

MIECZYSLAW KOTER, JERZY CZAPLA, GRZEGORZ NOWAK

WARTOŚĆ NAWOZOWA POPIOŁU Z WĘGLA KAMIENNEGO

Instytut Chemizacji Rolnictwa ART w Olsztynie

WSTĘP

Ze względu na duże naturalne zasoby węgla kamiennego Polska należy do czołówki światowej krajów wykorzystujących ten surowiec do produkcji energii elektrycznej i ciepłej. Powstające w czasie spalania węgla odpady gromadzone są na składowiskach, które zajmują około 2000 ha. Szacuje się, że w 1990 r. produkcja popiołów wzrośnie do 30 mln ton, z czego zaledwie 40% ma być wykorzystane. Składowane popioły zapyłają środowisko i zajmują znaczne obszary zmniejszając areał użytków rolnych [9]. Przeprowadzone badania [1, 2, 4, 7, 8, 11] wykazały, że popioły z węgla kamiennego mogą stanowić dla roślin źródło magnezu, potasu, fosforu, sodu oraz mikroelementów, zwłaszcza boru, manganu i cynku. Świadczy o tym również wyższa zawartość tych składników w plonach roślin uprawianych na podłożach z dodatkiem popiołów. Niektórzy jednak autorzy [6, 10] stwierdzili wyraźne obniżenie plonowania roślin w przypadku stosowania wysokich dawek popiołów z węgla kamiennego. Jones [5] uważa, że spowodowane jest to brakiem fosforu w wyniku wytrącania się niedostępnych fosforanów glinu, natomiast Holiday [3] wskazuje na toksyczne działanie zawartych w popiele dużych ilości glinu, żelaza, manganu i boru. Barta [1] zwraca uwagę na możliwość toksycznego działania na rośliny znajdujących się w popiele: arsenu, berylu, chromu i ołowiu.

Zainteresowanie rolnictwa popiołami wynika stąd, że w większości gleb polskich występuje deficyt wapnia, magnezu, a także boru, miedzi, molibdenu, manganu i cynku — składników, których potencjalnym źródłem są popioły.

METODYKA

Wartość nawozową pyłów dymnicowych badano w doświadczeniu wazonowym. Przeprowadzono je w 5 powtórzeniach w wazonach typu Mitscherlicha, napełnionych 6,5 kg gleby lekkiej o pH w wodzie 5,3 i w 1 N KCl 4,4. Na 100 g gleby kwasowość hydrolityczna wynosiła 3,4 me, suma zasad wymiennych 0,6 me, a pojemność kompleksu sorpcyjnego 4,0 me. Ponadto gleba zawierała w 100 g: 31,0 mg

P_2O_5 , 25,0 mg K_2O , 4,4 mg Mg oraz 10,8 ppm B. Zastosowane w badaniach pyłu dymnicowe posiadały odczyn alkaliczny (pH w 1N KCl 9,6), a ich pojemność sorpcyjna wynosiła 48,9 me na 100 g. Natomiast zawartość składników przyswajalnych kształtowała się następująco: 31 mg K_2O , 5 mg P_2O_5 , 134 mg Mg w 100 g oraz 85 mg B w 1 kg. Jako rośliny doświadczalne wysiano: w plonie głównym kukurydzę, a jako poplon — grykę. Zastosowano następujące kombinacje:

- 1 — bez nawożenia,
- 2 — pył dymnicowy — 325 g,
- 3 — pył dymnicowy — 650 g,
- 4 — pył dymnicowy — 260 g + 65 g $CaCO_3$,
- 5 — pył dymnicowy — 520 g + 130 g $CaCO_3$.

Wysokość dawki pyłu dymnicowego ustalono na poziomie 5 i 10% w stosunku do masy gleby w wazonach. Ponieważ tak duża masa pyłu mogła okazać się toksyczna dla roślin, dodatkowo zbadane obiekty, w których podane dawki pyłu zastąpiono w 20% węglanem wapnia (wniesiono do gleb 80% pyłu i 20% węglanu wapnia). W żadnej kombinacji nie dano dodatkowego nawożenia mineralnego.

Po wymieszaniu gleby z pyłem dymnicowym wysiano na początku maja kukurydzę w ilości 6 nasion na wazon. Wschody były równomierne. Po przerywce do dalszej wegetacji pozostawiono po 3 rośliny w wazonie. Kukurydzę zebrano w fazie zawiązywania kolb. Po zbiorze roślin glebę w wazonach oczyszczono z większych korzeni i po wymieszaniu wysiano po 25 nasion gryki na wazon. Po przerywce pozostawiono w wazonach po 15 roślin. Grykę zebrano w okresie kwitnienia.

W materiale roślinnym oznaczono azot ogółem metodą Kjeldahla, azot białkowy po wytrąceniu białka za pomocą siarczanu miedziowego w środowisku alkalicznym, fosfor metodą wanadowo-molibdenową, potas, sód i wapń fotopłomieniometrycznie, magnez z żółcienią tytanową i bor metodą kurkuminową.

WYNIKI

Przeprowadzone badania w doświadczeniu wazonowym z kukurydzą i gryką wskazują na znaczną wartość nawozową popiołów z węgla kamiennego (tab. 1). Istotny wzrost plonu kukurydzy w porównaniu do kontroli nastąpił wówczas, gdy zastosowano 650 g popiołu, to jest 10% w stosunku do masy gleby. Również stosowanie popiołu z dodatkiem węglanu wapnia powodowało zwiększenie plonów. Dawka 325 g samego popiołu, to jest 5% w stosunku do masy gleby, nie powodowała istotnego wzrostu plonu kukurydzy. Najwyższy plon kukurydzy osiągnięto wówczas, gdy zastosowano 520 g popiołu i 130 g węglanu wapnia. W przypadku tym zwiększenie plonu wyniosło 55%.

Gryka jako plon wtóry także reagowała zwiększeniem plonu na nawożenie popiołem. Jednak i w tym przypadku pojedyncza dawka popiołu lub pojedyncza dawka popiołu z 20-procentową domieszką węglanu wapnia nie powodowały statystycznie udowodnionego wzrostu plonu gryki. Zastosowanie podwójnej dawki popiołu, a także tej samej dawki z 20-procentową domieszką węglanu wapnia spowodowało

T a b e l a

Plon roślin w gramach suchej masy z wazonu
Yields of plants in gram of dry matter from pot

Dawka w g/wazon Rate in g per pot		Kukurydza Maize	Gryka Suckwheat
popiół - ash	CaCO ₃		
	-	16,3	0,50
325	-	18,0	0,62
650	-	22,5	0,73
260	65	22,8	0,60
520	130	25,3	0,78
NUR p = 0,05 LSD at = 0,05		3,3	0,19

istotny wzrost plonu gryki. Wzrost ten wahał się wówczas w granicach od 46 do 56%.

Na popiół z węgla kamiennego jako źródła składników pokarmowych dla roślin zwraca uwagę wielu autorów [1, 2, 4, 7, 8, 11].

Osiągnięte w niniejszej pracy rezultaty nie potwierdzają wyników uzyskanych przez K r ą ż e l a [6] oraz T e r e l a k a [10]. Autorzy ci w wyniku zastosowania wysokich dawek popiołu z węgla kamiennego uzyskali wyraźne obniżenie plonu roślin.

T a b e l a 2

Skład chemiczny kukurydzy
Chemical composition of maize

Dawka w g/wazon Rate in g per pot		P	K	Na	Ca	Mg	B
popiół ash	CaCO ₃	w procentach in per cent					mg/kg
-	-	0,48	3,29	0,056	0,59	0,36	82,4
325	-	0,33	3,02	0,033	0,53	0,83	46,2
650	-	0,28	2,77	0,045	0,45	0,92	52,8
260	65	0,30	2,76	0,033	0,57	0,78	49,5
520	130	0,26	2,27	0,054	0,66	0,66	34,5
NUR p = 0,01 LSD at = 0,01		0,03	0,29	0,004	0,07	0,09	6,4

Wzrost dawki popiołu i węgla wapnia istotnie obniżył koncentrację fosforu i potasu w kukurydzy (tab. 2). Pod wpływem zwiększonej dawki samego popiołu malała także zawartość wapnia w kukurydzy. Na podstawie składu chemicznego

Tabela 3

Zawartość form azotu w kukurydzy
Content of nitrogen forms in maize

Dawka w g/wazon Rate in g per pot		N ogółem Total N	N białkowy Protein N	N niebiałkowy Non protein N	Białko właściwe Protein	Plon białka w g/wazon Yield of protein in g per pot
popiół ash	CaCO ₃					
-	-	1,77	1,70	0,07	10,65	1,74
325	-	1,76	1,66	0,10	10,39	1,87
650	-	1,60	1,52	0,08	9,50	2,14
260	65	1,57	1,48	0,09	9,26	2,11
520	130	1,52	1,45	0,07	9,06	2,29
NUR p = 0,01 LSD at = 0,01		0,16	0,15	0,01	0,96	0,21

kukurydzy można sądzić, że popiół z węgla kamiennego jest dla roślin dobrym źródłem magnezu i boru. Spadek zawartości fosforu w kukurydzy może być spowodowany wytrącaniem się nierozpuszczalnych fosforanów.

Zawartość azotu ogółem, białkowego i niebiałkowego malała w miarę wzrostu dawki popiołu, a także i węglanu wapnia (tab. 3). Spadek zawartości azotu w kukurydzy świadczy o tym, że popiół z węgla kamiennego nie stanowi źródła azotu dla roślin. Uzyskany wzrost plonu białka z wazonu wynika z przyrostu plonu kukurydzy.

Tabela 4

Skład chemiczny gryki
Chemical composition of buckwheat

Dawka w g/wazon Rate in g per pot		N	P	K	Na	Ca	Mg	B
popiół ash	CaCO ₃							
-	-	3,27	0,52	3,47	0,115	1,69	0,33	39,1
325	-	2,73	0,48	3,53	0,109	1,15	0,65	22,8
650	-	3,60	0,47	2,80	0,118	1,57	0,90	26,1
260	65	3,52	0,50	3,40	0,083	1,40	0,56	25,3
520	130	3,65	0,47	2,89	0,105	1,73	0,78	17,2
NUR p = 0,01 LSD at = 0,01		0,27	0,05	0,26	0,009	0,13	0,06	2,6

Zawartość azotu ogółem w gryce uprawianej jako plon wtóry (tab. 4) rosła w miarę wzrostu dawki popiołu i węglanu wapnia. Należy przypuszczać, że dobrym źródłem azotu dla gryki były rozkładające się drobne korzenie, które pozostały

Tabela 5

Kształtowanie się stosunków kationów w kukurydzy
Formation of the ratio of cations in maize

Dawka w g/wazon Rate in g per pot		$\frac{K}{Na}$	$\frac{K}{Ca}$	$\frac{K}{Mg}$	$\frac{Ca}{Mg}$	$\frac{K}{Ca+Mg}$	$\frac{K+Na}{Ca+Mg}$
popiół ash	CaCO ₃						
-	-	58,8	5,6	9,1	1,6	3,5	3,5
325	-	91,5	5,7	3,6	0,6	2,2	2,3
650	-	61,6	6,2	3,0	0,5	2,0	2,0
260	65	83,6	4,8	3,5	0,7	2,0	2,1
520	130	42,0	3,4	3,4	1,0	1,7	1,7

w wazonach po kukurydzy. Podobnie jak w przypadku kukurydzy w miarę wzrostu dawki popiołu i węgla wapnia malała w gryce zawartość potasu. Natomiast zawartość fosforu nie ulegała prawie zmianie. Nastąpił natomiast wzrost koncentracji w gryce magnezu, boru, wapnia i sodu.

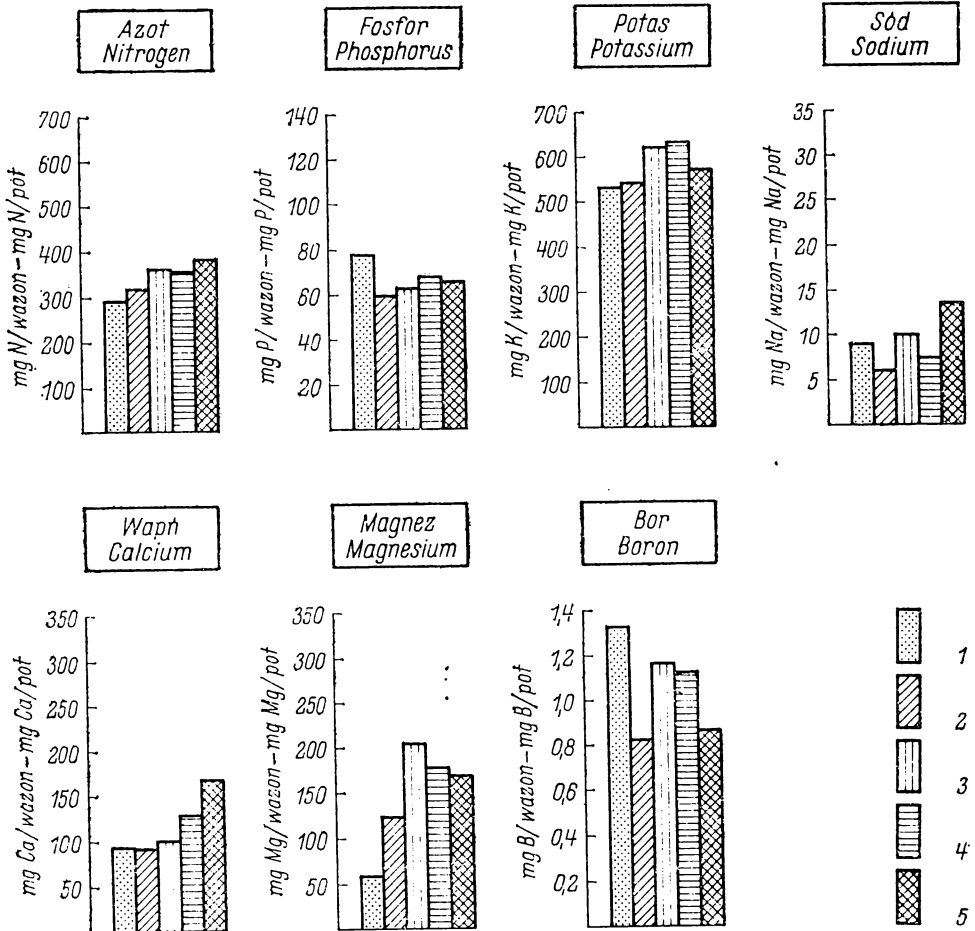
Tabela 6

Kształtowanie się stosunków kationów w gryce
Formation of the ratio of cations in buckwheat

Dawka w g/wazon Rate in g per pot		$\frac{K}{Na}$	$\frac{K}{Ca}$	$\frac{K}{Mg}$	$\frac{Ca}{Mg}$	$\frac{K}{Ca+Mg}$	$\frac{K+Na}{Ca+Mg}$
popiół ash	CaCO ₃						
-	-	30,2	5,9	10,5	5,1	1,7	1,8
325	-	32,9	4,1	5,5	1,8	2,0	2,1
650	-	23,7	1,3	3,1	1,7	1,1	1,2
260	65	41,0	2,4	6,1	2,5	1,7	1,8
520	130	27,5	1,6	3,7	2,2	1,2	1,3

Stosunki jonowe w kukurydzy i gryce ulegały zwięźaniu w miarę wzrostu dawki popiołu i węgla wapnia (tab. 5 i 6). Następowalo to wskutek wyraźnego spadku zawartości potasu w roślinach, a w przypadku stosunku Ca : Mg — wskutek znacznego wzrostu zawartości magnezu w kukurydzy i gryce.

Ogólnie można stwierdzić, że ilość pobranych składników pokarmowych przez kukurydzę była niska (rys. 1). Fakt ten wynika z braku nawożenia mineralnego. W miarę wzrostu dawki popiołu bądź popiołu z dodatkiem węgla wapnia systematycznie rosła ilość pobranego azotu i wapnia z gleby. Ilość pobranego fosforu i boru z gleby z wazonów kontrolnych była wyższa niż z tych, do których wprowadzono popiół lub popiół z węglanem wapnia. Przyczyną tego mogła być wyraźna alkalizacja środowiska. Pobranie potasu wzrastało, najwyższa jednak dawka popiołu z węglanem wapnia hamowała ten proces. Ilość pobranego magnezu w po-



Pobranie składników pokarmowych przez plon kukurydzy w gramach na wazon

1 — bez nawożenia, 2 — 325 g popiołu na wazon, 3 — 650 g popiołu na wazon, 4 — 260 g popiołu + 65 g CaCO₃ na wazon, 5 — 520 g popiołu + 130 g CaCO₃ na wazon

Uptake of nutrients by the maize yield, in grams from pot

1 — no fertilization, 2 — 325 g of ash per pot, 3 — 650 g of ash per pot, 4 — 260 g ash + 65 g of CaCO₃, 5 — 520 g of ash + 130 g of CaCO₃ per pot

równaniu do kontroli wzrosła od 1,5 do 3 razy, co może świadczyć o tym, że popiół z węgla kamiennego jest dobrym źródłem tego składnika. Na podstawie przedstawionych wyników można stwierdzić, że popiół z węgla kamiennego powinien być wykorzystywany do celów nawozowych.

WNIOSKI

1. Popioły z węgla kamiennego zastosowane na glebę lekką kwaśną w doświadczeniu wazonowym w ilości odpowiadającej 300 t/ha istotnie zwiększyły plon suchej masy kukurydzy i gryki. Dawka 120 t/ha nie miała istotnego wpływu na plonowanie tych roślin.

2. Zastosowane popioły okazały się dla roślin dobrym źródłem dostępnego magnezu i boru.

3. Pod wpływem popiołów malała tylko w kukurydzy zawartość azotu, natomiast potasu — w obu badanych roślinach.

LITERATURA

- [1] Barta J.: Elektraenske popilky v zemedelstvi. Vesmir 12, 1972.
- [2] Biernacka E.: Badania nad przydatnością odpadów paleniskowych elektrowni Siekierki do upraw roślin warzywnych. Roczn. Nauk rol. 100, 1974, 3, 45–51.
- [3] Holiday R., Hodgson D. R., Townsend W. N., Wood J. W.: Plant growth on "Fly ash". Nature 181, 1958, 1079–1080.
- [4] Jaszczolt E., Praes B.: Popioły z węgla kamiennego elektrociepłowni Siekierki jako wieloskładnikowy nawóz odkwaszający w uprawie goździków. Ogrodnictwo 1975, 3, 79–80.
- [5] Jones L. H.: Aluminium uptake and toxicity in plants. Plant a. Soil 13, 1961, 297–310.
- [6] Krążel R., Borkowski J., Nowak W., Wysocki W.: Badania nad przydatnością rolniczą popiołów ze spalania węgla kamiennego. Roczn. glebozn. 29, 1978, 3, 217–233.
- [7] 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. 32, 1981, 1, 81–100.
- [8] Planc C. O., Martens D. C.: A melioration of soil with fly ash. J. Soil Water Conserv.
- [9] Starski B.: Wyniki badań nad możliwością zastosowania popiołów po węglu brunatnym i kamiennym w rolnictwie i leśnictwie. Post. Nauk rol. 165, 1977, 4, 131–150.
- [10] Terelak H., Żórawska B.: Wpływ popiołów z węgla brunatnego i odpadów paleniskowych z węgla kamiennego oraz torfu na właściwości gleb lekkich i plonowanie roślin. Roczn. glebozn. 30, 1979, 3, 109–122.
- [11] Wnorowski Z., Dłużewski J.: Optymalizacja metod biologicznej rekultywacji składowisk odpadów paleniskowych elektrowni. SGGW-AR, Instytut Przyrodn. Podst. Melior., 1974.

М. КОТЕР, Я. ЧАПЛЯ, Г. НОВАК

УДОБРИТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ЗОЛЫ КАМИННОГО УГЛЯ

Институт химизации земледелия, Сельскохозяйственно-техническая академия в Ольштыне

Резюме

В сосудном опыте исследовали влияние золы на плодоношение кукурузы в главном урожае, а также последствие ее на гречихе. Золу применяли в 5 и 10% количествах по отношению к массе почвы. Вносили в почву также золу совместно с карбонатом кальция в количестве 80% золы и 20% карбоната кальция. Минеральных удобрений под растения не применяли. В итоге исследований установили, что единичная доза золы была слишком мала и не повышала урожай растений. Следует констатировать, что зола не только устраняет кислотность почвы, но также является хорошим источником питательных элементов для растений, особенно магния и бора. После введения золы в почву отмечается некоторое ограничение доступности фосфора, что отражается на его содержании в растениях. Растения могут страдать от недостатка калия, особенно после применения высоких доз золы.

M. KOTER, J. CZAPLA, G. NOWAK

FERTILIZING VALUE OF HARD COAL ASHES

Department of Chemization of Agriculture, Agricultural University of Olsztyn

S u m m a r y

In a pot experiment the effect of hard coal ashes on yields of maize cultivated as the main crop and their residual effect on buckwheat were investigated. Ashes were applied in the amount of 5 and 10% in relation to the soil bulk. Also ashes jointly with calcium carbonate (80% and 20%, respectively) were brought into soil. No mineral fertilization was applied. The investigations have proved that the single rate of ashes was too low and did not increase the yield of either crop. It has been found that ashes not only deacidate soil, but also constitute a good source of nutrients for plants, particularly of magnesium and boron. Upon bringing ashes into soil a certain limitation of the phosphorus availability took place, what manifested itself by the content of this element in plants. Plants can suffer from the potassium deficiency, particularly at application of high rates of ashes.

Prof. dr Mieczysław Koter
Instytut Chemizacji Rolnictwa ART
Olsztyn — Kortowo