

ZAWARTOŚĆ I POBRANIE MIKROELEMENTÓW PRZEZ OWIES W WARUNKACH NAWOŻENIA KOMPOSTAMI RÓŻNEGO POCHODZENIA W ASPEKCIE WARTOŚCI PASZOWEJ I WPLYWU NA ŚRODOWISKO

Krzysztof GONDEK, Barbara FILIPEK-MAZUR

Akademia Rolnicza w Krakowie, Katedra Chemii Rolnej

Słowa kluczowe: doświadczenie wazonowe, komposty, owies, pobranie i zawartość mikroelementów

Streszczenie

Wykorzystując substancje odpadowe, nawet po ich uszlachetnieniu, należy w pierwszej kolejności, przed wykorzystaniem do nawożenia, określić ich wpływ na środowisko, w tym rośliny i glebę. Dlatego celem prezentowanych badań było przedstawienie zmian zawartości wybranych mikroelementów w owsie uprawianym na glebie z dodatkiem kompostów w aspekcie wartości paszowej uzyskanej biomasy. Niepokojąco małą okazała się zawartość miedzi, zwłaszcza w ziarnie i słomie owsa. Zmniejsza to wartość paszową roślin, ale może również pośrednio decydować o wielkości ich plonu. Nie nastąpiła spodziewana kumulacja zawartości cynku, manganu i żelaza w roślinach uprawianych na obiekcie nawożonym solami mineralnymi. Można to tłumaczyć „efektem rozcieńczenia”, biorąc pod uwagę znacznie większy plon roślin uzyskany na tym obiekcie. Niedobór żelaza w ziarnie i słomie może mieć podłoże fizjologiczne, związane z trudnościami w jego transporcie z systemu korzeniowego do organów nadziemnych, a nie ograniczeniem pobierania z podłoża, na co wskazują jego ponad 20-krotnie większe zawartości w korzeniach niż w częściach nadziemnych. Zastosowanie kompostów do nawożenia gleby nie spowodowało większych zmian w zawartości badanych mikroelementów w biomase owsa w porównaniu z nawożeniem mineralnym i obornikiem. Na ogół zawartości te były niedoborowe ze względu na jakość paszy. Należałoby zatem rozważyć kwestię dodatkowego nawożenia, np. dolistnego, w celu wzbogacenia uzyskanej biomasy w miedź, cynk, mangan i żelazo.

Adres do korespondencji: prof. dr hab. B. Filipek-Mazur, Akademia Rolnicza w Krakowie, Katedra Chemii Rolnej, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków; tel. +48 (12) 662-43-44, e-mail: rrfilipe@cyf-kr.edu.pl

WSTĘP

Poszukiwania alternatywnych źródeł materii organicznej oraz konieczność zagospodarowania odpadów stwarzają możliwości wykorzystania do nawożenia gleb i roślin nawozów powstałych z substancji odpadowych, np. kompostów. Zaletą kompostów jest ich kilkuletnie i wielokierunkowe działanie nawozowe zarówno na roślinę, jak i właściwości gleby. Działanie nawozowe kompostów można porównać z działaniem obornika. Konieczność nawożenia obornikiem wynika m.in. ze względu na uzupełnianie strat materii organicznej, poprawę właściwości fizykochemicznych, a także korzystny wpływ na aktywność biologiczną gleby. Stosowanie do nawożenia kompostów może budzić kontrowersje, zwłaszcza gdy powstają one z substancji odpadowych. Ograniczeniem stosowania kompostów może być zawartość w nich metali ciężkich, chociaż w kompostach roślinnych i powstałych z odpadów miejskich tylko zawartość kadmu i cynku może niekiedy przekraczać dopuszczalny poziom [SIUTA, 1999].

Wprowadzenie składnika pokarmowego do gleby nie jest równoznaczne z jego pełną dostępnością dla roślin, głównie ze względu na procesy sorpcji i desorpcji zachodzące w środowisku glebowym [MAZUR, 1995; MAZUR, SADEJ, 1989]. Zawarte w kompostach mikroelementy występują w różnych formach, których ilości zależą od właściwości samego pierwiastka, a także kompostowanego materiału [GONDEK, FILIPEK-MAZUR, 2004]. Wykorzystanie kompostów, powstałych na bazie substancji odpadowych do nawożenia gleby, wydaje się najbardziej racjonalnym sposobem ich utylizacji. Wykorzystując substancje odpadowe, nawet po ich uszlachetnieniu, należy w pierwszej kolejności, przed wykorzystaniem do nawożenia, określić ich wpływ na środowisko, w tym rośliny i glebę. Dlatego celem prezentowanych badań było przedstawienie zmian zawartości wybranych mikroelementów w owsie uprawianym na glebie z dodatkiem kompostów w aspekcie wartości paszowej uzyskanej biomasy.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania prowadzono w doświadczeniu wazonowym przez 3 lata w hali wegetacyjnej Katedry Chemii Rolnej AR w Krakowie. Wazony z PCV mieściły 5,5 kg powietrznie suchego materiału glebowego. Zastosowano komposty: z Krakowa (z dwóch różnych partii) produkowane z odpadów zielonych – komposty A i B, kompost sporządzony z materiałów roślinnych produkowany w Nitrze (Słowacja) – kompost C oraz kompost sporządzony na bazie słomy produkowany w Pradze (Czechy) – kompost D. Zawartość metali ciężkich w owsie z obiektów, na których zastosowano komposty, porównywano z ich zawartością w roślinach z obiektów nawożonych solami mineralnymi i obornikiem.

W kompostach i oborniku określano zawartość suchej masy, po wysuszeniu próbek w temperaturze 70°C w suszarce z przepływem gorącego powietrza, oraz zawartość azotu ogólnego, po mineralizacji próbki w stężonym kwasie siarkowym (VI), metodą Kjeldahla. W wysuszonych i rozdrobnionych próbkach nawozów oznaczono fosfor, potas, magnez, wapń, sód oraz pierwiastki śladowe (Cu, Zn, Mn, Cr, Pb, Cd i Ni), po mineralizacji próbki na sucho w piecu muflowym (temp. 450°C, 5 h) i roztworzeniu popiołu w kwasie azotowym (V) (1:2). Fosfor oznaczono kolorymetrycznie, wykonując pomiar spektrofotometrem przy długości fali 436 nm, potas, wapń i sód oznaczono metodą fotometrii płomieniowej (FES), a magnez i pierwiastki śladowe metodą absorpcji atomowej (ASA) [OSTROWSKA, GAWLIŃSKI, SZCZUBIAŁKA, 1991]. Skład chemiczny kompostów podano w tabelach 1. i 2., a dokładnie omówiono w innej publikacji [GONDEK, FILIPEK-MAZUR, 2005].

Tabela 1. Zawartość makroskładników w oborniku i kompostach użytych w doświadczeniu

Table 1. Macroelements content in FYM and composts used in the experiment

Nawóz Fertiliser	Sucha masa Dry matter g·kg ⁻¹	N _{og.}	P	K	Ca	Na	Mg
		N _{tot.}					
		g·kg ⁻¹ s.m.		g·kg ⁻¹ DM			
Obornik Farmyard manure	205	20,9	21,4	18,7	23,8	5,0	4,6
Kompost A Compost A	514	20,8	4,9	25,4	38,6	2,2	4,5
Kompost B Compost B	483	17,5	4,5	26,7	38,0	0,9	4,1
Kompost C Compost C	941	30,8	10,8	11,7	16,0	1,8	2,0
Kompost D Compost D	424	24,7	43,6	30,4	14,4	0,5	1,9
Odchylenie standardowe <i>SD</i> Standard deviation <i>SD</i>	237	5,7	18,7	8,2	13,4	0,8	1,4
Współczynnik zmienności <i>V</i> , % Coefficient of variation <i>V</i> , %	40	24	117	35	50	58	44

Dawka azotu, w przeliczeniu na wazon (5,5 kg materiału glebowego), wynosiła 0,8 g, natomiast dawkę fosforu i potasu wyrównywano na wszystkich obiektach nawozowych do najwyższego poziomu tych składników wprowadzonych z nawożeniem organicznym – fosfor do 1,41 g na wazon – w formie mączki fosforytowej (ilość wprowadzona z dawką kompostu (D)), potas do 1,21 g na wazon w formie wodnego roztworu KCl (ilość wprowadzona z dawką kompostu B).

Badania prowadzono na materiale glebowym pobranym z pola ornego z warstwy 0–20 cm. Dokładną charakterystykę materiału glebowego podano poniżej:

- zawartość frakcji <0,02 – 32%;
- pH_{H2O} – 6,27;
- pH_{KCl} – 5,75;

Tabela 2. Zawartość pierwiastków śladowych w oborniku i kompostach użytych w doświadczeniu**Table 2.** Trace elements content in FYM and composts used in the experiment

Nawóz Fertiliser	Cu	Zn	Mn	Fe	Cr	Cd	Ni	Pb
	g·kg ⁻¹ s.m.				g·kg ⁻¹ DM			
Obornik Farmyard manure	411,00	419	314	1405	2,81	0,90	9,62	2,76
Kompost A Compost A	35,15	291	245	4550	13,35	2,00	6,66	23,40
Kompost B Compost B	33,20	290	316	5345	18,00	1,60	7,19	25,90
Kompost C Compost C	58,30	495	113	727	57,25	0,92	2,79	15,45
Kompost D Compost D	8,45	72	104	10850	3,03	0,03	9,23	1,08
Odchylenie standardowe <i>SD</i> Standard deviation <i>SD</i>	20,37	173	104	23,73	23,73	0,86	2,69	11,18
Współczynnik zmienności <i>V</i> , % Coefficient of variation <i>V</i> , %	60	60	53	104	104	76	42	68

- kwasowość hydrolityczna – 11,2 mmol (+)·kg⁻¹;
- zawartość węgla organicznego – 11,0 g·kg⁻¹;
- zawartość azotu ogólnego – 1,10 g·kg⁻¹;
- zawartość fosforu – 75,21 mg·kg⁻¹;
- zawartość potasu – 294,73 mg·kg⁻¹;
- zawartość form ogólnych, mg·kg⁻¹:
 - miedzi – 9,68,
 - cynku – 73,49
 - manganu – 232,99,
 - żelaza – 11585,
 - ołowiu – 30,75,
 - niklu – 17,35,
 - chromu – 8,29,
 - kadmu – 0,55.

Rośliną testową w każdym roku był owies (w pierwszym roku odmiany Dragon, a w drugim i trzecim odmiany Kasztan). Liczbę roślin, nawożenie uzupełniające oraz długość okresu wegetacji podano w tabeli 3. Rośliny zbierano w fazie dojrzałości pełnej, rozdzielając uzyskany plon biomasy na ziarno, słomę i korzenie. Biomase poszczególnych części suszono w suszarce z przepływem gorącego powietrza (temp. 70°C), a następnie ważono, określając ilość suchej masy, oddzielnie ziarna, słomy i korzeni. Wyniki dotyczące plonowania owsa omówiono w innej publikacji [GONDEK, FILIPEK-MAZUR, 2005]. Wsuszone i rozdrobnione próbki materiału roślinnego mineralizowano na sucho w piecu muflowym (temp. 450°C, 5 h) [OSTROWSKA, GAWLIŃSKI, SZCZUBIAŁKA, 1991]. Uzyskany popiół roztworzono w kwasie azotowym (V) (1:2) na gorąco i przeniesiono do kolb miarowych. W tak przygotowanych próbkach oznaczono zawartość miedzi, cynku, żelaza

Tabela 3. Odmiana owsa oraz dawki składników nawozowych**Table 3.** Oat cultivars and the doses of nutrients

Rok Year	Odmiana Cultivar	Liczba roślin w wazonie The number of plants in pot	Liczba dni wegetacji Day of vegetation	Nawożenie, g·wazon ⁻¹ Fertilisation, g·pot ⁻¹		
				N	P	K
1. 1 st year	Dragon	14	82	0,80 ¹⁾	1,41 ²⁾	1,21 ²⁾
2. 2 nd year	Kasztan	14	90	0,80	0,50	1,20
3. 3 st year	Kasztan	14	109	0,80	0,50	1,20

¹⁾ W formie nawozów organicznych. ²⁾ Uzupełnione mineralnie.

¹⁾ In a form of organic fertilisers. ²⁾ Supplemented by mineral fertilisation.

i manganu metodą ICP-AES. Ilość pierwiastków pobranych (suma z trzech lat) obliczono jako iloczyn plonu suchej masy i ich zawartości w suchej masie.

Wyniki opracowano statystycznie z uwzględnieniem analizy wariancji jedno-czynnikowej i szacowaniem różnic za pomocą testu Duncana, na poziomie istotności $\alpha < 0,05$ [STANISZ, 1998].

WYNIKI BADAŃ

Zawartość miedzi, cynku, manganu i żelaza w kompostach była zróżnicowana i zależała od pochodzenia kompostu (tab. 2). Zawartość miedzi mieściła się w przedziale od 8,45 mg do 58,30 mg·kg⁻¹ suchej masy (dla porównania zawartość tego pierwiastka w oborniku wynosiła 411,00 mg·kg⁻¹ s.m.). Tak duża jej zawartość w oborniku wynikała z pochodzenia tego nawozu i najprawdopodobniej była skutkiem żywienia trzody chlewnej. W gospodarstwie, z którego pochodził obornik, zwierzęta żywiono intensywnie mieszankami treściwymi pochodzenia przemysłowego oraz dodatkowo wspomagano żywienie koncentratami mineralno-witaminowymi w celu zaspokojenia potrzeb pokarmowych zwierząt. Zawartość cynku w kompostach A i B była blisko 2-krotnie mniejsza od oznaczonej w kompoście C i oborniku. Najmniej cynku zawierał kompost D – 72 mg·kg⁻¹ suchej masy. Komposty C i D miały ponad 2- lub 3-krotnie mniej manganu niż komposty A i B oraz obornik. Zawartość żelaza była najbardziej zróżnicowana. Najwięcej tego pierwiastka oznaczono w kompoście D, natomiast najmniej w kompoście C oraz oborniku.

Stwierdzone zawartości pierwiastków śladowych w badanych kompostach nie stwarzały zagrożenia dla środowiska glebowego ani roślin [Rozporządzenie..., 2001], dlatego autorzy niniejszej publikacji przeprowadzili badania, mające na celu określenie wpływu tych kompostów na zawartość i pobranie miedzi, cynku, manganu i żelaza przez owies.

Plonowanie owsa w poszczególnych latach badań było zróżnicowane [GONDEK, FILIPEK-MAZUR, 2005]. Sumaryczne plony (ziarna, słomy lub korzeni) świadczą, że największy plon, niezależnie od części rośliny uzyskano na obiekcie, na którym zastosowano nawożenie solami mineralnymi (tab. 4). Na obiektach nawożonych kompostami plony owsa były zbliżone, jednak większe (niezależnie od części rośliny) na tych, na których zastosowano komposty B i D.

Tabela 4. Plon suchej masy owsa (suma z trzech lat)

Table 4. Dry matter yield of oat (sum from three years)

Obiekt Treatment	Plon, g·wazon ⁻¹ Yield, g·pot ⁻¹		
	ziarno grain	słoma straw	korzenie roots
Bez nawożenia Without fertilisation	30,38 a	36,28 a	3,69 a
Nawożenie mineralne Mineral fertilisation	102,74 d	79,18 d	7,15 c
Obornik Farmyard manure	80,66 bc	64,54 b	5,96 b
Kompost A Compost A	77,90 b	64,27 b	6,03 b
Kompost B Compost B	83,05 c	68,42 c	6,55 bc
Kompost C Compost C	77,66 b	64,94 b	6,09 b
Kompost D Compost D	82,24 bc	66,77 bc	6,71 bc

Objaśnienia: a, b, c – grupy jednorodne według testu Duncana, $\alpha < 0,05$.

Explanations: a, b, c – homogeneous groups according to the Duncan test, $\alpha < 0.05$.

Zawartość miedzi, cynku, manganu i żelaza w ziarnie, słomie i korzeniach owsa przedstawiono w tabelach 5–7. Najwięcej tych pierwiastków stwierdzono w korzeniach roślin, niezależnie od rodzaju zastosowanego nawożenia. Trudno rozpatrywać tę frakcję plonu owsa pod kątem jego przydatności paszowej, jednak wielkość tego plonu i zawartość w nim mikroelementów informuje o ilości tych pierwiastków, która pozostaje w glebie i może stanowić potencjalne źródło dla rośliny następczej.

Zawartość miedzi w ziarnie i słomie owsa ze wszystkich obiektów doświadczalnych nie pokrywała potrzeb pokarmowych zwierząt [GORLACH, 1991].

Zawartość cynku, zarówno w ziarnie, jak i słomie, na ogół odpowiadała optymalnemu poziomowi w paszy [GORLACH, 1991]. Najwięcej cynku w ziarnie i słomie owsa stwierdzono w roślinach z obiektu nawożonego solami mineralnymi, odpowiednio 44,45 mg i 35,30 mg·kg⁻¹ suchej masy (tab. 5 i 6). Zawartość tego pierwiastka w ziarnie roślin nawożonych organicznie zawierała się w przedziale 34,52–40,40 mg·kg⁻¹, a w słomie 19,23–25,00 mg·kg⁻¹ suchej masy i była istotnie zróżnicowana na poszczególnych obiektach. Najwięcej cynku stwierdzono w korzeniach owsa, co świadczy o zatrzymaniu tego pierwiastka na poziomie systemu korzeniowego (tab. 7).

Tabela 5. Średnia arytmetyczna ważona zawartość mikroelementów w suchej masie ziarna owsa, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ **Table 5.** Weighted average content of microelements in dry matter of the grains of oat, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Obiekt Treatment	Zawartość Content			
	Cu	Zn	Mn	Fe
Bez nawożenia Without fertilisation	3,08 a	28,12 a	16,54 a	35,85 a
Nawożenie mineralne Mineral fertilisation	3,82 bc	44,45 e	39,20 c	47,00 bc
Obornik Farmyard manure	4,11 c	37,49 c	45,50 d	45,41 b
Kompost A Compost A	3,95 bc	38,75 cd	38,73 c	44,53 b
Kompost B Compost B	3,62 abc	34,52 b	32,98 b	47,26 bc
Kompost C Compost C	3,39 ab	40,15 d	44,53 d	51,57 d
Kompost D Compost D	3,09 a	40,40 d	41,67 cd	49,32 cd

Objaśnienia, jak pod tabelą 4. Explanations as in Tab. 4.

Tabela 6. Średnia arytmetyczna ważona zawartość mikroelementów w suchej masie słomy owsa, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ **Table 6.** Weighted average content of microelements in dry matter of straw of oat, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Obiekt Treatment	Zawartość Content			
	Cu	Zn	Mn	Fe
Bez nawożenia Without fertilisation	0,96 a	13,83 a	20,25 a	29,89 a
Nawożenie mineralne Mineral fertilisation	1,52 cd	35,30 e	53,07 e	49,51 cd
Obornik Farmyard manure	1,31 b	20,62 bc	47,88 d	43,51 b
Kompost A Compost A	1,73 e	19,83 bc	32,38 b	49,77 cd
Kompost B Compost B	1,35 b	19,23 b	18,15 a	47,30 bcd
Kompost C Compost C	1,41 bc	21,29 c	35,69 c	45,54 bc
Kompost D Compost D	1,57 d	25,00 d	35,67 c	50,51 d

Objaśnienia, jak pod tabelą 4. Explanations as in Tab. 4.

Zastosowane nawożenie istotnie różnicowało zawartość manganu w owsie. Najwięcej tego pierwiastka zawierało ziarno owsa uprawianego na glebie z dodatkiem obornika ($45,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy) i kompostów C ($44,53 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy) oraz D ($41,67 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy). Stwierdzone zawartości manganu pokrywały potrzeby pokarmowe zwierząt, jeśli przyjmie się za wartość graniczną $40 \text{ mg Mn}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy [GORLACH, 1991]. Ziarno roślin nawożonych kompostami A i B, podobnie jak nawożonych mineralnie, zawierało za mało tego pierwiastka. Nawożenie solami mineralnymi spowodowało zwiększenie jego zawartości w słomie i korzeniach (tab. 6 i 7).

Ziarno i słoma owsa zawierały zbliżoną ilość żelaza (istotne różnicowanie międzyobiektowe), niewystarczającą z punktu widzenia wartości paszowej [GORLACH, 1991] (tab. 5 i 6). Najwięcej tego pierwiastka stwierdzono w korzeniach owsa, zwłaszcza w obiekcie nawożonym mineralnie (tab. 7).

Tabela 7. Średnia arytmetyczna ważona zawartość mikroelementów w suchej masie korzeni owsa, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ **Table 7.** Weighted average content of microelements in dry matter of the roots of oat, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM

Objekt Treatment	Zawartość Content			
	Cu	Zn	Mn	Fe
Bez nawożenia Without fertilisation	5,26 a	44,70 a	31,96 a	856,9 ab
Nawożenie mineralne Mineral fertilisation	6,91 c	55,76 c	46,02 e	1054,9 c
Obornik Farmyard manure	7,79 d	57,92 c	40,06 d	899,2 b
Kompost A Compost A	5,90 ab	48,20 b	30,96 a	761,5 a
Kompost B Compost B	6,17 b	58,06 c	37,16 cd	733,4 a
Kompost C Compost C	5,87 ab	64,68 d	35,11 bc	921,5 b
Kompost D Compost D	5,76 ab	73,95 e	37,20 cd	833,1 ab

Objaśnienia, jak pod tabelą 4. Explanations as in Tab. 4.

Ilość pobranych przez owies mikroelementów była zróżnicowana, co miało związek z plonem biomasy i zawartością poszczególnych mikroelementów (tab. 8–10). Niezależnie od badanego pierwiastka i części rośliny, największe ilości mikroelementów pobrały rośliny na obiekcie nawożonym solami mineralnymi. Pobranie miedzi i cynku przez ziarno owsa nie było istotnie zróżnicowane na obiektach, na których zastosowano obornik i komposty A i B. Istotnie mniejsze ilości tych pierwiastków pobrane z ziarnem owsa stwierdzono na obiektach, na których zastosowano komposty C i D. Odwrotną zależność stwierdzono w przypadku pobrania manganu, natomiast ilość pobranego żelaza przez ziarno owsa okazała się największa na obiektach nawożonych kompostami C i D. Podobnych zależności nie stwierdzono w przypadku słomy i korzeni owsa.

Tabela 8. Pobranie mikroelementów (suma z 3 lat) przez ziarno owsa, $\text{mg}\cdot\text{wazon}^{-1}$ **Table 8.** Microelements uptake (sum from three years) by the grains of oat, $\text{mg}\cdot\text{pot}^{-1}$

Objekt Treatment	Pobranie Uptake			
	Cu	Zn	Mn	Fe
Bez nawożenia Without fertilisation	0,094 a	0,854 a	0,503 a	1,089 a
Nawożenie mineralne Mineral fertilisation	0,393 e	4,566 e	4,022 d	4,825 e
Obornik Farmyard manure	0,332 d	3,025 bc	3,672 cd	3,665 bc
Kompost A Compost A	0,308 cd	3,021 bc	3,020 b	3,467 b
Kompost B Compost B	0,301 bcd	2,864 b	2,734 b	3,924 cd
Kompost C Compost C	0,263 bc	3,116 cd	3,459 c	4,006 d
Kompost D Compost D	0,254 b	3,324 d	3,426 c	4,056 d

Objaśnienia, jak pod tabelą 4. Explanations as in Tab. 4.

Tabela 9. Pobranie mikroelementów (suma z 3 lat) przez słomę owsa, mg·wazon⁻¹**Table 9.** Microelements uptake (sum from three years) by the straw of oat, mg·pot⁻¹

Objekt Treatment	Pobranie Uptake			
	Cu	Zn	Mn	Fe
Bez nawożenia Without fertilisation	0,035 a	0,502 a	0,734 a	1,084 a
Nawożenie mineralne Mineral fertilisation	0,120 d	2,796 d	4,203 f	3,919 e
Obornik Farmacyard manure	0,085 b	1,331 b	3,091 e	2,808 b
Kompost A Compost A	0,111 cd	1,275 b	2,084 c	3,204 cd
Kompost B Compost B	0,092 b	1,316 b	1,242 b	3,237 cd
Kompost C Compost C	0,091 b	1,383 b	2,318 cd	2,960 bc
Kompost D Compost D	0,105 c	1,668 c	2,381 d	3,376 d

Objaśnienia, jak pod tabelą 4. Explanations as in Tab. 4.

Tabela 10. Pobranie mikroelementów (suma z 3 lat) przez korzenie owsa, mg·wazon⁻¹**Table 10.** Microelements uptake (sum from three years) by the roots of oat, mg·pot⁻¹

Objekt Treatment	Pobranie Uptake			
	Cu	Zn	Mn	Fe
Bez nawożenia Without fertilisation	0,016 a	0,134 a	0,096 a	2,587 a
Nawożenie mineralne Mineral fertilisation	0,049 d	0,399 d	0,329 d	7,532 d
Obornik Farmacyard manure	0,046 cd	0,345 c	0,239 c	5,359 bc
Kompost A Compost A	0,036 b	0,291 b	0,187 b	4,617 b
Kompost B Compost B	0,040 bc	0,380 cd	0,243 c	4,776 bc
Kompost C Compost C	0,036 b	0,394 cd	0,214 bc	5,604 c
Kompost D Compost D	0,038 b	0,496 e	0,251 c	5,601 c

Objaśnienia, jak pod tabelą 4. Explanations as in Tab. 4.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Według GORLACHA [1991], zarówno nadmiar, jak i niedobór mikroelementów w paszach stwarza zagrożenie dla zwierząt. Ich zawartość i biodostępność w glebie jest modyfikowana wieloma czynnikami, m.in. odczynem gleby, zawartością materii organicznej, pojemnością sorpcyjną gleby, a także zdolnością rośliny do ich pobierania oraz nawożeniem [GORLACH, GAMBUŚ, 2000]. RUSZKOWSKA, SYKUT i KUSIO [1996] twierdzą, że uzyskiwanie dużych plonów przez wiele lat wiąże się z koniecznością kontroli stanu zaopatrzenia roślin w mikroelementy, tym samym potwierdzając celowość przeprowadzonego doświadczenia.

W prezentowanych badaniach bardzo mała okazała się zawartość miedzi, głównie w ziarnie i słomie owsa. Zgodnie z danymi zamieszczonymi w publikacji GORLACHA [1991] były to zawartości niedoborowe, co istotnie zmniejsza wartość

paszową ziarna i słomy, może również decydować pośrednio o ilości plonu roślin, zwłaszcza że miedź wchodzi w skład enzymów i białek, biorących udział w specyficznych procesach metabolicznych. Dostępność tego pierwiastka mogły ograniczać odczyn gleby oraz zawartość materii organicznej, z którą miedź tworzy trwałe związki [GONDEK, KOPEĆ, 2004; GRZEBISZ, KOCIAŁKOWSKI, DIATTA, 1993; MOCEK, OWCZARZAK 1993]. Jak stwierdzili GONDEK i KOPEĆ [2004], tworzenie trwałych połączeń próchnicy z miedzią może przyczynić się do małej skuteczności nawożenia doglebowego tym pierwiastkiem. Zastosowany w doświadczeniu obornik zawierał kilkakrotnie więcej miedzi niż komposty, mimo to zawartość tego pierwiastka w biomase ziarna lub słomy była porównywalna. Wskazuje to na większą dostępność miedzi z zastosowanych kompostów. Na zmniejszenie się zawartości miedzi w plonach roślin z wysokoprodukcyjnych pól wskazywał również CZUBA [1986].

W przeprowadzonych badaniach nie nastąpiła spodziewana kumulacja zawartości cynku, manganu i żelaza w roślinach uprawianych na obiekcie nawożonym solami mineralnymi. Można to tłumaczyć „efektem rozcieńczenia”, biorąc pod uwagę znacznie większy plon roślin uzyskany na tym obiekcie. Potwierdzają to również badania STANISŁAWSKIEJ-GLUBIAK, STRĄCZYŃSKIEJ i SIENKIEWICZA [1996]. Zjawisko to występuje, gdy tempo pobierania składnika z gleby jest wolniejsze niż tempo przyrostu plonu. Odmiennie natomiast wyniki dotyczące zawartości cynku i manganu w roślinach uzyskali RUSZKOWSKA i in. [1996], tłumacząc je zakwaszającym działaniem nawozów na glebę i wynikającym z tego zwiększeniem przyswajalności manganu i cynku. Na podstawie uzyskanych wyników nie stwierdzono wyraźnego wpływu zastosowanych kompostów na zawartość cynku i manganu w ziarnie i słomie owsa w porównaniu z roślinami z obiektu nawożonego obornikiem. Mogło to wynikać ze stosunkowo niewielkiej zawartości tych pierwiastków w kompostach oraz utrudnionego pobierania, głównie ze względu na zwiększenie wartości pH gleby, zwłaszcza po pierwszym roku badań.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono niedoborową ze względu na wartość paszową [GORLACH, 1991] zawartość żelaza w ziarnie i słomie owsa. Niedobór żelaza u zwierząt jest częsty i na ogół powodowany małą zawartością przyswajalnych form tego pierwiastka w paszach lub zaburzeniami jego wchłaniania [KABATA-PENDIAS, PENDIAS, 1999]. Mała zawartość tego składnika w ziarnie i słomie owsa może mieć podłoże fizjologiczne, związane z trudnościami w jego transporcie z systemu korzeniowego do organów nadziemnych, a nie ograniczeniem pobierania z podłoża, na co wskazuje jego ponad 20-krotnie większa zawartość w korzeniach niż w częściach nadziemnych. Mimo większej zawartości tego pierwiastka w kompostach (oprócz kompostu C) niż w oborniku, stwierdzona zawartość żelaza w biomase roślin była porównywalna.

W ostatnim czasie nastąpiła zmiana w sposobie definiowania rozwoju gospodarstw rolnych. Wynika ona z idei rozwoju zrównoważonego, w myśl której wzrost ekonomiczny i postęp technologiczny nie są jedynymi wyznacznikami tego

rozwoju. Zgodnie z zasadami „zwykłej dobrej praktyki rolniczej” rozwój rolnictwa to także troska o dobry stan środowiska poprzez ochronę gleby, wody, powietrza, racjonalną gospodarkę zasobami przyrodniczymi, a w końcu racjonalną gospodarkę nawozami [Zwykła ..., 2003].

W związku z pogłębiającym się deficytem materii organicznej w glebach Polski i niewystarczającą produkcją obornika zachodzi konieczność poszukiwania innych źródeł materii organicznej i składników biogennych.

Niewątpliwą zaletą kompostów jest rozłożenie ich działania w czasie oraz możliwość poprawy właściwości fizycznych, chemicznych oraz biologicznych gleby, a przez to zwiększenia jej żyzności dzięki zawartych w nich makro- i mikroelementach oraz materii organicznej.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zawartość miedzi w każdej frakcji plonu owsa okazała się mała, co zmniejsza wartość paszową roślin, ale może również decydować pośrednio o wielkości plonu roślin. Nie nastąpiła spodziewana kumulacja zawartości cynku, manganu i żelaza w roślinach uprawianych na obiekcie nawożonym solami mineralnymi. Można to tłumaczyć „efektem rozcieńczenia”, biorąc pod uwagę znacznie większy plon roślin uzyskany na tym obiekcie. Niedobór żelaza w ziarnie i słomie może mieć podłoże fizjologiczne, związane z trudnościami w jego transporcie z systemu korzeniowego do organów nadziemnych, a nie ograniczeniem pobierania z podłoża, na co wskazują jego ponad 20-krotnie większe zawartości w korzeniach niż w częściach nadziemnych. Zastosowane komposty nie spowodowały większych zmian zawartości badanych mikroelementów w biomase owsa w porównaniu z nawożeniem mineralnym i obornikiem. Na ogół zawartości te były niedoborowe ze względu na jakość paszy. Należałoby zatem rozważyć kwestię dodatkowego nawożenia, np. dolistnego, w celu wzbogacenia uzyskanej biomasy w miedź, cynk, mangan i żelazo.

LITERATURA

- CZUBA R., 1986. Zmiany zawartości składników w roślinach uprawnych na terenie kraju w zależności od nawożenia. W: Wpływ nawożenia na jakość plonów. Mater. Symp. Nauk. z. 1. Olsztyn, 24–25.06.1986. Olsztyn: ART s. 34–42.
- GONDEK K., FILIPEK-MAZUR B., 2004. Zmiany zawartości rozpuszczalnych form manganu i żelaza oraz związków próchnicznych w osadzie ściekowym kompostowanym i wermikompostowanym. *Acta Agrophys.* 4 s. 677–686.
- GONDEK K., FILIPEK-MAZUR B., 2005. Agrochemiczna ocena wartości nawozowej kompostów różnego pochodzenia. *Acta Agrophys.* 116 s. 271–282.
- GONDEK K., KOPEĆ M., 2004. Heavy metal binding by humus in soil of long-term static fertilizer experiment at Czarny Potok. *Chemia Inż. Ekol.* 7 s. 561–572.

- GORLACH E., 1991. Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości. Zesz. Nauk. AR Krak. Ses. Nauk. 34 s. 13–22.
- GORLACH E., GAMBUŚ F., 2000. Potencjalnie toksyczne pierwiastki śladowe (nadmiar, szkodliwość i przeciwdziałanie). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 472 s. 275–296.
- GRZEBISZ W., KOCIAŁKOWSKI W. Z., DIATTA J. B., 1993. Sorpcja miedzi w glebie inkubowanej z resztkami roślinnymi. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 411 s. 305–310.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Warszawa: Wydaw. Nauk. PWN ss. 397.
- MAZUR T., 1995. Rozważania o degradacji gleb w wyniku nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 418 s. 25–36.
- MAZUR T., SADEJ W., 1989. Wpływ wieloletniego nawożenia gnojowicą, obornikiem i NPK na niektóre właściwości chemiczne i fizykochemiczne gleby. Roczn. Gleb. t. 40 z. 1 s. 147–153.
- MOCEK A., OW CZARZAK W., 1993. Wiązanie Cu, Pb, Zn przez próchnicę w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 411 s. 293–298.
- OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI A., SZCZUBIAŁKA Z., 1991. Metody analizy i oceny gleby i roślin. Warszawa: Wydaw. IOŚ ss. 324.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 21.06.2001 r. w sprawie wykonania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. Dz. U. 2001 nr 60 poz. 615.
- RUSZKOWSKA M., KUSIO M., SYKUT S., MOTOWIECKA-TERELAK T., 1996. Zmiany zawartości pierwiastków śladowych w glebie w warunkach doświadczenia lizymetrycznego (1991–1994). Roczn. Gleb. t. 47 z. 1/2 s. 21–32.
- RUSZKOWSKA M., SYKUT S., KUSIO M., 1996. Stan zaopatrzenia roślin w mikroelementy w warunkach zróżnicowanego nawożenia w wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 434 s. 43–47.
- SIUTA J., 1999. Kompostowanie i wartości użytkowe kompostu. W: Kompostowanie i użytkowanie kompostu. Mater. 1. Konf. Nauk.-Tech. Puławy-Warszawa, 16–18.06.1999. Lublin: Wydaw. Ekoinżynieria s. 7–20.
- STANISŁAWSKA-GLUBIAK E., STRĄCZYŃSKA S., SIENKIEWICZ U., 1996. Wpływ zróżnicowanego poziomu pól na zawartość mikroelementów w ziarnie pszenicy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 434 s. 77–82.
- STANISZ A., 1998. Przystępny kurs statystyki w oparciu o program Statistica PL na przykładach z medycyny. Warszawa: Wydaw. Statsoft Polska ss. 362.
- Zwykła dobra praktyka rolnicza, 2003. Warszawa: Wydaw. MRiRW ss. 56.

Krzysztof GONDEK, Barbara FILIPEK-MAZUR

**THE CONTENT AND UPTAKE OF MICROELEMENTS BY OAT
FERTILISED WITH COMPOSTS OF DIFFERENT ORIGIN
IN VIEW OF ITS FODDER VALUE AND ENVIRONMENTAL IMPACT**

Key words: composts, content, microelement uptake, oat, pot experiment

S u m m a r y

Waste materials, even after their refinement, should be checked for their environmental impact, including that on plants and soil. Therefore, this study was aimed at presenting changes in selected

microelements content in oat cultivated in soil with compost supplements concerning the fodder value of obtained biomass. The study revealed alarmingly low content of copper in nearly all fractions of the oat yield. Low copper content decreases the plant fodder value but may also indirectly affect the amount of plant yield. No expected accumulation of zinc, manganese or iron was found in plants cultivated in soil fertilized with mineral fertilizers in relation to plants from other treatments. This may be explained by "dilution effect" considering a much larger plant yield obtained in this treatment. A problem of iron deficiency in grain and straw may have a physiological background connected with difficulties in its transport from the root system to aboveground organs but not its reduced uptake from the substratum as evidenced by its over 20 times larger content in roots than in the aerial parts. Composts applied for soil fertilization did not cause any major changes in the content of analysed microelements in oat biomass in comparison with mineral and farmyard manure treatment. Generally, the contents were deficient in view of fodder quality. Therefore, a supplementary, e.g. foliar treatment should be considered in order to enrich the obtained biomass in copper, zinc, manganese and iron.

Recenzenci:

prof. dr hab. Edward Krzywy

prof. dr hab. Barbara Sapek

Praca wpłynęła do Redakcji 25.05.2005 r.

