ZESZYTY PROBLEMOWE POSTĘPÓW NAUK ROLNICZYCH 2004 z. 502: 1059–1067

ZAWARTOŚĆ, POBRANIE I WYKORZYSTANIE MIKROELEMENTÓW Z KOMPOSTÓW PRZEZ ROŚLINY W TRZYLETNIM ZMIANOWANIU

Czesław Wołoszyk, Anna Iżewska, Ewa Krzywy-Gawrońska

Katedra Chemii Środowiska, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Wstęp

Jednym z istotnych czynników agrotechnicznych, decydujących o wielkości i jakości plonu roślin uprawnych, jest nawożenie mineralne i organiczne. W wyniku przemian społeczno-gospodarczych, które zaszły w Polsce w latach 90., nastąpiło zmniejszenie zużycia nawozów mineralnych i spadek pogłowia zwierząt gospodarskich, a tym samym zmniejszenie produkcji nawozów naturalnych. Aktualna obsada zwierząt gospodarskich wynosi 45 sztuk dużych (SD) na 100 ha użytków rolnych [ROCZNIK STATYSTYCZNY 2003], co przy średniej produkcji 10 t obornika od 1 SD pozwala na stosowanie średnio w ciągu roku 4,5 $t \cdot ha^{-1}$ obornika, a optymalna dawka powinna wynosić około 7,5 $t \cdot ha^{-1}$. Zmniejszenie produkcji i zużycia nawozów naturalnych może być przyczyną ujemnego salda bilansu substancji organicznej w glebie, jak również znacznego zmniejszenia zasobności gleb w mikroelementy. Wiadomo bowiem, że w związku z produkcją coraz bardziej skoncentrowanych nawozów mineralnych i wysoką ich ceną, zwłaszcza przy dodatku mikroelementów, głównym źródłem mikroelementów dla roślin będą nadal nawozy naturalne i organiczne. Toteż niedobory nawozów naturalnych należy uzupełniać nawozami organicznymi, do których zalicza się komposty z komunalnych osadów ściekowych. Na podstawie wielu analiz chemicznych stwierdzono, że osady ze ścieków komunalnych zawierają pokaźne ilości niezbędnych dla roślin mikroelementów, często przewyższające ich zawartość w oborniku [ROSZYK i in. 1987; KRZYWY, WOŁOSZYK 1996; MAĆKOWIAK 2001; CZEKAŁA i in. 2002]. Jednak w wielu badaniach zwraca się większą uwagę na możliwość skażenia gleby i nadmiernego nagromadzenia pierwiastków śladowych w roślinach w warunkach nawożenia osadami bądź kompostami sporządzanymi z ich znacznym udziałem, niż na możliwość pokrycia potrzeb pokarmowych i nawozowych przez te nawozy w stosunku do mikroelementów.

W prezentowanej pracy przedstawiono wpływ stosowania kompostów sporządzanych z komunalnego osadu ściekowego bez dodatku i z dodatkiem różnych komponentów na kształtowanie zawartości, pobranie i wykorzystanie miedzi, manganu i cynku przez rośliny uprawiane w trzyletnim zmianowaniu.

Materiał i metody badań

W latach 2001–2003 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej (RSD) w Lipniku koło Stargardu Szczecińskiego przeprowadzono doświadczenie polowe na glebie brunatnej niecałkowitej (kompleks żytni dobry), której poziom Ap charakteryzował się składem granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego pylastego i zawartością 12% części spławialnych. Przed założeniem doświadczenia odczyn gleby był obojętny (pH w 1 mol KCl·dm^{-3} = 6,7), zawartość C org. wynosiła 6,90, N og. 0,70 g·kg^{-1}, zawartość fosforu i potasu przyswajalnego była wysoka, a magnezu średnia. Zawartości ogólne mikroelementów w glebie wynosiły: miedzi – 5,30, manganu – 371, a cynku – 45,5 mg·kg^{-1} s.m., zaś form rozpuszczalnych w 1 mol HCl·dm^{-3} odpowiednio: 2,13 mg Cu (zawartość średnia), 38,2 mg Mn (zawartość niska) i 9,40 mg Zn·kg^{-1} s.m. (zawartość wysoka). W doświadczeniu dwuczynnikowym, w którym I czynnik stanowiło siedem rodzajów kompostów, a drugim czynnikiem były dwie dawki NPK. Komposty przygotowano z komunalnego osadu ściekowego pochodzącego z oczyszczalni w Stargardzie Szczecińskim, z dodatkiem sześciu różnych komponentów (liczby w nawiasach oznaczają procentowy udział suchej masy poszczególnych komponentów w kompostach): A – osad (100%), B – osad (70%) + odpady zieleni miejskiej (30%), C – osad (70%) + słoma (30%), D – osad (70%) + odpady zieleni miejskiej (15%) + słoma (15%), E – osad (70%) + odpady zieleni miejskiej (20%) + popiół z węgla kamiennego (10%), F – osad (70%) + słoma (20%) + popiół z węgla kamiennego (10%), G – osad (70%) + odpady zieleni miejskiej (10%) + słoma (10%) + popiół z węgla kamiennego (10%) oraz wariant kontrolny.

Komposty sporządzono we wrześniu 2000 r. i po siedmiu miesiącach rozkładu zastosowano pod rzepak jary (odm. Licosmos), w dawkach odpowiadających 200 kg N·ha^{-1}. Skład chemiczny kompostów przedstawiono w tabeli 1. Po rzepaku uprawiano pszenicę ozimą (odm. Korweta), a po pszenicy owies nagoziarnisty (odm. Polar). Pierwsza dawka nawożenia mineralnego pod rzepak jary wynosiła 50 kg N i 41 kg K·ha^{-1} (bez fosforu), pod pszenicę ozimą 60 kg N, 8,7 kg P i 25 kg K·ha^{-1}, a pod owies 40 kg N, 8,7 kg P i 33 kg K·ha^{-1}, zaś druga dawka pod każdą roślinę była dwukrotnie większa.

Tabela 1; Table 1

Skład chemiczny kompostów przed zastosowaniem do gleby
Chemical composition of composts before their application into soil

Rodzaj kompostu; Kind of compost	Sucha masa Dry matter (g·kg^{-1})	Zawartość; Content (g·kg^{-1} s.m.; DM)				Zawartość; Content (mg·kg^{-1} s.m.; DM)		
		C org. Org. C	N	P	K	Cu	Mn	Zn
A – osad (100%)#; sludge (100%)#	168	281	38,8	27,0	6,00	174	366	814
B – osad (70%); sludge (70%) + odpady zieleni miejskiej (30%); municipal green wastes (30%)	206	310	36,4	23,1	6,40	119	349	484
C – osad (70%); sludge (70%) + słoma (30%); straw (30%)	215	385	23,8	26,3	6,90	136	234	654
D – osad (70%); sludge (70%) + odpady zieleni miejskiej (15%); unicipal green wastes (15%) słoma (15%); straw (15%)	217	325	27,7	25,5	6,80	148	240	601

E – osad (70%); sludge (70%) + odpady zieleni miejskiej (20%); municipal green wastes (20%) + popiół z węgla kamiennego (10%); coal ash (10%)	200	255	36,7	24,3	6,70	120	269	562
F – osad (70%); sludge (70%) + słoma (20%); straw (20%)+ popiół z węgla kamiennego (10%); coal ash (10%)	203	288	26,0	28,0	7,80	121	241	630
G – osad (70%); sludge (70%) + odpady zieleni miejskiej (10%); municipal green wastes (10%) + słoma (10%); straw (10%) + popiół z węgla kamiennego (10%); coal ash (10%)	232	302	33,5	21,5	7,20	130	251	533

– liczby w nawiasach oznaczają procentowy udział suchej masy poszczególnych komponentów w kompostach; numbers in brackets represent the percentage participation of dry matter of individual components in composts

Zawartość mikroelementów w plonie podstawowym i ubocznym poszczególnych roślin oznaczono metodą ASA, po uprzedniej mineralizacji próbek w mieszaninie kwasów azotowego(V) i chlorowego(VII). Średnie pobranie mikroelementów obliczono na podstawie wielkości średniego plonu roślin (tab. 2) i średniej zawartości mikroelementów w plonie (w pracy uwzględniono średnie obiektowe z dwóch dawek nawożenia mineralnego dla poszczególnych kompostów). Średnie wykorzystanie miedzi, manganu i cynku z kompostów przez rośliny w okresie trzech lat obliczono na podstawie uproszczonego bilansu tych składników.

Plon roślin opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Porównanie wielokrotne średnich przeprowadzono w oparciu o procedurę Tukeya, przy p = 0,05.

Wyniki i dyskusja

Z danych zawartych w tabeli 2 wynika, że wszystkie z zastosowanych kompostów, w porównaniu z obiektem kontrolnym, istotnie zwiększyły plon nasion rzepaku jarego, ziarna pszenicy ozimej i owsa nagoziarnistego. Natomiast komposty, w stosunku do obiektu kontrolnego, nie wpłynęły istotnie na plon słomy rzepaku i pszenicy, a plon słomy owsa istotnie zwiększył tylko kompost E.

Tabela 2: Table 2

Średni plon roślin (t s.m.·ha^{-1})
The mean yield of cultivated plants (t DM·ha^{-1})

Rodzaj kompostu* Kind of compost*	Rzepak jary Spring rape		Pszenica ozima Winter wheat		Owies nagoziarnisty Naked oat	
	nasiona seeds	słoma straw	ziarno grain	słoma straw	ziarno grain	słoma straw
Kontrola; Control	1,38	4,20	4,72	3,29	1,85	2,26
A	2,07	4,62	5,50	3,90	2,16	2,54
B	1,99	4,34	5,25	3,72	2,05	2,53
C	1,96	4,17	5,44	3,72	2,04	2,56
D	1,85	3,92	5,46	3,78	1,92	2,46
E	1,78	3,89	5,50	3,71	2,22	2,61
F	1,95	4,34	5,40	3,60	2,22	2,56
G	1,97	4,48	5,41	3,70	2,17	2,50
Średnia; Mean	1,87	4,24	5,34	3,68	2,08	2,50
$NIR_{0,05}$; $LSD_{0,05}$	0,11	0,57	0,55	r.n.; n.s.	0,06	0,31

r.n.; n.s. – różnice nieistotne; differences not significant
* – objaśnienia patrz tabela 1; explanations see Table 1

Tabela 3; Table 3

Średnia zawartość mikroelementów w roślinach uprawnych (mg·kg^{-1} s.m.)
Mean content of microelements in cultivated plants (mg·kg^{-1} DM)

Rodzaj kompostu* Kind of compost*	Rzepak jary; Spring rape						Pszenica ozima; Winter wheat						Owies nagoziarnisty; Naked oat					
	nasiona; seeds			słoma; straw			ziarno; grain			słoma; straw			ziarno; grain			słoma; straw		
	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn
Kontrola; Control	8,50	30,7	41,7	5,55	18,2	14,0	3,56	30,4	23,6	4,66	37,8	11,6	5,29	71,2	39,8	3,59	96,1	28,9
A	9,10	36,0	48,4	5,78	18,4	14,5	3,63	31,6	26,1	4,70	38,7	11,9	6,12	72,8	41,0	3,69	98,9	31,8
B	9,12	36,5	50,1	5,82	16,0	14,8	3,65	32,9	27,1	4,72	38,3	11,9	5,84	73,4	41,4	3,67	100,4	36,1
C	9,17	31,0	47,5	5,75	17,0	14,7	3,71	33,3	28,3	4,74	39,8	11,9	5,85	74,1	41,0	4,07	100,9	34,0
D	9,30	32,6	47,0	5,82	16,6	14,3	3,74	33,7	28,7	4,77	41,1	12,0	5,79	76,6	42,0	4,11	102,0	32,9
E	9,68	33,8	47,4	6,15	16,6	15,0	3,76	33,8	29,1	4,79	41,1	12,5	6,16	75,9	42,1	4,17	100,9	34,7
F	8,80	34,4	43,8	5,68	17,4	15,1	3,78	34,3	30,1	4,83	41,0	12,5	6,26	78,5	42,8	4,23	103,2	34,8
G	8,86	33,7	44,3	5,82	16,6	14,6	3,80	34,1	29,9	4,86	41,0	12,4	6,37	79,1	43,5	4,31	104,2	37,1
Średnia Mean	9,04	33,6	46,3	5,80	17,1	14,6	3,70	33,0	27,9	4,76	39,9	12,1	5,96	75,2	41,7	3,98	100,8	33,8

* – objaśnienia patrz tabela 1; explanations see Table 1

W związku z małym zróżnicowaniem zawartości miedzi, manganu i cynku w zależności od wielkości dawki NPK, w pracy przedstawiono tylko średnie obiektowe zawartości tych mikroelementów w roślinach dla poszczególnych rodzajów kompostów (tab. 3). Wpływ kompostów na kształtowanie zawartości mikroelementów w plonie podstawowym i ubocznym roślin był zróżnicowany. W działaniu bezpośrednim stosowanie kompostów zwiększyło, w porównaniu z obiektem kontrolnym, zawartość miedzi w nasionach rzepaku jarego średnio od 2,12% (kompost G) do 13,9% (kompost E), manganu od 0,10% (kompost C) do 18,9% (kompost B), a cynku od 5,04% (kompost F) do 20,1 (kompost B). W słomie rzepaku najmniejszy wzrost zawartości miedzi odnotowano na obiekcie z kompostem F (2,34%), a największy na obiekcie z kompostem E (10,8%). Natomiast zawartość manganu w słomie rzepaku – poza obiektem z kompostem A – na pozostałych obiektach nawożonych kompostami była od 4,39 do 12,1% mniejsza niż w słomie pochodzącej z obiektu kontrolnego. Średnia zawartość cynku w słomie rzepaku na wszystkich obiektach, na których stosowano komposty była mało zróżnicowana, a średni wzrost zawartości tego składnika, w stosunku do obiektu kontrolnego, wyniósł 5,0%.

Następcze działanie kompostów w niewielkim stopniu zwiększyło zawartość miedzi w ziarnie i w słomie pszenicy ozimej, gdyż średni wzrost zawartości tego składnika wyniósł odpowiednio 4,49% i 2,36%. Znacznie większy wzrost zawartości w ziarnie pszenicy stwierdzono w przypadku manganu i cynku, wynoszący średnio 9,86% i 20,8%, zaś w słomie zawartość tych mikroelementów wzrosła średnio o 6,08% i 5,17%.

W trzecim roku badań wszystkie wprowadzone do gleby komposty zwiększyły zawartość analizowanych mikroelementów zarówno w ziarnie, jak i w słomie owsa nagoziarnistego. Najmniejszy wzrost zawartości miedzi stwierdzono w ziarnie owsa zebranym z obiektu, gdzie stosowano kompost D (9,45%), a w słomie z obiektu z kompostem B (2,23%), zaś największy wzrost zawartości miedzi stwierdzono w ziarnie (20,4%) i w słomie (20,0%) pochodzących z obiektu z kompostem G. Spośród analizowanych roślin najwięcej manganu oznaczono w ziarnie i w słomie owsa. Stosowanie kompostów zwiększyło zawartość tego mikroelementu w ziarnie owsa średnio o 6,46%, a w słomie o 5,62% w porównaniu z obiektem kontrolnym. Najmniejszy wpływ na wzrost zawartości manganu w ziarnie i w słomie owsa miał kompost A, a największy kompost G. Podobną zależność stwierdzono dla cynku.

Średnia zawartość manganu i cynku we wszystkich analizowanych roślinach oraz miedzi w pszenicy ozimej nie odbiegała od zawartości podawanych przez innych autorów [CZUBA, MAZUR 1988; KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999]. Jedynie zawartość miedzi w nasionach i w słomie rzepaku jarego była większa od zawartości najczęściej spotykanych, ale nie przekraczała wartości granicznych.

Ilość mikroelementów wniesiona z poszczególnymi kompostami do gleby (tab. 4) była znacznie zróżnicowana, co wynikało ze zmiennej zawartości ich w kompostach (tab. 1) i różnych dawek kompostów (tab. 4). Ilość miedzi wniesiona z kompostami wahała się od 653 do 1144 $g \cdot ha^{-1}$, manganu od 1463 do 1968 $g \cdot ha^{-1}$, a cynku od 2662 do 5500 $g \cdot ha^{-1}$ (tab. 4). Porównując te ilości mikroelementów z ilością wnoszoną z 30 $t \cdot ha^{-1}$ obornika, a przytoczoną przez ANDRUSZCZAK i in. [1988], można stwierdzić, że przekraczały one około 4–7-krotnie dawkę miedzi i około 2,2–4,6-krotnie dawkę cynku, a ilość wniesionego manganu była nieco mniejsza niż wnoszona z obornikiem.

Te duże różnice w ilości wniesionych mikroelementów z poszczególnymi kompostami, nie znalazły odzwierciedlenia w ilości składników pobranych przez plon trzech roślin (tab. 4). Różnica między najmniejszym a największym pobraniem miedzi wyniosła zaledwie 6 g·ha^{-1}, manganu 55 g·ha^{-1}, a cynku 48 g·ha^{-1}.

Wykorzystanie mikroelementów przez rośliny w okresie trzech lat z poszczególnych kompostów było małe (tab. 4) i wynosiło średnio: miedzi – 2,01%, manganu – 8,45%, a cynku – 3,20%. Nie odnotowano znaczących różnic w wykorzystaniu mikroelementów przez rośliny z poszczególnych kompostów. Nieco większe wskaźniki wykorzystania miedzi (6,02%) z kompostowanych osadów przez mieszankę traw w okresie dwóch lat otrzymał Wołoszyk [2003], a o wiele większe manganu (25,9%), zaś wykorzystanie cynku (2,74%) było zbliżone do otrzymanego w niniejszych badaniach.

Tabela 4; Table 4

Dawki kompostów, mikroelementy wniesione do gleby, pobrane oraz wykorzystane przez rośliny w okresie trzech lat z badanych kompostów

Rates of composts, amount of microelements brought into soil, uptaken and utilized by plants from composts during three years

Rodzaj kompostu* Kind of compost*	Dawki kompostów (t s.m.·ha^{-1}) Rates of composts (t DM·ha^{-1})	Ilość mikroelementów wniesiona do gleby z kompostami (g·ha^{-1}) Amount of microelements brought into soil with composts (g·ha^{-1})			Ilość mikroelementów pobrana przez rośliny w okresie 3 lat (g·ha^{-1}); Amount of microelements uptaken by plant yield in a 3-year period (g·ha^{-1})			Wykorzystanie mikroelementów z kompostów przez rośliny w okresie 3 lat (%); Utilization of microelements from composts by plants in a 3-year period (%)		
		Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn
Kontrola Control	–	–	–	–	85	736	405	–	–	–
A	5,14	894	1881	4184	103	859	500	2,01	6,54	2,27
B	5,50	1066	1920	2662	101	861	527	1,50	6,51	4,58
C	8,41	1144	1968	5500	102	870	523	1,49	6,81	2,14
D	7,20	1066	1728	4372	100	862	507	1,41	7,29	2,33
E	5,44	653	1463	3320	104	895	533	2,91	10,87	3,86
F	7,69	930	1853	4845	104	914	543	2,04	9,60	2,85
G	5,96	775	1496	3296	106	909	548	2,71	11,56	4,34
Średnia; Mean					103	881	526	2,01	8,45	3,20

* – objaśnienia patrz tabela 1; explanations see Table 1

To małe wykorzystanie mikroelementów przez rośliny z kompostów wskazuje, że duża ich część może tworzyć w glebie stabilne połączenia metaloorganiczne, zmniejszające bioprzyswajalność mikroelementów, o czym świadczą badania innych autorów [Gerritse, Van Driel 1984; Ram, Verloo 1985; Baran i in. 1996]. Tak niskie wykorzystanie analizowanych mikroelementów z kompostów należy uwzględnić przy bilansowaniu potrzeb nawożenia tymi składnikami, aby nie doprowadzić do nadmiernego ich nagromadzenia w glebie.

Wnioski

1. Komposty sporządzane z komunalnego osadu ściekowego bez dodatku i z dodatkiem różnych substancji charakteryzowały się 5–7-krotnie większą zawartością miedzi oraz 2–4-krotnie większą zawartością cynku, zaś 1,1–1,7-krotnie mniejszą zawartością manganu niż przeciętny obornik.
2. W pierwszym roku badań komposty najkorzystniej oddziaływały na kształtowanie zawartości cynku w nasionach i w słomie rzepaku jarego oraz manganu w nasionach tej rośliny. W drugim roku działania większość badanych kompostów wpłynęła na znaczny wzrost zawartości manganu i cynku w ziarnie pszenicy ozimej, w porównaniu z obiektem kontrolnym, a w trzecim roku prowadzenia doświadczenia, w większości przypadków, o ponad 10% wzrosła zawartość miedzi w ziarnie i w słomie owsa nagoziarnistego oraz cynku w słomie.
3. Pobranie miedzi z poszczególnych kompostów było mało zróżnicowane i wyniosło średnio 103 $g \cdot ha^{-1}$, natomiast manganu i cynku różniło się w większym stopniu, a średnio wyniosło 881 i 526 $g \cdot ha^{-1}$.
4. Wykorzystanie badanych mikroelementów z kompostów przez rośliny w okresie trzech lat badań było nieduże, co powinno być uwzględnione przy bilansowaniu potrzeb nawożenia tymi składnikami, aby nie doprowadzić do nadmiernego nagromadzenia ich w glebie.

Literatura

ANDRUSZCZAK E., PIETRAŚ B., SZCZEGODZIŃSKA K. 1988. *Skład chemiczny obornika stosowanego w tak zwanych gospodarstwach kontrolnych i jego udział w bilansie składników pokarmowych.* Rocz. Glebozn. 39(1): 87–97.

BARAN S., FLIS-BUJAK M., KWIECIEŃ J., ŻUKOWSKA G., PIETRASIK W., ZALESKI P. 1996. *Zawartość Pb i Zn w glebie i kukurydzy uprawianej na glebie lekkiej użyźnianej osadem ściekowym i wermikompostem wytworzonym z tego osadu.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 45–52.

CZEKAŁA J., JAKUBUS M., MOCEK A. 2002. *Wybrane właściwości osadów ściekowych z oczyszczalni regionu Wielkopolski.* Cz. III. *Metale ciężkie i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne.* Acta Agrophys. 70(1): 91–98.

CZUBA R., MAZUR T. 1988. *Wpływ nawożenia na jakość plonów.* PWRiL, Warszawa: 360 ss.

GERRITSE R.G., VAN DRIEL W. 1984. *The relationship between adsorption of trace metals, organic matter, and pH in temperate soils.* J. Environ. Qual. 13(2): 157–204.

KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych.* PWN, Warszawa: 400 ss.

KRZYWY E., WOŁOSZYK CZ. 1996. *Charakterystyka chemiczna i możliwości wykorzystania do produkcji kompostów osadów ściekowych z miejskich oczyszczalni ścieków.* Zesz. Nauk. AR Szczec. 172(62): 265–271.

MAĆKOWIAK CZ. 2001. *Wartość nawozowa osadów ściekowych.* Inż. Ekol. 3: 135–145.

RAM N., VERLOO M. 1985. *Effect of various organic materials on the mobility of heavy metals in soils.* Environ. Poll. 10: 241–248.

ROCZNIK STATYSTYCZNY 2003. *Ochrona Środowiska.* GUS, Warszawa: 505.

ROSZYK E., ROSZYK S., SPIAK Z. 1987. *Wartość nawozowa osadów ściekowych z niektórych oczyszczalni południowo-zachodniej Polski.* Cz. I. *Skład chemiczny osadów.* Rocz. Glebozn. 38(3): 93–102.

WOŁOSZYK Cz. 2003. *Agrochemiczna ocena nawożenia kompostami z komunalnych osadów ściekowych i odpadami przemysłowymi.* Rozpr. AR w Szczecinie 217: 120 ss.

Słowa kluczowe: kompost, komunalny osad ściekowy, rzepak jary, pszenica ozima, owies nagoziarnisty, zawartość, pobranie, wykorzystanie, mikroelementy

Streszczenie

W trzyletnim doświadczeniu polowym, przeprowadzonym na glebie lekkiej (kompleks 5), oceniano bezpośredni i następczy wpływ kompostów sporządzonych z komunalnego osadu ściekowego z dodatkiem odpadów zieleni miejskiej, słomy żytniej i popiołu z węgla kamiennego na kształtowanie zawartości, pobranie i wykorzystanie miedzi, manganu oraz cynku przez rośliny uprawiane w trzyletnim zmianowaniu (rzepak jary, pszenica ozima, owies nagoziarnisty). Komposty po siedmiu miesiącach rozkładu zastosowano pod rzepak jary, w dawkach odpowiadających 200 kg $N \cdot ha^{-1}$.

W pierwszym roku badań komposty najkorzystniej oddziaływały na kształtowanie zawartości cynku w nasionach i w słomie rzepaku jarego oraz manganu w nasionach tej rośliny. W drugim roku działania większość badanych kompostów wpłynęła na znaczny wzrost zawartości manganu i cynku w ziarnie pszenicy ozimej, w porównaniu z obiektem kontrolnym, a w trzecim roku prowadzenia doświadczenia, w większości przypadków, o ponad 10% wzrosła zawartość miedzi w ziarnie i w słomie owsa nagoziarnistego oraz cynku w słomie.

Pobranie miedzi przez rośliny z poszczególnych kompostów było bardzo mało zróżnicowane i wyniosło średnio 103 $g \cdot ha^{-1}$, zaś pobranie manganu i cynku różniło się w większym stopniu, a średnio wyniosło 881 i 526 $g \cdot ha^{-1}$. Rośliny w okresie trzech lat wykorzystały z kompostów najmniej miedzi (2,01%), więcej cynku (3,20%), a najwięcej manganu (8,45%).

CONTENT, UPTAKE AND UTILIZATION OF MICROELEMENTS FROM COMPOSTS BY PLANTS IN A THREE-YEAR ROTATION

Czesław Wołoszyk, Anna Iżewska, Ewa Krzywy-Gawrońska
Department of Environmental Chemistry, Agricultural University, Szczecin

Key words: composts, municipal sewage sludge, spring rape, winter wheat, naked oat, microelements, content, uptake, utilization

Summary

In a three-year field experiment conducted on light soil (the 5th complex), the direct and sequent effects of composted municipal sewage sludge with addition of urban green wastes, rye straw, and coal ash, on the content, uptake and utilization of copper, manganese and zinc by plants cultivated in three-year rotation (spring rape, winter wheat, naked oat) were investigated. After seven months of decomposition, the composts were applied under spring rape at rates corresponding with 200 kg $N \cdot ha^{-1}$

In the first year of experiment composts most profitably influenced the amount of zinc in seeds and in straw, and on the amount of manganese in seeds of spring rape. In the second year most of examined composts essentially increased manganese and zinc content in grain of winter wheat in comparison with the control object. In the third year in most cases the content of copper rose by above 10% in grain and straw of naked oat as well as zinc in the straw.

The uptake of copper by plants from objects with composts was similar and averaged 103 g ha^{-1}, whereas that of manganese and zinc differed and averaged 881 and 526 $g \cdot ha^{-1}$, respectively. Within three-year period, the plants utilized least copper (2.01%), more zinc (3.20%), and the most manganese (8.45%) from the compost.

Dr hab. Czesław **Wołoszyk**
Katedra Chemii Środowiska
Akademia Rolnicza
ul. J. Słowackiego 17
71–434 SZCZECIN
e-mail: woloszyk@agro.ar.szczecin.p