

Wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych i popiołów z węgla brunatnego do produkcji granulatów nawozowych

Edward KRZYWY, Jacek CIUBAK, Eugeniusz CYDZIK, Ewa MOŹDŻER, Małgorzata KUCHARSKA
- Zakłady Chemiczne „Fosfan” SA, Szczecin

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2012, 66, 11, 1163-1168

Wstęp

Stale rosnące ceny na surowce do produkcji nawozów mineralnych i wytworzone z nich nawozy, zmniejszenie produkcji nawozów naturalnych oraz zwiększenie arealu uprawy zbóż i roślin przemysłowych, może prowadzić do zachwiania bilansu substancji organicznej i składników pokarmowych dla roślin w glebach, a także do ich zakwaszenia.

Zmniejszy się żyzność i urodzajność gleb, a pozyskane plony roślin nie będą charakteryzowały się optymalną jakością. Biorąc pod uwagę te aspekty rozpoczęto badania nad możliwościami wykorzystania niektórych odpadów komunalnych i przemysłowych do celów nawozowych. Dąży się do pozyskania tanich i bezpiecznych dla środowiska źródeł substancji organicznej i składników pokarmowych w glebach, dających ekonomicznie uzasadnione rezultaty.

Biorąc pod uwagę przytoczoną sytuację podjęto badania mające na celu opracowanie metod wykorzystania komunalnego osadu ściekowego i wysokowapniowego popiołu z węgla brunatnego z dodatkiem superfosfatu prostego (pojedynczego) pylistego, siarczanu amonu i soli potasowej 60% do produkcji granulatów nawozowych wzbogacających gleby w substancję organiczną, składniki pokarmowe dla roślin oraz działających odkwaszająco na nie.

Metody badań

Na podstawie badań przeprowadzonych w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie oraz Spółce Akcyjnej „Fosfan” SA w Szczecinie opracowano receptury mieszanek nawozowych, które następnie poddano procesowi granulacji. Do wytworzenia granulowanych mieszanek nawozowych użyto komunalnego osadu ściekowego pochodzącego z oczyszczalni ścieków ze Stargardu Szczecińskiego oraz wysokowapniowego popiołu z węgla brunatnego pochodzącego z Elektrociepłowni Bełchtów z dodatkiem mineralnych nawozów jednoskładnikowych. Dodatek do masy mieszanek nawozowych superfosfatu pojedynczego pylistego, siarczanu amonu i soli potasowej 60% miał na celu: ułatwienie procesu granulacji i udostępnienie w pierwszej fazie rozwoju roślin przyswajalnych składników pokarmowych.

Zawarte w komunalnym osadzie ściekowym, a także w popiele z węgla brunatnego składniki pokarmowe z reguły w niewielkim stopniu były przyswajalne dla roślin. W Tabelicy I przedstawiono skład rzeczowy granulowanych mieszanek nawozowych w przeliczeniu na % suchej masy.

Tabelica I

Skład rzeczowy granulowanych mieszanek nawozowych w przeliczeniu na % suchej masy

Numer mieszanki	Komunalny osad ściekowy	Popiół z węgla brunatnego	Superfosfat pojedynczy pylisty (17% P ₂ O ₅)	Siarczan amonu (20,5% N)	Sól potasowa 60% K ₂ O
1	40	40	10	5	5
2	45	35	10	5	5
3	40	30	15	10	5

Komponenty podane w Tabelicy I mieszano w takich proporcjach, ażeby otrzymać po ok. 30 kg każdej mieszanki. Komponenty mieszano przy użyciu mieszadła mechanicznego szybkoobrotowego. Dominującym komponentem w mieszankach organiczno-mineralnych był komunalny osad ściekowy o konsystencji pasty. Dlatego też uzyskane mieszanki organiczno-mineralne miały konsystencję pasty o barwie ciemno-szarej.

Otrzymane mieszanki poddano procesowi kondycjonowania w okresie 14 dni w celu przereagowania zawartych w nich komponentów oraz zwiększenia zawartości suchej masy. Następnie mieszanki organiczno-mineralne poddano procesowi suszenia w temperaturze 95°C. W trakcie suszenia pasta przechodziła w formę spieków o wymiarach do 6 cm.

Po zakończeniu procesu suszenia, mieszanki przeznaczone do granulacji zawierały od 6 do 10% wilgotności. Uzyskane spieki poddano rozdrobnieniu do formy pylistej. Przygotowaną mieszaninę organiczno-mineralną nr I do granulacji podzielono na cztery jednakowe części w celu przetestowania działania środków granulujących. Zastosowano następujące metody granulacji mieszanek organiczno-mineralnych:

- dodatek wody
- dodatek pulpy poabsorpcyjnej pochodzącej z działu produkcyjnego Spółki Akcyjnej „Fosfan” w Szczecinie
- dodatek pulpy poabsorpcyjnej + 5% m/m lignosulfonianu sodu
- dodatek pulpy poabsorpcyjnej + 5% m/m dekstryny.

Analizując uzyskane rezultaty w badaniach zasadniczych, wymienione w Tabelicy I mieszanki organiczno-mineralne poddano procesowi granulacji tylko z wodą lub pulpą poabsorpcyjną.

Wyniki badań

Rezultaty badań wskazują, że komunalne osady ściekowe można przeznaczyć do celów nawozowych. Zawierają one duże ilości substancji organicznej oraz składników pokarmowych dla roślin. Czynniki ograniczającymi bezpośrednie wprowadzenie ich do gleb mogą być nadmierne zawartości niektórych metali ciężkich, albo skażenie drobnoustrojami chorobotwórczymi (bakterie z rodzaju Salmonella oraz pasożyty przewodu pokarmowego).

Właściwości fizyczne i chemiczne komunalnych osadów ściekowych są bardzo zróżnicowane, dlatego każdą ich partię należy poddawać badaniom fizycznym, chemicznym i mikrobiologicznym, w celu ustalenia sposobu ich zagospodarowania (Baran 2004 i 2005, Baran i Turski 1999, Czekala 2004, Drab i in. 2004, Kalembasa 2003, Krzywiy i Iżewska 2004, Łabętowicz 2011, Rosik-Dulewska 2008, Siuta i Wasiak 2001, Wołoszyk 2003).

Dlatego też, w myśl obecnie obowiązujących przepisów prawnych, komunalne osady ściekowe przed wprowadzeniem do gleb należy poddać procesom stabilizacji i higienizacji (np. granulacji z innymi komponentami).

W trakcie spalania węgla brunatnego powstają odpady technologiczne w postaci żużli kotłowych, popiołów dennych i lotnych. Wśród ubocznych produktów spalania węgla brunatnego największy udział

mają popioły lotne. W tej ilości duży udział mają wysokowapniowe popioły powstające podczas spalania węgla brunatnego z dużą zawartością kamienia wapniowego. Ocenia się, że w Polsce powstaje ok. 4,5 mln t rocznie wysokowapniowych popiołów z węgla brunatnego. Odpowiada to ok. 900 tys. t tlenku wapnia (Szymonek 2008). Zgodnie z rezultatami wielu badań wysokowapniowe popioły z węgla brunatnego można stosować w rolnictwie do odkwaszania gleb. Ponadto działają one na zwiększenie zawartości CaO i MgO oraz niektórych makroskładników i mikroskładników w glebach (Terelak i Żukowska 1985, Skalmowski 1999, Stankowski i in. 2003 i 2006, Stolecki 2005, Berg i Fenebern 2006, Gibczyńska i in. 2007).

W Tabelicy 2 przedstawiono niektóre właściwości fizyczne i chemiczne użytych do badań komponentów.

Tabelica 2

Niektóre właściwości fizyczne i chemiczne komponentów użytych do wytwarzania mieszanek organiczno-mineralnych które następnie poddano procesowi granulacji

Rodzaj oznaczenia	Komponent				
	komunalny osad ściekowy	popiół z węgla brunatnego	superfosfat pojedynczy granulowany	siarczan amonu	sól potasowa 60%
pH H ₂ O	7,5	12,7	nb	nb	nb
Sucha masa, %	22,5	98,0	nb	nb	nb
Zawartość ogólna w g·kg ⁻¹ s.m.					
C org.	422	brak	nb	nb	nb
Azot	43,0	brak	nb	205	nb
Fosfor	21,6	2,48	7,84	nb	nb
Potas	5,10	5,76	nb	nb	500
Wapń	24,5	225	nb	nb	nb
Magnez	2,90	12,0	nb	nb	nb
Siarka	5,95	2,95	116,0	nb	nb
Zawartość ogólna w mg·kg ⁻¹ s.m.					
Kadm	2,95	1,95	nb	nb	nb
Chrom	56,0	12,5	nb	nb	nb
Miedź	120,0	25,6	nb	nb	nb
Nikiel	24,3	12,0	nb	nb	nb
Ołów	59,7	14,2	nb	nb	nb
Cynk	1080	220,0	nb	nb	nb

Objaśnienia do tabeli: nb – nie badano forma fosforu rozpuszczalna w kwasach mineralnych

Z danych zestawionych w Tabelicy 2 wynika, że:

- wartość pH H₂O popiołu z węgla brunatnego była wyraźnie większa (12,7) w porównaniu z komunalnym osadem ściekowym; oba odpady można stosować na glebach zakwaszonych. Popiół z węgla brunatnego można używać do odkwaszania gleb
- komunalny osad ściekowy zawierał duże ilości węgla organicznego i azotu ogólnego; w popiele z węgla brunatnego nie było tych pierwiastków
- komunalny osad ściekowy zawierał więcej form ogólnych fosforu, siarki, kadmu, chromu, miedzi, niklu, ołowiu i cynku w porównaniu z popiołem z węgla brunatnego; w popiele z węgla brunatnego było więcej form ogólnych wapnia, potasu i magnezu.

Zawartość metali ciężkich w komponentach (komunalny osad ściekowy i popiół z węgla brunatnego) nie przekroczyła norm podanych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (Dz.U.10.134.924), dopuszczających je do stosowania w rolnictwie i rekultywacji gruntów.

Wyniki badań mikrobiologicznych przekazane przez oczyszczalnię ścieków w Stargardzie Szczecińskim wskazują, że w osadzie ściekowym nie było bakterii z rodzaju *Salmonella*, ani żywych jaj pasożytów przewodu pokarmowego.

Reasumując, na podstawie uzyskanych rezultatów oraz Rozporządzenia Ministra Środowiska (Dz.U.10.134.924) można stwierdzić, że wymienione odpady można używać do celów nawozowych (wprowadzać do gleb lub gruntów w celu rekultywacyjnym) bez obawy skażenia środowiska.

W Tabelicy 3 przedstawiono zmiany fizyczne zachodzące podczas procesów granulacji oraz właściwości fizyczne uzyskanych granulatów z mieszaniny organiczno-mineralnej nr 1 (Tab. 1).

Tabelica 3

Zmiany fizyczne zachodzące podczas procesów granulacji oraz niektóre właściwości fizyczne uzyskanych granulatów z mieszaniny organiczno-mineralnej nr 1 (Tab. 1).

Środki wspomagające proces granulacji			
Woda	Pulpa poabsorpcyjna	Pulpa poabsorpcyjna + 5% m/m ligosulfonianu sodu	Pulpa poabsorpcyjna + 5% m/m dekstryny
Granulacja			
Granulacja dość dobra. Granule lekkie łatwo się rozkruszają.	Granulacja dość dobra. Granule lekkie, łatwo się rozkruszają. Mniejsza ilość podziarna. Wpływa to na większą wydajność	Granulacja dość dobra. Granule lekkie lepiej się kleją. Więcej granul grubych	Granulacja dość dobra. Granule lekkie, lepiej się kleją. Więcej granul grubych granul
Po wysuszeniu			
Granulat twardy, trudno kruszący się.	Granulat bardzo twardy, trudno kruszący się	Granulat najtwardszy, trudno rozkruszający się	Granulat najtwardszy, trudno rozkruszający się

Przedstawione (Tab. 3) rezultaty wskazują, że można otrzymać granulaty nawozowe bez stosowania środków wspomagających proces granulowania. Dlatego w procesie granulowania mieszanek organiczno-mineralnych nr 2 i 3 (Tab. 1) użyto tylko wody lub pulpy poabsorpcyjnej. W Tabelicy 4 przedstawiono zmiany fizyczne zachodzące podczas procesów granulacji oraz niektóre właściwości fizyczne uzyskanych granulatów w mieszaninach organiczno-mineralnych nr 2 i 3 (Tab. 1).

Tabelica 4

Zmiany fizyczne zachodzące podczas procesów granulacji oraz niektóre właściwości fizyczne uzyskanych granulatów z mieszanin organiczno-mineralnych nr 2 i 3 (Tab. 1)

Mieszanina organiczno-mineralna nr 2		Mieszanina organiczno-mineralna nr 3	
Dodatek wody	Dodatek pulpy poabsorpcyjnej	Dodatek wody	Dodatek pulpy poabsorpcyjnej
Granulacja			
Granulacja dość dobra. Granule lekkie łatwo się rozcierają się.	Granulacja dość dobra. Granule lekkie. Łatwo się rozcierają. Mniej podziarna.	Granulacja dobra. Granule lekkie. Łatwo się rozcierają.	Granulacja dość dobra. Granule lekkie. Łatwo się rozcierają. Mniej podziarna.
Po wysuszeniu			
Granulat bardzo twardy, trudno kruszący się.	Granulat bardzo twardy, trudno kruszący się.	Granulat bardzo twardy, trudno kruszący się.	Granulat bardzo twardy, trudno kruszący się.

Wszystkie granulaty nawozowe (Tab. 3 i 4) były lekkie (zachodzi obawa działania wiatru podczas ich wysiewu na polach). W trakcie ich produkcji wydziela się nieprzyjemna woń komunalnego osadu ściekowego. Dlatego w dalszych badaniach należałoby wziąć pod uwagę możliwość:

- dociążenia granul nawozowych wytworzonych z mieszanin organiczno-mineralnych poprzez wprowadzenie do ich składu balastu, bądź zwiększenie udziału popiołu z węgla brunatnego
- zlikwidowanie nieprzyjemnej woni komunalnych osadów ściekowych można uzyskać poprzez stosowanie formy wysuszonej osadów. Obecnie w gospodarce komunalnymi osadami ściekowymi rozpoczął się proces zmiany technologii. Są one suszone, a następnie poddane procesom termicznej utylizacji. Wysuszone komunalne osady ściekowe można użyć do produkcji granulatów nawozowych.

W Tabelicy 5 przedstawiono zawartość węgla organicznego oraz zawartości azotu, fosforu, potasu i siarki w granulatach nawozowych do produkcji, których użyto pulpy poabsorpcyjnej.

Tabelica 5

Zawartość węgla organicznego, azotu, fosforu, potasu i siarki w granulatach nawozowych. Dane w g·kg⁻¹s.m. oraz w % s.m.

Numer granulatu nawozowego (Tab. 1)	C org.		Azot		Fosfor		Potas		Siarka	
	g·kg ⁻¹	%	g·kg ⁻¹	%	g·kg ⁻¹	%	g·kg ⁻¹	%	g·kg ⁻¹	%
	's.m.		's.m.		's.m.		's.m.		's.m.	
Nr 1	165	16,5	26,5	2,65	17,0	1,70	28,5	2,85	16,0	1,60
Nr 2	180	18,0	28,5	2,85	18,0	1,80	28,5	2,85	16,2	1,62
Nr 3	167	16,7	37,0	3,70	20,5	2,05	28,4	2,84	22,1	2,21

Analizując dane zawarte w Tabelicy 5 można stwierdzić, że granulaty, pod względem zawartości węgla organicznego oraz makroskładników (N, P i K), można zaliczyć do grupy nawozów organiczno-mineralnych zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (Dz.U.08.119.765).

Wnioski

Komunalne osady ściekowe i popioły z węgla brunatnego mogą być wykorzystane do produkcji granulatów nawozowych. Jako środka ułatwiającego prowadzenie procesu granulacji mieszanin organiczno-mineralnych można użyć pulpy poabsorpcyjnej, lignosulfonianu sodu lub dekstryny.

W celu zaliczenia uzyskanych granulatów do grupy nawozów organiczno-mineralnych w technologicznym procesie produkcji należy dodawać od 5 do 10% nawozów mineralnych zawierających azot, fosfor, potas. Najlepiej stosować superfosfat pojedynczy pylisty, który przyspiesza proces granulacji oraz siarczan amonu i sól potasową.

Uzyskane granulaty nawozowe były lekkie. W celu ich dociążenia, należałoby wprowadzić do mieszanin organiczno-mineralnych balast dociążający granule.

W trakcie procesów granulacji mieszanin organiczno-mineralnych wydziela się nieprzyjemna woń osadu ściekowego. W dalszych badaniach surowe osady ściekowe można zastąpić wysuszonymi.

Literatura

1. Baran S.: Osady ściekowe w gospodarce rolno-środowiskowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 2004, **499**, 15-20.
2. Baran S.: Zasoby i gospodarka odpadami organicznymi w Polsce. Wybrane aspekty zagospodarowania odpadów organicznych, a produkcja biomasy wierzby energetycznej. Wydaw. Uniw. Rzesz. Rzeszów 2005, 17-40.
3. Baran S., Turski R.: Wybrane zagadnienia z utylizacji i unieszkodliwiania osadów. Wyd. AR Lublin: 1999, 247-280.

4. Berg W., Fenerborn H.: Przetwarzanie i wykorzystanie popiołów wysokowapniowych. Popioły lotne z węgla brunatnego w Europie – właściwości i zastosowanie. Materiały z Międzynarodowego Seminarium Naukowo-Technicznego. Wydaw. Ekotech. Bełchatów: 2006, 19-25.
5. Czekala J.: Wpływ osadu ściekowego na wybrane właściwości chemiczne gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 2004, **499**, 36-46.
6. Drab M., Więcelewski S., Długosz A.: Działanie nawozowe osadu ściekowego z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni miasta Zielona Góra. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 2004, **499**, 69-78.
7. Gibczyńska M., Meller E., Hury G.: Oddziaływanie popiołu z węgla brunatnego na wybrane właściwości fizyczno-chemiczne gleby lekkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 2007, **518**, 53-61.
8. Kalembsa D., Kalembsa S., Kania R.: Osady ściekowe-źródło azotu i siarki dla roślin. Folia Univ. Agric. Stetin. Ser. Agricultura 2003, **204 (81)**, 117-122.
9. Krzywy E., Iżewska A.: Gospodarka ściekami i osadami. Wyd. Akademii Rolniczej w Szczecinie, 2004, 198.
10. Łabętowicz J., Stepien W.: Nawożenie roślin energetycznych (wierzba, miśkant, ślaziovec). Nowoczesne technologie pozyskiwania i energetycznego wykorzystania biomasy. Instytut Energetyki 2010, 89-100.
11. Rosik-Dulewska Cz.: Gospodarka odpadami. Wyd. PWN Warszawa, 2008.
12. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 18 czerwca 2008 r. w sprawie wykonywania niektórych przepisów ustawy o nawozach i nawożeniu. Dz.U.08.119.765.
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych Dz.U.10.137.924.
14. Siuta J., Wasiak G.: Zasady wykorzystania osadów ściekowych na cele nieprzemysłowe (przyrodnicze). Inż. Ekol. 2001, **3**, 13-42.
15. Skalmowski K.: Poradnik gospodarowania odpadami. Wydaw. Verlag Dashafer. Warszawa, 1999, 1-28.
16. Stankowski S., Krzywy E., Czyż H., Nowak A., Maciorowski R., Tomaszewicz T., Chudecka J., Zieliński J., Kitzczak T.: Popioły z energetyki. Badania modelowe nad wykorzystaniem popiołów i odpadów organicznych do rekultywacji terenów zdegradowanych. Wydaw. BiG. Warszawa, 2003, 315.
17. Stankowski S., Pacewicz K., Gibczyńska M., Meller E.: Wpływ wapnowania gleby popiołem z węgla brunatnego na plon i jakość ziarna odmian pszenicy jarego. Materiały Międzynarodowego Sympozjum Naukowo-Technicznego, Przetwarzanie i wykorzystanie popiołów wysokowapniowych. Wydaw. Ekotech, Bełchatów: 2006, 271-273.
18. Stolecki L.: Wpływ sposobów składowania odpadów paleniskowych w wyrobisku końcowym odkrywki Bełchatów na środowisko wodne. Rozprawa doktorska. Politechnika Wroclawska: 2005, 2-29.
19. Szymonek A.: Pozyskanie odpadowego tlenu wapnia z popiołów wysokowapniowych. Chemical and proces engineering 29, 895-908.
20. Terelak H., Żukowska B.: Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska. Politech. Częstoch: 1985, 2008, 111-120.
21. Wołoszyk Cz.: Agrochemiczna ocena nawożenia kompostami z komunalnych osadów ściekowych i odpadów przemysłowych. Rozprawa habilitacyjna 217. Wydaw. AR w Szczecinie 2003, 120.

Prof. dr hab. Edward KRZYWY, emerytowany profesor Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie,
e:mail krzywy.e@o2.pl, tel. 600111482

Mgr inż. Eugeniusz CYDZIK Specjalista ds. Inwestycji Zakładów Chemicznych Fosfan SA w Szczecinie

Dr inż. Jacek CIUBAK, Prezes Zakładów Chemicznych Fosfan SA w Szczecinie

Dr inż. Ewa MOŹDŻER, adiunkt Zakładu Rekultywacji i Chemii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie

Mgr inż. Małgorzata KUCHARSKA, Kierownik Laboratorium Zakładów Chemicznych Fosfan SA w Szczecinie