

rzystne warunki do wzrostu i rozwoju roślin. Proces mieszania osadów z alkaliami powoduje jednak emisję amoniaku z osadów do atmosfery i straty tego cennego składnika nawozowego, co może negatywnie odbijać się na wartości nawozowej otrzymanej mieszaniny [Kalembasa, Kalembasa 1997; Kalembasa, Wysokiński 1999]. Specyfika sezonowości nawożenia organicznego w konfrontacji z ciągłym procesem produkcji osadów ściekowych prowadzi do konieczności składowania osadów. Proces kompostowania i zachodzące w tym czasie przemiany związków zawartych w osadach mają znaczący wpływ na skład osadów, a tym samym przydatność w nawożeniu [Baran, Martyn 1996; Rosik-Dulewska 2001].

Celem niniejszej pracy jest ocena wartości nawozowej kompostowanych osadów ściekowych z mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków w Siedlcach i w Łukowie oraz ich mieszanin z CaO lub z alkalicznym popiołem z węgla brunatnego.

METODY

Świeże osady ściekowe z mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków, poddawane w końcowym procesie zagęszczania osadu metanowej fermentacji (osad z Siedlec) lub biologicznej stabilizacji (osad z Łukowa), mieszano z CaO lub z popiołem z węgla brunatnego w stosunku wagowym 2:1 suchej masy. Popiół z III filtra odpylenia spalin o pH 12,1 w 1 mol dm⁻³ KCl pochodził z węgla brunatnego pozyskanego w kopalni Bełchatów i spalonego w elektrociepłowni Pątnów. Tak przygotowane mieszaniny kompostowano przez trzy miesiące – od (1) maja do (1) sierpnia. Jednocześnie w celach porównawczych identycznym zabiegiem poddano obornik.

Wartość nawozową uzyskanej mieszaniny określono w doświadczeniu wazonowym, stosując 9 kg do wazonu utworu glebowego o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego pylastego o całkowitej zawartości węgla w związkach organicznych 9,20 g kg⁻¹, azotu całkowitego 0,63 g kg⁻¹ i pH w 1 mol dm⁻³ KCl – 4,0. Do wazonów wprowadzono po 1 kg osadów, obornika i ich mieszanin, tak aby udział nawozu stanowił 10 % w stosunku do ogólnej masy podłoża. W schemacie doświadczenia uwzględniono również obiekty obejmujące komponenty wchodzące w skład mieszanin – CaO i popiół z węgla brunatnego, a ich ilość wprowadzona do utworu glebowego odpowiadała średniej masie zastosowanej w mieszaninach. Doświadczenie wazonowe prowadzono przez trzy kolejne lata i w każdym roku dodatkowo do każdego wazonu wprowadzano 0,44 g P w postaci superfosfatu potrójnego granulowanego oraz 1,25 g K w postaci siarczanu potasu. Mieszaniny i nawożenie mineralne zasto-

sowano w terminie letnim (1 dekada sierpnia). Roślinami testowymi w I roku była trawa (Rajgras włoski) zbierana dwukrotnie, natomiast w II i III roku uprawiano kukurydzę i słonecznik pastewny, które zbierano w fazie „kwitnienia”. W zebranych materiale roślinnym oznaczono świeżą i suchą masę w 105°C metodą suszarkowo-wagową. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji, a wartości $NIR_{0,05}$ wyliczono z wykorzystaniem testu Tukeya.

WYNIKI

Czynnikiem w znacznym stopniu kształtującym wielkość uzyskanych plonów roślin jest nawożenie azotowe. Zawartość azotu w osadach ściekowych i mieszaninach wykorzystanych w doświadczeniu podano w tabeli 1. Na tle wyników uzyskanych przez Kalembsę i Kuziemską [1993] oraz Maćkowiaka [2000] kompostowane osady z oczyszczalni ścieków z Siedlec i Łukowa odznaczały się wysoką zawartością azotu, przewyższającą dwukrotnie zawartość tego pierwiastka w oborniku. Składowane osady i obornik z dodatkiem CaO i popiołu z węgla brunatnego zawierały mniej azotu w porównaniu z osadami i obornikiem bez dodatków. W związku z tym ilość azotu wprowadzona do gleby z 1 kg osadów i obornika bez dodatków była wyższa niż ilość azotu wniesiona z taką samą ilością mieszaniny osadów i obornika z CaO lub z popiołem.

Tabela 1. Zawartość azotu w suchej masie osadów ściekowych i ich mieszanin kompostowanych przez 3 miesiące

Table 1. The content of nitrogen in the dry matter of waste activated sludges and their composted mixtures

Rodzaj nawozu Kind of fertilizers	Rodzaj dodatku Kind of additional substances	% s.m. % of d.m.	Azot, g kg ⁻¹ Nitrogen, g kg ⁻¹		Ilość azotu (N) wprowadzonego, g wazon ⁻¹ The amount of nitrogen introduced into the soil, g pot ⁻¹
			w świeżej masie in fresh matter	w suchej masie in dry matter	
Osad z Siedlec Waste from Siedlce	bez dodatku without addition	20,4	9,35	45,83	9,35
	CaO	32,7	7,39	22,60	7,39
	popiół ash	27,5	7,41	26,95	7,41
Osad z Łukowa Waste from Łuków	bez dodatku without addition	12,8	7,42	57,97	7,42
	CaO	22,6	6,24	27,63	6,24
	popiół ash	18,7	6,42	34,33	6,42
Obornik FYM	bez dodatku without addition	22,9	3,96	17,29	3,96
	CaO	36,4	3,18	8,74	3,18
	popiół ash	30,9	3,35	10,84	3,35

Tabela 2. Efektywność 1 g azotu (N) wprowadzonego do gleby, g s.m. na 1 g N

Table 2. The effectiveness of 1 g nitrogen introduced into soil

Nawożenie Fertilization		Ogółem w kolejnych latach Total in the years of experiment			Razem z 3 lat doświadczenia Sum of 3 years of experiment
		1-szy rok 1 st year	2-gi rok 2 nd year	3-ci rok 3 rd year	
Osad z Siedlec Waste from Siedlce	bez dodatku without addition	3,46	11,19	0,06	14,71
	CaO	2,30	9,84	0,98	13,12
	popiół ash	2,97	10,45	4,64	18,06
Osad z Łukowa Waste from Łuków	bez dodatku without addition	2,03	15,69	4,22	21,94
	CaO	2,21	12,74	-3,25	11,70
	popiół ash	3,00	9,76	0,31	13,07
Obornik FYM	bez dodatku without addition	1,83	18,14	1,82	21,79
	CaO	3,54	22,72	0,25	26,51
	popiół ash	4,39	16,43	9,96	30,78

Plony suchej masy roślin testowych (tab. 3) wykazywały istotne zróżnicowanie w zależności od zastosowanego nawozu i rodzaju dodatku. Wyjątek stanowił plon słonecznika uprawianego w III roku doświadczenia, który nie był istotnie uzależniony od badanych czynników. W I roku po zastosowaniu nawożenia osadami i obornikiem z dodatkiem popiołu otrzymano wyższe plony rajgrasu, wynoszące średnio 14,6 i 11,1 g kolejno dla I i II odrostu w porównaniu z plonami zbieranymi z obiektów nawożonych osadami i obornikiem bez dodatków, gdzie plon wynosił kolejno 10,5 i 8,8 g. Plony suchej masy kukurydzy i słonecznika nawożonych mieszaniną osadów lub obornika z popiołem były niższe niż plony zbierane z obiektów nawożonych osadami lub obornikiem bez dodatków.

Zarówno w I, II jak i III roku wegetacji stwierdzono niższe plony roślin uprawianych na osadach i oborniku z dodatkiem CaO w porównaniu z roślinami zbieranymi z obiektów nawożonych osadami i obornikiem bez dodatków lub z dodatkiem popiołu. W doświadczeniu odnotowano istotny wzrost plonów roślin pod wpływem zastosowanego nawożenia w porównaniu z obiektem kontrolnym. Najwyższe plony rajgrasu i kukurydzy uzyskano po zastosowaniu nawożenia osadem z Siedlec, natomiast słonecznik osiągnął najwyższy plon na obiektach nawożonych osadem z Łukowa. Plony roślin nawożonych obornikiem w I i II okresie wegetacji były niższe od plonów roślin uprawianych na osadach. W III roku doświadczenia plon kukurydzy nawożonej obornikiem był zbliżony do plonów uzyskanych po zastosowaniu osadu z Siedlec i istotnie wyższy w porównaniu z plonami zbieranymi z obiektów, gdzie stosowano osad z Łukowa. Wysoką, przewyższającą obornik, wartość nawozową osadów w odnie-

sieniu do wielkości uzyskiwanych plonów roślin podają również Kalembasa i in. [2001] oraz Filipek-Mazur [2002].

Tabela 3. Plon suchej masy roślin testowych, g wazon⁻¹
Table 3. The yield of tested plants, g pot⁻¹

Wyszczególnienie Specification		Rok doświadczenia Year of experiment					
		1-szy rok 1 st year		2-gi rok 2 nd year		3-ci rok 3 rd year	
		rajgras I pokos ryegras 1 st cut	rajgras II pokos ryegras 2 st cut	kuku- rydza maize	słone- cznik sunflo- wer	kuku- rydza maize	słone- cznik sunflo- wer
Obiekt kontrolny Control object		3,1	2,5	65,5	16,3	37,7	4,0
CaO		4,7	3,4	42,7	9,3	41,2	4,1
Popiół Ash		6,9	4,9	75,9	15,5	21,5	4,3
Osad z Siedlec Waste from Siedlce	bez dodatku without addition	23,7	14,2	136,3	50,0	37,9	4,4
	CaO	11,7	13,4	96,0	28,8	49,1	3,4
	popiół ash	19,8	13,9	126,5	42,3	55,9	4,3
Osad z Łukowa Waste from Łuków	bez dodatku without addition	9,4	11,3	139,8	58,4	56,3	3,4
	CaO	10,4	11,5	100,9	30,6	39,7	4,2
	popiół ash	17,4	13,6	116,4	37,6	43,6	4,3
Obornik FYM	bez dodatku without addition	5,7	7,1	123,1	30,5	44,8	4,1
	CaO	10,6	8,7	99,7	24,6	42,3	3,8
	Popiół ash	14,4	12,1	116,5	29,9	55,2	4,0
NIR _{0,05} dla LSD _{0,05} for:		0,8	0,6	6,9	1,2	1,8	ni ns
nawóz A fertilizers A		0,5	0,4	4,7	0,8	1,2	ni ns
dodatek B addition B		2,1	ni ns	ni ns	3,3	5,0	ni ns
interakcja A×B interaction A×B							

Najwyższą efektywność nawożenia 1 g azotu w I roku doświadczenia stwierdzono na obiekcie, gdzie stosowano osad z Siedlec bez dodatków (3,46 g) – tab. 2. W II roku najwyższy efekt 1 g azotu odnotowano po zastosowaniu obornika z dodatkiem CaO (22,72 g), natomiast w III roku i ogółem z trzech lat najwyższą efektywność nawożenia 1 g azotu osiągnięto na obiekcie nawożonym mieszaniną obornika z popiołem z węgla brunatnego, wynoszącą kolejno 9,96 i 30,78 g. Dodatek CaO do osadów ściekowych obniżył efektywność 1 g azotu, natomiast wpływ dodatku popiołu był niejednoznaczny i uzyskano zarówno wzrost, jak i spadek efektywności 1 g azotu wprowadzonego do gleby wraz z tymi mieszaninami w porównaniu z azotem wniesionym do gleby z osadami

bez dodatków. Uzależnione było to od sposobu stabilizacji osadów. Dodatek popiołu do osadów stabilizowanych tlenowo zmniejszył efekt 1 g N, natomiast z osadami po metanowej fermentacji spowodował wzrost plonu w przeliczeniu na 1 g N wprowadzonego do gleby.

WNIOSKI

1. Kompostowane osady ściekowe z dodatkiem CaO lub popiołu z węgla brunatnego posiadają mniejszą wartość nawozową mierzoną wielkością plonu roślin w porównaniu z osadami bez dodatków.

2. Efektywność 1 g azotu (N) wprowadzonego do gleby z kompostowaną mieszaniną osadów z CaO jest mniejsza od efektu 1 g azotu zastosowanego wraz z kompostowanymi osadami bez dodatków lub z dodatkiem popiołu z węgla brunatnego.

PIŚMIENNICTWO

- Baran S., Martyn W. 1996. Transformacja odpadów organicznych w komposty. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 429, 33–36.
- Czekała J., Jakubus M. 2002. Wybrane właściwości fizyczne i chemiczne osadów ściekowych z oczyszczalni województwa wielkopolskiego. Cz. II. Metale ciężkie i WWA. Materiały Konferencji Naukowej nt. Odpady organiczne a ochrona środowiska i produktywność agrocenozy. Lublin 11–13 czerwca.
- 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. Lublin 11–13 czerwca, 48–49.
- Gambuś F., Gorlach E., Grabowska M., Wieczorek J. 1996. Porównanie zawartości metali ciężkich w osadach ściekowych z oczyszczalni województwa krakowskiego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 437, 175–180.
- Kalembasa S., Kalembasa D. 1997. Wybrane chemiczne i biologiczne metody przeróbki osadów ściekowych. Biotechnologia 1, 36, 45–51.
- Kalembasa S., Kalembasa D., Kania R. 2001. Wartość nawozowa osadów ściekowych z wybranych oczyszczalni ścieków regionu siedleckiego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 475, 279–286.
- Kalembasa S., Kuziemska B. 1993. Wpływ pochodzenia i terminu stosowania osadów ściekowych na plon wybranych roślin uprawianych na glebie średniej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 409, 33–41.
- Kalembasa S., Wysokiński A. 1999. Wpływ dodatku do osadów ściekowych popiołu z węgla brunatnego i CaO na straty azotu z osadów i wartość nawozową mieszaniny. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Agricultura, 77 145–150.
- Maćkowiak Cz. 2000. Skład chemiczny osadów ściekowych i odpadów przemysłu spożywczego o znaczeniu nawozowym. Nawozy i Nawożenie 4, 131–143.
- Rosik-Dulewska Cz. 2000. Sanitation of wastewater sludge with mineral wastes as metals specification forms. Archiwum Ochrony Środowiska 26, 29–42
- Rosik-Dulewska Cz. 2001. Metale ciężkie i ich frakcje w osadach ściekowych higienizacyjnych popiołem z węgla brunatnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 477, 349–356.
- Siuta J. 2001. Gospodarka odpadami w środowisku. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 477, 275–285.