

WPLYW NAWOŻENIA OSADEM ŚCIEKOWYM I WYTWORZONYMI Z NIEGO KOMPOSTAMI NA PLON PSZENICY JAREJ ORAZ ZAWARTOŚĆ W NIEJ METALI CIĘŻKICH

Borys Hryńczuk, Ryszard Weber, Bogdana Runowska-Hryńczuk

Zakład Technik Uprawy Roli i Nawożenia w Jelczu-Laskowicach,
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Wstęp

Wzrost świadomości ekologicznej, konieczność dostosowania się do wymogów Uni Europejskiej jak i napływająca stąd pomoc finansowa sprawiają, że w szybkim tempie wzrasta ilość oczyszczalni ścieków. Nowe uregulowania prawne odnośnie możliwości składowania i utylizacji osadów pościekowych powodują, że większe jest zainteresowanie możliwością rolniczego wykorzystania osadów z biologicznych oczyszczalni ścieków komunalnych [ANONIM 1997; ANONIM 1999]. W krajach rozwiniętych gospodarka odpadami bytowymi i poprodukcyjnymi ma perspektywiczne opracowania projektowe [URBANIAK 1997] i wręcz uważa się [BUTTEWORTH 1998], że w przyszłości może stać się ona dodatkowym źródłem dochodów dla rolnictwa. W Polsce zasadniczym problemem dla większości dużych oczyszczalni jest fakt, że przyjmują one również nieoczyszczane ścieki przemysłowe, co jest powodem przekroczeń w osadach dopuszczalnych w przyrodniczym użytkowaniu zawartości metali ciężkich [HENEKLAUS i in. 1996; MAĆKOWIAK 1996]. Ponieważ prawo dopuszcza możliwość użytkowania osadów z podwyższoną zawartością metali ciężkich po uprzednim ich przetworzeniu w komposty i ograniczeniu wielkości dawki w czasie (dawka obciążająca na 10 lat) poszukiwane są w badaniach metody ich przetwarzania dające najlepsze efekty, tak w działaniu plonotwórczym jak i ograniczające możliwość przejścia do plonów metali ciężkich [MAZUR 1996; SIUTA 1999].

Celem prezentowanych badań było określenie wpływu nawożenia osadem z biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych na plon pszenicy jarej i zawartość w niej metali ciężkich. Badano również zmiany wyżej wymienionych cech po przekompostowaniu osadu ze słomą i z węglem brunatnym w różnych proporcjach.

Materiały i metodyka

Do badań użyto osad świeży z biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych w Opolu. W kompozycji kompostów przyjęto dwa warianty udziału komponentu w jego stosunku wagowym do masy osadu. Sieczkę z słomy pszenicy ozimej dodawano do osadu w ilościach odpowiadających stosunkom wagowym 0,5 : 5 i

1 : 5, a zmielony węgiel brunatny w stosunku 1 : 5 i 3 : 5. Zwiększenie udziału komponentów powodowało zmniejszenie uwodnienia kompostu, większy procentowo spadek zawartości metali ciężkich i lepszy efekt likwidacji uciążliwości zapachowej. Komposty dojrzewały w drewnianych skrzyniach przez 6 miesięcy. Po fazie gorącej i spadku temperatury poniżej 50°C kompost ze słomą mieszano i uzupełniano wilgotność powyżej 50%, mieszanie powtórzono trzykrotnie co dwa miesiące. Kompost z węglem brunatnym dojrzewał jako kompost zimny, był jednak mieszany podobnie jak kompost ze słomą dla ujednolicenia stopnia wymieszania.

Doświadczenia z osadami założono w lizymetrach o średnicy 80 cm i głębokości 1 m wypełnionych glebą brunatną – piaskiem gliniastym mocnym (pH w roztworze KCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³ wynosi 4,7), zawierającą 0,9% C organicznego oraz 3,7 mg P i 10,4 mg K w 100 g gleby (według Egnera-Riehma).

Nawożenie osadami i obornikiem stosowano w dawce nawozowej (2 kg·lizymetr⁻¹) odpowiadającej 40 t·ha⁻¹ i melioracyjnej (4 kg·lizymetr⁻¹) odpowiadającej 80 t·ha⁻¹. Mając na uwadze trudną dostępność N z osadu i małe w nim zawartości K, przewidziano obiekty o zróżnicowanym uzupełniającym nawożeniu mineralnym (oprócz obiektu nawożonego wyłącznie NPK wprowadzono obiekt NK, 0,5 N i K oraz 0,5 N i 2 K).

1 N	– 12,0 g saletry amonowej	– (80 kg N·ha ⁻¹)
1 P	– 4,7 g superfosfatu potrójnego	– (19,6 kg P·ha ⁻¹)
1 K	– 8,3 g 60% soli potasowej	– (83 kg K·ha ⁻¹)

Doświadczenia z kompostami prowadzono w wazonach typu Wagnera mieszczących 6 kg p.s.m. warstwy próchnicznej z tej samej gleby jaką użyto w doświadczeniu lizymetrycznym. Przed napełnieniem wazonów glebę w poszczególnych obiektach mieszano z dawkami 100 i 200 g obornika, osadu lub kompostu (55 i 110 t·ha⁻¹). W fazie krzewienia rośliny nawożono dodatkowo 1,2 g N wprowadzając przez dren roztwór saletry amonowej.

Doświadczenia założono metodą serii niezależnych, w lizymetrach w trzech powtórzeniach, a w wazonach w pięciu powtórzeniach. Rośliną testową była pszenica jara – odmiany Henika w obsadzie na lizymetr 180 szt., a w wazonach 12 szt.

W lizymetrach uwilgotnienie podłoża uzależnione było wyłącznie od wód opadowych, w wazonach utrzymywano je przez podlewanie na poziomie 60% maksymalnej pojemności wodnej. W plonach ziarna oznaczono zawartość metali ciężkich po spopieleniu i rozpuszczeniu w 4% HCl, metodą spektrometrii emisyjnej z indukcyjnie wzbudzoną plazmą (ICP).

Wyniki i dyskusja

Analizy mikrobiologiczne i parazytologiczne osadu, wykonane w Wojewódzkiej Stacji Sanitarно-Epidemiologicznej, nie wykazały obecności chorobotwórczych czynników w stopniu wykluczającym możliwość ich rolniczego użytkowania. Podwyższona zawartość Ni i Zn w osadzie wskazuje na konieczność przetworzenia go poprzez kompostowanie dla uzyskania możliwości rolniczego użytkowania (tab. 1).

Zawartości metali ciężkich w kompostach odpowiadają normie (I kl-BN-89/9103-09) dopuszczającej użytkowanie rolnicze bez ograniczeń, a także ostrzejszym normom obowiązującym w UE [SIUTA 1999].

Tabela 1; Table 1

Niektóre właściwości fizyko-chemiczne obornika, osadu i kompostów
Some physico-chemical properties of manure, sludge and composts

Wyszczególnienie Specification	Obornik FYM	Osad Sludge	Komposty; Composts			
			ze słomą with straw		z węglem brunatnym with brown coal	
			0,5 : 5	1 : 5	1 : 5	3 : 5
Sucha masa; Dry matter	28,75	25,88	23,68	21,25	26,75	32,14
C organiczny; Organic C	27,36	13,51	14,20	15,60	24,72	24,36
N ogółem; Total N	1,78	3,72	2,12	1,68	1,52	0,96
P (%)	0,58	1,34	1,26	1,22	1,13	0,77
K (%)	2,16	0,36	0,28	0,25	0,22	0,12
Cd (mg·kg ⁻¹ s.m.; DM)	0,52	8,2	2,54	2,14	2,28	1,34
Cu (mg·kg ⁻¹ s.m.; DM)	18,2	36,0	88,9	76,0	83,8	41,2
Ni (mg·kg ⁻¹ s.m.; DM)	3,1	192,0	18,3	16,3	18,8	16,0
Zn (mg·kg ⁻¹ s.m.; DM)	123	3500	1174	1110	1126	716

W porównaniu z obornikiem, osad i wytwarzane z niego komposty miały blisko dwukrotnie większe zawartości N ogółem. Podobnie blisko dwukrotnie wyższa była zawartość P w osadzie i kompostach ze słomą. Ponad pięciokrotnie niższa w osadach i kompostach, była zawartość potasu K.

Nawożenie osadem bez uzupełniającego nawożenia mineralnego, dawało nieco niższe plony ziarna jak na wyłącznym nawożeniu mineralnym i blisko dwukrotnie niższe jak na podobnej dawce obornika (tab. 2). Najwyższe plony przy nawożeniu osadem podobne jak na oborniku, osiągnięto stosując uzupełniające nawożenie mineralne w wysokości ½ N i 1 K.

Tabela 2; Table 2

Plony ziarna (dkg·liz⁻¹) pszenicy jarej nawożonej osadem i zawartość w nich metali ciężkich w zależności od dawki osadu i uzupełniającego nawożenia mineralnego
Grain yields of spring wheat (dkg·liz⁻¹) fertilized with sludge and contents of heavy metals in it, depending on dose and complementary mineral fertilization

Obiekty Treatments	Plon ziarna Yield of grain	Metale ciężkie; Heavy metals (mg·kg ⁻¹ s.m.; DM)			
		Cd	Cu	Ni	Zn
NPK	7,99	0,18	4,65	0,36	85,00
Osad; Sludge (2 kg·liz ⁻¹)					
+ 0	6,48	0,21	3,92	0,31	72,70
+ NK	10,17	0,17	3,83	0,36	73,55
+ 0,5 N 1 K	13,94	0,11	3,38	0,60	67,45
+ 0,5 N 2 K	13,15	0,23	4,12	0,96	86,60
Obornik; FYM	13,80	0,05	4,82	0,10	52,30
NPK x 2	10,85	0,15	4,91	0,42	79,90
Osad; Sludge (4 kg·liz ⁻¹)					
+ 0	10,12	0,22	4,88	0,46	75,70
+ NK	11,29	0,16	4,65	0,31	75,75
+ 0,5 N 1 K	11,92	0,17	5,06	0,66	80,35
+ 0,5 N 2 K	9,47	0,18	4,73	0,60	67,75
Obornik x 2; FYM x 2	15,52	0,05	5,24	0,18	55,90

MAZUR [1996] w badaniach z osadami i kompostami stwierdza, że mimo tego, że w osadach przeważają formy azotu trudno hydrolizującego, jego wykorzystanie jest zadawalające (31–35%), a dodanie azotu mineralnego w zasadniczy sposób wzmaga efekt plonotwórczy. Okazało się nadto, że łączne stosowanie tych form nawożenia, daje w efekcie wzrost wykorzystania azotu o 59% i 79%. Brak oczekiwanego efektu nawozowego przy większych dawkach uzupełniającego nawożenia mineralnego i podwojonej dawce osadu może być związany z nagromadzeniem się związków fenolowych przy szybszym rozkładzie materii organicznej, czy też ze wzrostem jej zawartości wraz z podwójną ilością świeżego osadu, na co zwraca uwagę RESZEL i in. [1996] w doświadczeniach z ziemią spławiakową. CURYŁO i JASIEWICZ [1997] w badaniach dowodzą natomiast możliwości wzrostu toksyczności dla roślin Cd i Ni wraz ze wzrostem dodatkowego nawożenia mineralnego. W ziarnie pszenicy nawożonej osadem i nawozami mineralnymi nagromadzało się więcej Cd, Ni i Zn niż w ziarnie pszenicy nawożonej wyłącznie obornikiem. Podwojenie dawki nawożenia osadem nie zmieniło w znaczący sposób nagromadzenia się badanych metali w ziarnie pszenicy. Stwierdzona przez JURKOWSKĄ i in. [1996] możliwość zmian wielkości pobrań metali ciężkich z gleb skażonych pod wpływem nawożenia N, ma swe potwierdzenie w przedstawionych wynikach w przypadku Ni. Ograniczenie dawki N sprzyjało wzrostowi nagromadzenia w ziarnie tego metalu. W odróżnieniu od spostrzeżeń cytowanych przez autorki wraz ze wzrostem plonu nie spadała wielkość nagromadzenia badanych metali ciężkich.

Tabela 3; Table 3

Plony ziarna w ($\text{g}\cdot\text{waz}^{-1}$) pszenicy jarej nawożonej kompostami z osadu i zawartość w nich metali ciężkich w zależności od wielkości dawki i udziału komponentów

Grain yields of spring wheat ($\text{g}\cdot\text{pot}^{-1}$) fertilized with composts and contents of heavy metals in it depending on dose and composition

Obiekty; Treatments	Plon Yield	Metale ciężkie; Heavy metals ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.; DM)			
		Cd	Cu	Ni	Zn
NPK	33,72	0,09	2,48	0,18	77,79
Dawka 200 $\text{g}\cdot\text{wazon}^{-1}$; Dose 200 $\text{g}\cdot\text{pot}^{-1}$ Osad; Sludge	29,71	0,06	2,57	0,19	50,54
Komposty; Composts					
– ze słomą; with straw 0,5 : 5	30,53	0,08	3,10	0,14	55,54
– ze słomą; with straw 1 : 5	28,96	0,08	2,90	0,14	53,92
– z węglem brunat.; with b. coal 1 : 5	25,31	0,08	2,95	0,10	80,60
– z węglem brunat.; with b. coal 3 : 5	25,61	0,06	2,48	0,21	49,58
Dawka 400 $\text{g}\cdot\text{wazon}^{-1}$; Dose 400 $\text{g}\cdot\text{pot}^{-1}$ Osad; Sludge	29,84	0,05	3,34	0,21	51,89
Komposty; Composts					
– ze słomą; with straw 0,5:5	26,35	0,09	3,30	0,22	59,69
– ze słomą; with straw 1:5	27,05	0,08	3,24	0,11	53,84
– z węglem brunat.; with b. coal 1:5	23,10	0,06	2,84	0,07	46,36
– z węglem brunat.; with b. coal 3:5	23,17	0,06	2,48	0,21	49,58
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	3,42	0,028	0,848	0,067	12,37

W doświadczeniu wazonowym z osadem i kompostami, plony ziarna pszenicy na kompostach ze słomą i na osadzie nie różniły się w sposób udowodniony w większym stopniu (tab. 3). Najlepsze efekty w plonowaniu w stosunku do pełnego nawożenia mineralnego osiągnięto stosując komposty ze słomą w niższej dawce. Najniższe były natomiast plony na obiektach z nawożeniem kompostami z węglem brunatnym. Wydaje się, że fakt ten można przypisać znacznemu wzrostowi pojemności kationów wymiennych, co dowodzi w swych badaniach MACIEJEWSKA [1996].

Znaczny wzrost pojemności sorpcyjnej przy niedoborze K mógł ograniczająco wpłynąć na plon. Podobnie CIEĆKO i in. [1996], w doświadczeniach z pszenizytem, lepsze jak z węglem brunatnym efekty w plonowaniu, uzyskiwali stosując komposty bez jego udziału. Podwojenie dawki osadu i kompostów nie miało spodziewanego wpływu na plon ziarna pszenicy. Podobny efekt w swych badaniach z nawozami organiczno-mineralnymi w doświadczeniu wazonowym z owsem i kukurydzą, JASIEWICZ i CURYŁO [1996] tłumaczyli niedoborem składników mineralnych zwłaszcza K.

Przetworzenie osadów w komposty ze słomą i węglem brunatnym nie spowodowało udowodnionego zróżnicowania w nagromadzeniu Cd i Cu w ziarnie pszenicy. Można jedynie stwierdzić tendencję ograniczenia przejścia do plonu tego metalu poprzez kompostowanie z węglem brunatnym. Kompostowanie osadu z węglem brunatnym w proporcji 1 : 5 w sposób udowodniony ograniczało przejście Ni do plonu zarówno przy niższej jak i wyższej dawce nawozowej. Brak było natomiast wpływu kompostowania i wielkości stosowanej dawki na nagromadzenie się Zn w ziarnie pszenicy. Należy jednak zaznaczyć, że na obiekcie kontrolnym z nawożeniem mineralnym przy wyższych plonach, zawartości w nich badanych metali były podobne, a w przypadku Zn w sposób udowodniony wyższe.

Podobne spostrzeżenia o ograniczającym wpływie dodatku węgla brunatnego na nagromadzenie się Pb w ziarnie pszenicy przedstawia CIEĆKO i in. [1996]. W badaniach tych nie stwierdzono wraz ze wzrostem dawki, wzrostu nagromadzenia Pb w ziarnie.

W badaniach MAĆKOWIAKA i in. [1999] z nawożeniem ziemniaków kompostami z osadów ściekowych, podobnie jak w prezentowanych badaniach z pszenicą, stwierdzono mniejsze nagromadzenie Zn w plonie na obiektach nawożonych kompostem, w porównaniu z nawożeniem mineralnym. Fakty te pozwalają z jeszcze większym optymizmem przyjmować możliwość rolniczej utylizacji osadów ze ścieków komunalnych.

Wnioski

1. Nawożenie osadem z uzupełniającym nawożeniem mineralnym pozwoliło na osiągnięcie plonów ziarna pszenicy takich jak na oborniku, i w sposób udowodniony wyższych od uzyskiwanych na wyłącznie mineralnym nawożeniu.
2. Zawartości Cd, Cu, Ni i Zn w ziarnie pszenicy jarej nawożonej osadem były większe od znajdujących w plonach na oborniku, lecz nie różniły się w sposób udowodniony od znajdujących w plonach z wyłącznym nawożeniem mineralnym. Podwojenie dawki nawożenia i wzrost plonowania nie zmieniły w ziarnie zawartości badanych metali ciężkich.

3. Uzupełniające nawożenie N sprzyjało ograniczeniu pobierania Ni przez ziarno pszenicy.
4. Kompostowanie nie zmieniało wartości nawozowej osadu przy czym słoma wydaje się być lepszym komponentem od węgla brunatnego.
5. Przetworzenie osadów w komposty nie miało znaczącego wpływu na przechodzenie badanych metali ciężkich do ziarna pszenicy. Jedynie w przypadku kompostu z węglem brunatnym dodawanym w stosunku wagowym jak 1 : 5, można wnioskować o ograniczającym wpływie tego komponentu na nagromadzenie się Ni w ziarnie.

Literatura

ANONIM 1997. *Ustawa z dnia 27 czerwca 1997 r. o odpadach*. Dz. U. nr 96, poz. 592 z późn. zm.

ANONIM 1999. *O wykorzystaniu osadów dla celów nieprzemysłowych*. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 11 sierpnia 1999 r. Dz. U. nr 72, poz. 813.

BUTTEWORTH B. 1998. *Waste in next millenium*. Resource Vol. 5(7): 11–12.

CIEĆKO Z., WYSZKOWSKI M., ŻOŁNOWSKI A., PIOTROWSKA G. 1996. *Ocena przydatności węgla brunatnego i kompostu do neutralizacji skażenia gleby ołowiem*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 109–116.

CURYŁO T., JASIEWICZ C. 1997. *Porównanie działania nawozów mineralnych i organiczno-mineralnych na pobieranie oraz toksyczność kadmu i niklu dla roślin*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 448a: 45–52.

HENEKLAUS S., HARMS H., KLASA A., NOWAK G.H., SCHUNG E., WIERZBOWSKA J. 1996. *Zawartość niektórych makro- i mikropierwiastków w osadach oczyszczalni ścieków północno-wschodniej Polski oraz dużych aglomeracji miejskich*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 185–190.

JASIEWICZ C., CURYŁO T. 1996. *Ocena wartości nawozowej Plonofoski „W” w warunkach doświadczenia wazonowego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 201–207.

JURKOWSKA H., ROGOŹ A., WOJCIECHOWICZ T. 1996. *Fitotoksyczność Cu, Zn, Pb i Cd w zależności od rodzaju nawozu azotowego*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 955–959.

MACIEJEWSKA A. 1996. *Wykorzystanie węgla brunatnego do poprawy rolniczych walo-
rów gleb*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 369–373

MAĆKOWIAK C. 1996. *Nawozowa użyteczność osadów ściekowych w świetle badań IUNG*. Mat. konf. pt. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”. Puławy-Lublin-Jeziórko. Wyd. Ekoinżynieria, Lublin: 35–41.

MAĆKOWIAK Cz., ŻEBROWSKI J., GIERGIELEWICZ B. 1999. *Wartość nawozowa kompostów produkowanych według technologii spółki wodno-ściekowej „Gwda” Pita-Lesz-
ków*. Mat. konf. pt. „Kompostowanie i użytkowanie kompostu”, 16–18 VI 1999, Puławy-Warszawa. Wyd. Ekoinżynieria, Lublin: 81–96.

MAZUR T. 1996. *Rozważania o wartości nawozowej osadów ściekowych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 13–23.

RESZEL S.R., BARAN S., RESZEL H. 1996. *Przydatność ziemi z osadników cukrowni do rekultywacji gleb*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437: 311–316.

SIUTA J. 1999. *Kompostowanie i wartości użytkowe kompostu*. Mat. konf. pt. „Kompostowanie i użytkowanie kompostu”, 16–18 VI 1999, Puławy-Warszawa. Wyd. Ekoinżynieria, Lublin: 7–21.

URBANIAK M. 1997. *Przerób i wykorzystanie osadów ze ścieków komunalnych*. Wydawnictwo Ekoinżynieria, Lublin: 80 ss.

Słowa kluczowe: komposty, metale ciężkie, osady ściekowe, pszenica jara

Streszczenie

W doświadczeniach lizymetrycznych i wazonowych określono wartość nawozową w nawożeniu pszenicy jarej, osadu świeżego z biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych, przy zastosowaniu uzupełniającego nawożenia mineralnego, a także po przekompostowaniu go ze słomą lub węglem brunatnym w różnych proporcjach. Badano również wpływ stosowanego nawożenia na nagromadzenie się w ziarnie Cd, Cu, Ni i Zn.

Osad świeży z uzupełniającym nawożeniem mineralnym pozwolił na osiągnięcie plonów podobnych jak na oborniku i wyższych od uzyskanych na wyłącznym nawożeniu mineralnym. Zawartości Cd, Cu i Zn w ziarnie z obiektów nawożonych osadem nie różniły się w sposób udowodniony od znajdujących w plonach z obiektów z nawożeniem mineralnym. Podwojenie dawki osadu nie zwiększało nagromadzenia w ziarnie badanych metali. Uzupełniające nawożenie N sprzyjało ograniczeniu przejścia Ni do ziarna. Kompostowanie nie zmianało wartości nawozowej osadu i wielkości nagromadzanych w ziarnie badanych metali ciężkich.

EFFECT OF FERTILIZATION WITH SEWAGE SLUDGE AND SLUDGE COMPOSTS ON YIELD AND HEAVY METAL CONTENTS IN SPRING WHEAT

Borys Hryńczuk, Ryszard Weber, Bogdana Runowska-Hryńczuk
Department Tillage and Fertilization Techniques,
Institute of Soil Science and Crop Cultivation, Puławy

Key words: composts, heavy metals, sewage sludge fertilization, spring wheat

Summary

In lysimeter and pot experiments, fertilization value of fresh sewage sludge from municipal sewage purification plant, supplemented with mineral fertilizers, was tested. The sludge composted with straw or brown coal in different proportions was also tested. The effect of fertilization on the accumulation of Cd, Cu, Ni, and Zn in grain was examined to.

Fresh sludge, supplemented with mineral fertilizers, enabled to achieve the

yields, similar as the farmyard manure, and higher than obtained on purely mineral fertilizers. The contents of Cd, Cu, and Zn in grain from the treatments supplied with sludge were not statistically different, to those on mineral fertilizers applied solely. Doubled sludge rate did not increase the accumulation of metals in grain. Supplementary N fertilization limited the of Ni transfer to grain. Composting did neither change the nutritive value of the sludge nor the concentration of heavy metals in grain.

Dr inż. Borys Hryńczuk
Zakład Technik Uprawy Roli i Nawożenia
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
ul. Łąkowa 2
55-230 JELCZ-LASKOWICE