter sorpcie) v čase ($x = \text{doba inkubácie}$) v závislosti od variantu

Table 3: Trends of soil pH and sorption parameters ($y = \text{soil pH}$ or sorption parameter) with time ($x = \text{time of incubation}$) in dependence on treatment

Variant (1)	pH _{H₂O} (2)		pH _{KCl} (3)	
	rovnica linearity (4)	R ² (5)	rovnica linearity	R ²
HM	$y = -0,03x + 6,7$	0,2901	$y = -0,01x + 5,72$	0,0045
HM + PŠ	$y = -0,37x + 6,5$	0,9677	$y = -0,36x + 6,01$	0,9381
HM + RO	$y = -0,36x + 6,69$	0,8676	$y = -0,34x + 6,13$	0,799
HM + B	$y = -0,39x + 6,74$	0,9495	$y = -0,38x + 6,23$	0,9214
HM + T	$y = -0,34x + 6,55$	0,8442	$y = -0,34x + 6,03$	0,7845
ČM	$y = -0,01x + 7,63$	0,0065	$y = 0,01x + 6,87$	0,0405
ČM + PŠ	$y = -0,28x + 6,79$	0,9364	$y = -0,27x + 6,50$	0,8301
ČM + RO	$y = -0,20x + 6,67$	0,848	$y = -0,18x + 6,30$	0,7555
ČM + B	$y = -0,24x + 6,78$	0,8969	$y = -0,21x + 6,38$	0,7897
ČM + T	$y = -0,24x + 6,70$	0,9021	$y = -0,21x + 6,32$	0,8187
	H (6)		S (7)	
HM	$y = 0,10x + 19,81$	0,0109	$y = -0,81x + 160,0$	0,0784
HM + PŠ	$y = 11x + 12,28$	0,9335	$y = -8,5x + 141,7$	0,9316
HM + RO	$y = 10,54x + 9,71$	0,9275	$y = -10,21x + 158,3$	0,9498
HM + B	$y = 11,48x + 8,70$	0,9276	$y = -9,05x + 148,9$	0,8531
HM + T	$y = 10,50x + 11,54$	0,9291	$y = -11,38x + 158,4$	0,9664
ČM	$y = 0,15x + 5,37$	0,1465	$y = -0,55x + 266,4$	0,0079
ČM + PŠ	$y = 6,57x + 14,14$	0,8701	$y = -13,14x + 233,4$	0,8906
ČM + RO	$y = 3,61x + 17,14$	0,8285	$y = -9,39x + 233,0$	0,8513
ČM + B	$y = 4,51x + 15,79$	0,8215	$y = -11,6x + 236,3$	0,8055
ČM + T	$y = 4,98x + 15,59$	0,8805	$y = -9,73x + 229,1$	0,8975
	T (8)		V (9)	
HM	$y = -0,71x + 179,9$	0,0526	$y = -0,10x + 88,9$	0,0396
HM + PŠ	$y = 2,73x + 153,2$	0,465	$y = -6,22x + 91,1$	0,958
HM + RO	$y = 0,28x + 168,0$	0,0136	$y = -6,19x + 94,2$	0,9563
HM + B	$y = 3,10x + 155,8$	0,5432	$y = -4,79x + 85,1$	0,7316
HM + T	$y = -0,89x + 169,9$	0,0867	$y = -6,44x + 93,5$	0,9589
ČM	$y = -0,39x + 271,7$	0,0042	$y = -0,05x + 97,9$	0,1113
ČM + PŠ	$y = -6,49x + 247,3$	0,6272	$y = -3,45x + 95,1$	0,9124
ČM + RO	$y = -5,62x + 249,5$	0,5797	$y = -1,90x + 93,5$	0,9372
ČM + B	$y = -7,11x + 251,9$	0,4893	$y = -2,44x + 94,3$	0,9463
ČM + T	$y = -4,62x + 244,7$	0,5629	$y = -2,58x + 94,2$	0,9236

Treatments are mentioned in material and methods section

(1) treatment, (2) soil pH in H₂O, (3) soil pH in KCl, (4) linear equation, (5) coefficient of determination, (6) hydrolytic acidity, (7) sum of basic cations, (8) cation exchange capacity, (9) base saturation

Variants sú popísané v časti materiál a metodika

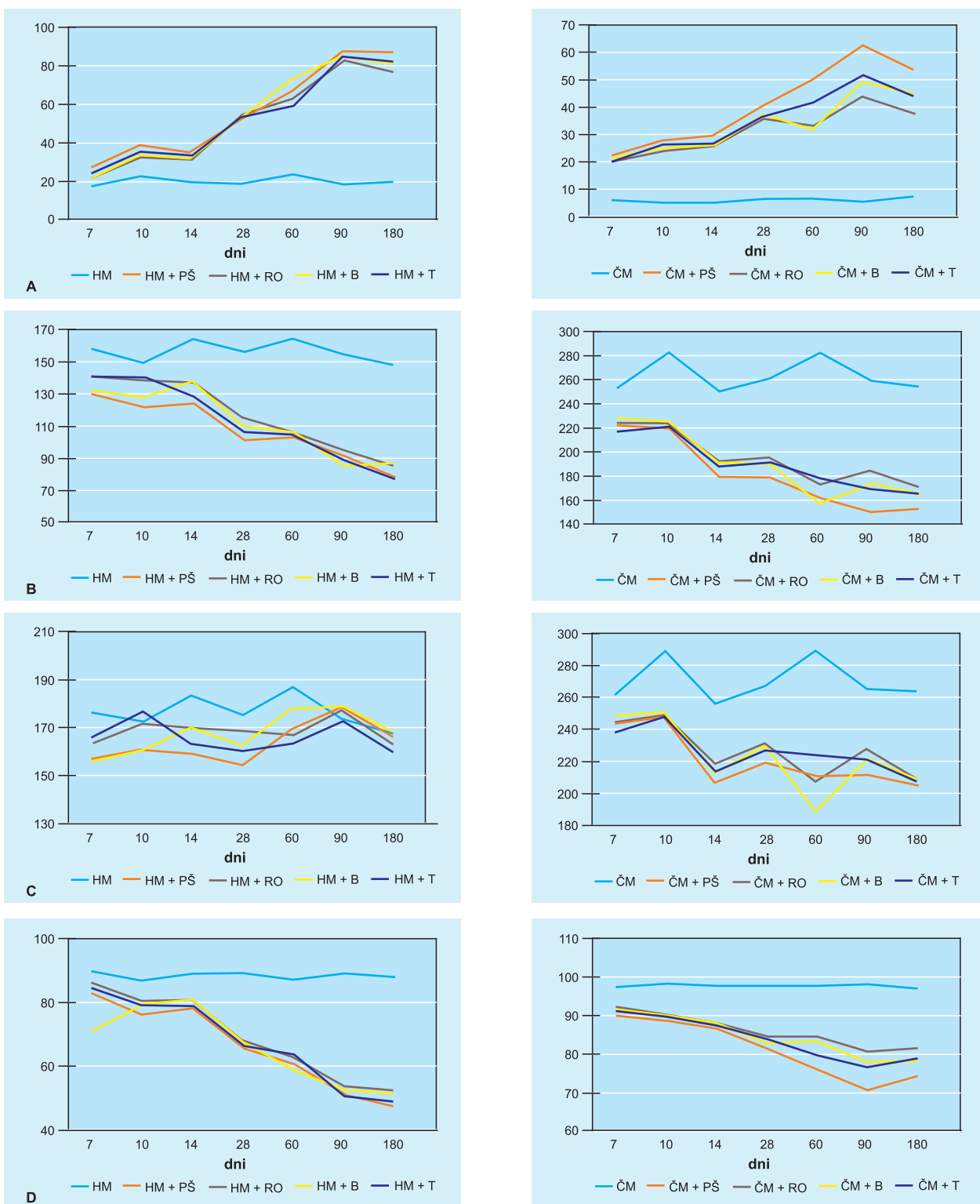
pH_{H₂O} – aktívna pôdna reakcia, pH_{KCl} – výmenná pôdna reakcia, H – hydrolytická kyslosť, S – suma výmenných bázických kationov, T – celková sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi

H TRICHOMIL ako BETALIQ. V tabuľke 2 je uvedené aj štatistické zhodnotenie priemerných hodnôt parametrov sorpcie za celé inkubačné obdobie v závislosti od sledovaných faktorov. Hodnoty sumy výmenných bázických kationov (S), celkovej sorpčnej kapacity (T) a stupňa nasýtenia sorpčného komplexu bázickými kationmi (V) boli štatisticky vysoko preukazne závislé od pôdneho typu, aplikovaných pozberových zvyškov, ale i dĺžky inkubačného obdobia. Aplikované biostimulátory nemali žiadny preukazný efekt na priemerné hodnoty sorpčných parametrov pôdy. Dynamika zmien v hodnotách S po pridaní pozberových zvyškov, ale i biostimulátorov v oboch zemi-

nách bola výrazne odlišná (obrázok 2B; tabuľka 3). V dôsledku aplikácie pozberových zvyškov pšenice ozimnej do zeminy hnedozeme sa hodnoty S lineárne znižovali a to priemerne o 20 % v porovnaní s aplikovanými pozberovými zvyškami RO za celé obdobie. Diametrálne odlišná situácia bola zistená v zemine černozeme. Aplikované pozberové zvyšky PŠ v ČM hodnoty S lineárne zvyšovali a to priemerne o 40 % v porovnaní s pozberovými zvyškami RO. Dôvodom môže byť fakt, že pozberové zvyšky repky olejky majú priaznivejšie chemické, ale i prvkové zloženie (5, 22) a ich rozklad je ovplyvnený aj samotným pôdnym prostredím, z čoho môže vychádzať aj značná odlišnosť

Obrázok 2: Dynamika zmien A) hydrolytickej kyslosti, B) sumy výmenných bázických katiónov C) celkovej sorpčnej kapacity a D) stupňa nasýtenia sorpčného komplexu bázickými katiónmi

Figure 2: Dynamic of A) hydrolytic acidity, B) sum of basic cations, C) cation exchange capacity and D) base saturation



Variety sú popísane v časti materiál a metodika
Treatments are mentioned in material and methods section

Tabuľka 4: Štatistické vyhodnotenie interakcií medzi sledovanými faktormi

Table 4: Statistical evaluation interaction among investigated factors

Interakcie (1)		pH _{H₂O} (8)	pH _{KCl} (9)	H (10)	S (11)	T (12)	V (13)
Pôdny typ + rastlinné zvyšky (2)	P-Value	0,8166	1,0000	0,0287	0,2067	0,8680	0,1957
Pôdny typ + biostimulátory (3)		0,6565	0,6573	0,1255	0,7197	0,6966	0,4095
Pôdny typ + doba inkubácie (4)		0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000
Rastlinné zvyšky + biostimulátory (5)		0,7043	0,4336	0,4703	0,2889	0,3557	0,2842
Raslinné zvyšky + doba inkubácie (6)		0,0407	0,0255	0,0088	0,8059	0,4200	0,1387
Biostimulátory + doba inkubácie (7)		0,6529	0,5256	1,0000	0,9255	0,9201	0,9999

pH_{H₂O} – aktívna pôdna reakcia, pH_{KCl} – výmenná pôdna reakcia, H – hydrolytická kyslosť, S – suma výmenných bázických katiónov, T – celková sorpčná kapacita, V – stupeň nasýtenia sorpčného komplexu bázickými katiónmi

(1) interactions, (2) soil type + crop residues, (3) soil type + bio-stimulators, (4) soil type + time of incubation, (5) crop residues + bio-stimulators, (6) crop residues + time of incubation, (7) bio-stimulators + time of incubation, (8) soil pH in H₂O, (9) soil pH in KCl, (10) hydrolytic acidity, (11) sum of basic cations, (12) cation exchange capacity, (13) base saturation

v dynamike zmien hodnôt sumy výmenných bázických katiónov, ale i ostatných parametrov pôdnej sorpcie. Obdobný efekt bol pozorovaný aj v prípade skúšaných biostimulátorov. V zemine z HM bol pozorovaný výraznejší pokles S v dôsledku prídania TRICHOMIL-u a naopak v zemine z ČM bol zaznamenaný evidentnejší pokles S v dôsledku prídania BETALIQ-u. Heitkötter a Marschner (9) uviedli, že pridávanie organických látok do pôdy významným spôsobom ovplyvňuje kationovú výmennú kapacitu. Po humifikácii rastlinných zvyškov sa zvyšuje aj sorpčná schopnosť pôdy prostredníctvom väčšieho množstva organických koloidov s vyššou kationovú sorpčnou kapacitou (7), ale aj prostredníctvom ich vyššieho merného povrchu (12). Dynamika zmien v hodnotách T bola diametrálne odlišná v zemine z HM ako v zemine z ČM. Pozberové zvyšky PŠ menej výrazne zvýšili hodnoty T v porovnaní z RO, naopak v zemine z ČM pozberové zvyšky PŠ výrazne znížili hodnoty T v porovnaní so zvyškami RO. Ako bolo vyššie uvedené (tabuľka 2) stupeň nasýtenia sorpčného komplexu v zemine z ČM bol o 24 % väčší v porovnaní so zeminou z HM. Obe použité zeminy v inkubačnom pokuse na jeho začiatku mali sorpčný komplex plne nasýtený, avšak v priebehu inkubácie oboch zemín a všetkých variantov ako s pridanými pozberovými zvyškami, tak i biostimulátormi dochádzalo k štatisticky výraznému lineárnemu poklesu stupňa nasýtenia. Výraznejší pokles bol zistený v prípade zeminy z HM, v prípade pozberových zvyškov vo variantoch s PŠ a v prípade biostimulátorov vo variantoch s TRICHOMIL-om.

Z hodnotených interakcií faktorov ovplyvňujúcich ako pôdnu reakciu, tak i parametre sorpcie je zrejmé, že kombinácia pôdny typ a doba inkubácie štatisticky významne zmenili priemerné hodnoty týchto parametrov (tabuľka 4). Kombinácia pozberových zvyškov spolu s dobou inkubácie mali štatisticky významný vplyv na zmeny priemerných hodnôt aktívnej a výmennej pôdnej reakcie, ale i hodnôt H. Ostatné vzájomné interakcie sledovaných faktorov štatisticky významne neovplyvnili hodnoty pH a parametrov sorpcie.

Záver

Celkovo boli hodnoty pH a parametrov sorpcie štatisticky vysoko preukazne závislé od pôdneho typu, aplikovaných pozberových zvyškov a doby inkubácie zemín. Testované biostimulátory štatisticky významne nezmenili sledované ukazovatele. Výrazná acidifikácia (t. j. pokles aktívneho a výmenného pH a nárast hodnôt hydrolytickej kyslosti) bola pozorovaná v dôsledku rozkladu pozberových

zvyškov rastlín v oboch zemínach, pričom tento efekt bol menej výraznejší v zemine z černoze. V dôsledku zníženia pH a zvýšenia hydrolytickej kyslosti sa v oboch zemínach znížil obsah sumy výmenných bázických katiónov, čo negatívne ovplyvnilo i celkovú sorpčnú kapacitu a stupeň nasýtenia oboch zemín. Z dynamiky zmien hodnôt pH a parametrov sorpcie je evidentné, že tieto parametre sa intenzívnejšie menili v dôsledku rozkladu pozberových zvyškov pšenice ozimnej ako repky olejky.

Z hodnotených interakcií faktorov ovplyvňujúcich ako pôdnu reakciu, tak i parametre sorpcie je zrejmé, že kombinácia pôdny typ a doba inkubácie štatisticky významne zmenili priemerné hodnoty týchto parametrov. Kombinácia pozberových zvyškov spolu s dobou inkubácie mali štatisticky významný vplyv nie len na zmeny priemerných hodnôt aktívnej a výmennej pôdnej reakcie, ale i hodnôt hydrolytickej kyslosti. Interakcie medzi pôdnym typom, pozberovými zvyškami a biostimulátormy neboli potvrdené.

Literatúra

- ANDERSSON, S. – NILSSON, S. I. – SAETRE, P. 2000. Leaching of dissolved organic carbon and dissolved organic nitrogen in mor humus as affected by temperature and pH. In Soil biology and biochemistry, 2000, 32, p. 1–10.
- BIELEK, P. 2017. Pôdoznalectvo pre environmanažérov. Nitra : SPU, 318 s. ISBN 978-80-552-1682-9.
- BLEVINS, R.L. – THOMAS, G.W. – CORNELIUS, P.L. 1977. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. In Agron. J., 69, 1977, pp. 383–96.
- ČERNÝ, I. – PAČUTA, V. – ERNST, D. – GAŽO, J. 2018. Tvorba úrody a cukornatosti repy cukrovej v závislosti od ročníka a foliárnej aplikácie biologicky aktívnych látok a hnojív. In LCaR, roč. 134, 2018, č. 4, s. 141–154.
- FRIEDEL, J. K. – MUNCH, J. C. – FISCHER, W. R. 1996. Soil microbial properties and the assessment of available soil organic matter in a haplic luvisol after several years of different cultivation and crop rotation. In Soil Biol. Biochem., 28, 1996, pp. 479–488.
- GALANTINI, J. – ROSELL, R. 2006. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. In Soil & Tillage Research, 87, 2006, pp. 72–79.
- HANES, J. 1999. Analýza sorpčných vlastností pôdy. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava, 1. vyd., 1999, 138 s. ISBN 80-85361-47-7.
- 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.

- (9) HEITKÖTTER, J. – MARSCHNER, B. 2015. Interactive effects of biochar ageing in soils related to feedstock, pyrolysis temperature, and historic charcoal production. In *Geoderma*, 245–246, 2015, pp. 56–64.
- (10) HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – BEZÁK, P. – BEZÁKOVÁ, Z. – DODOK, R. – GREČO, V. – CHLPÍK, J. – KOBZA, J. – LIŠTJAK, M. – MALIŠ, J. – PÍŠ, V. – SCHLOSSEROVÁ, J. – SLÁVIK, O. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2011. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. Bratislava: VUPOP, 2011, 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1.
- (11) HUSSAIN, I. – OLSON, K.R. – EBELHAR, S.A. 1999. Long-term tillage effects on soil chemical properties and organic matter fractions. In *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63, 1999, pp. 1335–1341.
- (12) LIANG, B. – LEHMANN, J. – SOLOMON, D. – KINYANGI, J. – GROSSMAN, J. – O'NEILL, B. – SKJEMSTAD, J.O. – THIES, J. – LUIZAO, F.J. – PETERSEN, J. – NEVES, E.G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. In *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70, 2006, pp. 1719–1730.
- (13) PAČUTA, V. – RAŠOVSKÝ, J. – ČERNÝ, I. 2017. Vplyv ročníka, odrody a biopreparátov Alga 300 P, K a Alga 600 na úrodné parametre repy cukrov. In *LCaŘ*, roč. 133, 2017, č. 7–8, s. 232–236.
- (14) ŠIMANSKÝ, V. – SZOMBATHOVÁ, N. 2011. Basal, potential and relative respiration with dependence on applied crop residues and bio-stimulators in Haplic Chernozems. In *Journal of Central European Agriculture*, vol. 12, 2011, no. 4, pp. 702–715.
- (15) ŠIMANSKÝ, V. – TOBIAŠOVÁ, E. – CHLPÍK, J. 2008. Soil tillage and fertilization of Orthic Luvisol and their influence on chemical properties, soil structure stability and carbon distribution in water-stable macro-aggregates. In *Soil & Tillage Research*, vol. 100, 2008, no. 1–2, pp. 125–132.
- (16) ŠIMANSKÝ, V. – ZAUJEC, A. – TOBIAŠOVÁ, E. 2006a. Vplyv biostimulátora Trichomil na transformačné procesy. In *Biotechnology 2006 [CD-ROM]*. České Budějovice : Scientific Pedagogical Publishing, 2006, s. 1050–1052. ISBN 8085645-53-X.
- (17) ŠIMANSKÝ, V. – ZAUJEC, A. – TOBIAŠOVÁ, E. 2006b. Vplyv biostimulátora Beta-Liq na transformačné procesy pozberových zvyškov pšenice letnej formy ozimnej a kapusty repkovej pravej. In *Biotechnology 2006 [CD-ROM]*. České Budějovice: Scientific Pedagogical Publishing, 2006, s. 1053–1055. ISBN 8085645-53-X.
- (18) TORMA, S. – VILČEK, J. 2018. Pozberové zvyšky cukrovej repy a ich význam v kolobehu živín. In *LCaŘ*, roč. 133, 2017, č. 9–10, s. 285–287.
- (19) VÁCHOVÁ, R. – KOLÁŘ, L. – MUCHOVÁ, Z. 2016. Primární organická půdní hmota a humus, dvě složky půdní organické hmoty. Nitra : SPU, 2016, 122 s. ISBN 978-80-552-1467-2.
- (20) WHALEN, J.K. – CHANG, C. – CLAYTON, G.W. – CAREFOOT, J.P. 2000. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. In *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 2000, pp. 962–966.
- (21) ZAUJEC, A. – CHLPÍK, J. – NÁDAŠSKÝ, J. – SZOMBATHOVÁ, N. – TOBIAŠOVÁ, E. 2009. *Pedológia a základy geológie*. 1 vyd., Nitra : SPU, 2009, 399 s. ISBN 978-80-552-0207-5.
- (22) ZAUJEC, A. – ŠIMANSKÝ, V. 2006. Vplyv biostimulátorov rozkladu rastlinných zvyškov na pôdnu štruktúru a organickú hmotu pôdy. *Vedecká monografia*. Nitra : SPU, 2006. 112 s. ISBN 80-8069-779-5.
- (23) ZELENÁ SPRÁVA. 2014. *Správa o poľnohospodárstve a potravinárstve v Slovenskej republike za rok 2013*. Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum.

*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