

OCENA PRZYDATNOŚCI OSADÓW ŚCIEKOWYCH W NAWOŻENIU ROŚLIN

Monika JAKUBUS

Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu, Katedra Gleboznawstwa

Słowa kluczowe: gorczyca, łubin, nawożenie, osad ściekowy z mechanicznej i mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków

Streszczenie

W doświadczeniu wazonowym badano wpływ osadów ściekowych na plon i skład chemiczny roślin. Osady pochodzące z mechanicznej oraz mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków dawowano do gleby, biorąc pod uwagę ilość azotu dostarczaną do wazonu. Wynosiła ona 2 g. Doświadczenie założono na glebie lekkiej, a roślinami testowymi były gorczyca biała (*Sinapis alba* L.) odmiany Nakielska oraz łubin biały (*Lupinus albus* L.) odmiany Bardo. Rośliny do badań pobrano w fazie pełnej dojrzałości.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że w zależności od metody oczyszczania, osady dodane do gleby odmiennie kształtowały plony oraz skład roślin. Nawożenie osadem z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej zwiększyło plon gorczycy, natomiast nawożenie osadem z oczyszczalni mechanicznej zwiększyło plon łubinu. Nawożenie osadami ściekowymi spowodowało małe zmiany składu chemicznego roślin, zwłaszcza zawartości metali ciężkich. Jedynie osad z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej wywołał znaczące różnice w zawartości składników w roślinach, głównie siarki i azotu.

WSTĘP

W Polsce ciągle jedną z najczęściej stosowanych metod zagospodarowania osadów ściekowych, oprócz spalania, jest ich składowanie [BARAN, 1998]. Taki sposób postępowania jest nieracjonalny, ponieważ osady ściekowe zawierają duże ilości substancji organicznej oraz składników pokarmowych. Rozważając rolniczą

Adres do korespondencji: dr inż. M. Jakubus, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego, Katedra Gleboznawstwa, ul. Szydlowska 50, 60-656 Poznań; tel. +48 (61) 848-73-88, e-mail: monja@owl.au.poznan.pl

przydatność osadów ściekowych należy mieć na uwadze ich rolę w utrzymaniu dodatniego bilansu materii organicznej, co jest szczególnie istotne obecnie, w warunkach spadku produkcji nawozów naturalnych [MAZUR, 2000], oraz ich silne plonotwórcze działanie, wynikające z dużej zawartości makroskładników, w tym azotu, fosforu, magnezu i siarki, porównywalnej z ich ilością w oborniku, a często ją przewyższającej [Bolton za BARAN, 1995; KALEMBASA, 2003]. Wynika z tego, że osady ściekowe mają właściwości nawozu i powinno się dążyć do ich większego niż obecnie stosowania w rolnictwie.

W związku z tym, podjęto badania mające na celu określenie przydatności osadów ściekowych do nawożenia roślin. Wykorzystane w pracy osady pochodziły z dwóch typów oczyszczalni ścieków, tj. mechaniczno-biologicznej, zlokalizowanej w Szamotułach, oraz mechanicznej, z terenu miasta Poznań.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenie przeprowadzono w hali wegetacyjnej, w wazonach typu Mitscherlicha, o pojemności 6,5 kg suchej masy gleby. Glebę wykorzystaną w doświadczeniu pobrano z poziomu próchnicznego gleby płowej. Charakteryzowała się ona następującymi właściwościami chemicznymi: pH w 1 mol·dm⁻³ KCl – 6,2, zawartość węgla organicznego – 7,8 g·kg⁻¹, zawartość azotu ogólnego – 0,8 g·kg⁻¹.

Doświadczenie obejmowało 3 kombinacje nawozowe: nawożenie NPK (obiekt kontrolny), nawożenie osadem z oczyszczalni mechanicznej (OM) oraz nawożenie stabilizowanym tlenowo osadem z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej (OB). Każdą kombinację wykonywano w 7 powtórzeniach, a wyniki prezentowane w niniejszym opracowaniu są średnimi z nich.

Nawożenie mineralne wykonano stosując na 1 wazon 0,5 g N w formie NH₄NO₃, 0,5 g P w formie NaH₂PO₄ oraz 0,3 g K w formie KCl.

Osady ściekowe dawkowano tak, aby ilość azotu wprowadzonego na wazon wynosiła 2 g, w związku z czym dostarczano z nimi zróżnicowane ilości pozostałych składników (tab. 1). W kombinacjach z osadami ściekowymi dodatkowo zastosowano nawożenie potasem w formie KCl, w ilości 0,3 g K na wazon, ponieważ osady zawierają niewielkie ilości tego składnika.

Roślinami testowymi były gorczyca biała (*Sinapis alba* L.) odmiany Nakielska oraz łubin biały (*Lupinus albus* L.) odmiany Bardo. Rośliny do badań pobrano w fazie pełnej dojrzałości. W zebranych próbkach roślinnych oddzielnie analizowano nasiona oraz słomę, na którą składały się łodygi, liście i łupiny owocowe.

Podstawowe właściwości osadów oznaczono metodami powszechnie stosowanymi w analizie chemiczno-rolniczej. Azot ogólny określono metodą Kjeldahla, azot amonowy – metodą destylacyjną po wcześniejszej ekstrakcji roztworem NaCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³, a węgiel organiczny – metodą Lichtelfelde w mieszaninie roztworu K₂Cr₂O₇ o stężeniu 2 mol·dm⁻³ i stężonego kwasu siarkowego. Zawarto-

Tabela 1. Ilości składników wprowadzone do gleby wraz z osadami ściekowymi**Table 1.** Amounts of nutrients introduced into the soil with sewage sludges

Właściwości Properties	OM	OB
	g w wazonie	g per pot
Świeża masa Fresh weight	404,0	210,0
Sucha masa Dry weight	111,7	40,3
N	2,0	2,0
C _{org}	27,8	13,4
P	3,08	1,10
K	0,36	0,15
S	1,20	0,28
	mg w wazonie	mg per pot
Cr	27,58	6,41
Cu	41,87	19,7
Cd	0,97	1,86
Zn	16,86	8,87
Pb	10,94	5,04

Objaśnienia: OM – osad z mechanicznej oczyszczalni ścieków; OB – osad z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków.

Explanations: OM – sewage sludge from mechanical treatment plants, OB – sewage sludge from mechanical-biological treatment plants.

ści makroskładników w osadach i materiale roślinnym oznaczano w ten sam sposób: potasu i wapnia – metodą emisyjnej spektrometrii atomowej (ESA), magnezu – metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA). Przed bezpośrednim oznaczeniem, próbki poddawano mineralizacji w temperaturze 450°C, a pozostałość rozpuszczano w roztworze HCl o stężeniu 3 mol·dm⁻³. Siarkę ogólną oznaczano metodą turbidimetryczną z BaCl₂, a fosfor – metodą kolorymetryczną z metawandaniem (V) amonu.

Ogólne ilości metali ciężkich w osadach oraz materiale roślinnym oznaczano metodą absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej (ASA), po uprzedniej mineralizacji próbek w temperaturze 450°C i rozpuszczeniu pozostałości materiału roślinnego w roztworze HCl o stężeniu 3 mol·dm⁻³ oraz ekstrakcji pozostałości osadów wodą królewską (mieszanina HCl i HNO₃ w stosunku 3 : 1) w temperaturze 80°C.

WYNIKI I DYSKUSJA

Sposób oczyszczania ścieków miał zasadniczy wpływ na niektóre właściwości chemiczne osadów ściekowych, co szczególnie wyraźnie zaznaczyło się w przypadku zawartości suchej masy, materii organicznej, węgla organicznego oraz azotu

amonowego (tab. 2). Oceniając przydatność nawozową osadów ściekowych bierze się pod uwagę głównie zawartość składników pokarmowych oraz dynamikę ich rozkładu w glebie. Tempo tego procesu zależy między innymi od wartości C : N oraz ilości azotu amonowego. Wartości tych parametrów były znacznie większe w przypadku osadu pochodzącego z oczyszczalni mechanicznej (tab. 2). Było to przyczyną zróżnicowania wpływu badanych osadów na kształtowanie plonu oraz składu chemicznego roślin.

Tabela 2. Charakterystyka osadów ściekowych wykorzystanych w doświadczeniu

Table 2. Characteristics of sewage sludges used in experiment

Właściwości Properties	OM	OB
Sucha masa, % Dry matter, %	27,6	19,2
pH (H ₂ O)	7,8	6,8
N _{og} , g·kg ⁻¹ s.m. N _{tot} , g·kg ⁻¹ DM	17,9	49,6
N-NH ₄ , mg·kg ⁻¹ s.m. mg·kg ⁻¹ DM	3400,0	78,0
Materia organiczna, g·kg ⁻¹ s.m. Organic matter, g·kg ⁻¹ DM	472,0	720,0
C _{org} , g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	249,0	333,2
C:N	13,9	6,7
P, g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	27,6	27,6
K, g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	3,3	3,6
Ca, g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	19,3	23,6
Mg, g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	6,0	6,0
S, g·kg ⁻¹ s.m. g·kg ⁻¹ DM	11,0	7,0
Cr, mg·kg ⁻¹ s.m. mg·kg ⁻¹ DM	247,0	159,0
Cu, mg·kg ⁻¹ s.m. mg·kg ⁻¹ DM	375,0	488,0
Cd, mg·kg ⁻¹ s.m. mg·kg ⁻¹ DM	8,7	4,6
Zn, mg·kg ⁻¹ s.m. mg·kg ⁻¹ DM	151,0	220,0
Pb, mg·kg ⁻¹ s.m. mg·kg ⁻¹ DM	98,0	125,0

Objaśnienia jak pod tabelą 1.

Explanations as in Tab. 1.

Na podstawie plonu nasion gorczycy i łubinu potwierdzono plonotwórczą rolę obu osadów, chociaż była ona inna w przypadku każdej z badanych roślin (tab. 3).

W przypadku gorczycy największy plon nasion (12,0 g na wazon) stwierdzono na kombinacji z osadem z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej. W stosunku do plonów z obiektów nawożonych NPK i OM był on większy odpowiednio o 64,4 i 81,8%. Odmienne zareagował łubin – największy plon nasion wydał na obiektach nawożonych osadem z oczyszczalni mechanicznej. Przyrost plonu nasion łubinu nawożonego tym osadem wynosił 52,4 i 65,5% w porównaniu z plonem uży-

Tabela 3. Wpływ nawożenia NPK i osadami ściekowymi na plon roślin**Table 3.** The influence of NPK and sewage sludge fertilization on plants yield

Nawożenie Fertilisation	Plon, g na wazon				Yield, g per pot	
	gorczycy mustard		łubinu lupine		nasion seeds	słomy straw
	nasion seeds	słomy straw	nasion seeds	słomy straw		
NPK	7,3	24,1	5,8	17,9		
OM	6,6	23,3	9,6	22,4		
OB	12,0	19,0	6,3	19,3		
NIR $p < 0,05$	1,23	r.n.	2,19	r.n.		
LSD, $p < 0.05$		n.s.		n. s.		

Objaśnienia: r.n. – różnice nieistotne, pozostałe jak pod tabelą 1.

Explanations: n.s. – not significant, other as in Tab. 1.

skanym na obiektach nawożonych odpowiednio osadem z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej oraz NPK.

O zróżnicowanym działaniu nawozowym osadów ściekowych na plon różnych roślin świadczą prace KUZIEMSKIEJ i KALEMBASY [1997], FILIPEK-MAZUR, MAZURA i GADEK [2002], REBAH, PREVOST i TYAGI [2003], WÓJCIKOWSKIEJ-KAPUSTY, BARANA i KRZYWEGO [2002] oraz DRABA, WĘCLEWSKIEGO i DŁUGOSZA [2004]. Generalnie, niezależnie od roślin testowych oraz rodzaju zastosowanych osadów, autorzy ci wskazują, że większe plony ziarna czy suchej masy roślin uzyskano pod wpływem stosowania osadów ściekowych niż pod wpływem nawożenia mineralnego.

Konsekwencją nawożenia osadami ściekowymi powinny być również zmiany w składzie chemicznym roślin, te jednak były nieznaczne. Generalnie składniki pokarmowe zawarte w osadach w stosunkowo małym stopniu oddziaływały na skład chemiczny zarówno słomy (tab. 4), jak i nasion roślin (tab. 5). Różnice zawartości makroelementów w słomie wynikały bardziej z różnic gatunkowych między gorczycą i łubinem niż z typu zastosowanego osadu ściekowego. W tym aspekcie podkreślenia wymaga mała zawartość fosforu w słomie roślin, wynosząca w przypadku gorczycy 0,4 i 1,4 g·kg⁻¹ s.m., a w przypadku łubinu – 0,6 i 2,5 g·kg⁻¹ s.m. na obiektach nawożonych odpowiednio osadami OM i OB (tab. 4). Spośród badanych makroskładników, rośliny w słomie kumulowały najwięcej siarki. Wyrazem tego było zwiększenie jej ilości (o 38–61% w przypadku gorczycy i o 93,2–95,5% w przypadku łubinu) na obiektach nawożonych osadami ściekowymi w stosunku do obiektów kontrolnych.

Osad z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej w większym stopniu wpływał na zwiększenie zawartości badanych makroskładników w roślinach. O tendencji takiej szczególnie wyraźnie świadczą dane dotyczące ilości azotu i siarki w nasionach łubinu (tab. 5). W nasionach łubinu nawożonego tym osadem odnotowano

Tabela 4. Wpływ nawożenia NPK i osadami ściekowymi na skład chemiczny słomy**Table 4.** The influence of NPK and sewage sludges fertilization on chemical composition of straw

Składnik Nutrient	Zawartość, g·kg ⁻¹ s.m. Content, g·kg ⁻¹ d.m.					
	w gorczycy nawożonej in fertilised mustard			w łubinie nawożonym in fertilised lupine		
	NPK	OM	OB	NPK	OM	OB
N	5,0	5,3	6,0	9,7	7,9	9,3
P	0,6	0,4	1,4	2,6	0,6	2,5
S	4,4	6,1	7,1	4,4	8,5	8,6
Mg	2,1	2,1	2,8	4,4	3,9	8,6
Ca	17,4	20,6	20,7	15,5	16,8	14,9

Objaśnienia jak pod tabelą 1.

Explanations as in Tab. 1.

Tabela 5. Wpływ nawożenia NPK i osadami ściekowymi na skład chemiczny nasion roślin**Table 5.** The influence of NPK and sewage sludge fertilization on the chemical composition of plant seeds

Składnik Nutrient	Zawartość, g·kg ⁻¹ s.m. Content, g·kg ⁻¹ d.m.						NIR, $p < 0,05$ dla LSD, $p < 0.05$ for	
	w gorczycy nawożonej in fertilised mustard			w łubinie nawożonym in fertilised lupine			nawożenia fertilisation	roślin plants
	NPK	OM	OB	NPK	OM	OB		
N	41,1	42,9	44,4	31,3	32,7	35,7	1,80	1,47
P	10,9	11,0	11,0	15,0	13,5	14,7	0,55	0,45
S	10,8	10,5	11,4	3,9	4,1	5,5	0,86	0,70
Mg	3,6	3,4	3,4	2,4	2,9	2,5	r.n. n.s.	r.n. n.s.
Ca	5,2	5,1	5,1	3,5	3,4	3,6	r.n. n.s.	0,24

Objaśnienia jak pod tabelą 1.

Explanations as in Tab. 1.

zwiększenie się zawartości azotu o 14%, a siarki o 41% w stosunku do ilości tych składników w nasionach łubinu uprawianego w warunkach nawożenia mineralnego.

W aspekcie rolniczej przydatności osadów, istotny jest stopień wykorzystania składników przez rośliny. Różne tempo mineralizacji osadów ściekowych determinuje inny stopień uwalniania, a co za tym idzie, dostępności składników pokarmowych dla roślin. Spośród badanych pierwiastków biogennych, w stosunkowo najmniejszym stopniu wykorzystaniu z osadów przez rośliny podlegał fosfor. Największe wykorzystanie tego składnika, wynoszące w przypadku gorczycy i łubinu odpowiednio 18,8 i 26,8%, odnotowano na obiekcie kontrolnym. Zdecydowanie mniejsze wykorzystanie fosforu przez rośliny stwierdzono w odniesieniu do osadów

dów ściekowych, przy czym z osadu biologicznego było ono większe i w przypadku gorczycy wynosiło 14,4%, a łubinu – 13,2%. Również azot był najlepiej wykorzystany przez rośliny nawożone mineralnie – w przypadku gorczycy w 84,4%, a łubinu w 71,2%. Wykorzystanie tego składnika przez obie rośliny testowe nawożone osadem z oczyszczalni mechanicznej wynosiło 20,1–24,5%, a osadem z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej – 20,2–32,2%. Podkreślić należy, że wykorzystanie siarki przez rośliny z osadów ściekowych było większe niż z nawozów mineralnych. W przypadku gorczycy nawożonej osadem z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej wynosiło ono 12,1%, a w przypadku łubinu uprawianego na glebie wzbogaconej osadem z oczyszczalni mechanicznej – 9,9%. Wykorzystanie tego składnika z nawozów mineralnych przez gorczycę i łubin określono odpowiednio na 8,9 oraz 6,2%.

Tendencję mniejszego wykorzystania z osadów ściekowych fosforu niż azotu potwierdzają w swoich badaniach KALEMBASA i KUZIEMSKA [1999]. Jednocześnie przytoczone przez tych autorów wartości współczynników wykorzystania obu składników były porównywalne z uzyskanymi w niniejszych badaniach. Z badań zaprezentowanych przez SKOWROŃSKĄ, WIATER i DEBICKIEGO [1999] wynika, że wykorzystanie przez żyto azotu i fosforu z osadów ściekowych jest mniejsze niż z obornika. Przyczyną stosunkowo małego wykorzystania fosforu z osadów ściekowych przez rośliny jest prawdopodobnie występowanie tego pierwiastka w formach trudno rozpuszczalnych, a co za tym idzie trudno dostępnych dla roślin [Schaffer, za KUZIEMSKĄ i KALEMBASĄ, 1997b]. Mała podatność osadów ściekowych na rozkład [CZEKAŁA, 2002] może także wpływać na niewielkie zmiany ilości fosforu, wapnia i magnezu w składzie roślin. Małe ilości wapnia w składzie analizowanych roślin zanotowane w niniejszych badaniach potwierdzają wyniki badań KUZIEMSKIEJ i KALEMBASY [1997b] oraz DRABA, WĘCLEWSKIEGO i DŁUGOSZA [2004].

W zdecydowanie wyraźniejszy sposób osady ściekowe oddziaływały na kumulację i wykorzystanie przez rośliny siarki. Jak już wspomniano, zawartości siarki i jej wykorzystanie były większe w przypadku roślin uprawianych na glebie z dodatkiem osadów ściekowych. Podobne wyniki uzyskał KACZOR [2002] w odniesieniu do jęczmienia jarego nawożonego ściekami miejskimi.

Przydatność rolnicza osadów ściekowych w znacznym stopniu zależy od ich wpływu na ekosystem glebowy oraz rośliny. Wynika to z faktu, iż w składzie chemicznym osadów ściekowych występują toksyczne substancje, stanowiące barierę w ich przyrodniczym użytkowaniu. Dotyczy to głównie metali ciężkich, w tym pierwiastków niebędących składnikami pokarmowymi, takich jak: nikiel, ołów, kadm, chrom. Również ponadnormatywne ilości mikroelementów niezbędnych dla roślin, przede wszystkim miedzi i cynku, mogą mieć niekorzystny wpływ na plon i jakość roślin. W związku z tym, że rośliny na ogół pobierają pierwiastki w ilości wprost proporcjonalnej do ich zawartości w glebie, właściwe jest określenie zdolności roślin do bioakumulacji metali, w postaci wskaźnika informującego o wiel-

Tabela 6. Wpływ nawożenia NPK i osadami ściekowymi na zawartość metali ciężkich w słomie i nasionach roślin ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) oraz współczynniki bioakumulacji

Table 6. The influence of NPK and sewage sludges fertilisation on heavy metal content ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in straw and seeds and bioaccumulation coefficients

Nawożenie Fertilisation	Zn		Cu		Pb		Cd		Ni		Cr	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Słoma Straw												
Gorzycyca Mustard												
NPK	52,9	1,1	3,6	0,7	2,8	0,12	0,36	0,2	2,3	0,9	0,7	0,1
OM	89,9	1,3	5,2	0,3	2,9	0,11	0,46	0,2	2,7	0,6	1,2	0,1
OB	125,0	2,5	4,4	1,5	5,3	0,20	0,45	0,2	2,2	0,6	0,8	0,1
Łubin Lupine												
NPK	61,1	1,5	5,2	0,9	6,1	0,2	0,65	0,2	3,0	1,8	3,5	0,7
OM	78,2	1,4	5,9	0,4	3,6	0,2	0,60	0,2	2,9	1,0	3,9	0,4
OB	49,1	0,9	7,9	1,3	1,9	0,1	0,62	0,2	2,6	1,8	0,7	0,1
Nasiona Seeds												
Gorzycyca Mustard												
NPK	75,3	1,6	7,6	1,5	4,5	0,2	0,35	1,8	1,1	0,3	1,2	0,2
OM	73,4	1,1	7,6	0,4	3,5	0,1	0,45	1,0	1,5	0,3	1,6	0,1
OB	71,1	1,5	7,2	1,1	3,4	0,1	0,36	0,36	1,6	0,4	1,5	0,2
Łubin Lupine												
NPK	73,1	1,8	8,3	1,5	3,6	0,1	0,22	0,08	2,1	1,3	1,4	0,3
OM	86,0	1,5	8,8	0,5	2,5	0,1	0,24	0,08	4,3	2,6	1,0	0,09
OB	73,8	1,4	6,9	1,0	2,9	0,1	0,24	0,08	2,2	0,6	1,1	0,2

Objaśnienia: a – zawartość metalu, b – współczynnik bioakumulacji, pozostałe objaśnienia jak pod tabelą 1.

Explanations: a – concentration of metal in plants, b – bioaccumulation coefficient, other as in Tab. 1.

kości i szybkości przemieszczania się metalu z gleby do części nadziemnej roślin [JASIEWICZ, ANTONKIEWICZ, 2000].

Zawartości badanych metali stwierdzone w słomie i nasionach, zarówno gorzycy, jak i łubinu, nie były w wyraźny sposób zróżnicowane osadami wykorzystanymi w doświadczeniu. Większe różnice zawartości każdego z tych pierwiastków wystąpiły między analizowanymi roślinami niż stosowanymi rodzajami nawożenia (tab. 6). O braku reakcji roślin testowych na nawożenie którymkolwiek z zastosowanych osadów (tab. 6) świadczą także zmienne, bez określonego kierunku, wartości współczynników bioakumulacji.

Koncentracja cynku zarówno w słomie, jak i nasionach gorzycy i łubinu była największa spośród wszystkich analizowanych metali, największe były także wartości współczynników bioakumulacji cynku.

Wspólną cechą obu roślin testowych była znacznie większa zawartość miedzi w nasionach w porównaniu z jej ilością w słomie. Średnio dla obiektów nawożo-

wych wynosiła ona: w nasionach gorczycy – 7,5, w słomie - 4,4 mg·kg⁻¹, a w przypadku łubinu – odpowiednio: 8,0 mg·kg⁻¹ i 6,3 mg·kg⁻¹. Jednocześnie nie zaobserwowano, aby dodatek osadów ściekowych do gleby sprzyjał nadmiernej kumulacji pierwiastków działających na rośliny toksycznie, tzn. Cd, Pb, Cr i Ni.

Zawartość analizowanych metali w roślinach zależała z jednej strony od wymagań pokarmowych roślin, a z drugiej – od typu połączeń w jakich metale występują w osadach [JAKUBUS, CZEKAŁA, 2001]. Podobny punkt widzenia zaprezentował BARAN [1995]. Niezależnie od tego, nie został udokumentowany w sposób jednoznaczny wpływ osadów ściekowych na ilości metali gromadzonych w organach roślin testowych, mimo iż dane literaturowe wskazują na większe pobieranie mikroelementów, głównie cynku, przez rośliny w warunkach nawożenia osadami ściekowymi [WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA, BARAN, KRZYWY, 2002; PALAZZO, CARY, HARDY, LEE, 2003]. Wartości współczynników bioakumulacji, znacznie wyższe od prezentowanych przez WÓJCIKOWSKĄ-KAPUSTĘ, BARANA i KRZYWEGO [2002], również ani nie wykluczyły, ani też nie potwierdziły jednoznacznie roli osadów ściekowych w kumulacji metali ciężkich w organach roślin testowych.

WNIOSKI

1. Nawożenie osadem z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków przyczyniło się do uzyskania większego plonu nasion gorczycy, natomiast dodatek do gleby osadu z oczyszczalni mechanicznej spowodował uzyskanie większego plonu łubinu.

2. Zanotowano większą zawartość siarki w słomie oraz większe ilości azotu i siarki w nasionach roślin nawożonych osadem z oczyszczalni mechaniczno-biologicznej w porównaniu z tymi zawartościami określonymi w roślinach uprawianych w warunkach nawożenia osadem z oczyszczalni mechanicznej.

3. Rośliny z badanych osadów ściekowych w najwyższym stopniu wykorzystywały siarkę.

4. Zastosowane w doświadczeniu osady ściekowe nie wpływały znacząco na skład chemiczny badanych roślin, w tym na zawartość metali ciężkich w nasionach i słomie roślin.

LITERATURA

- BARAN S., 1995. Przemieszczanie się metali ciężkich do roślin w warunkach nawożenia gleb osadami ściekowymi. *Chemia Inż. Ekolog.* 2 1 s. 23–35.
- BARAN S., 1998. Możliwości wykorzystania odpadów organicznych do rekultywacji i użyzniania gleb. *Chemia Inż. Ekolog.* 5 s. 9–31.
- CZEKAŁA J., 2002. Wybrane właściwości osadów ściekowych z oczyszczalni regionu Wielkopolski. Cz. 2. Zawartość węgla i azotu we frakcjach związków próchnicznych. *Acta Agrophys.* 70 s. 83–90.

- DRAB M., WĘCLEWSKI S., DŁUGOSZ A., 2004. Działanie nawozowe osadu ściekowego z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni miasta Zielona Góra. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 499 s. 69–77.
- FILIPEK-MAZUR B., MAZUR K., GONDEK K., 2002. Zależność między pochodzeniem i terminem stosowania osadów ściekowych a plonowaniem kukurydzy i zawartością w niej metali ciężkich. Acta Agrophys. 70 s. 127–136.
- JAKUBUS M., CZEKAŁA J., 2001. Heavy metal speciation in sewage sludge. Pol. J. Env. St. 10 s. 245–250.
- JASIEWICZ Cz., ANTONKIEWICZ J., 2000. Ekstrakcja metali ciężkich przez rośliny z gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 472 s. 331–339.
- KACZOR A., 2002. Zawartość i pobranie siarki przez jęczmień w warunkach stosowania ścieków miejskich i soli mineralnych. Acta Agrophys. 70 s. 201–208.
- KALEMBASA S., KUZIEWSKA B., 1999. Wpływ dawki i terminu stosowania osadów na plon siana oraz wartość współczynników wykorzystania azotu i fosforu z osadów. Folia Univ. Agric. Stetin. 200 Agricult. 77 s. 121–124.
- KALEMBASA S., 2003. Rolnicze wykorzystanie osadów ściekowych. W: Substancje humusowe w glebach i nawozach. Pr. zbior. Red. B. Dębska, S.S. Gonet. Wrocław: PTSH s. 63-74.
- KUZIEWSKA B., KALEMBASA S., 1997a. Wpływ wapnowania, dawki i rodzaju osadów ściekowych oraz nawożenia NPK na plon, skład chemiczny roślin i gleby. Cz. 1. Plon roślin. Arch. Ochr. Środ. 23 1–2 s. 97–108.
- KUZIEWSKA B., KALEMBASA S., 1997b. Wpływ wapnowania, dawki i rodzaju osadów ściekowych oraz nawożenia NPK na plon, skład chemiczny roślin i gleby. Cz. 2. Zawartość w materiale roślinnym makroelementów. Arch. Ochr. Środ. 23 1–2 s. 109–126.
- MAZUR T., 2000. Rolnicza utylizacja stałych odpadów organicznych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 472 s. 507–516.
- PALAZZO AT, CARY T.J., HARDY S.E., LEE C.R., 2003. Root growth and metal uptake in four grasses grown on zinc-contaminated soils. J. Env. Quality 32 s. 834–840.
- REBAH F.B., PRREVEST D., TYAGI R.D., 2003. Growth of alfalfa in sludge amended soils and inoculated with rhizobia produced in sludge. J. Env. Quality 21 s. 1339–1348.
- SKOWROŃSKA M., WIATER J., DĘBICKI R., 1999. Plonowanie, zawartość w roślinie oraz bilans azotu, fosforu i potasu w zależności od sposobu stosowania osadów ściekowych i obornika. Folia Univ. Agric. Stetin. 200 Agricult. 77 s. 337–342.
- WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A., BARAN S., KRZYWY E., 2002. Wpływ nawożenia gleby lekkiej osadem ściekowym na wysokość plonów roślin uprawnych i zawartość w nich cynku. Acta Agrophys. 73 s. 339–347.

Monika JAKUBUS

THE ASSESSMENT OF THE USEFULNESS OF SEWAGE SLUDGE IN PLANT FERTILISATION

Key words: fertilisation, lupine, mustard, sewage sludges from mechanical and mechanical-biological treatment plants

Summary

In a pot experiment the influence of sewage sludge on the yield and chemical composition of plants was examined. Sludge originating from mechanical (MS) and mechanical-biological (BS)

treatment plants was dosed into the soil according to an equivalent amount of nitrogen, which was 2 g per pot. The experiment was carried out on the lessive soil and the test plants were white mustard 'Nakielska' and white lupine 'Bardo'. The plants were harvested in the growth stage of full maturity. Based on the results of the experiment it was concluded that irrespective of the purification method, sewage sludge added to the soil influenced the yield and chemical composition of plants in various ways. The addition of sludge from mechanical-biological treatment plants to the soil resulted in a higher yield of mustard seed, whereas the sewage sludge from mechanical treatment plants increased the yield of lupine. Changes in the chemical composition of plants were small under sewage sludge application, which was especially seen in the case of heavy metals. Only the application of the sewage sludge from mechanical-biological treatment plant gave significant differences in macronutrient (especially in sulphur and nitrogen) concentrations in plant organs.

Recenzenci:

prof. dr hab. Franciszek Czyżyk

prof. dr hab. Teofil Mazur

Praca wpłynęła do Redakcji 29.09.2005 r.