

Andrzej Wysokiński, Stanisław Kalembasa

WPŁYW DODATKÓW MINERALNYCH I ORGANICZNYCH DO OSADÓW ŚCIEKOWYCH ORAZ KOMPOSTOWANIA UZYSKANYCH MIESZANIN NA ICH WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI

Streszczenie. Badano wpływ mieszania osadów ściekowych z tlenkiem wapnia, popiołem z węgla brunatnego, słomą i trocinami oraz kompostowania otrzymanych mieszanin na zawartość w nich suchej masy, ogólnej zawartości azotu, węgla w związkach organicznych oraz na wartość pH. Zawartość suchej masy w mieszaninach osadów ściekowych ze wszystkimi komponentami była większa niż w samych osadach. Dodatek tlenku wapnia w większym stopniu niż dodatek popiołu z węgla brunatnego alkalizował osady ściekowe, powodując jednocześnie większe straty azotu. Dodatek słomy i trocin zmniejszył w uzyskanej mieszaninie zawartość azotu, ale nie powodował zmian odczynu osadów. Po dodaniu tlenku wapnia i popiołu do osadów uzyskano mieszaniny o mniejszej zawartości węgla w związkach organicznych niż w samych osadach. Mieszaniny osadów z trocinami i słomą zawierały więcej węgla w związkach organicznych niż same osady. Zmniejszenie zawartości węgla w związkach organicznych i ogólnej zawartości azotu w trakcie kompostowania mieszanin osadów z tlenkiem wapnia i trocinami było mniejsze niż w osadach z dodatkiem popiołu i trocin.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, tlenek wapnia, popiół z węgla brunatnego, słoma, trociny.

WSTĘP

Wykorzystanie osadów ściekowych jako nawozu pozwala na tanią ich utylizację oraz zwrot do gleby składników pokarmowych wynoszonych z plonami roślin [19]. Stosując te organiczne materiały odpadowe w rolnictwie można obniżyć koszty produkcji oraz zwiększyć opłacalność gospodarowania [6]. W krajach Unii Europejskiej rekomenduje się wykorzystanie osadów ściekowych jako nawozów organicznych ze względu na zawartość w nich substancji organicznej oraz składników pokarmowych dla roślin, a w szczególności azotu [2]. Unika się w ten sposób konieczności składowania osadów ściekowych, a substancja organiczna wprowadzana do gleby stanowi materiał wyjściowy do budowy złożonych związków próchnicznych. Zawartość substancji organicznej i składników pokarmowych dla roślin w osadach ściekowych jest uzależniona od rodzaju oczyszczanych ścieków oraz od stosowanych metod wydzielenia i zagęszczania osadu [3, 17].

Osady ściekowe mogą być wykorzystane do celów nawozowych, jeżeli nie zawierają nadmiernych ilości metali ciężkich, a także bakterii chorobotwórczych i żywych jaj pasożytów [16, 20]. Odpady te wytwarzane w większości oczyszczalni

Andrzej WYSOKIŃSKI, Stanisław KALEMBASA – Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Wydział Przyrodniczy, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, e-mail: kalembasa@uph.edu.pl, awysoki@uph.edu.pl, tel/fax (25) 6431287

ścieków na ogół zawierają niewielką ilość substancji szkodliwych, takich jak np. metale ciężkie [4, 13]. W celu wyeliminowania lub ograniczenia negatywnego wpływu osadów ściekowych na środowisko glebowe i rośliny poddaje się je różnorodnym przekształceniom poprzez obróbkę fizyczną, chemiczną lub biologiczną [20]. Metody fizyczne prowadzą do uzyskania produktu końcowego o zawartości ponad 50% suchej masy w wyniku stosowania dodatku do osadów materiałów organicznych o niskiej wilgotności takich jak węgiel brunatny, torf, słoma, kora, trociny lub liście. Nadmiar wody może być usuwany poprzez odparowanie, lecz jest to metoda energochłonna i kosztowna. Biologiczne metody przeróbki osadów ściekowych polegają na wykorzystaniu naturalnych procesów zachodzących w przyrodzie takich jak kompostowanie czy wermikompostowanie. Chemiczna obróbka, prowadząca między innymi do higienizacji osadów ściekowych, polega na ich mieszaniu ze związkami chemicznymi powodującymi zmiany właściwości osadów. Do tej grupy najczęściej zalicza się mieszanie osadów z CaO. Alkaliczacja osadów ściekowych może odbywać się poprzez dodatek do nich również wodorotlenku i węgla wapnia, a nawet mineralnych substancji odpadowych o dużej zawartości wapnia, takich jak np. popioły z elektrowni [8, 9]. Procesy obróbki prowadzą zarówno do ilościowych jak i jakościowych zmian składu chemicznego osadów ściekowych, a zatem mogą wpływać na parametry osadów ważne z punktu widzenia ich dalszego zagospodarowania [12].

Przeprowadzone badania miały na celu ocenę wpływu dodatku CaO, popiołu z węgla brunatnego, słomy i trocin oraz kompostowania na wybrane parametry fizykochemiczne osadów ściekowych, takie jak zawartość w nich suchej masy, węgla w związkach organicznych i ogólnej zawartości azotu oraz wartość pH.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano osady ściekowe pochodzące z mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków komunalno-przemysłowych w Siedlcach i Łukowie. Osady z Siedlec w końcowym etapie ich wydzielania i zagęszczania zostały poddane na terenie oczyszczalni fermentacji metanowej i częściowo odwodnione na prasie taśmowej, natomiast osady z Łukowa były stabilizowane w warunkach tlenowych, a nadmiar wody usuwano poprzez odwirowanie. Zawartość suchej masy w osadach ściekowych z Siedlec i Łukowa wynosiła odpowiednio 15,0 oraz 14,5%. Świeże osady mieszano oddzielnie z tlenkiem wapnia, popiołem z węgla brunatnego, słomą żytnią i trocinami w proporcjach 2:1w przeliczeniu na suchą masę. Ilość zastosowanych dodatków do 1 kg osadów z Siedlec i Łukowa wynosiła odpowiednio 75,0 i 72,5 g. Mieszaniny oraz osady bez dodatków kompostowano w 200 dm³ pojemnikach z tworzyw sztucznych przez 3 miesiące w temperaturze pokojowej. Kompostowane materiały mieszano dwukrotnie, tj. po 30 i po 60 dniach, w celu zapewnienia optymalnych warunków do przebiegu tego procesu. Po upływie 3 miesięcy ponownie przygotowano świeże mieszaniny osadów ściekowych z Siedlec (18% s.m.) i Łukowa (15% s.m.), dodając odpowiednio 90 i 75 g CaO, popiołu z węgla brunatnego, słomy lub trocin do 1 kg tych materiałów tak, aby stosunek suchej masy komponentów wynosił 2:1. Tlenek

wapnia odpowiadał klasie czystości cz.d.a. Popiół pochodził z trzeciego filtra odpylania spalin powstających ze spalania węgla brunatnego w elektrowni Pątnów. Trociny uzyskano z drzew iglastych i liściastych.

Z osadów ściekowych oraz ich mieszanin świeżych i kompostowanych pobrano reprezentatywne próbki, w których oznaczono:

- suchą masę – w 105°C metodą suszarkowo-wagową,
- pH w H₂O i 1 mol KCl · dm⁻³ – metodą potencjometryczną,
- węgiel w związkach organicznych (C_{org}) – metodą oksydacyjno-miareczkową [11],
- azot całkowity (N_{og}) – zmodyfikowaną metodą Kjeldahla: po mineralizacji z użyciem stężonego kwasu siarkowego(VI) w obecności mieszaniny selenowej, a następnie oddestylowaniu amoniaku [Kalembasa i in. 1989].

Istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami badanych cech oceniono na podstawie analizy wariancji w układzie całkowicie losowym (test F – Fischera Snedecora), natomiast wartości NIR_{0,05} do porównania średnich wyliczono z wykorzystaniem testu Tukeya’.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Osady ściekowe pochodzące z oczyszczalni ścieków w Siedlcach i Łukowie zawierały odpowiednio 150 i 145 g suchej masy w 1 kg świeżej masy (tab. 1). Na tle badań wykonanych przez innych autorów [3, 5], wykazywały mniejszą zawartość suchej masy. Większa niż w oborniku zawartość wody w osadach ściekowych [15] utrudnia wykorzystywanie tych organicznych materiałów odpadowych w rolnictwie i zmniejsza opłacalność transportu. Aby dodatkowo zwiększyć zawartość suchej masy w osadach poddanych odwodnieniu na prasach lub w wirówkach dodaje się do nich substancje mineralne lub organiczne o małej zawartości wody, np. tlenek wapnia, słomę, trociny [18]. W przeprowadzonym doświadczeniu mieszaniny osadów ściekowych ze wszystkimi dodatkami zawierały więcej suchej masy niż osady bez dodatku. W przypadku mieszanin osadów z CaO i popiołem zawartość ta była większa odpowiednio o 53,6 i 40,3%, natomiast w przypadku mieszanin ze słomą i trocinami odpowiednio o 38,0 i 32,9% (średnio dla obydwu osadów). Najmniejsza zawartość wody w mieszaninach z udziałem CaO wynika z jej pochłaniania przez CaO w procesie hydratacji. Teoretycznie 1 kg CaO może przereagować z 0,32 kg wody, tworząc 1,32 kg Ca(OH)₂. Po trzech miesiącach kompostowania, zarówno same osady, jak i mieszaniny sporządzone z CaO, popiołem, słomą i trocinami, zawierały odpowiednio o 12,6; 7,1; 6,9; 8,0 i 8,0% więcej suchej masy niż przed kompostowaniem (średnio dla osadów z Siedlec i Łukowa).

Osady ściekowe z Siedlec i Łukowa miały odczyn lekko kwaśny, a zmierzone wartości pH (w H₂O) wynosiły odpowiednio 6,4 i 6,2 (tab. 1). Dane podawane w literaturze najczęściej wskazują na lekko kwaśny lub obojętny odczyn osadów ściekowych [3, 4]. Wapnowanie powoduje ich alkalizację do wartości pH wynoszącej ok. 12 [18], co ogranicza rolnicze wykorzystanie otrzymanych mieszanin wyłącznie do gleb o odczynie kwaśnym. W przeprowadzonym

doświadczeniu po dodaniu CaO nastąpiła alkalizacja osadów odpowiednio do wartości pH 12,3 i 12,2, natomiast po dodaniu popiołu – do wartości 8,0 i 7,5. Ze względu na odczyn lekko zasadowy mieszaniny z udziałem popiołu mogą mieć znacznie szersze zastosowanie do rolniczego zagospodarowania. Ostateczne ustalenie dawki takich mieszanin, odpowiadającej potrzebom wapnowania oraz nawożenia organicznego gleb, jest znacznie łatwiejsze, niż określenie właściwej dawki mieszanin osadowo-wapniowych. Dodatek słomy i trocin nie spowodował znaczącej zmiany odczynu osadów ściekowych. Wartości pH samych osadów ściekowych i ich mieszanin z trocinami i słomą były zbliżone. Podobnie kompostowanie osadów i sporządzonych mieszanin nie wywołało zmiany ich odczynu – wartości pH wodnych roztworów materiałów świeżych i kompostowanych były zbliżone. Wartości pH osadów świeżych i kompostowanych oraz ich mieszanin z CaO, popiołem, słomą i trocinami mierzone w 1 mol·dm⁻³ KCl były najczęściej o 0,1–0,2 jednostki niższe niż wartości pH wodnych roztworów tych materiałów (tab. 1).

Osady ściekowe pochodzące z oczyszczalni ścieków w Siedlcach i w Łukowie zawierały zbliżoną ilość azotu, wynoszącą odpowiednio 64,5 i 70,6 g·kg⁻¹ s.m. (tab. 2). O dużej zawartości azotu w osadach ściekowych świadczą również wyniki innych badań [3, 14]. Po dodaniu CaO do tych osadów nastąpiło zmniejszenie zawartości azotu nieco większe niż po dodaniu popiołu z węgla brunatnego, słomy i trocin. Świeże mieszaniny obydwu osadów z CaO zawierały średnio o 43,0% mniej azotu w przeliczeniu na suchą masę niż osady bez dodatków. Po dodaniu popiołu, słomy i trocin do osadów ściekowych nastąpiło zmniejszenie zawartości azotu odpowiednio o 35,7; 31,9 i 33,7%. Straty azotu po dodaniu CaO do osadów wystąpiły na skutek ulatniania się amoniaku w wyniku silnej alkalizacji osadów.

Największe straty azotu podczas kompostowania zanotowano w osadach ściekowych bez dodatku (13,6%), nieco mniejsze z dodatkiem popiołu (11,5%), a najmniejsze w mieszaninach osadów ze słomą (9,4%), CaO (8,3%) i trocinami (7,8%). Zmniejszenie zawartości azotu stwierdzone podczas kompostowania było większe w przypadku osadów stabilizowanych tlenowo (12,7%) niż z osadów po fermentacji metanowej (7,5%).

Badany osad ściekowy z Siedlec zawierał w 1 kg suchej masy 319,5 g węgla w związkach organicznych (C_{org}), natomiast osad z Łukowa 385,5 g C_{org} (tab. 3). Po dodaniu CaO i popiołu do osadów otrzymano mieszaniny o mniejszej niż w tych osadach zawartości węgla w związkach organicznych. Wpływ dodatku popiołu był nieco słabszy niż dodatku CaO: mieszaniny osadowo-popiołowe zawierały średnio o 31,8% mniej C_{org}, a mieszaniny zawierające CaO o 36,9% mniej C_{org} w porównaniu z ich ilością w osadach bez dodatku. Po dodaniu do osadów słomy i trocin zawartość węgla w otrzymanych mieszaninach zwiększyła się odpowiednio o 8,9 i 11,5%. Zmiany zawartości węgla w związkach organicznych, zachodzące podczas kompostowania badanych materiałów, były zróżnicowane w zależności od rodzaju osadu i zastosowanego dodatku. Straty węgla w trakcie przechowywania nawozów naturalnych i organicznych są zjawiskiem powszechnym i potwierdzonym przez innych badaczy [1, 7], a ich przyczynę stanowi mineralizacja substancji organicznej i towarzyszące temu procesowi wydzielanie CO₂.

Tabela 1. Zawartość suchej masy (s.m.) w osadach ściekowych i ich mieszaninach z CaO, popiołem z węgla brunatnego, słomą i trocinami oraz wartość pH tych materiałów

Table 1. Dry matter (D.M.) content of fresh and composted sewage sludge and their mixtures with CaO, brown coal ash, straw and sawdust and pH value of these materials

Rodzaj osadu ściekowego Kind of sewage sludge	Rodzaj dodatku Kind of addition	Zawartość suchej masy Dry matter content g·kg ⁻¹	Zmiany zawartości suchej masy Changes in content of dry matter, %	pH	
				H ₂ O	1 mol KCl·dm ⁻³
Świeży osad z Siedlec Fresh sludge from Siedlce	bez dodatku without addition	150	–	6,4	6,3
	CaO	231	+ 54,0*	12,3	12,4
	popiół – ash	212	+ 41,3*	8,0	7,9
	słoma - straw	208	+38,7*	6,5	6,4
	trociny - sawdust	202	34,7*	6,1	6,1
Świeży osad z Łukowa Fresh sludge from Łuków	bez dodatku without addition	145	–	6,2	6,0
	CaO	222	+ 53,1*	12,2	12,2
	popiół – ash	202	+ 39,3*	7,5	7,3
	słoma - straw	199	37,2*	6,2	6,1
	trociny - sawdust	190	31,0*	6,0	5,9
Kompostowany osad z Siedlec Composted sludge from Siedlce	bez dodatku without addition	165	+ 9,7**	6,5	6,3
	CaO	247	+ 6,8**	12,3	12,4
	popiół – ash	218	+ 3,0**	7,9	7,8
	słoma - straw	216	+ 3,8**	6,4	6,3
	trociny - sawdust	209	+ 3,2**	6,0	6,0
Kompostowany osad z Łukowa Composted sludge from Łuków	bez dodatku without addition	167	+ 14,9**	6,2	6,1
	CaO	238	+ 7,2**	12,3	12,3
	popiół ash	224	+ 11,1**	7,6	7,5
	słoma - straw	223	+ 12,2**	6,0	5,9
	trociny - sawdust	214	+ 12,6**	5,9	5,9
Średnie Averages	bez dodatku without addition	157			
	CaO	235			
	popiół – ash	214			
	słoma - straw	212			
	trociny - sawdust	204			
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for:					
- rodzaju dodatku – kind of addition		11	-	-	-
- rodzaju osadu – kind of sludge		9			

* w stosunku do materiału bez dodatku – relative to material without addition

** w stosunku do materiału świeżego – relative to fresh material

Tabela 2. Ogólna zawartość azotu (N_{og}) w świeżych i kompostowanych osadach ściekowych i ich mieszaninach z CaO, popiołem z węgla brunatnego, słomą i trocinami

Table 2. Total nitrogen (N_{tot}) content of fresh and composted sewage sludge and their mixtures with CaO, brown coal ash, straw and sawdust

Rodzaj osadu ściekowego Kind of sewage sludge	Rodzaj dodatku Kind of addition	Zawartość N_{og} N_{tot} content, g·kg ⁻¹		Zmiany zawartości N_{og} Change in N_{tot} contents, %	
		w świeżej masie in fresh matter	w suchej masie in dry matter	w świeżej masie in fresh matter	w suchej masie in dry matter
Świeży osad z Siedlec Fresh sludge from Siedlce	bez dodatku without addition	9,68	64,5	–	–
	CaO	8,31	36,0	-14,2*	-44,3*
	popiół – ash	8,64	40,8	-10,7*	-36,8*
	słoma - straw	9,12	43,9	-5,8*	-32,1*
	trocinny - sawdust	8,50	42,1	-12,2*	-34,8*
Świeży osad z Łukowa Fresh sludge from Łuków	bez dodatku without addition	10,24	70,6	–	–
	CaO	9,16	41,3	-10,5*	-41,6*
	popiół – ash	9,33	46,2	-8,9*	-34,6*
	słoma - straw	9,61	48,3	-6,2*	-31,6*
	trocinny - sawdust	9,05	47,6	-11,6*	-32,6*
Kompostowany osad z Siedlec Composted sludge from Siedlce	bez dodatku without addition	9,53	57,9	-1,5**	-10,3**
	CaO	8,19	33,2	-1,4**	-7,7**
	popiół – ash	8,06	36,9	-6,7**	-9,4**
	słoma - straw	8,87	41,1	-2,7**	-6,3**
	trocinny - sawdust	8,45	40,5	-0,6**	-3,7**
Kompostowany osad z Łukowa Composted sludge from Łuków	bez dodatku without addition	9,78	58,7	-4,5**	-16,9**
	CaO	8,94	37,6	-2,4**	-8,9**
	popiół – ash	8,97	40,0	-3,9**	-13,5**
	słoma - straw	9,43	42,3	-1,9**	-12,5**
	trocinny - sawdust	8,98	41,0	-0,8**	-11,9**
Średnie Averages	bez dodatku without addition	9,81	62,9		
	CaO	8,65	37,0		
	popiół – ash	8,75	41,0		
	słoma - straw	9,26	43,9		
	trocinny - sawdust	8,75	42,8		
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for:					
- rodzaju dodatku – kind of addition		0,62	3,4	-	-
- rodzaju osadu – kind of sludge		0,52	2,9	-	-

* w stosunku do materiału bez dodatku – relative to material without addition

** w stosunku do materiału świeżego – relative to fresh material

Tabela 3. Zawartość węgla w związkach organicznych (C_{org}) oraz stosunek C/N w świeżych i kompostowanych osadach ściekowych i ich mieszaninach z CaO, popiołem z węgla brunatnego, słomą i trocinami

Table 3. Organic carbon (C_{org}) content and the value of ratio C/N in fresh and composted sewage sludge and their mixtures with CaO, brown coal ash, straw and sawdust

Rodzaj osadu ściekowego Kind of sewage sludge	Rodzaj dodatku Kind of addition	Zawartość C_{org} Content of organic carbon $g \cdot kg^{-1} s.m.$	Zmiany zawartości C_{org} Changes in organic carbon contents, %	Wartości stosunku C/N The value of C/N ratio
Świeży osad z Siedlec Fresh sludge from Siedlec	bez dodatku without addition	319,5	-	5,0
	CaO	203,3	-36,4*	5,6
	popiół – ash	218,2	-31,7*	5,3
	słoma - straw	361,4	+13,1*	8,2
	trocinny -sawdust	370,8	+16,0*	8,8
Świeży osad z Łukowa Fresh sludge from Łuków	bez dodatku without addition	385,5	-	5,5
	CaO	241,8	-37,3*	5,9
	popiół – ash	262,6	-31,9*	5,7
	słoma - straw	403,3	+4,6*	8,3
	trocinny -sawdust	412,3	+7,0*	8,7
Kompostowany osad z Siedlec Composted sludge from Siedlec	bez dodatku without addition	297,4	-6,92**	5,1
	CaO	202,8	-0,25**	6,1
	popiół – ash	207,0	-5,11**	5,6
	słoma - straw	319,6	-11,55**	7,8
	trocinny -sawdust	362,2	-2,32**	8,9
Kompostowany osad z Łukowa Composted sludge from Łuków	bez dodatku without addition	331,6	-13,98**	5,6
	CaO	241,2	-0,25**	6,4
	popiół – ash	236,6	-9,88**	5,9
	słoma - straw	364,6	-9,61**	8,6
	trocinny -sawdust	389,6	-5,52**	9,5
Średnie Averages	bez dodatku without addition	333,5	-	5,3
	CaO	222,3	-	6,0
	popiół – ash	231,1	-	5,6
	słoma - straw	362,2	-	8,2
	trocinny -sawdust	383,7	-	9,0
NIR _{0,05} dla: – LSD _{0,05} for:				
- rodzaju dodatku – kind of addition		14,9	-	-
- rodzaju osadu – kind of sludge		12,5	-	-

* w stosunku do materiału bez dodatku – relative to material without addition

** w stosunku do materiału świeżego – relative to fresh material

W kompostowanych osadach ściekowych i ich mieszaninach z popiołem, słomą i trocinami zawartość węgla w związkach organicznych była mniejsza średnio odpowiednio o 7,5; 10,6 i 3,9% niż w materiałach świeżych. W przypadku mieszanin osadów z CaO zmiany zawartości węgla w związkach organicznych w trakcie ich kompostowania były niewielkie. Zjawisko takie należy prawdopodobnie łączyć ze zmniejszeniem aktywności mikroorganizmów, spowodowanym silną alkalizacją środowiska. Odmienne wyniki uzyskali Cienko i in. [1], którzy stwierdzili większy ubytek węgla organicznego w trakcie kompostowania osadów zobojętnionych CaO niż osadów bez dodatku. Podobnie jak straty azotu, tak i straty węgla były większe w przypadku osadów stabilizowanych tlenowo (7,9%), niż z osadów po fermentacji metanowej (5,2%). Wskazuje to na większą podatność na mineralizację substancji organicznej zawartej w osadach stabilizowanych tlenowo niż w osadach poddanych fermentacji metanowej, w których część związków organicznych podatnych na rozkład uległa mineralizacji już podczas stabilizacji.

WNIOSKI

1. Dodatek popiołu z węgla brunatnego, słomy i trocin a w największym stopniu tlenu wapnia do osadów ściekowych powodował zwiększenie zawartości suchej masy w otrzymanych mieszaninach.
2. Dodatek tlenu wapnia do osadów ściekowych alkalizował te osady w większym stopniu niż dodatek popiołu z węgla brunatnego oraz powodował największe straty azotu. Wartości pH samych osadów ściekowych i ich mieszanin z trocinami i słomą były zbliżone.
3. Dodatek CaO i popiołu z węgla brunatnego zmniejszył, a dodatek słomy i trocin zwiększył zawartość węgla w związkach organicznych w otrzymanych mieszaninach
4. W trakcie kompostowania osadów ściekowych i ich mieszanin zmniejszyła się w nich zawartość węgla w związkach organicznych i ogólna zawartość azotu. Zmiany tych parametrów były mniejsze w mieszaninach osadów z tlenkiem wapnia i trocinami niż w osadach z dodatkiem popiołu i trocin.
5. Porównując badane parametry mieszanin osadów ściekowych z tlenkiem wapnia, popiołem z węgla brunatnego, słomą i trocinami można stwierdzić, że biorąc pod uwagę ich zagospodarowanie w rolnictwie do nawożenia roślin korzystniejsze jest dodawanie do osadów słomy, trocin i popiołu niż CaO.

PIŚMIENNICTWO

1. Ciećko Z., Harnisz M., Najmowicz T. 2001. Dynamika zawartości węgla i azotu w osadach ściekowych podczas ich kompostowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 475: 253-262.
2. Council Directive 86/278/EEC on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. Official Journal of the European Communities, L181, p.6, (4.7.1986).

3. Czekąła J. 2002. Wybrane właściwości osadów ściekowych z oczyszczalni regionu Wielkopolski. Cz. I. Odczyn, sucha masa, materia i węgiel organiczny oraz makroskładniki. *Acta Agrophys.*, 70: 75-82.
4. Czekąła J., Jakubus M., Mocek A. 2002. Wybrane właściwości fizyczne i chemiczne osadów ściekowych z oczyszczalni Regionu Wielkopolski. Cz. III. Metale ciężkie i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. *Acta Agrophysica*, 70: 91-98.
5. Gilewska M., Przybyła Cz. 2001. Wykorzystanie osadów ściekowych w rekultywacji składowisk popiołów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 477: 217-221.
6. Górecki H. 1998. Nawozy mineralno-organiczne na bazie odpadów przemysłowych i rolniczych. *Prace Nauk. AE we Wrocławiu*, 792: 134-152.
7. Iglesias-Jimenez E., Perez-Garcia V. 1992. Composting of domestic refuse and sewage sludge. II. Evolution of carbon and some „humification” indexes. *Resour. Conserv. Recycl.*, 6: 243-257.
8. Jackowska I., Piotrowski J. 2002. Zastosowanie dolomitu do stabilizacji chemicznej osadów pościekowych. *Acta Agrophysica*, 70: 173-179.
9. Jackson B.P., Miller W.P. 2000. Soil Solution Chemistry of Fly Ash-, Poultry Litter-, and Sewage Sludge-Amended Soil. *J. Environ. Qual.*, 29: 430-436.
10. Kalembasa S., Carlson R.N., Kalembasa D. 1989. A new method for the reduction of nitrates in total nitrogen determination according to the Kjeldahl method. *Pol. J. Soil Sci.*, 22, 2: 21-26.
11. Kalembasa S., Kalembasa D. 1992. A quick method for the determination of C/N ratio in mineral soils. *Polish J. Soil Sci.*, 25, 1: 41-46.
12. Korboulevsky N., Dupoyet S., Bonin G. 2002. Environmental risks of applying sewage sludge compost to vineyard: carbon, heavy metal, nitrogen and phosphorus accumulation. *J. Environ. Qual.*, 31: 1522-1527.
13. Li Y.X., Wang M.I., Wang Z.S. 1999. Heavy metals in contemporary Chinese sewage sludges. *Toxicol. & Environ. Chem.*, 69, 1: 229-240.
14. Maćkowiak Cz. 2000. Skład chemiczny osadów ściekowych i odpadów przemysłu spożywczego o znaczeniu nawozowym. *Nawozy i Nawożenie*, 4, 5: 131-143.
15. Maćkowiak Cz., Żebrowski J. 2000. Skład chemiczny obornika w Polsce. *Nawozy i Nawożenie*, 4, 5: 119-130.
16. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 1 sierpnia 2002 roku. *Dz. U.* 2002, nr 134, poz. 1140.
17. Smernik R.J., Oliver J.W., Remington G. 2000. Characterization of Sewage Sludge Organic Matter Using Solid-State Carbon-13 Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. *J. Environ. Qual.*, 32: 1516-1522.
18. Szymański K., Janowska B. 2003. Formy występowania metali ciężkich w osadach ściekowych. W: *Nowe spojrzenie na osady ściekowe – odnawialne źródła energii*, (red. G. Malina), Cz. I, Wyd. Polit. Częstoch.: 117-129.
19. Turkmen O., Sensoy S., Dursun A., Turan M. 2004. Sewage sludge as a substitute for mineral fertilization of spinach (*Spinacia oleraceae* L.) at two growing periods. *Acta Agric Scand. Sect. B, Soil and Plant Sci.*, 54: 102-107.
20. Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 roku. *Dz. U.* 2001, nr 62, poz. 628.

THE INFLUENCE OF MINERAL AND ORGANIC ADDITIVES TO THE SEWAGE SLUDGE AND COMPOSTING PROCESS OF THOSE MIXTURES ON THEIR SELECTED PROPERTIES

Abstract. The study examined the effects of mixing sewage sludge with calcium oxide, brown coal ash, straw and sawdust as well as composting the obtained mixtures on the dry matter, organic carbon and total nitrogen contents as well as the pH values of these materials. The content of dry matter in the mixtures of sewage sludge with all components was higher than in sludge without additives. The addition of calcium oxide resulted a stronger alkalization of sludge than addition of brown coal ash, causing simultaneously larger losses of nitrogen. The addition of straw and sawdust to the sewage sludge decreased nitrogen content in obtained mixtures, but did not effect the pH value. After addition calcium oxide and brown coal ash to sewage sludge obtained mixtures with smaller content of organic carbon in comparison to the sludge without addition. The mixtures of sewage sludge with straw and sawdust contained more organic carbon than sludge without addition. The decrease of organic carbon and total nitrogen content during the composting process of mixtures of sewage sludge with calcium oxide and sawdust was lower than in their mixtures with brown coal ash and straw.

Keywords: sewage sludge, calcium oxide, ash, straw, sawdust