

WPLYW AGLOMERATÓW POPIOŁOWO-GNOJOWICOWYCH NA NIEKTÓRE  
FIZYKOCHEMICZNE I BIOLOGICZNE WŁAŚCIWOŚCI GLEB

Wojciech Wiśniewski, Janusz Hermann

Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

WSTĘP

Obserwuje się obecnie w wielu krajach - w tym również w Polsce - dążenie do tworzenia w gospodarce zamkniętych obiegów surowcowych, w których większość materiałów odpadowych zostaje włączona ponownie do realizacji procesów produkcyjnych.

Wobec gwałtownego wzrostu ilości wytwarzanych przez przemysł energetyczny popiołów, wszystkie dotychczas stosowane sposoby ich usuwania są niewystarczające, a często z racji potrzeb ochrony środowiska - szkodliwe. Nie ustają więc poszukiwania znalezienia lepszych, bardziej skutecznych i ekonomicznych metod zagospodarowania tych uciążliwych odpadów. Niezależnie od innych zastosowań, dużym odbiorcą popiołów może stać się w przyszłości rolnictwo. Bezpośrednie użycie ich jako nawozu budzi jednak wiele kontrowersji. Najważniejsze z nich to niedostateczne rozeznanie w możliwościach ekonomicznego ich wykorzystania, zmienność składu chemicznego, trudności techniczne transportu i wysiewu oraz rozpowszechnione poglądy o ich szkodliwości.

Popioły były w różnym stopniu i często ze zmiennymi skutkami wypróbowywane do odkwaszania gleb, poprawy jej struktury, właściwości wodno-powietrznych, fizykochemicznych i biologicznych [1, 4, 7, 11]. Badano również ich wpływ na rozwój i plonowanie roślin uprawnych [8]. Stosunkowo dobrze w tym zakresie oceniane są popioły z węgla brunatnego [9, 19]. Niewielki jednak ich udział w ogólnej masie wytwarzanych popiołów sprawia, że do najważniejszych zadań natury gospodarczej, społecznej i technicznej należeć będzie utylizacja popiołów z węgla kamiennego. Wymagają one, jak i większość odpadów, pewnego przetworzenia polegającego na poprawieniu ich właściwości fizycznych i chemicznych. Jedną z dróg prowadzących do tego

celu jest granulowanie aglomeracyjne popiołów z gnojowicą. W procesie tym uzyskuje się uzupełnienie i poprawienie składu chemicznego aglomeratów, poprawę właściwości fizycznych oraz dodatkowy efekt oczyszczania gnojowicy polegający na częściowej redukcji zawiesin, BZT<sub>5</sub>, a także rozpuszczonych związków mineralnych. Metoda granulowania aglomeracyjnego popiołów elektrownianych gnojowicą sprowadza się w praktyce do zmiany stanu ciekłego gnojowicy na stały, dzięki czemu można uniknąć wielu niedogodności związanych z rozprowadzaniem hydromechanicznych ścieków zwłaszcza w okresie zimowym. Metoda ta jest również szczególnie przydatna tam, gdzie wieloletnie tradycyjne stosowanie gnojowicy zmodyfikowało gleby tak dalece, że ich dalsze obciążanie ściekami stanowi zagrożenie dla środowiska.

### ZAKRES I METODA BADAŃ

Do badań pobrano popiół elektrowniany po węglu kamiennym z drugiej strefy elektrolitów Elektrociepłowni Bydgoszcz-2. Charakteryzował się on znacznym rozdrobieniem - 74% frakcji ziaren o wymiarach od 0,066 do 0,080 mm, powierzchnią właściwą - 3425 cm<sup>2</sup>/g, oraz składem chemicznym przydatnym do celów rolniczych - CaO - 7,9%, MgO - 3,7%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,52%, K<sub>2</sub>O - 0,14%, B - 0,074%, Mn - 0,03%, Cu - 0,02%, SO<sub>2</sub> - 2,22%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 9,00%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 19,50%, SiO<sub>2</sub> - 35,40%. Ciecżą aglomeracyjną była gnojowica z fermy bukatów (PGR Tuchola) o zawartości N - 0,44%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,21%, K<sub>2</sub>O - 0,30%, gęstości 1,10 g/cm<sup>3</sup>, pH - 7,82.

W celu zwiększenia zawartości składników nawozowych w aglomeratach (poprzez wykorzystanie zdolności sorpcyjnych popiołów) mieszano popioły z gnojowicą w stosunku wagowym 1:2 lub 1:3. Po wymieszaniu następowała sedymentacja zawiesin trwająca około 5 godzin. Po tym czasie z nad warstwy osadu odprowadzano częściowo oczyszczony roztwór do osobnego zbiornika. W roztworze tym następowała prawie 74-procentowa redukcja zawiesin oraz 42-procentowa redukcja BZT<sub>5</sub>. Ze związków nieorganicznych zawartych w gnojowicy całkowicie usuwany był fosfor i potas oraz częściowo azot. Tak oczyszczone ścieki stanowić mogły źródło wody dla deszczowni. Osad zagęszczono, następnie aglomerowano metodą wytłaczania przy pomocy urządzenia ślimakowego. Formowanie granulek zachodziło podczas przechodzenia masy aglomerowanej przez otwory matrycy o średnicy 2,0 mm. Siły zagęszczające cząstki w wytłaczanej masie były wystarczające do uzyskania aglomeratów. Uzyskane granulki miały postać pokruszonego makaronu.

Materiałowi poddawanemu wytłaczaniu nie stawia się w zasadzie żadnych wymagań poza rozdrobieniem cząstek. Pod działaniem sił zagęszczających stałe cząstki organiczne gnojowicy z łatwością ulegały rozdrobieniu, przekształcając się w dość plastyczną substancję. Wytłoczone aglomeraty wypadały na taśmę transportową posypaną pyłem popiołowym, co sprzyjało szybkiemu obsychaniu oraz zapobiegało skleja-

T a b e l a 1

Skład chemiczny aglomeratów (w % s.m.)

Stosunek popiołu do gnojowicy	CaO	MgO	N <sub>og.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C <sub>og.</sub>	B	Cu
1:2	8,1	3,5	0,4	1,0	0,6	2,9	0,060	0,027
1:3	8,3	3,6	0,7	1,2	1,2	4,3	0,074	0,023

T a b e l a 2

Właściwości fizyczne aglomeratów

Stosunek popiołu do gnojowicy	Gęstość pozorną g/cm <sup>3</sup>	Objętość przestrzeni pustej cm <sup>3</sup> /g	Stopień nasycenia cieczą	Wodoodporność %	Wytrzymałość mechaniczna %
1:2	1,32	0,345	0,915	77,2	42,1
1:3	1,27	0,401	0,931	83,7	38,7

niu aglomeratów podczas zsypywania ich do zbiornika. Opis techniczny urządzeń oraz technologię procesu aglomerowania podano we wcześniejszych pracach [3, 13].

W tabeli 1 zestawiono wyniki analiz składu chemicznego aglomeratów wykonane według metodyki zalecanej przez ZDUDE [10], natomiast w tabeli 2 wyniki oznaczeń właściwości fizycznych według Domoradzkiego [2].

W celu prześledzenia procesów zachodzących w glebie pod wpływem nawożenia aglomeratami przeprowadzono doświadczenia inkubacyjne na trzech glebach z pól produkcyjnych o zróżnicowanej genezie oraz zawartości węgla ogólnego.

gleba I - brunatna właściwa o składzie mechanicznym glin lekkich, kompleks rolniczej przydatności - pszenney, wadliwy z okolic Sadek (woj. bydgoskie),

gleba II - czarna ziemia właściwa o składzie mechanicznym glin średnich, kompleks rolniczej przydatności - pszenno-buraczanej z okolic Złotnik Kujawskich k. Inowrocławia,

gleba III - brunatna właściwa o składzie mechanicznym glin średnich pylastych, kompleks rolniczej przydatności pszenney dobry z okolic Strzelc Dolnych k. Bydgoszczy.

Wyniki oznaczeń składu mechanicznego gleb zestawiono w tabeli 3, a ważniejsze wyniki analiz chemiczno-rolniczych w tabeli 4. Dznaczenia wykonano zgodnie z metodyką zalecaną przez Lityńskiego [5], a jedynie frakcje węgla - metodą utleniania nadmanganianem potasu według Łoginowa i Wiśniewskiego [6].

Oddziaływanie aglomeratów na gleby porównywano w doświadczeniu inkubacyjnym z działaniem równoważnej ilości składników mineralnych i organicznych wprowadza-

nych do gleby kontrolnej. Wapń, magnez, potas i miedź wprowadzono do gleby w postaci soli siarczanowych, azot - azotanu amonowego, fosfor w postaci fosforanu wapniowego, bor w formie czteroboranu sodowego, natomiast zawartość węgla uzupełniono zmieloną słomą jęczmienną.

T a b e l a 3

## Skład mechaniczny gleb

Rodzaj gleby	Procentowa zawartość w glebie cząstek o średnicy w mm			
	1-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	<0,02
Gleba I głina lekka	54	11	8	27
Gleba II głina średnia	42	9	12	37
Gleba III głina średnia pylasta	46	14	7	33

Ilości aglomeratów ustalono w wysokości 5% w stosunku do ciężaru wziętej do doświadczeń gleby. Doświadczenie założono w 4 powtórzeniach w naczyniach szklanych zawierających po 1 kg gleby. Wilgotność utrzymywano na poziomie 60% pełnej pojemności wodnej. Przez cały czas 32 tygodni inkubacji utrzymywano temperaturę 30<sup>o</sup>K.

Uzyskane w doświadczeniu wyniki obliczono statystycznie metodą serii niezależnych z dwiema zmiennymi.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wprowadzone do gleb aglomeraty popiołowo-gnojowicowe oraz składniki mineralne i organiczne (w ilości równoważnej do aglomeratów) wpłynęły na wiele właściwości badanych gleb. Wyniki analiz chemiczno-rolniczych gleb po okresie inkubacji zestawiono w tabelach 5 i 6.

O d c z y n g l e b y. Dodatek aglomeratów popiołowo-gnojowicowych w ilości 5% w stosunku do masy gleby wpłynął nieznacznie na zmianę odczynu, podwyższając wartość pH mierzoną w roztworze wodnym. W największym stopniu miało to miejsce przy zastosowaniu aglomeratów sporządzonych przy użyciu 1 części popiołu i 2 części wagowych gnojowicy, natomiast w próbach kontrolnych traktowanych składnikami mineralnymi każdorazowo następowało obniżenie pH.

Charakterystyka chemiczno-rolnicza gleb

Ozna- cze- nie gleby	Azot ogólny mg/100 g gleby	Węgiel ogólny mg/100 g gleby	C/N	pH		Azot amonyjowy mg/100 g gleby	Azot azo- tanowy mg/100 g gleby	Frakcja węgla w % węgla og.*			FI+ FII+ FIII	F IV	Pełna pojem- ność wodna
				H <sub>2</sub> O	KCl			FI	FII	FIII			
I	99,5	998,4	10,03	7,21	7,01	1,27	0,64	6,52	9,78	1,9	18,2	81,80	34,9
II	128,0	4500,0	35,16	6,25	5,89	1,99	0,87	11,73	7,37	13,3	32,4	67,60	86,2
III	46,9	1500,0	31,98	7,38	6,91	0,92	0,41	9,50	6,22	30,4	46,12	53,88	56,6

\*I frakcja - wynik uzyskany dla najniższego stężenia  $KMnO_4$  (0,1n), II frakcja - różnica między wynikami uzyskanymi dla 0,5 i 0,1n  $KMnO_4$ , III frakcja - różnica między wynikami uzyskanymi dla 1,0 i 0,5n  $KMnO_4$ , IV frakcja - węgiel nie utleniony (różnica w stosunku do ogólnej zawartości węgla).

## Zestawienie wyników analizy gleb po inkubacji

Ozna- cze- nie gleby	Kombinacje nawozowe	Azot ogólny mg/100 g gleby	Węgiel ogólny mg/100 g gleby	C/N	pH		Azot amonomowy mg/100 g gleby	Azot azotanowy mg/100 g gleby	Frakcje węgla w % węgla og.			F I+ F II+ F III	F IV	Pełna pojem- ność wodna
					H <sub>2</sub> O	KCl			F I	F II	F III			
I	kontrolna*	108,4	807,4	7,45	7,03	6,75	2,07	1,26	12,42	8,48	5,64	26,54	73,46	34,6
	aglomeraty:													
	1:2	111,3	962,1	8,64	7,41	6,97	1,46	0,82	7,21	7,01	4,82	19,04	80,96	36,4
	1:3	116,2	937,2	8,07	7,36	7,08	1,52	0,71	7,89	9,31	3,26	20,46	79,54	35,8
II	kontrolna	141,6	3837,1	27,20	6,11	5,75	2,47	1,14	14,21	8,45	10,02	32,68	67,32	86,0
	aglomeraty:													
	1:2	140,7	4382,7	31,15	6,48	5,66	1,74	0,75	9,95	12,01	16,31	38,27	61,73	86,6
	1:3	138,2	4311,5	31,20	6,30	5,71	1,66	0,67	11,32	13,81	15,21	40,34	59,66	86,5
III	kontrolna	60,2	1189,2	19,75	7,26	6,85	1,47	0,69	13,06	8,01	24,11	45,18	54,82	56,0
	aglomeraty:													
	1:2	62,8	1448,2	23,06	7,42	7,16	1,11	0,53	10,12	7,24	27,32	44,68	55,32	56,8
	1:3	67,8	1452,8	21,60	7,36	7,10	1,02	0,42	11,48	5,96	26,48	43,92	56,08	56,1

\*Z dodatkiem składników mineralnych i organicznych równoważących ilości związków wprowadzanych z aglomeratami.

T a b e l a 6

Ilości wydzielonego amoniaku (w mg N/100 g gleby) oraz dwutlenku węgla (w mg C/100 g) z gleb inkubowanych zmierzone metodą mikrodyfuzji

Kombinacje nawozowe	Oznaczenie gleby					
	I		II		III	
	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	NH <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
Kontrolna	10,41	32,28	7,03	83,2	5,21	39,42
Aglomeraty:						
1:2	7,26	19,82	6,81	57,2	4,80	25,51
1:3	8,42	22,3	6,11	63,1	4,26	26,32

Pełna pojemność wodna. W badanych glebach po okresie inkubacji nie stwierdzono większych zmian w zakresie pojemności wodnej. Dodatek aglomeratów nie miał również istotnego wpływu na wzrost tej pojemności. Zauważono jedynie pewną tendencję wzrostową w glebach nawożonych aglomeratami sporządzonymi z popiołu i gnojowicy w stosunku 1:2.

Przemiany węgla ogólnego. Wprowadzenie z aglomeratami popiołowo-gnojowicowymi znacznych ilości węgla oraz wyrównanie (mieloną słomą jęczmienną) do tego samego poziomu zawartości węgla w próbach kontrolnych nie przyczyniło się po okresie inkubacji do wzrostu ogólnej zawartości węgla w badanych glebach. Analiza gleb po tym okresie wykazała wyraźny spadek jego zawartości. Znaczne zmniejszenie zawartości węgla wskazujące na dużą intensywność procesów mineralizacji wystąpiło w próbach kontrolnych. W glebach nawożonych aglomeratami straty te były istotnie mniejsze. Stosunek popiołu do gnojowicy w aglomeratach miał nieznaczny wpływ na straty węgla.

Najmniejsze straty węgla ogólnego były na glebie II - 14,74% (o najwyższej zawartości węgla), a największe w glebie III - 20,63% (o średniej zawartości węgla). Należy też zaznaczyć, że w glebie III stwierdzono równocześnie najniższą zawartość frakcji IV (nieutleniającej), co może być przyczyną większej pojemności węgla ogólnego tej gleby na mineralizację (tab. 4 i 5).

Przemiany azotu. Azot, którego formy tworzą bardzo labilne układy zmieniające się w zależności od wielu czynników zewnętrznych, również w procesie inkubacji, wykazywał dużą zmienność. W glebie I i III zawartość azotu po inkubacji była wyższa przy stosowaniu aglomeratów niż w próbie kontrolnej, co dowodzi zmniejszonych strat. Jedynie w glebie II dodatek aglomeratów wpłynął w pewnym stopniu na zmniejszenie jego zawartości w glebie. Straty te nie są jednak stratami wynikającymi z ułatwiania się amoniaku, którego ilość była zawsze mniejsza w próbach z aglomeratami (tab. 6).

Zwiększona zawartość azotu ogólnego przy ubytkach azotu amonowego i azotanowego świadczyć może o intensywnych procesach zbiałczania, co potwierdza również wysoki stosunek C/N.

**F r a k c j e w ę g l a o r g a n i c z n e g o.** Procesy mineralizacji zachodzące w toku inkubacji, powodują straty węgla organicznego, (co mierzono zarówno spadkiem zawartości węgla ogólnego, jak też ilością wydzielonego  $\text{CO}_2$ ) przede wszystkim frakcji I, a więc tej najbardziej podatnej na procesy oksydacyjne. We wszystkich glebach obserwowano istotny spadek zawartości tej właśnie części węgla organicznego. Wydaje się to być zjawiskiem korzystnym, ponieważ ta część materii organicznej jest stosunkowo nietrwała o niskim stopniu humifikacji.

**W y d z i e l a n i e a m o n i a k u i d w u t l e n k u w ę g l a.** Dodatek aglomeratów popiołowo-gnojowicowych działał hamująco zarówno na wydzielanie się amoniaku, jak i dwutlenku węgla, a różnice pomiędzy obiektami kontrolnymi i nawożonymi aglomeratami były istotne (tab. 6).

#### WNIOSKI

Materiał zgromadzony w ciągu 32 tygodni inkubacji nie jest jeszcze w pełni wystarczający do wyciągnięcia ostatecznych wniosków. Zarysowała się jednak możliwość wysunięcia następujących stwierdzeń:

1. Nawożenie aglomeratami spowodowało przesunięcie odczynu gleby w kierunku obojętnego lub lekko alkalicznego. W glebach nie nawożonych aglomeratami nastąpiło obniżenie odczynu.
2. Wprowadzenie aglomeratów osłabiało tempo rozkładu substancji organicznej ograniczając straty węgla. Aglomeraty powodowały ubytki węgla w jego najłatwiej utleniającej frakcji (frakcja I).
3. Stosowanie aglomeratów zmniejszało wyraźnie wydzielanie się dwutlenku węgla i amoniaku w procesie inkubacji.
4. Wydaje się, że stosowanie aglomeratów popiołowo-gnojowicowych powoduje wiele korzystnych zmian w składzie chemicznym gleby i daje efekty zbliżone lub nawet korzystniejsze niż równoważne nawożenie mineralne.
5. Taka forma wykorzystania odpadów przemysłowych (popiołu) i rolniczych (gnojowica) oprócz korzyści agrotechnicznych przyczynia się do ochrony naturalnego środowiska.

#### LITERATURA

1. Bereśniewicz A., Nowosielski O.: Wstępne badania nad wykorzystaniem popiołów z węgla brunatnego w celach nawozowych. Roczn. Glebozn., XXVIII, 2, 1977.



2. Domoradzki M.: Kinetyka granulacji pyłów w granulatorze talerzowym. Praca doktorska. ITiICH, AT-R, Bydgoszcz 1978.
3. Hermann J., Wiśniewski W.: Granulowanie aglomeracyjne popiołów elektrowni-nych ściekami krochmalniczymi i gnojowicą. IV Krajowa Konf. Nauk-Techn.11-12, 4. 1985.
4. Krężel R., Borkowski J., Nowak W.: Badania nad przydatnością popiołów ze spalania węgla kamiennego. Roczn. Glebozn., XXIX. 1, 1978.
5. Lityński T., Jurkowska H.: Analiza chemiczno-rolnicza gleb. PWN, Warszawa 1972.
6. Łoginow W., Wiśniewski W.: Oznaczanie frakcji węgla metodą utleniania nadmanganianem potasu. Maszynopis AT-R. 1980.
7. Maciak F.: Wpływ wysokich (melioracyjnych) dawek popiołów z węgla brunatnego i kamiennego na niektóre fizyko-chemiczne właściwości gleby piaskowej. Roczn. Glebozn., XXXII, 1, 1981.
8. Maciak F., Liwski S.: Wpływ wysokich (melioracyjnych) dawek popiołów z węgla brunatnego i kamiennego na plonowanie i skład chemiczny roślin na glebie piaskowej. Roczn. Glebozn., XXXII, 1, 1981.
9. Nowosielski O.: Wartość nawozowa popiołów węgla brunatnego z elektrowni Konin i Adamów. Nowe Rol., 24, 1972.
10. Nowosielski O., Bereśniewicz A.: Perspektywy rolniczego wykorzystania popiołów węgla brunatnego. Nowe Rol., 11, 1975.
11. Starski B.: Wyniki badań nad możliwością zastosowania popiołów po węglu brunatnym i kamiennym w rolnictwie i leśnictwie. Post. Nauk. Rol., 4, 1977.
12. Tym A.: Metody fizyko-chemiczne oczyszczania wód i ścieków. SJ i TPCh.,II. Lublin. Referaty, 1976.
13. Wiśniewski W., Hermann J., Malczyk P.: Nawozy mineralno-organiczne z popiołów elektrowni-nych aglomerowanych ściekami. Zesz. Nauk. AT-R, 97, Rolnictwo (14). 1982.
14. Zalecana metodyka badania odpadów elektrowni-nych. (Popioły lotne) ZDUOE Katowice, 1974.