

Acta fytotechnica et zootechnica 3
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 62–67

ÚČINOK SUBSTRÁTU VYROBENÉHO Z PRASACIEHO HNOJA BIODEGRADÁCIOU LARVAMI MUCHY DOMÁEJ NA FYTOMASU KUKURICE SIATEJ (*ZEА MAYS L.*)

THE EFFECT OF SUBSTRATE PRODUCED FROM PIG MANURE BY BIODEGRADATION OF LARVAE OF HOUSE FLIES ON THE PHYTOMASS OF MAIZE (*ZEА MAYS L.*)

Peter KOVÁČIK,¹ Milan KOZÁNEK,² Marek RENČO³

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre¹
Ústav zoológie, Slovenská akadémia vied, Bratislava²
Parazitologický ústav, Slovenská akadémia vied, Košice³

The effect of substrate produced from pig manure by biodegradation of larvae of house flies on the maize (*Zea mays L.*) phytomass formation have been investigated on haplic luvisol in the pot trial realized in vegetative cage placed on the territory of Slovak Agricultural University in Nitra. Haplic Luvisol used in the experiment had medium supply of Nmin, suitable content of available P and high content of available K and Mg. The achieved results showed that application of substrate influenced positively the height of maize plants as early as growth stage BBCH 14 – 15, that means 25 days after germination. The height of very young plants of maize (younger than 30 days) is not suitable parameter for grain yield assessment. On the contrary, the height of plants, but particularly thickness of stalk, are good criterion for maize grain yield assessment when the plants are evaluated after growth stage BBCH 16 – 17. The best is when the plants are evaluated after growth stage BBCH 20 – 21. Substrate (pig manure fermented by the larvae of domestic fly) increased the content of total chlorophyll, especially through the increase of chlorophyll b content. Significant positive correlation between total chlorophyll content and grain yield of maize was found out. Manure positively influenced yield and starch content in maize grain. Negative relation was determined between content of crude protein in grain and maize yield. The effect of mineral fertilizer on the maize phytomass formation is greater than the effect of organic farm fertilizers. It is for that reason that several times higher input of mobile nutrients into soil is applied through the mineral fertilizers in comparison with organic ones. When higher rates of N-fertilizers are applied it is needed to increase application dose of sulphur as well.

Key words: pig manure, nitrogen, maize, chlorophyll, starch, domestic fly

Viac ako 20-ročný pokles produkcie a spotreby hospodárskych hnojív na Slovensku sa negatívne prejavil na viacerých biologických, chemických a fyzikálnych parametroch pôdy. Zhoršil sa živinový režim pôd, poklesla hladina rastových stimulátorov v pôde (kyselina hipurová, močová, indolyloctová, gonadotropné hormóny) následkom čoho rastliny pomalšie rastú a sú náchylnejšie voči viacerým stresom (Kováčik et al., 2010). V pôde klesá množstvo celulózy, hemicelulózy, lignínu, cukrov, bielkovín, aminokyselín, t. j. organických látok z ktorých sa formuje pôdny humus. Znižuje sa pufroviačia schopnosť pôd a sorpčná kapacita pôd (Lacko-Bartošová et al., 2005). Zvyšuje sa zhutnenosť pôd a následne sa zhoršuje infiltrácia vody. Zhoršuje sa vodný a vzdušný režim pôd, klesá ich tepelná kapacita. Zvyšuje sa pôdna únava. Spomaľuje sa rozklad pozberových zvyškov, ktoré sú zdrojom patogénov Kováčik (2009). V pôdach je menšia biologická diverzita (Zaller a Köpke, 2004). Spomaľuje sa biodegradácia nežiaducich, napr. ropných látok v pôde (Římovský et al., 1998). Vytvára sa menej relatívne stabilných organických väzieb s kovmi, čím sa zvyšuje prienik kovov do potravinového reťazca (Shalabey, 1998; Zaniewicz-Bajkowska, 2007). Zvyšuje sa počet prípadov aplikácie menej kvalitných hnojív, v nevhodnom termíne a dávke v dôsledku čoho dochádza nielen k negatívne vplyvu na výšku a kvalitu úrod, ale aj na životné prostredie (Kiepas-Kokot et al., 2005; Kováčik et al., 2010).

Uvedené fakty zvýrazňujú význam použitia hospodárskych hnojív, ktorých problematiku uskladnenia, zušľachtenia a správneho použitia sa na Slovensku venuje okrajová pozornosť. Cieľom predkladaného príspevku je nielen poskytnúť

nové, originálne poznatky o vplyve netradične biodegradovateľného prasacieho hnoja vyrobeného na pilinovej podstielke na úrodové parametre kukurice siatej, ale aj podporiť výskum využitia organických hnojív na Slovensku.

Materiál a metódy

Nádobový pokus sa realizoval vo vegetačnej kletke nachádzajúcej sa v areáli SPU v Nitre (48° 18' N, 18° 05' E). Do tridsať kilogramových nádob sa navážilo 23,5 kg hnedozeme modálnej, ktorej agrochemické parametre sú uvedené v tabuľke 1 a ich metódy stanovenia pod tabuľkou 1. Hygienicko-toxikologické parametre substrátu vyrobeného z prasacieho hnoja sedemdňovou biodegradáciou larvami muchy domácej vyhovovali kritériám zákona určujúcim kvalitu organických hnojív (Z. z. č. 577/2005, čiastka 232). Maximálny obsah Cd – 0,725 mg.kg⁻¹, As – 1,13 mg.kg⁻¹, Hg – 0,036 mg.kg⁻¹, Cr⁻¹ 54,09 mg.kg⁻¹, Ni – 12,66 mg.kg⁻¹, Pb – 10,54 mg.kg⁻¹.

V pokuse použitý substrát sa získal tak, že do čerstvého vyhrnutého prasacieho hnoja vyrobeného na pilinovej podstielke boli vložené vajčička muchy domácej získané z vlastného chovu. Vyliahnuté larvy ho sedem dní spracovávali. Následne sa zakuklil. Kukli boli pozbierané, substrát vysušený a pomletý. Takto spracovaný hnoj svojim zafarbením, veľkosťou jednotlivých častí a obsahom vody pripomínal čierny čaj. Bol sypký, hnedastej farby.

Pokus mal šesť variantov s päťnásobným opakovaním a bol založený metódou znáhodnených blokov (tab. 2). Približne

Tabulka 1 Základné agrochemické parametre zeminy a materiálov použitých v pokuse (100 % sušina)

Materiál (1)	N _{an} (5)	P	K	Ca	Mg	S	N _t	pH _{KCl}	pH _{H2O}	C _{ox} (6)		C : N
										%	mS.cm ⁻¹	
Zemina (2)	17,0	55	335	2 000	325	12,5	2 403	5,49	6,17	2,57	0,96	10,7 : 1
Substrát (3)	1 353	8 900	16 600	5 800	6 050	6 262	24 465	7,09	7,85	39,62	46,0	16,2 : 1
Veget (4)	3 990	13 068	14 691	–	–	–	34 562	7,70	8,00	–	–	–

N_{an} – súčet N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻; N-NH₄⁺ – Nesslerovým činidlom; N-NO₃⁻ – kyselinou fenol 2,4 – disulfónovou; P, K, Mg – Mehlich II, S – nefelometricky; N_t – Kjeldahl, pH_{KCl} – (1,0 M KCl), pH_{H2O} – (H₂O), C_{ox} – (Tjurin), EC – špecifická elektrická vodivosť
 N_{an} – sum N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻; N-NH₄⁺ – Nessler agent; N-NO₃⁻ – phenol acid – 2,4 disulphonic; P, K, Mg – Mehlich II, S – nephelometrically; N_t – Kjeldahl, pH_{KCl} – (1,0 M KCl), pH_{H2O} – (H₂O), C_{ox} – (Tjurin), EC – electric conductivity

Table 1 The basic agrochemical parameters of soil and materials used in the experiment (dry matter) (1) material, (2) soil, (3) substrate, (4) biocompost, (5) inorganic nitrogen, (6) total carbon**Tabulka 2** Varianty pokusu a dávky hnojív

Variant (1)	Dávky hnojív (2)						Dávky N (3)		
	Číslo (4)	značenie (5)	charakteristika (6)	t.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹			kg.ha ⁻¹	
					LAD	JS	KCl	anorganický (7)	celkový (8)
1	0	bez hnojív	–	–	–	–	–	–	
2	NPK	priemyselné hnojivá (9)	–	400	417	275	108	108	
3	Sub ₁	substrát (10)	4	–	–	–	5,4	86	
4	Sub ₂	substrát (10)	8	–	–	–	10,8	172	
5	Sub ₃	substrát (10)	10	–	–	–	13,5	215	
6	Veget	kompost	5,7	–	–	–	22,7	172	

LAD – liadok amónny s dolomitom; JS – jednoduchý superfosfát; KCl – chlorid draselný
 LAD – saltpeper ammonia with dolomite; JS – simple superphosphate; KCl – potassium chloride

Table 2 Experimental treatments and fertilizer doses

(1) treatment, (2) dosage of fertilizers, (3) dosage of nitrogen, (4) number, (5) marking, (6) characteristic, (7) inorganic, (8) total, (9) artificial fertilizers, (10) substrate

v polovici vegetačného obdobia (BBCH 55) sa piate opakovanie použilo na odber pôdnych a rastlinných vzoriek, v dôsledku čoho od tohto obdobia mali pokusy štyri opakovania. Varianty 1, 2 a 6 slúžili na porovnanie účinnosti substrátu (kontrolné varianty). Vo variante 1 neboli aplikované žiadne hnojivá, vo variante 2 boli aplikované priemyselné NPK hnojivá, pričom dávky priemyselných hnojív boli vypočítané na základe rešpektovania obsahu N_{an} a prístupného P, K v pôde a potreby NPK pre plánovanú úrodu 7 t.ha⁻¹ kukurice. Vo variante šesť (6) bol aplikovaný biokompost Veget vyrobený z odpadov vznikajúcich pri výrobe liečiv na Slovensku. Vo variantoch č. 3, 4 a 5 sa testovali stupňované dávky substrátu vyrobeného z prasacieho hnoja biodegradáciou larvami muchy domácej.

Dávkou 4 t.ha⁻¹ substrátu (var. 3) bolo pôde dodaných 86 kg.ha⁻¹ celkového N, avšak iba 5,4 kg.ha⁻¹ anorganického (aktuálne prístupného) dusíka, t. j. 20-krát menej anorganického dusíka ako vo variante 2 (tab. 2).

Dávka 8 t.ha⁻¹ substrátu (var. 4) reprezentovala maximálnu dávku dusíka (170 kg.ha⁻¹ N) povolenú v zraniteľných územiach SR podľa platnej nitrátvej smernice. Ňou sa vnášalo rovnaké množstvo celkového N ako Vegetom v dávke 5,7 t.ha⁻¹ (var. 6), avšak obsahy anorganického dusíka boli v uvedených hnojivách rôzne (tab. 3). Veget poskytoval 2× viac N_{an} a priemyselné NPK hnojivá (var. 2) až 10-krát viac N_{an} ako substrát aplikovaný vo variante 4.

Najväčšou testovanou aplikačnou dávkou substrátu 10 t.ha⁻¹ (var. 5) sa vnášalo až 8-krát menej anorganického N ako priemyselnými hnojivami (var. 2) a 1,68-krát menej ako Vegetom (var. 6).

Modelovou plodinou bola kukurica siata (*Zea mays* L.), stredne skorá odroda PR 38 V 91 (FAO 310), ktorá sa 17. apríla vysiala v počte sedem zŕn do každej nádoby a následne sa po-

vrch pôdy zapieskoval sterilným pieskom (1,5 kg), v dôsledku čoho celková hmotnosť každej nádoby bola 25 kg. Týždeň, 6. mája, po vzídení rastlín (29. apríla), sa počet jedincov kukurice vytrhaním zjednotil na štyri rastliny na nádobu. Vlhkosť zeminy sa udržiavala na hladine 60 % PVK pravidelným polievaním destilovanou vodou (1- až 2-krát denne v závislosti od potreby).

Počas vegetácie sa dvakrát merala výška porastu (BBCH 14 – 15 a BBCH 20 – 21, t. j. 25. deň a 52. deň od vzídenia) a jedenkrát sa meral obvod stoniek (BBCH 16 – 17, t. j. 39. deň). Obsah celkového chlorofylu v rastlinách sa zisťoval metódou Šesták a Čatský (1966) a to v rastovej fáze kukurice sietej BBCH 20 – 21, t. j. 52. deň od vzídenia, kedy bola zároveň zisťovaná hmotnosť nadzemnej fytohmoty, obsah živín v rastlinách a agrochemické parametre pôdy. V pokuse bol sledovaný celkový zdravotný stav porastu a termíny začiatku kvitnutia. V rastovej fáze BBCH 85, t. j. v 133 dni od vzídenia sa vykonal zber šúľkov kukurice sietej a vyhodnotila sa úroda zrna. V zrne sa zistil obsah škrobu polarimetricky Ewersovou metódou a obsah živín (Kováčik, 1997). Zároveň za účelom posúdenia vplyvu hnojív na agrochemické parametre pôdy sa vykonali analýzy pôdy. Získané výsledky sa spracovali matematicko-štatisticky, analýzou rozptylu a lineárnou regresnou analýzou za použitia počítačového programu Statgraphics, verzia 5.0.

Výsledky a diskusia

Použitie substrátu vyrobeného z prasacieho hnoja sedemdnňovou biodegradáciou larvami muchy domácej, kompostu Veget a NPK hnojív ovplyvnilo tvorbu nadzemnej fytohmoty kukurice

Tabuľka 3 Vplyv zdrojov premenlivosti na fytomasu kukurice siatej v prvej polovici vegetácie

Zdroj premenlivosti (1)	n (2)	F – vypočítané (3)		n (2)	F – vypočítané (3)		
		výška rastlín* (4)	obvod stonky** (5)		výška rastlín***	g/nádoba (100%suš)*** (6)	celkový chlorofyl***
Variant (8)	5	4,033*	56,104**	5	620,692**	1 656,625**	34,759**
Opakovanie (9)	4	0,460	1,324	3	1,449	0,773	0,970
Nekontr. fakt. (10)	20	–	–	15	–	–	–
Celkom (11)	29	–	–	23	–	–	–

* – merané 37 deň od sejby; ** – merané 53 deň od sejby; *** – merané 64 deň od sejby

* – measured thirty-seventh day from seeding; ** – measured fifty-seventh day from seeding; *** – measured sixty-fourth day from seeding

Table 3

The effect of sources of variability on maize phytomass at the first half of vegetation period

(1) source of variability, (2) degree of freedom, (3) F – calculated, (4) height of plants, (5) circuit of stem, (6) g per pot (dry matter), (7) total chlorophyll, (8) treatment, (9) repetition, (10) residual, (11) total

Tabuľka 4 Vplyv variantov pokusu na výšku porastu, obvod stonky a obsah chlorofylu v listoch kukurice siatej v prvej polovici vegetácie

Variant (1)	Výška porastu (2) v cm	Obvod stonky (3) v cm	Výška porastu (2) v cm	Chlorofyl v mg.l ⁻¹			
				(a+b)*	a	a/b	
Číslo (5)	popis (6)	rastová fáza BBCH/počet dní od vzídenia (4)					
		14 – 15/25	16 – 17/39	20 – 21/52			
1	bez hnojív (7)	39,4a	3,97a	100a	7,456a	5,067a	2,121c
2	NPK hnojivá (8)	42,2ab	5,98d	160c	8,402b	6,269c	2,939e
3	4 t.ha ⁻¹ substrátu	44,0bc	4,97b	125b	7,689a	5,039a	1,902a
4	8 t.ha ⁻¹ substrátu	46,6c	5,63c	124b	8,433b	5,618b	1,996ab
5	10 t.ha ⁻¹ substrátu	47,2c	5,90cd	124b	8,552b	5,734b	2,035bc
6	5,7 t.ha ⁻¹ Vegetu (9)	46,6c	5,77cd	124b	7,689a	5,508ab	2,525d
Hd _{0,05} (10)		4,328	0,304	2,324	0,2436	0,4842	0,10303
Hd _{0,01}		6,176	0,414	3,213	0,3368	0,6693	0,14244

* celkový chlorofyl

* total chlorophyll

Table 4

The effect of experimental treatments on height of plants, circuit of stem and chlorophyll content in leaf of maize in the first half of vegetation period

(1) treatment, (2) height of plants, (3) circuit of stem, (4) days from seeding, (5) number, (6) characteristic, (7) without fertilizer, (8) artificial fertilizers, (9) biocompost, (10) marginal difference at the level $\alpha = 0.05$

a obsah chlorofylu v jej listoch štatisticky významným až vysoko významným spôsobom už v prvej polovici vegetácie (tab. 3).

V počiatočnom období rastu (25 dní od vzídenia, BBCH 14 – 15) aplikované organické hnojivá preukazne zdynamizovali rast rastlín, v dôsledku čoho štatisticky signifikantne najvyššie rastliny sa pozorovali vo variantoch 3, 4, 5 a 6, pričom so zvyšujúcou sa dávkou substrátu sa zvyšovala výška rastlín (tab. 4). Najvyššie rastliny v rámci všetkých variantov boli v danom období vo variante 5, kde bola aplikovaná najväčšia dávka substrátu (10 t.ha⁻¹). Na rozdiel od zistení iných autorov (Marschner, 2005), prejav účinku priemyselných NPK hnojív v rastovej fáze BBCH 14 – 15 na výšku rastlín bol nevýznamný a zaostával za účinkom organických hnojív. Tento poznatok bol pozoruhodný, najmä ak v druhej štvrtine vegetácie (52 dní od vzídenia, BBCH 20 – 21) boli rastliny kukurice vo variante 2 (NPK hnojivá) zo všetkých variantov pokusu signifikantne najvyššie. Pozitívnejší vplyv priemyselných hnojív na výšku rastlín v porovnaní s organickými hnojivami zaznamenaný v rastovej fáze BBCH 20 – 21 bol výsledkom väčšieho inputu ľahko prijateľných živín do pôdy priemyselnými ako organickými hnojivami a korešpondoval s väčšinou získaných poznatkov o účinkoch priemyselných hnojív (tab. 3). Vnášanie živín do pôdy pre rastliny v ľahko prístupnej forme je základná úloha a vlastnosť rýchlorozpustných priemyselných hnojív (Richter et al., 2004).

Napriek takmer zanedbateľným množstvám anorganického dusíka dodaného organickými hnojivami (5,4 kg.ha⁻¹; 10,8 kg.ha⁻¹; 13,5 kg.ha⁻¹; 22,7 kg.ha⁻¹ – tab. 2) v porovnaní s priemyselnými hnojivami (108 kg.ha⁻¹), ich efekt na výšku rastlín bol v porovna-

ní s nehnojeným variantom štatisticky preukazne kladný, a to ako v rastovej fáze BBCH 14 – 15, tak i vo fáze BBCH 20 – 21 (tab. 4). Porovnateľne rýchly účinok prasacieho hnoja fermentovaného larvami muchy domácej na tvorbu nadzemnej fyto-masy rastlín slnečnice ročnej pozorovali Kováčik et al. (2011).

Štatisticky preukazne kladný korelačný koeficient medzi aplikačnou dávkou anorganického dusíka a úrodou poukazuje na racionálnosť výpočtu dávok testovaných hnojív (tab. 5).

Najužšie stebľa kukuríc (rastová fáza BBCH 16 – 17) boli zaznamenané vo variante 1, kde boli aj najnižšie rastliny (tab. 4). Rozdiely medzi hnojenými variantmi 2, 3, 4, 5, 6 a nehnojeným variantom 1 boli štatisticky preukazné. Najhrubšie stonky sa zaznamenali vo variante 2, kde boli aplikované priemyselné NPK hnojivá, pričom rozdiely v hrúbkach stebiel medzi var. 2 a var. 5 a 6 (10 t.ha⁻¹ substrátu a 5,7 t.ha⁻¹ Vegetu) neboli významné. Lineárnou regresnou analýzou bol potvrdený poznatok Kováčika (2009) o priamom vzťahu medzi hrúbkou stebiel kukurice a tvorbou úrody (tab. 5 a 6). Výška porastu v 25. deň od vzídenia (BBCH 14 – 15) mala výrazne menší vzťah k tvorbe úrody ako výška porastu v neskoršom období (52. deň od vzídenia, t.j. BBCH 20 – 21). Zistené je dôsledkom skutočnosti, že rastliny kukurice siatej prvých cca 30 – 45 dní žijú zo semena, resp. minimálne využívajú živiny z pôdy. Ich príjem výrazne rastie po 50 dni vegetácie (Vaněk et al., 2007; Kováčik, 2009). Tento poznatok je z hľadiska praktickej agrónómie kľúčový, pretože poukazuje na skutočnosť, že (hnojárske) korekcie vo výžive porastov kukurice na základe analýz rastlín poskytujú objektívne informácie vtedy, ak sa vykonajú aspoň po 50-tich dňoch od vzídenia.

Tabuľka 5 Korelačné koeficienty (r) charakterizujúce vzťah závislosti medzi úrodovými parametrami kukurice siatej

Parameter		r
Závislý (1)	nezávislý (2)	
úroda (3)	obvod stonky (6)	+0,8914**
úroda (3)	výška porastu v 37 deň od sejby (7)	+0,3534
úroda (3)	výška porastu v 64 deň od sejby	+0,7645**
úroda (3)	celkový chlorofyl (8)	+0,7373**
úroda (3)	chlorofyl a	+0,7417**
úroda (3)	pomer chlorofyl a/b (9)	+0,6018**
úroda (3)	karotenoidy (10)	-0,1042
úroda (3)	aplikovaný anaorganický dusík (11)	+0,6660**
škrob (4)	úroda	+0,6104**
N-látky (5)	úroda	-0,6510**
škrob (4)	N-látky	-0,7837**

Table 5 The correlation coefficient (r) expressing dependence between yields parameters of maize (1) dependent, (2) independent, (3) yield, (4) starch, (5) crude protein, (6) circuit of stem, (7) height of plants 37 days from seeding, (8) total chlorophyll, (9) ratio chlorophyll a : chlorophyll b, (10) carotenoid, (11) applied inorganic nitrogen**Tabuľka 6** Úrodové parametre zrna kukurice siatej (100 % sušina)

Variant (1)		Úroda (2)	Škrob (3)	Hrubý proteín (4)
Číslo (5)	popis (6)	g/nádoba (7)		%
1	bez hnojív (8)	1,3005 a	60,63 a	7,131 b
2	NPK hnojivá (9)	152,03 d	69,43 b	4,835 a
3	4 t.ha ⁻¹ substrátu (10)	29,83 b	69,38 b	4,749 a
4	8 t.ha ⁻¹ substrátu (10)	111,78 c	71,51 b	4,675 a
5	10 t.ha ⁻¹ substrátu (10)	112,13 c	71,38 b	4,711 a
6	5,7 t.ha ⁻¹ Vegetu (11)	111,36 c	68,58 b	5,030 a
Hd _{0,05} (12)		18,7866	3,8454	0,4795
Hd _{0,01}		25,9709	5,316	0,6629

Table 6 The yields parameters of maize grain (dry matter) (1) treatment, (2) yield, (3) starch, (4) crude protein, (5) number, (6) characteristic, (7) g per pot, (8) without fertilizer, (9) artificial fertilizers, (10) substrate, (11) biocompost, (12) marginal difference at the level $\alpha = 0.05$

Vplyv variantov hnojenia na obsah celkového chlorofylu stanovovanom vo vyvinutom šiestom liste kukurice (BBCH 20 – 21) iba čiastočne koreloval s ich vplyvom na výšku porastu (tab. 4). Najväčšie množstvo celkového chlorofylu sa nezistilo vo variante NPK, ale vo variante, kde bola aplikovaná najväčšia dávka substrátu, pričom s rastom aplikačnej dávky substrátu sa obsah celkového chlorofylu zvyšoval. S výnimkou variantu 3 (4 t.ha⁻¹ substrátu) a variantu 6 (5,7 t.ha⁻¹ Vegetu), vplyv substrátu a priemyselných NPK hnojív na obsah celkového chlorofylu bol štatisticky významný. Všetky testované hnojárske opatrenia zvyšovali obsah celkového chlorofylu. Najvyšší obsah chlorofylu a sa zistil vo variante 2, kde boli aplikované priemyselné hnojivá. Zistené poukazuje na skutočnosť, že použitím substrátu sa zvyšoval najmä obsah chlorofylu b, pričom aplikácia priemyselných hnojív a Vegetu zvyšovala najmä obsah chlorofylu a, v dôsledku čoho bol pomer chlorofylov a : b v daných variantoch najvyšší. Stupňovaná dávka substrátu tento pomer rozširovala v prospech chlorofylu a (tab. 4).

Zistenie najvyššieho obsahu chlorofylu a a aj najširšieho pomeru chlorofylov a : b vo variante 2 zaznamenaný v polovici vegetácie naznačoval, že vo variante 2 (NPK hnojivá) sa dosiahne najvyššia úroda, pretože s rastom obsahu chlorofylu a rastie rýchlosť fotosyntézy (Ivančík et al., 1984). Nízke obsahy celkových chlorofylov a v rámci nich najmä chlorofylov a na variantoch 1 a 3 rezultovali v nižšie úrody kukurice (tab. 6). Výz-

namnosť závislosti medzi obsahom celkového chlorofylu a najmä chlorofylu a a úrodou rastlín zaznamenaná viacerými autormi (Bould et al.1983, Užík a Žofajová, 2000; Michalík, 2000; Kováčik et al., 2011) bola potvrdená (tab. 6). Z údajov tabuľky 5 zároveň vyplýva, že sa zistil záporný, i keď nevýznamný vzťah medzi obsahom karotenoidov a úrodou kukurice.

Variety pokusu signifikantne ovplyvnili výšku úrody, obsah škrobu a hrubého proteínu v zrne kukurice (tab. 7). Najnižšia úroda zrna sa dosiahla v nehnojenom variante a najvyššia vo variante kde boli aplikované NPK hnojivá (tab. 6). Vo variante 6 bolo aplikované väčšie množstvo anorganického dusíka (22,7 kg.ha⁻¹) ako vo variantoch 4 a 5 (10,8 kg.ha⁻¹ a 13,5 kg.ha⁻¹), pritom sa na ňom dosiahla menšia, resp. takmer zhodná úroda. Z uvedeného vyplýva, že výška úrody bola preukazne determinovaná najmä množstvom dodaného anorganického dusíka do pôdy (tab. 5) a menej druhom použitého organického hnojiva. Rozdiely v úrodách dosiahnutých vo variantoch hnojených Vegetom a vo variantoch hnojených substrátom v dávkach 8 a 10 t.ha⁻¹ boli nevýznamné, pričom pozitívny účinok substrátov bol vyšší ako účinok Vegetu. So stupňovanou dávkou substrátov sa úroda zrna kukurice zvyšovala.

Najvyšší obsah škrobu v zrne kukurice, v rámci všetkých variantov pokusu bol dosiahnutý vo variantoch hnojených substrátmi v dávkach 8 a 10 t.ha⁻¹, pričom rozdiely v obsahu škrobu medzi hnojenými variantmi navzájom boli štatisticky nevýz-

Tabuľka 7 Vplyv zdrojov premenlivosti na úrodové parametre zrna kukurice siatej

Zdroj premenlivosti (1)	n (2)	F – vypočítané (3)		
		úroda (4)	škrob (5)	hrubý proteín (6)
		pri 100 % suš. (7)		
Variant (8)	5	85,921 ⁺⁺	9,950 ⁺⁺	36,437 ⁺⁺
Opakovanie (9)	3	1,361	1,614	1,273
Nekontrolované faktory (10)	15	–	–	–
Celkom (11)	23	–	–	–

Table 7 The effect of sources of variability on yields parameters of maize grain
(1) sources of variability, (2) degree of freedom, (3) F – calculated, (4) yield of grain, (5) starch, (6) crude protein, (7) dry matter, (8) treatment, (9) repetition, (10) residual, (11) total**Tabuľka 8** Obsah živín v zrne kukurice siatej

Variant (1)		N	P	K	Ca	Mg	S
Číslo (2)	popis (3)	mg.kg ⁻¹ (100% sušina) (4)					
1	bez hnojív (5)	12 511 <i>b</i>	3 963 <i>b</i>	5 774 <i>b</i>	2 264 <i>d</i>	2 321 <i>b</i>	2 264 <i>ab</i>
2	NPK hnojivá (6)	8 483 <i>a</i>	2 753 <i>a</i>	4 149 <i>a</i>	1 836 <i>bc</i>	1 450 <i>a</i>	1 928 <i>a</i>
3	4 t.ha ⁻¹ substrátu (7)	8 316 <i>a</i>	3 560 <i>ab</i>	4 519 <i>a</i>	1 540 <i>a</i>	1 658 <i>a</i>	2 824 <i>ab</i>
4	8 t.ha ⁻¹ substrátu (7)	8 201 <i>a</i>	3 297 <i>ab</i>	4 396 <i>a</i>	1 740 <i>ab</i>	1 576 <i>a</i>	3 297 <i>b</i>
5	10 t.ha ⁻¹ substrátu (7)	8 265 <i>a</i>	3 022 <i>a</i>	4 447 <i>a</i>	1 892 <i>bc</i>	1 615 <i>a</i>	2 630 <i>ab</i>
6	5,7 t.ha ⁻¹ Veg. (8)	8 825 <i>a</i>	3 203 <i>a</i>	4 283 <i>a</i>	2 059 <i>cd</i>	1 547 <i>a</i>	2 634 <i>ab</i>
Hd _{0,05} (9)		1 243,5	929,9	1 013,7	265,0	391,0	1 086,0
Hd _{0,01}		1 768,7	1 322,6	1 441,8	376,9	556,1	1 544,6

Table 8 The nutrient content in maize grain
(1) treatment, (2) number, (3) characteristic, (4) dry matter, (5) without fertilizer, (6) artificial fertilizers, (7) substrate, (8) biocompost, (9) marginal difference at the level $\alpha = 0.05$ **Tabuľka 9** Vplyv zdrojov premenlivosti na obsah živín v zrne kukurice siatej

Zdroj premenlivosti (1)	n (2)	F – vypočítané (3)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Variant (4)	5	18,258 ⁺⁺	2,051	3,390 ⁺	8,948 ⁺⁺	6,442 ⁺⁺	1,858
Opakovanie (5)	2	1,277	1,166	0,554	0,529	1,027	1,606
Nekontrolované faktory (6)	10	–	–	–	–	–	–
Celkom (7)	17	–	–	–	–	–	–

Table 9 The effect of sources of variability on the nutrient contents in maize grain
(1) sources of variability, (2) degree of freedom, (3) F – calculated, (4) treatment, (5) repetition, (6) residual, (7) total

znamné (tab. 6). Rozdiely medzi nehnojeným (var. 1) a hnojenými variantmi (2 až 6) boli významné, čo poukazuje na racionálne volené dávky ako organických tak i priemyselných hnojív, v dôsledku čoho sa zaznamenala i kladná korelácia medzi úrodou a obsahom škrobu (tab. 5). Kladná závislosť medzi úrodou a obsahom škrobu sa na pozemkoch s vyššou zásobou živín, resp. nadlimitne hnojených zvyčajne nepozoruje (Kováčik, 2009). Na pôdach racionálne hnojených nie je ojedinelostou (Idikut et al., 2009).

Štatisticky najvyšší obsah hrubého proteínu v zrnách kukurice sa zistil v nehnojenom variante 1, čo je dôsledok výraznej dusíkatej nedostatčnosti, rezultujúce v tvorbu malých zrn s vyšším obsahom N-látok (Duchoň a Hamp, 1959). Uvedené zistenie neznamená, že čím bude vyššia aplikácia dávka N hnojív, tým bude nižší obsah N-látok v zrne pestovaných rastlín. Naopak, častokrát pri racionálnom N hnojení sa so stupňovanou dávkou N hnojív zvyšuje aj obsah N-látok v generatívnych orgánoch (Kováčik, 2002). Medzi úrodou zrn kukurice a obsahom hrubého proteínu (N-látok) sa potvrdila štatisticky vysoko preukazná záporná korelácia (Idikut et al., 2009). Rovnako zaznamenaná záporná korelácia medzi obsahom škrobu a hrubého proteínu (tab. 5) je potvrdením

učebnicových poznatkov o dôsledkoch nadlimitného N hnojenia na obsah škrobu v zrnovinách (Prianišnikov, 1955).

Nedostatočná výživa vo variante 1 rezultovala nielen v štatisticky preukazne najvyšší obsah dusíka v zrne, ale aj v najvyšší obsah P, K, Ca a Mg (tab. 8). Výnimkou bola síra, ktorej obsah v zrne kukurice varianty pokusu neovplyvnili významne (tab. 9). Rovnako nevýznamne bol ovplyvnený obsah fosforu. Štatisticky vysoko preukazne boli ovplyvnené obsahy N, Ca a Mg.

Najnižší obsah síry sa zaznamenal vo variante kde bola najvyššia aplikácia dávka mobilného N (tab. 8), čo potvrdzuje poznatok Baranyka et al. (2007), že aplikácia vyšších dávok N znižuje príjem síry, t. j. že pri vyšších dávkach N hnojív je potrebné zvýšiť aplikáciu dávky síry (Kováčik, 2009).

Záver

Aplikácia substrátu sa v prvej tretine až polovici vegetácie kukurice siatej (do BBCH 55) prejavila štatisticky preukazne vyššími rastlinami s hrubšími stebkami kukurice. Substrát pozitívne vplýval na obsah celkového chlorofylu v listoch kukurice, pričom výraznejšie zvyšoval obsah chlorofylu b ako chlorofylu a. So stupňovanými dávkami substrátu sa úroda zrna zvyšovala.

Zo všetkých variantov pokusu najvyšší obsah škrobu v zrne kukurice sa zistil vo variante kde bolo aplikovaných 8 t.ha⁻¹ substrátu. Najnižšie úrody zrna kukurice sa dosiahli v nehnojenom variante a najvyššie vo variante kde boli aplikované priemyselné NPK hnojivá.

Súhrn

Vplyv substrátu vyrobeného z prasacieho hnoja sedemdnovou biodegradáciou larvami muchy domácej na fytomasu kukurice sietej (*Zea mays* L.) bol zisťovaný v nádobovom pokuse realizovanom vo vegetačnej kletke nachádzajúcej sa v areáli SPU v Nitre. V pokuse použitá hnezozem modálna sa vyznačovala strednou zásobou N_{an}, vyhovujúcim obsahom prístupného P a vysokým obsahom prístupného K a Mg. Z dosiahnutých výsledkov vyplynulo, že aplikácia substrátu sa na výške rastlín kukurice sietej pozitívne prejavila už v rastovej fáze BBCH 14 – 15, t. j. v 25. deň od vzídenia kukurice. Výška veľmi mladých rastlín kukurice (počas prvého mesiaca vegetácie) nie je vhodným ukazovateľom pre odhad výšky úrody zrna. Naopak, výška rastlín, ale najmä hrúbka stebľa sú pre odhad výšky úrody zrna kukurice dobrým kritériom, ak sú rastliny vyhodnocované po 39 dňoch od vzídenia, t. j. po rastovej fáze BBCH 16 – 17. Najlepšie je, ak je to v rastovej fáze BBCH 20 – 21. V pokuse testovaný neštandardný substrát vyrobený biodegradáciou prasacieho hnoja larvami muchy domácej zvyšoval obsah celkového chlorofylu, a to zvyšovaním najmä obsahu chlorofylu b. Zistila sa významne kladná korelácia medzi obsahom celkového chlorofylu a úrodou kukurice. Substrát pozitívne vplýval na výšku úrody a obsah škrobu v zrnách kukurice. Medzi úrodou zrn a obsahom hrubých bielkovín v zrnách bol negatívny korelačný koeficient. Účinok priemyselných hnojív na tvorbu fytomasy kukurice je väčší ako účinok hospodárskych hnojív, ako dôsledok násobne vyššieho inputu mobilných živín do pôdy v porovnaní s hospodárskymi hnojivami. Pri vyšších dávkach N hnojív je potrebné zvýšiť aplikačné dávky síry.

Kľúčové slová: prasací hnoj, dusík, kukurica, chlorofyl, škrob, mucha domáca

Podakovanie

Výsledky pokusu boli získané riešením grantového projektu VEGA, č. 1/0654/10 „Efektívne využitie netradičných zdrojov a foriem živín pri výžive poľných plodín“

Literatúra

BARANYK, P. – FÁBRY, A. – BALÍK, J. – DOSTÁLOVÁ, J. – HUMPÁL, J. – KAZDA, J. – KOPRINA, R. – KUČTOVÁ, P. – MARKYTÁN, P. – NERAD, D. – SOUKUP, J. – ŠAROUN, J. – ŠKEŘÍK, J. – VOLF, M. 2007. Řepka (pěstování, využití, ekonomika). Praha: Profi Press, 2007, 208 s. ISBN 978-80-86726-26-7.

BOULD, C. – HEWITT, E. J. – NEEDHAM, P. 1983. Diagnosis of mineral disorders in plants. Principles. Her majestys stationery Office, London, 170 p. ISBN 011 240805 2.

DUCHOŇ, F. – HAMPL, J. 1959. Agrochemie. Praha: ČSAZV, Státní zemědělské nakladatelství. 1959, 423 s.

IVANIČ, J. – HAVELKA, B. – KNOP, K. 1984. Výživa a hnojenie rastlín: 2. prepracované vydanie, Bratislava: Príroda. 1984, 488 s.

IDIKUT, L. – ATALAY, A. I. – KARA, S. N. – KAMALAK A. 2009. Effect of hybrid on starch, protein and yields of maize grain. In: Journal of animal and veterinary advances, vol. 8, 2009, no. 10, p. 1945 – 1947.

KIEPAS-KOKOT, A. – DUSZA, A. – ZABLOCKI, Z. – HURY, G. 2005. Mercury contamination of selected organic wastes, com-

posts and vermicompost. In: Ecological chemistry and engineering, vol. 12, 2005, no. 1 – 2, p. 71 – 75.

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

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

KOVÁČIK, P. 2009. Výživa a systémy hnojenia rastlín. České Budějovice: Kurent s. r. o. 2009, 109 s. ISBN 978-80-87111-16-1.

KOVÁČIK, P. – KOZÁNEK, M. – TAKÁČ, P. – GALLIKOVÁ, M. – VARGA, L. 2010. The effect of pig manure fermented by larvae of house flies on the yield parameters of sunflowers (*Helianthus annuus* L.). In: Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis, vol. 58, 2010, no. 2, p. 147 – 153.

KOVÁČIK, P. – VICIAN, M. – SKAWIŇSKÝ, M. – MAREČEK, J. 2011. The effect of foliar application of Mg-titanit fertilizer on winter wheat phytomass. In: Book of articles of international conference Soil, Plant and Food Interactions, 6 – 8 september, Brno: MU.

LACKO-BARTOŠOVÁ, M. – CAGÁŇ, L. – ČUBOŇ, J. – KOVÁČ, K. – KOVÁČIK, P. – MACÁK, M. – MOUDRÝ, J. – SABO, P. 2005. Udržateľné a ekologické poľnohospodárstvo. Nitra: SPU, 2005, 575 s. ISBN 80-8069-556-3.

MARSCHNER, H. 2005. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. San Diego, California: Elsevier Academic press. 2005, 889 p. ISBN 0-12-473543-6 (PB).

MICHALÍK, I. 2000. Stanovisko k návrhu využitia chlorofylmetra na stanovenie obsahu dusíka a horčíka v rastlinách. In: Agrochémia, IV (40), 2000, č. 4, s. 19 – 20.

PRIANIŠNIKOV, D. N. 1955. Zbrané spisy. Agrochémia. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohosp. literatúry, 1955, 760 s.

RICHTER, R. – RYANT, P. – POULÍK, Z. – L. HŘIVNA. 2004 [online]. Multimediální učební texty z výživy a hnojení poľných plodín. Brno: MZLU, 2004 [cit. 2011-02-05]. Dostupné na: http://www.af.mendelu.cz/ustav/221/multitexty_2/index.htm.

ŘÍMOVSKÝ, K. – BAUER, F. – BOHÁČEK, Z. – LINHARTOVÁ, M. – TOUL, J. 1998. Effect of pig slurry on increase of biodegradation of petroleum products in soil. In: Rostl. výr., vol. 44, 1998, no. 7, p. 325 – 330.

SHALABEY, O. E. 1998. Uptake of some heavy metals by spring wheat plants under different nitrogen nutrition and organic adsorbents. Thesis of doctor philosophy. Nitra: SUA, 1998, 138 p.

SLAMEČKA, J. 1988. Produkcia krmných bielkovín prostredníctvom lariev a kukiel muchy domácej v hydínovom truse. Kandidátska dizertačná práca. Nitra: VÚŽV, 160s.

ŠESTÁK, Z. – ČATSKÝ, J. 1966. Metody studia fotosyntetické produkce rostlin. Praha: Academia. 394 s.

UŽÍK, M. – ŽOFAJOVÁ, A. 2000. Chlorophyll and nitrogen content in leaves of winter wheat at different genotypes and fertilization. In: Rostl. výr. 46, 2000, č. 6, s. 237 – 244

VANĚK, V. – BALÍK, J. – PAVLÍKOVÁ, D. – TLUSTOŠ, P. 2007. Výživa poľných a záhradných plodín. Praha: Profi Pres. 2007, 176 s. ISBN 976-80-86726-25-0.

ZANIEWICZ-BAJKOWSKA, A. – ROSA, R. – FRANCUK, J. – E. KOSTERNA. 2007. Direct and secondary effect of liming and organic fertilization on cadmium content in soil and in vegetables. In: Plant Soil and Environ., vol. 53, 2007, no. 11, p. 473 – 481.

ZALLER, J. G. – KÖPKE, U. 2004. Effects of traditional and biodynamic farmyard manure amendment on yields, soil chemical, biochemical and biological properties in a long-term field experiment. In: Biology and fertility of soils, 2004, no. 40, p. 222 – 229.

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Peter Kováčik, PhD., Katedra agrochémie a výživy rastlín, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre