

HENRYK TERELAK, BARBARA ŻÓRAWKA

## WPŁYW POPIOŁÓW Z WĘGLA BRUNATNEGO I ODPADÓW PALENISKOWYCH Z WĘGLA KAMIENNEGO ORAZ TORFU NA WŁAŚCIWOŚCI GLEB LEKKICH I PŁONOWANIA ROŚLIN

Zakład Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów, Pracownia Chemii Gleb Instytutu  
Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Dynamicznie rozwijający się przemysł energetyczny dostarcza co-  
rocznie znacznych ilości odpadów, które składowane na usypiskach zaj-  
mują tereny rolnicze — rocznie około 100 ha gruntów [5] i są źródłem  
zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Aktualnie przemysł energe-  
tyczny dostarcza co roku około 13 mln ton odpadów. W masie tej około  
30% stanowią popioły z węgla brunatnego. W roku 1980 ilość pozyski-  
wanych odpadów przemysłu energetycznego będzie wynosić około  
18 mln ton [5]. Problem utylizacji tych odpadów nabiera więc coraz  
większego znaczenia.

W trakcie budowy odkrywkowych kopalni węgla brunatnego pozy-  
skuje się często znaczne ilości torfu. Z sytuacją taką będziemy mieli do  
czynienia w rejonie budowanego obecnie Kombinat Paliwowo-Energe-  
tycznego Bełchatów. Przewiduje się, że w rejonie tym na znacznym  
obszarze nastąpi degradacja gleb lekkich w wyniku osuszającego dzia-  
łania leja depresyjnego oraz ich zakwaszenie związkami siarki emitowa-  
nymi do atmosfery przez elektrownię [3]. Właściwe wykorzystanie  
torfu i odpadów przemysłu energetycznego powinno pozwolić na utrzy-  
manie produktywności występujących tu gleb lekkich na poziomie do-  
tychczasowym lub wyższym.

Mając powyższe na uwadze rozpoczęto w IUNG odpowiednie bada-  
nia w tym zakresie. Celem tych badań jest określenie przydatności oraz  
ustalenie możliwie korzystnych dawek popiołu z węgla brunatnego (po-  
pioły konińskie — lej II+III), odpadów paleniskowych węgla kamien-  
nego (zwanymi dalej żuzlem) z elektrocieplowni Zakładów Azotowych  
w Puławach oraz torfu do użyźniania gleb lekkich w oparciu o właści-  
wości gleb i płonowanie roślin.

## METODYKA BADAŃ

Do doświadczenia wazonowego użyto gleby „polesnej” brunatnej kwaśnej z poziomu akumulacyjnego z głębokości 0–15 cm (piasek słabo gliniasty) i z poziomu brunatnienia z głębokości 15–30 cm (piasek luźny). Ilość substancji odpadowych i torfu dodanych do gleb wyliczono biorąc za podstawę 20-centymetrową warstwę gleby na powierzchni 1 ha (3 000 000 kg) według schematu:

Obiekt	Dawka substancji t/ha			
Żużel	25	50	100	150
Popiół	5	10	15	25
Torf	250	500	—	—
Torf + popiół	250+5	250+10	250+15	250+25
Torf + popiół	500+5	500+10	500+15	500+25

Według wartości kwasowości hydrolitycznej dla piasku słabo gliniastego z poziomu próchnicznego dawka popiołu w ilości 5 t/ha odpowiada 0,7 Hh, a dla piasku luźnego z poziomu brunatnienia 1,5. Doświadczenie przeprowadzono w trzykilogramowych wazonach, które napełniono glebą użyźnioną odpowiednią ilością substancji. Substancje te wymieszano dokładnie z całą ilością gleby. Na tak przygotowanych obiektach posiano kukurydzę, a po jej zbiorze owies. Rośliny zebrano na zieloną masę w fazie wiechowania. Doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach przy poziomie wilgotności 60%. Pod kukurydzę zastosowano 380 mg N, 360 mg K<sub>2</sub>O i 530 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a pod owies 150 mg N, 180 mg K<sub>2</sub>O i 260 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na 1 kg gleby. Po sprzęcie określono plon zielonej i suchej masy roślin.

W próbkach glebowych pobranych po zakończeniu doświadczenia oznaczono metodami powszechnie przyjętymi: pH, skład mechaniczny, zawartość przyswajalnych form potasu, fosforu i magnezu, zawartość substancji organicznej i kationów wymiennych.

Równoległe do serii z roślinami prowadzono inkubację 0,5 kg gleby z badanymi substancjami według uprzednio podanego schematu. W okresie pięciomiesięcznej inkubacji wykonano 3 pomiary pH w dziesięciodniowych odstępach i 4 pomiary w odstępach jednomiesięcznych.

W użytym do doświadczenia żużlu i popiele oznaczono zawartość najważniejszych składników, a w torfie — składników rozpuszczalnych po spaleniu w 20-procentowym HCl (tabl. 1).

## CHARAKTERYSTYKA BADANYCH SUBSTANCJI

Wyniki analiz żużla i popiołu (tab. 1) wskazują, że odpady te wykazują wysoką zasadowość. Odczyn popiołu wynosi 12,4, a żużla — 8,5.

Popiół z Konina składa się głównie z tlenków wapnia, magnezu i krzemionki. Powoduje to, że siła zobojętniająca tego odpadu jest sto-

T a b e l a 1

Skład chemiczny popiołu, żużla i torfu  
Chemical composition of ash, slag and peat

Substancja Substance	pH 1 N KCl	Strata na żarzeniu 500°C w % Loss on ignation in % at 500°C	Siła zobojętn. w % CaO Neutrali- zation power in % of CaO	Procentowa zawartość składników Percentage content of elements							
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Popiół Ash	12,4	3,0	35,6	38,9	5,3	5,0	0,40	35,1	6,4	0,30	0,08
Żużel Slag	8,5	4,6	1,7	46,8	24,9	13,0	0,07	3,8	1,7	1,70	0,22
Torf Peat	6,0	80,5	-	-	0,11	0,17	0,01	3,4	0,2	0,03	0,10

sunkowo wysoka (35,6%). Wysoka zawartość wapnia i magnezu w popiele oraz łatwość przechodzenia tych związków w formy dostępne dla roślin sprawiają, że odpad ten może być z powodzeniem wykorzystywany przez rolnictwo jako nawóz wapniowo-magnezowy.

Odmienny pod względem składu chemicznego jest żużel pozyskiwany z elektrocieplowni Zakładów Azotowych w Puławach. Odpad ten zawiera głównie związki krzemu, glinu oraz żelaza. Magnez i wapń mają tu niewielki udział i występują głównie w formie słabo rozpuszczalnych połączeń krzemianowych, co łącznie z ich niską zawartością powoduje, że siła zobojętniająca żużla jest niska (1,7%). Odpad ten zawiera pewne ilości fosforu i potasu, ale ze względu na mało korzystne właściwości nie może być uważany za substancję użyźniającą gleby i dla rekultywacji gleb zdegradowanych może mieć tylko znaczenie lokalne [6, 10].

Do doświadczeń użyto torfu niskiego średnio rozłożonego i słabo namulonego o pH 1 N KCl 6,0, zawierającego około 80% substancji organicznej.

#### WPŁYW BADANYCH SUBSTANCJI NA WŁAŚCIWOŚCI GLEB

Użyta do doświadczeń gleba z poziomu próchnicznego (0-15 cm) o składzie mechanicznym piasku słabo gliniastego zawierała 1,98% substancji organicznej, w której znaczny udział stanowiły słabo rozłożone części ściółki leśnej (igliwie). Natomiast gleba z poziomu brunatnienia (15-30 cm) o składzie mechanicznym piasku luźnego, zawierała zaledwie 0,37% substancji organicznej. Oba te poziomy odznaczały się wysokim stopniem zakwaszenia oraz niską zawartością składników przyswajalnych i kationów wymiennych (tab. 2 i 4).

Dodatek do gleb żużla i popiołu nie zmienił w sposób istotny składu mechanicznego, chociaż obserwuje się pewien wzrost w nich zawartości części koloidalnych w porównaniu z kontrolą. Dość istotne zmiany nastąpiły natomiast w zawartości substancji organicznej. Wzrastające

Właściwości fizyko-chemiczne gleb po zakończeniu doświadczenia  
Physico-chemical properties of soil after finishing the experiment

Obiekt Treatment	Dawka substancji t/ha Rate of substance t/ha	Poziom próchniczny - piasek słabo gliniasty Humus horizon - weakly loamy sand								Poziom brunatnienia - piasek luźny Horizon of brownng - loose sand							
		frakcji o średnicy w mm < 0,002 fractiion < 0,002 mm	% substancji organicznej organic matter	CaCO <sub>3</sub>	pH w 1 N KCl	Kwasowość hydrolytyczna gleby mg/100 g Hydrolytic acidity in mg/100 g of soil	Składniki przyswajalne mg/100 g Available elements, in mg/100 g of soil			frakcji o średnicy w mm < 0,002 fractiion < 0,002 mm	% substancji organicznej organic matter	CaCO <sub>3</sub>	pH w 1 N KCl	Kwasowość hydrolytyczna gleby mg/100 g Hydrolytic acidity in mg/100 g of soil	Składniki przyswajalne mg/100 g Available elements, in mg/100 g of soil		
							P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg
Kontrola Control		2	1,99	-	4,2	3,23	10,8	7,0	0,8	1	0,37	-	4,7	1,35	9,1	4,0	0,3
Żużel Slag	25	2	2,07	-	4,3	3,03	10,2	8,6	1,5	1	0,39	-	5,1	1,20	10,2	3,4	1,0
	50	3	2,13	-	4,5	3,00	11,0	8,9	2,3	1	0,42	0,0	5,4	1,05	11,0	4,0	1,5
	100	3	2,20	-	4,8	2,33	10,2	8,9	2,9	2	0,45	0,0	6,1	0,90	11,9	4,6	1,8
	150	3	2,25	-	5,3	2,03	11,6	9,4	3,4	2	0,50	0,1	6,5	0,75	14,7	3,0	2,3
Popiół Ash	5	2	1,86	-	4,7	2,70	10,8	7,0	2,4	1	0,40	0,0	6,4	0,90	12,5	2,4	2,1
	10	2	1,73	-	5,6	2,18	10,8	7,6	3,0	1	0,35	0,0	6,9	0,68	15,8	3,0	2,9
	15	3	1,66	0,0	6,3	1,65	13,3	7,0	5,2	2	0,35	0,1	8,0	0,38	15,8	2,4	3,1
	25	3	1,50	0,1	7,3	0,89	20,2	8,0	5,9	2	0,36	0,1	8,4	0,25	23,8	2,6	3,9
Torf-peat 250+5 250+10 250+15 250+25	250	3	4,40	-	4,8	3,53	8,8	7,0	1,3	2	1,48	0,0	5,9	1,58	8,2	2,4	0,8
	250+5	3	4,47	-	5,3	2,78	10,1	7,6	3,1	2	1,21	0,0	6,5	1,20	10,5	2,2	2,3
	250+10	3	3,65	-	6,0	2,25	10,5	7,4	4,3	2	1,02	0,0	7,2	0,75	12,2	3,0	3,0
	250+15	3	3,36	0,1	6,4	1,88	12,7	8,0	5,4	2	0,90	0,0	7,7	0,57	15,0	3,4	3,9
250+25	3	3,01	0,1	7,0	1,05	18,6	8,0	8,3	2	0,75	0,0	8,2	0,25	30,0	3,4	4,7	
Torf-peat 500+5 500+10 500+15 500+25	500	4	6,44	-	5,3	3,75	9,1	8,0	1,4	2	2,53	0,0	6,0	1,65	7,0	3,4	0,6
	500+5	4	5,96	-	5,7	3,08	10,8	7,6	3,9	2	2,06	0,0	6,6	1,13	7,2	3,0	2,5
	500+10	4	5,66	-	6,0	2,93	10,5	7,6	4,6	2	1,86	0,0	7,1	0,88	8,8	2,4	3,5
	500+15	4	5,23	0,0	6,4	2,10	12,7	7,0	5,4	2	1,61	0,0	7,7	0,65	10,2	3,0	4,1
500+25	4	5,61	0,1	6,8	1,35	15,8	7,0	8,8	2	1,48	0,0	8,1	0,46	12,5	2,9	5,1	
Gleba wyjściowa Initial soil	-	-	-	-	-	-	2,3	3,1	0,8	-	-	-	-	-	0,6	1,0	0,3

Tabela 3

Dynamika odczynu gleb /pH KCl/ w zależności od rodzaju i wysokości dawki zastosowanej substancji  
Soil acidity dynamics /pH in KCl/ depending on kind and magnitude of the rate of substance

Objekt Treatment	Dawka substancji t/ha Rate of substance t/ha	Poziom próchniczny - piasek słabo gliniasty Humus horizon - weakly loamy sand		Poziom brunatnienia - piasek luźny Horizon of browning - loose sand	
		pobranie próby po upływie - sampling after:			
		10 dni - 10 days	3 miesiące 3 months	10 dni - 10 days	3 miesiące 3 months
Kontrola Control	-	4,1	4,1	4,6	4,6
Żużel - Slag	25	4,2	4,3	5,1	5,2
	50	4,4	4,5	5,5	5,6
	100	4,9	4,8	6,2	6,4
	150	5,3	5,4	6,8	6,7
Popiół - Ash	5	4,8	4,7	6,6	6,4
	10	5,8	5,6	7,4	7,2
	15	6,5	6,3	7,8	8,2
	25	7,4	7,3	8,9	8,6
Torf - Peat Torf + popiół Peat + ash	250	4,8	4,3	5,4	5,3
	250+ 5	5,4	5,3	7,0	6,9
	250+10	6,0	6,0	7,4	7,4
	250+15	6,4	6,4	8,0	7,9
	250+25	7,2	7,0	8,6	8,3
Torf - Peat Torf + popiół Peat + ash	500	5,3	5,3	5,8	5,7
	500+ 5	5,7	5,7	6,8	6,8
	500+10	6,3	6,1	7,5	7,2
	500+15	6,5	6,5	7,9	7,9
	500+25	7,2	7,0	8,6	8,3

dawki żużla zwiększały pozornie ilość substancji organicznej w glebie. Wzrost spowodowany jest zapewne akumulacją węgla z wprowadzonym żużlem oraz z substancji organicznej systemu korzeniowego. Wprowadzenie popiołu obniżało natomiast zawartość substancji organicznej. Największy ubytek stwierdzono po zastosowaniu 25 t popiołu (0,5%). Podobne zjawisko stwierdzono przy łącznym zastosowaniu torfu i popiołu.

Zarówno żużel, jak i popiół obniżył stopień zakwaszenia gleb. Należy podkreślić, że substancje te powodują wyraźną zmianę odczynu w stosunkowo krótkim okresie. Praktycznie po 10 dniach ustalił się stan równowagi i dalsze pomiary pH nie wykazywały zmian odczynu gleby (tab. 3). Popiół działa jednak bardziej efektywnie, co wynika z jego właściwości chemicznych — większa siła zobojętniania w porównaniu z żużlem.

#### ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW PRZYSWAJALNYCH I KATIONÓW WYMIENNYCH

Wzrastające dawki zastosowanych substancji systematycznie zwiększały w glebie zawartość przyswajalnych form fosforu i magnezu. Najwięcej przyswajalnego fosforu i magnezu zawierały gleby obiektów z dodatkiem 150 t. żużla, 25 t popiołu oraz torfu + 25 t popiołu. Akumulacja fosforu w glebie nastąpiła w wyniku zastosowanego nawożenia

Zawartość kationów wymiennych w glebie po zakończeniu doświadczenia<sup>x</sup>  
 Content of exchangeable cations in soil after finishing the experiment<sup>x</sup>

Objekt Treatment	Dawka sub- stancji t/ha Sub- stance rate	Poziom próchniczny - piasek słabo gliniasty Humus horizon - weakly loamy sand							V %	Poziom brunatnienia - piasek luźny Horizon of browning - loose sand							V %
		kationy wymienne - me/100 g gleby exchangeable cations - me/100 g of soil								kationy wymienne - me/100 g gleby exchangeable cations - me/100 g of soil							
		Hn	Ca	Mg	K	Na	S=Ca+Mg+ +K+Na	T=S+Hn		Hn	Ca	Mg	K	Na	S=Ca+Mg+ +K+Na	T=S+Hn	
Kontrola Control	-	3,13	0,70	0,10	0,25	0,07	1,12	4,25	26,3	1,35	0,21	0,05	0,06	0,03	0,35	1,70	20,6
Żużel → Slag	25	3,08	1,24	0,15	0,29	0,08	1,76	4,84	36,4	1,20	0,40	0,10	0,09	0,04	0,63	1,83	34,4
	50	3,00	1,49	0,20	0,29	0,08	2,06	5,06	40,7	1,05	0,64	0,13	0,08	0,03	0,88	1,93	45,6
	100	2,33	2,27	0,24	0,29	0,08	2,88	5,21	55,3	0,90	1,00	0,19	0,10	0,03	1,32	2,22	59,5
	150	2,03	2,98	0,28	0,29	0,08	3,63	5,66	64,1	0,75	1,43	0,23	0,08	0,03	1,77	2,52	70,2
Popiół → Ash	5	2,70	1,49	0,23	0,20	0,08	2,00	4,70	42,6	0,90	1,40	0,19	0,06	0,03	1,68	2,58	65,1
	10	2,18	1,99	0,29	0,22	0,07	2,57	4,75	54,1	0,68	1,30	0,28	0,08	0,03	2,19	2,87	76,3
	15	1,65	3,24	0,59	0,24	0,09	4,16	5,81	71,6	0,38	2,20	0,35	0,10	0,03	2,68	3,06	87,6
	25	0,89	4,39	0,64	0,25	0,08	5,36	6,25	85,8	0,25	3,59	0,46	0,10	0,03	4,18	4,43	94,4
Torf - Peat Torf+popiół Peat+ash	250	3,53	2,49	0,18	0,20	0,08	2,95	6,48	45,5	1,58	1,30	0,14	0,05	0,03	1,52	3,10	49,0
	250+5	2,78	3,74	0,31	0,27	0,08	4,40	7,18	61,3	1,20	2,10	0,21	0,08	0,03	2,42	3,62	66,8
	250+10	2,25	4,49	0,44	0,22	0,10	5,25	7,50	70,0	0,75	2,65	0,25	0,08	0,03	3,01	3,75	80,3
	250+15	1,89	5,98	0,62	0,22	0,08	6,90	8,78	78,6	0,57	3,19	0,30	0,10	0,03	3,62	4,19	86,4
	250+25	1,05	8,19	0,75	0,25	0,08	9,37	10,42	89,9	0,25	3,99	0,50	0,08	0,03	4,60	4,85	94,8
Torf - Peat Torf+popiół Peat+ash	500	3,75	4,74	0,24	0,20	0,08	5,26	9,01	58,4	1,65	2,50	0,15	0,06	0,05	2,76	4,41	62,6
	500+5	2,78	5,93	0,41	0,25	0,10	6,74	9,52	70,8	1,13	3,49	0,22	0,08	0,05	3,84	4,97	77,3
	500+10	2,53	6,73	0,55	0,24	0,10	7,62	10,15	75,1	0,88	4,39	0,30	0,07	0,05	4,81	5,69	84,5
	500+15	2,10	7,68	0,67	0,25	0,11	8,71	10,81	80,6	0,66	4,95	0,39	0,08	0,05	5,47	6,13	89,2
	500+25	1,35	10,99	0,77	0,24	0,09	12,09	13,44	89,9	0,46	6,18	0,60	0,07	0,05	6,90	7,36	93,7
Gleba wyjściowa Initial soil	-	3,15	0,75	0,12	0,09	0,06	1,00	4,15	24,1	1,25	0,20	0,06	0,03	0,02	0,31	1,56	12,9

x - W przypadku zastosowania popiołu część jonów oznaczona jako wymienna może występować w innej "niewymiennej" formie

In case of using ash a part of ions determined as exchangeable one can occur in other, "non-exchangeable" form

tym składnikiem oraz wprowadzenia go z substancjami. W przypadku magnezu wzrost ten spowodowało zastosowanie żużla, torfu i popiołu. Podkreślić należy, że wzrost zasobności gleby w magnez nastąpił w stosunkowo krótkim okresie, co wskazuje, że składnik ten występuje w popiele i żużlu w formie łatwo rozpuszczalnej. Zawartość potasu przyswajalnego jest na ogół zbliżona w obrębie badanych kombinacji. W wyniku zastosowania badanych substancji w kompleksie sorpcyjnym gleby zmniejszył się wydatnie udział wodoru oraz ewidentnie wzrosła ilość kationów o charakterze zasadowym. Wprowadzenie do gleby żużla i popiołu spowodowało, że dominującym w kompleksie sorpcyjnym stał się wapń, przy czym wzrost zawartości tego składnika jest znacznie większy na obiektach z dodatkiem popiołu niż żużla. Łączne wprowadzenie do gleby torfu i popiołu jeszcze silniej zwiększa w niej zawartość wapnia niż w przypadku zastosowania samego popiołu. Jest to spowodowane wniesieniem pewnej ilości wapnia z torfem.

Zastosowane substancje, podobnie jak w przypadku wapnia, zwiększyły w glebie zawartość magnezu wymiennego. Przy najwyższej dawce żużla wzrost zawartości magnezu wymiennego w glebie próchnicznej jest 3-krotny, a w piasku 4-krotny w stosunku do kontroli. Odpowiednie wartości wzrostu dla popiołu wynoszą 6 i 8. Łączne zastosowanie torfu i popiołu jeszcze silniej zwiększa te wartości, co wynika z dodatkowych ilości magnezu wprowadzonego do gleby z substancją torfową.

Zastosowane substancje spowodowały również ewidentny wzrost pojemności sorpcyjnej. Wzrost ten jest jednak znacznie większy w przypadku piasku luźnego z poziomu brunatnienia w porównaniu z piaskiem słabo gliniastym z poziomu próchnicznego (tab. 4).

#### PLONOWANIE ROŚLIN NA GLEBIE Z POZIOMU PRÓCHNICZNEGO

Wszystkie zastosowane substancje (w różnych ilościach i kombinacjach) spowodowały wzrost plonu uprawianych roślin w stosunku do kontroli (tab. 5). Na obiektach z żużlem najwyższe plony owsa i kukurydzy uzyskano przy dawce 100 t/ha. W przypadku kukurydzy wzrost plonu w stosunku do kontroli wynosił 29%, a owsa 71%. Dodatek żużla w ilości 150 t/ha obniżył plonowanie owsa i kukurydzy w porównaniu z dawką 100 t/ha. Istotne różnice dla kukurydzy w stosunku do kontroli dała dawka 100 t/ha żużla, a dla owsa dawki 50, 100 i 150 t. Dawki żużla w ilości powyżej 100 t/ha na piasek słabo gliniasty z poziomu próchnicznego okazały się niecelowe (tab. 5).

Największe plony owsa i kukurydzy na obiektach z popiołem uzyskano przy zastosowaniu 15 t tego odpadu. Zastosowanie popiołu w ilości 25 t/ha obniżyło plony roślin w porównaniu z dawką 15 t/ha. Istotną

Tabela 5

Plon suchej masy roślin w % w stosunku do kontroli  
Plant dry matter yield in % in relation to control

Obiekt Treatment	Nr objektu Treatment No.	Dawka sub- stancji używającej t/ha Rate of substance in t/ha	Poziom próchniczny - piasek słabo gliniasty Humus horizon - weakly loamy sand				Poziom brunatnienia - piasek luźny Horizon of browning - loose sand			
			kukurydza maize	istotność w stosunku do obiektu <sup>x</sup> signifi- cance in relation to treatment <sup>x</sup>	owies oats	istotność w stosunku do obiektu <sup>x</sup> signifi- cance in relation to treatment <sup>x</sup>	kukurydza maize	istotność w stosunku do obiektu <sup>x</sup> signifi- cance in relation to treatment <sup>x</sup>	owies oats	istotność w stosunku do obiektu <sup>x</sup> signifi- cance in relation to treatment <sup>x</sup>
Kontrola Control	1	-	100=18,3 g s.m. d.m.	4,7,8	100=3,5 g s.m. d.m.	3,4,5,6,7, 8,9,12,13, 14,17,18, 19	100=4,4 g s.m. d.m.	2,3,4,5,6,7, 8,9,10,11,12, 13,14,15,16, 17,18,19	100=2,0 g s.m. d.m.	5,6,7,11,12, 13,14,15,16, 17,18,19
Żużel-Slag	2	25	106	4	128	4	175	1,3,4,5	103	5
	3	50	114	-	143	1	239	1,2,4,5	100	5
	4	100	129	1,2,5	171	1,2	300	1,2,3,5	117	-
	5	150	104	4	143	1	484	1,2,3,4	150	1,2,3
Popiół Konin Ash from Konin	6	5	121	8	143	1,8	489	1,8,9	167	1,8,9
	7	10	130	1,8	157	1,8	502	1,8,9	150	1,8,9
	8	15	159	1,6,7,9	214	1,6,7,9	529	1,6,9	100	6,7
	9	25	112	8	143	1,8	302	1,6,7,8	92	6,7
Torf - Peat Torf + popiół Peat + ash	10	250	108	-	86	12,13,14	461	1,14	92	11,12,13,14
	11	250+ 5	111	-	93	13,14	525	1,13,14	150	1,10,14
	12	250+10	105	-	150	1,10,11	470	1,14	167	1,10,14
	13	250+15	111	-	179	1,10,11	427	1,11	192	1,10,14
	14	250+25	111	-	214	1,10,11,12	364	1,10,11,12	242	1,10,11,12, 13
Torf - Peat Torf + popiół Peat + ash	15	500	105	-	100	17,18,19	479	1,16	150	1,19
	16	500+ 5	113	-	129	18,19	664	1,15,16,17, 18,19	167	1,19
	17	500+10	110	-	164	1,15,19	545	1,16	167	1,19
	18	500+15	111	-	214	1,15,16	516	1,16	175	1
	19	500+25	113	-	228	1,15,16,17	484	1,16	208	1,15,16,17
x - Obliczenia statystyczne wykonano w oparciu o plony rzeczywiste - Statistical calculation was carried out basing on actual yields										

zwyżkę plonu kukurydzy w stosunku do kontroli daje zastosowanie 10 i 15 t popiołu, a owsa — 5, 10, 15 i 25 t/ha popiołu.

Zastosowanie torfu (250 i 500 t/ha) oraz torfu z dodatkiem popiołu w różnych ilościach nie wpłynęło istotnie na plonowanie kukurydzy. Uzyskane zwyżki plonów są tu nieduże i statystycznie nieistotne. W przypadku owsa dawka 250 t torfu na ha obniżyła plon o 14% w stosunku do kontroli, a 500 t nie miała żadnego wpływu na plonowanie tej rośliny. Istotne zwyżki plonu owsa uzyskano z obiektów 250 i 500 t torfu z dodatkiem 10, 15 i 25/ha popiołu. Wyższa dawka torfu z dodatkiem popiołu działa korzystniej na plonowanie owsa w porównaniu z dawką niższą. Wprowadzenie do gleby torfu (250 t i 500 t) w kombinacji z 25 t popiołu działało korzystniej na plonowanie owsa niż zastosowanie samego tylko popiołu (25 t/ha).

#### PLONOWANIE ROŚLIN NA GLEBIE Z POZIOMU BRUNATNIENIA

Na obiektach z dodatkiem żużla najwyższe plony owsa i kukurydzy uzyskano przy dawce tego odpadu w ilości 150 t/ha. Przyrost plonu kukurydzy w stosunku do kontroli wynosi tu 38,4%, a owsa 50%. Istotne zwyżki plonu kukurydzy w stosunku do kontroli dały wszystkie dawki żużla, a w przypadku owsa tylko dawka 150 t/ha. Nie jest wykluczone, że na glebach bezpróchnicznych dawki żużla większe od 150 t/ha mogły mieć korzystne działanie.

Najkorzystniejsze działanie na plonowanie kukurydzy wykazała dawka 15 t/ha popiołu, a owsa — 5 t (tab. 5). Przyrost plonu kukurydzy w stosunku do kontroli wynosi tu 429%, a owsa 67%. Dawka popiołu w ilości 25 t/ha nie obniżyła plonu kukurydzy w stosunku do kontroli, ale uzyskany tu plon jest najniższy w obrębie kombinacji z tym odpadem. W przypadku owsa korzystne działanie popiołu wykazały tylko dawki 5 i 10 t/ha, a dawka 25 t/ha obniżyła plon tej rośliny w stosunku do kontroli o 8%. Istotnie korzystne działanie na plonowanie kukurydzy wywarły wszystkie dawki popiołu (najlepsze 15 t/ha), a owsa 5 i 10 t.

Korzystne działanie na plonowanie kukurydzy wykazały obie dawki torfu, a owsa tylko 500 t/ha. Zastosowanie torfu w ilości 250 t/ha obniżyło plon owsa w stosunku do kontroli o 8%. Kukurydza najlepiej plonowała na obiektach 250 i 500 t torfu z dodatkiem 5 t popiołu. Zwiększenie dodatku popiołu powyżej 5 ton obniżało plony kukurydzy. Natomiast w przypadku owsa najwyższe plony uzyskano z obiektów użyźnionych torfem z dodatkiem 25 t popiołu.

#### DYSKUSJA

Duże zapotrzebowanie na nawozy wapniowe i wapniowo-magnezowe w Polsce wynika z faktu posiadania znacznego areалу gleb kwaśnych

oraz ubogich w magnez. Obecne dostawy tych nawozów dla rolnictwa pokrywają istniejące potrzeby w tym zakresie w zaledwie 60–65%.

Badania odpadów przemysłu energetycznego wykazały, że zawierają one znaczne ilości wapnia i magnezu [2, 6, 8, 9], pewne ilości mikroelementów [1, 8, 9] oraz mają zdolność odkwaszającą równorzędną „wapniakowi rolniczemu” [5]. Te cechy odpadów wskazują, że mogą one być wykorzystywane przez rolnictwo i leśnictwo, zmniejszając w ten sposób istniejący deficyt nawozów wapniowych i wapniowo-magnezowych.

Wyniki przeprowadzonych przez nas badań wskazują, że popioły z węgla brunatnego (Konińskie — lej 2 i 3) pod względem zawartości w nich składników mineralnych, a szczególnie wapnia i magnezu (30–40% CaO i do 7% MgO), mogą być wykorzystane przez rolnictwo stanowiąc cenny nawóz wapniowo-magnezowy. Popioły te odznaczają się również wysokim odczynem (pH w KCl = około 12) i po wprowadzeniu do gleby powodują w stosunkowo krótkim czasie jej odkwaszenie i wzbogacenie w związki wapnia i magnezu. Przy ustalaniu dawek należy brać pod uwagę ogólne zalecenia nawozowe uwzględniające skład mechaniczny gleb, stopień zakwaszenia, zawartość próchnicy itp. Wprowadzenie do gleby zbyt dużej masy popiołu może bowiem doprowadzić do zalkalizowania środowiska i zachwiania istniejącej w nim równowagi jonów oraz odbić się niekorzystnie na plonowaniu roślin. Dotyczy to szczególnie piasków luźnych bezpróchnicznych o słabych zdolnościach buforowych, gdzie, jak wskazują uzyskane przez nas wyniki przeprowadzonych badań, zastosowanie ponad 10 t popiołu na 1 ha obniżało plonowanie roślin. Na piaskach słabo gliniastych poziomu próchnicznego, a więc o lepszych właściwościach buforowych, najwyższe plony roślin uzyskano stosując 15 t popiołu na 1 ha. Oznacza to, że substancja organiczna przeciwdziała nadmiernej alkalizacji środowiska w przypadku stosowania wysokich dawek popiołu. Podobnie wyższe dawki popiołu mogą być stosowane w przypadku użyźniania piasków substancją torfową. Korzystny wpływ popiołów z węgla brunatnego na plonowanie roślin wskazują nie tylko wyniki badań naukowych [6, 8, 9], ale i doświadczenia rolników wykorzystujących ten odpad w rejonie Konina.

Korzystny skład chemiczny badanych przez nas popiołów po węglu brunatnym z Konina (35% CaO i 6,4% MgO) oraz dodatni jego wpływ na właściwości gleb i plonowanie roślin wskazują, że odpad ten może być z powodzeniem wykorzystany przez rolnictwo uzupełniając pulę tradycyjnych nawozów wapniowych i wapniowo-magnezowych. Istniejące jednak w literaturze [4, 8] kontrowersyjne sygnały co do radioaktywności i toksyczności popiołów nasuwają potrzebę badań w tym zakresie w układzie popiół–gleba–roślina [5]. Niezbędne jest również przeprowadzenie badań nad zawartością w popiołach oraz możliwością akumulacji w glebie i roślinach pierwiastków toksycznych.

Aby jednak popioły z węgla brunatnego znalazły szerokie uznanie w praktyce rolniczej, zmiana musi ulec aktualna ich konsystencja. Silny stopień rozdrobnienia popiołu, a w związku z tym trudności z jego transportem, przeładunkiem i wysiewem, jest jedną z podstawowych przyczyn zbyt małego, jak dotychczas, praktycznego wykorzystania tego odpadu przez rolnictwo.

Odpady paleniskowe z węgla kamiennego (żużel Z.A. Puławy) z rolniczego punktu widzenia wykazują znacznie gorszy skład chemiczny w porównaniu z popiołem. Odpad ten zawiera znacznie mniejszą ilość składników rolniczo użytecznych (wapnia i magnezu) oraz wysoką krzemionki, związków glinu i żelaza. Ze względu na krzemianową formę występowania wapnia i magnezu odpad ten wykazuje niską zdolność odkwaszającą. Niekorzystne właściwości dyskwalifikują ten odpad jako nawóz mineralny. Nie wyklucza to oczywiście całkowicie możliwości lokalnego wykorzystania tego odpadu do rekultywacji gruntów zdewastowanych, tak jak to ma miejsce w strefie oddziaływania Zakładów Azotowych w Puławach, gdzie stosowanie żużla z miejscowej elektrociepłowni daje pozytywne rezultaty [7]. Również w naszych badaniach zastosowanie żużla na piaski słabo gliniaste poziomu próchnicznego w ilości do 100 t dało korzystne rezultaty. Na piaskach luźnych bezpróchnicznych najlepsze wyniki uzyskano stosując 150 t żużla na ha. Nie jest wykluczone, że korzystne działanie tego odpadu może się ujawniać dopiero przy stosowaniu większych dawek.

#### WNIOSKI

Przeprowadzone badanie pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Użyty do doświadczeń popiół z węgla brunatnego (Konin — lej 2 i 3) zawierał wapń w ilości około 35% w przeliczeniu na CaO i około 60% magnezu w przeliczeniu na MgO. Odpad ten może być wykorzystywany w rolnictwie jako dobry nawóz wapniowo-magnezowy na gleby kwaśne i ubogie w magnez.

2. Wprowadzenie do gleby popiołu z węgla brunatnego przez poprawienie jej właściwości wpływa korzystnie na plonowanie roślin. W przeprowadzonych doświadczeniach wazonowych najwyższe plony roślin na piasku słabo gliniastym z poziomu próchnicznego uzyskano stosując 15 t popiołu na ha, a na piasku luźnym bezpróchnicznym 5–10 t/ha.

3. Odpad paleniskowy z węgla kamiennego z elektrociepłowni Z.A. Puławy ze względu na niską w nim zawartość wapnia i magnezu nie może być brany pod uwagę jako nawóz wapniowy. Może on mieć jednak pewne znaczenie lokalne jako substancja użyźniająca do rekultywacji zdewastowanych gleb lekkich. Największe zwyki plonów roślin

na piasku słabo gliniastym poziomym próchnicznego uzyskano przy dawce 100 t. popiołu w przeliczeniu na hektar, a na piasku luźnym bezpróchnicznym — 150 t.

4. Ocenę wartości torfu w warunkach prowadzonego doświadczenia rozpatrywano jedynie pod kątem wpływu dodatku tej substancji do piasku na zwiększenie jego pojemności sorpcyjnej i buforowości. Z tego punktu widzenia dodatni wpływ na plonowanie roślin w porównaniu z kontrolą uwidocznił się tylko w przypadku kukurydzy uprawianej na piasku z dodatkiem 250–500 t torfu w przeliczeniu na hektar oraz owsa uprawianego na piasku z dodatkiem 500 t.

#### LITERATURA

- [1] Barta J.: Elektrarenске popliky v zemedelstvi. Vesmir, 12, 1972.
- [2] Nowosielski O., Bereśniewicz A.: Perspektywy rolniczego wykorzystania popiołów węgla brunatnego. Nowe Rol. 1975, 11.
- [3] Siuta J.: Studium ochrony, rekultywacji i zagospodarowania użytków rolnych w strefie oddziaływania projektowanego Kombinat Paliwowo-Energetycznego Bełchatów. Prace IUNG, Puławy 1972.
- [4] Paprocki A.: Problem popiołów lotnych w aspekcie ich szkodliwości. Przegląd Budowlany 1974, 9.
- [5] Starski B.: Wyniki badań nad możliwością zastosowania popiołów po węgla brunatnym i kamiennym w rolnictwie i leśnictwie. Post. Nauk rol. 1977, 165.
- [6] Terelak H.: Wartość nawozowa popiołów z węgla brunatnego i pyłów odlotowych z cementowni. Nowe Rol. 22, 1974.
- [7] Terelak H.: Zastosowanie żużla i ziemi próchnicznej do rekultywacji gleb w rejonie Puław. Nowe Rol. 1976, 9.
- [8] Tuchołka Z., Wojtkowska R.: Działanie nawożenia popiołami z węgla brunatnych i kamiennych na glebę i rośliny. Prace PTG, Zjazd Jubileuszowy, Poznań 14–17.IX.1977, cz. II.
- [9] Zięba S.: Wyniki badań nad stosowaniem popiołów z węgla brunatnego w nawożeniu roślin. Nowe Rol. 1975, 16.

Г. ТЕРЕЛЯК, Б. ЖУРАВСКА

#### ВЛИЯНИЕ ЗОЛЫ БУРОГО УГЛЯ И ТОПОЧНЫХ ОТБРОСОВ КАМЕННОГО УГЛЯ, ТАКЖЕ И ТОРФА, НА СВОЙСТВА ЛЕГКИХ ПОЧВ И НА ПЛОДОРОДИЕ РАСТЕНИЙ

Отделение почвоведения и азщиты грунта, Институт агротехники, удобрения и почвоведения в Пулавах

#### Резюме

Энергетикой ежегодно поставляются значительные количества отбросов, складирование которых на отвалах занимает немалые площади и кроме того является источником запыления естественной среды (пыление).

Цель работы состояла в исследовании возможностей использования этих отходов в земледелии и в уточнении доз благоприятствующих удобрению легких почв, исходя из учета почвенных свойств и производства урожая растениями.

К связному песку из перегнойного горизонта и к рыхлому песку из горизонта бурового прибавляли (в пересчете на массу слоя почвы 20 см толщины на площади 1 га): 5, 10, 15, 25 тонн золы бурого угля; 25, 50, 100, 150 тонн золы каменного угля; 250 и 500 тонн сырого торфа, а также 250 и 500 тонн торфа с прибавкой 5, 10, 15 и 25 тонн золы бурого угля. На приготовленных таким образом объектах выращивали в сосудах (3 повторности) овес и кукурузу при уборке их урожая в виде зеленой массы.

Согласно данным химического анализа в золе бурого угля содержится около 35% кальция в пересчете на CaO и около 6% магния в пересчете на MgO. Эти свойства создают возможность использования названных отходов в земледелии в качестве кальциево-магниевых удобрений для кислых почв бедных магнием.

Внесение золы в почву не только улучшило ее физико-химические свойства, понизило степень кислотности и участие ионов водорода в почвенном поглощающем комплексе, повысило участие щелочных катионов и емкость поглощения (табл. 2 и 4), но благоприятно повлияло на урожай растений (табл. 5). На связном песке из перегнойного горизонта самые высокие урожаи были получены при дозе 15 т золы на га, а на бесперегнойном рыхлом песке при дозе 5-10 т на га.

Топочные отходы каменного угля, содержащие невысокие количества кальция (3,8% CaO) и магния (1,7% MgO) оказывали менее благоприятное действие на физико-химические свойства почв и поэтому не могут быть использованы в качестве извести. Однако они могут иметь некоторое локальное значение, как удобрительное вещество при рекультивации разрушенных легких почв. Самые высокие прибавки урожая растений на сутлинном перегнойном песке были получены при дозе 100 тонн этой золы по пересчету на га, а на рыхлом безгумусном песке 150 тонн/га.

Проведенные исследования не дали ясно выраженной оценки удобрительного достоинства торфа. Положительное влияние торфа на урожай растений установлено у кукурузы выращиваемой на песке с прибавкой 250 и 500 тонн торфа на га и у овса на песке с прибавкой 500 тонн этого вещества на га.

H. TERELAK, B. ZÓRAWSKA

## EFFECT OF BROWN COAL ASH AND OF HARD COAL AND PEAT FURNACE WASTES ON PROPERTIES OF LIGHT SOILS AND YIELDING OF CROPS

Department of Pedology and Soil Protection, Institute of Soil Science and Cultivation of Plants at Puławy

### Summary

The energetic industry delivers every year a considerable amount of wastes, which disposed on dumps, occupy large areas of soils and constitute a source of the natural environment pollution (dusting).

The aim of the work was to explore possibilities of utilization of the above wastes in agriculture as well as to determine their possibly favourable rates for fertilization of light soils on the basis of soil properties and yielding of crops.

To weakly loamy sand taken from the humus horizon and to loose sand taken from the horizon of browning the following ash amounts were added (in conversion to the soil layer bulk of 20 cm from 1 hectare): 5, 10, 15 and 25 tons of brown coal ash, 25, 50, 100 and 150 tons of hard coal ash, 250 and 500 tons of raw peat as well as 250 and 500 tons of peat with addition of 5, 10, 15 and 25 tons of brown coal ash. On the objects prepared in such a way oats and maize were cultivated in pots for green matter (in 3 replications).

The results obtained prove that the brown coal ash contains about 35% of calcium in conversion to CaO and about 6% of magnesium in conversion to MgO. These properties make possible to utilize the above wastes in agriculture as a calcium-magnesium fertilizer for acid and magnesium-poor soils.

The fertilization of soils with ash contributed to an improvement of not only their physico-chemical properties, to a reduction of the acidification degree and of the hydrogen ion percentage in the sorption complex and to an increase of the percentage of basic cations and of the sorption capacity (Tab. 2 and 4), but exerted also a favourable influence on yielding of crops (Tab. 5). On weakly loamy humous sand the highest yields were obtained at the rate of 15 tons of ash and on loose humusless sand at the rate of 5-10 tons per hectare.

The furnace wastes after hard coal, containing low amount of calcium (3.8% CaO) and magnesium (1.7% MgO) affected less favourably physico-chemical properties of soils and therefore cannot be taken into account as a calcium fertilizer. It can be, however, of a certain local importance as a fertilizing substance for recultivation of devastated light soils. The highest plant yield increments on weakly loamy humous sand were obtained at the rate of 100 tons ash and on loose humusless sand at the rate of 150 tons per hectare.

The above experiments do not permit an explicit estimation of the value of peat as a fertilizer. A positive effect of peat on yielding of plants has been proved in case of maize cultivated on sand with addition of 250 and 500 tons and of oats cultivated on sand with addition of 500 tons of the above substances.

*Dr Henryk Terelak*  
*Instytut Uprawy, Nawożenia*  
*i Gleboznawstwa*  
*Puławy, Osada Patacowa*

## Errata

W numerze 3 tomu 30 w pracy H. Terelaka i B. Żórawskiej na str. 119 w pierwszym wniosku podano:

60% magnezu w przeliczeniu na MgO

powinno być:

6% magnezu w przeliczeniu na MgO