

WPLYW FORMY NAWOZU WAPNIOWEGO I MAGNEZOWEGO ORAZ DODATKU WĘGLA BRUNATNEGO NA POBRANIE KADMU PRZEZ KUKURYDZĘ

Barbara Patorczyk-Pytlik

Katedra Chemii Rolniczej, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wstęp

Rozpuszczalność kadmu w glebie i związana z tym dostępność tego metalu dla roślin uwarunkowana jest wieloma czynnikami, z których najczęściej wymienianymi są: odczyn, zawartość materii organicznej oraz zawartość i wzajemne oddziaływanie innych pierwiastków [SANTILLAN-MEDRANO, JURINAK 1975; GĘBSKI 1997; GAMBUŚ 1998]. Jednym z zabiegów agrotechnicznych prowadzącym do tworzenia trudno rozpuszczalnych form Cd jest wapnowanie gleb [GORLACH, GAMBUŚ 1996]. Ograniczenie przyswajalności tego metalu w układzie gleba-roślina stwierdzone jest również w wyniku magnezowania gleb [ROGÓZ 1998] oraz nawożenia węglem brunatnym [GORLACH, GAMBUŚ 1996].

Celem pracy była ocena stopnia ograniczenia pobierania przez rośliny wprowadzonego do gleby kadmu w zależności od formy chemicznej zastosowanego nawozu wapniowego i magnezowego, a także dodatku węgla brunatnego.

Materiały i metodyka

Doświadczenie przeprowadzono w hali wegetacyjnej, w wazonach o pojemności 8 kg gleby. Podłożem była gleba lekka o pH w roztworze KCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 5,3$ o bardzo wysokiej zasobności w fosfor ($363 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{kg}^{-1}$) i potas ($176 \text{ mg K}_2\text{O} \cdot \text{kg}^{-1}$) oraz bardzo niskiej zasobności w magnez przyswajalny ($150 \text{ mg Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Zawartość Cd całkowitego wynosiła $0,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Doświadczenie założono w 4 powtórzeniach według schematu podanego w tabeli 1. W kombinacjach z węglem brunatnym jego dodatek wynosił 5% wagowych masy gleby. Na 12 dni przed wprowadzeniem do podłoża Cd przeprowadzono zabieg wapnowania i magnezowania gleby w dawce odpowiadającej wartości 1,5 kwasowości hydrolitycznej. Do wszystkich kombinacji nawozowych dodano Cd w ilości $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby – w postaci $\text{CdCl}_2 \cdot 2,5 \text{ H}_2\text{O}$. Nawożenie podstawowe było jednakowe – do wszystkich wazonów dodano 2 g $\text{N}(\text{NH}_4\text{NO}_3)$ i 0,3 g $\text{Mg}(\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O})$ pod każdy zasiew kukurydzy. Rośliną testową była kukurydza odmiany Nimba, wysiewana dwukrotnie: I-szy wysiew w 2 dekadzie maja oraz II-gi wysiew w 3 dekadzie lipca, a zbierana w fazie rozwiniętego siódmego liścia. Po zbiorze roślin określi-

no masę plonów, którą poddano ocenie statystycznej oraz oznaczono ich skład chemiczny. Kadm w materiale roślinnym oznaczono metodą absorcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) po spopieleniu materiału i rozpuszczeniu popiołu w mol $(\text{HNO}_3)\cdot\text{dcm}^{-3}$. Po zakończeniu doświadczenia pobrano do analiz próbki glebowe. Oznaczono w nich odczyn oraz zawartość Cd całkowitego po rozitworzeniu gleby w stężonym HClO_4 . Do oznaczenia form mobilnych Cd, oprócz przyjętego do ekstrakcji mol $(\text{HCl})\cdot\text{dcm}^{-3}$, zastosowano również $0,05 \text{ mol}(\text{CaCl}_2)\cdot\text{dcm}^{-3}$, a także wyciąg $0,0125 \text{ mol}(\text{CaCl}_2)\cdot\text{dcm}^{-3}$ według metody Schachtschabela.

Wyniki i dyskusja

Analiza statystyczna uzyskanych wyników wykazała znaczny wpływ badanych czynników na wielkość uzyskanej masy roślin uprawianych na glebie skażonej Cd (tab. 1). Stwierdzony we wszystkich kombinacjach wyraźnie wyższy plon kukurydzy w I-szym wysiewie niż w II-gim, mógł być spowodowany długością trwania wegetacji: odpowiednio 62 i 45 dni.

Tabela 1; Table 1

Plon s.m. części nadziemnych kukurydzy w g z wazonu
Yield of above ground part DM of maize g per pot

Nawożenie; Fertilization	Forma; Form	Zbiór; Harvest		Plon sumaryczny Total yield
	Ca, Mg	I*	II*	
Mineralne; Mineral	–	98,6	38,7	137,3
Węgiel brunatny; Brown coal	–	94,7	39,3	134,0
Węgiel brunatny + Ca Brown coal + Ca	CaO	93,4	35,5	128,9
	CaCO ₃	69,8	34,3	104,1
	CaSO ₄	92,0	35,5	127,5
Węgiel brunatny + Mg Brown coal + Mg	MgO	69,3	34,2	103,5
	MgCO ₃	55,2	33,0	88,2
Ca	CaO	114,9	46,1	161,0
	CaCO ₃	100,4	41,5	141,4
	CaSO ₄	103,8	45,4	149,2
Mg	MgO	100,5	42,4	142,9
	MgCO ₃	99,7	41,8	141,5
Średnio; Mean		91,0	39,0	130,0
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}		8,74	4,18	14,13

I* – pierwszy wysiew; second sowing

II* – drugi wysiew; first sowing

W porównaniu z kombinacją z nawożeniem mineralnym wprowadzenie do gleby 5% dodatku węgla brunatnego nie różnicowało istotnie wielkości uzyskanego plonu. Spośród ocenianych zabiegów nawozowych najkorzystniejszy wpływ na ilość masy miało zwapnowanie gleby CaO. W pozostałych obiektach z nawozami wapniowymi i magnezowymi plon był większy niż zebrany z kombinacji kontrolnej, ale były to różnice nieistotne. Najniższy plon p.s.m. kukurydzy uzyskano w obiektach, w których na tle magnezowania zastosowano węgiel brunatny. W kombinacjach tych bardzo wyraźnie zaznaczył się wpływ formy w jakiej zastoso-

wano Mg, bowiem po wprowadzeniu do gleby MgO sumaryczny plon stanowił 75%, a MgCO₃ jedynie 64% plonu zebranego z obiektu kontrolnego.

Analizując zawartość Ca i Mg w kukurydzy można stwierdzić, że w największym stopniu do zmian w ich koncentracji przyczyniło się wprowadzenie węgla brunatnego do gleby wcześniej magnezowanej (tab. 2). Zarówno w stosunku do obiektu kontrolnego jak i z samym węglem w obydwu sprzętach nastąpił bardzo wyraźny wzrost zawartości Mg, a spadek Ca, co w konsekwencji spowodowało zawężenie obliczonego w ilościach równoważnikowych stosunku Ca : Mg do poziomu 0,25 : 1. Tak niska wartość tego stosunku mogła być przyczyną znacznego spadku plonu w tej kombinacji. Podobne zależności uzyskali w swoich badaniach GORLACH, GORLACH [1983].

Zawartość kadmu w roślinach uprawianych na glebie zanieczyszczonej tym metalem uwarunkowana była terminem uprawy oraz rodzajem zastosowanego zabiegu nawozowego (tab. 3). Zarówno w zbiorze z I-ego wysiewu, jak i II-go, nawiezienie gleby węglem brunatnym spowodowało wzrost koncentracji Cd w kukurydzy. Przyjmując zawartość kadmu w kombinacji kontrolnej za 100 wzrost ten kształtował się na poziomie 15% dla zbioru I-ego wysiewu i 23% dla zbioru z II-go wysiewu, co w rezultacie dało 16% wzrost sumarycznego pobrania Cd. Również zwapnowanie gleby CaSO₄ przed zastosowaniem węgla prowadziło do wzrostu dostępności Cd dla roślin, w tej kombinacji stwierdzono zarówno wzrost jego stężenia, jak i o blisko 20% większe pobranie.

Tabela 2; Table 2

Zawartość Ca i Mg w częściach nadziemnych kukurydzy
Contents of Ca and Mg in above ground parts of maize

Nawożenie; Fertilization	Forma; Form Ca, Mg	Zawartość (% s.m.) Contents (% DM)				Ca : Mg	
		Ca		Mg			
		I*	II*	I	II	I	II
Mineralne; Mineral	–	0,38	0,58	0,17	0,23	1,35	1,53
Węgiel brunatny; Brown coal	–	0,29	0,50	0,18	0,25	0,98	1,21
Węgiel brunatny + Ca Brown coal + Ca	CaO	0,38	0,72	0,20	0,26	1,15	1,68
	CaCO ₃	0,48	0,75	0,24	0,32	1,21	1,42
	CaSO ₄	0,32	0,70	0,19	0,21	1,02	2,02
Węgiel brunatny + Mg Brown coal + Mg	MgO	0,22	0,31	0,54	0,84	0,25	0,22
	MgCO ₃	0,25	0,28	0,63	0,90	0,24	0,19
Ca	CaO	0,34	0,55	0,18	0,22	1,14	1,52
	CaCO ₃	0,34	0,58	0,18	0,21	1,14	1,67
	CaSO ₄	0,36	0,62	0,18	0,23	1,21	1,63
Mg	MgO	0,29	0,48	0,33	0,51	0,53	0,57
	MgCO ₃	0,26	0,45	0,33	0,55	0,48	0,50

* – objaśnienia jak w tabeli 1; explanations see Table 1

Wzrost fitotoksyczności kadmu w wyniku zaszarczenia gleb stwierdzili również MOŃKO, MOTOWICKA-TERELAK [1998]. Pozostałe zabiegi nawozowe ograniczyły zawartość i pobranie kadmu przez rośliny, z tym, że wystąpiły znaczne różnice w ich działaniu w zależności od czasu ich kontaktu z glebą (terminu uprawy). Dla sprzętu I porównywane metody można uszeregować od najsilniej do najslabiej ograniczających stężenie Cd w częściach nadziemnych roślin testowych: MgCO₃

$> \text{CaO} = \text{CaCO}_3 = \text{węgiel} + \text{MgCO}_3 > \text{MgO} > \text{węgiel} + \text{CaO} > \text{węgiel} + \text{MgO} > \text{węgiel} + \text{CaCO}_3 = \text{CaSO}_4$.

Tabela 3; Table 3

Zawartość oraz pobranie kadmu przez części nadziemne kukurydzy
Contents and uptake of Cd by above ground parts of maize

Nawożenie; Fertilization	Forma Form Ca lub Mg	Zawartość; Contents (mg Cu·kg ⁻¹)		Pobranie (mg z wazonu) Uptake (mg per pot)		
		zbiór; harvest		zbiór; harvest		sumaryczne total
		I*	II*	I	II	
Mineralne; Mineral Węgiel brunatny; Brown coal	–	8,98	12,31	885	476	1361
	–	10,35	15,18	980	598	1577
Węgiel brunatny + Ca Brown coal + Ca	CaO	6,28	10,02	586	356	942
	CaCO ₃	7,54	6,86	526	235	761
	CaSO ₄	12,10	14,71	1113	522	1635
Węgiel brunatny + Mg Brown coal + Mg	MgO	6,99	7,46	484	255	778
	MgCO ₃	4,94	7,20	273	238	511
Ca	CaO	4,77	10,38	548	478	1026
	CaCO ₃	4,73	9,78	475	406	881
	CaSO ₄	7,59	10,98	788	498	1286
Mg	MgO	5,26	11,18	529	474	1003
	MgCO ₃	4,39	9,88	438	413	851

* – objaśnienia jak w tabeli 1; explanations see Table 1

Efekt odkwaszający CaCO₃ i MgCO₃ wyrażony wartością pH oznaczonego w glebach po sprzucie roślin był prawie jednakowy (tab. 4). Większa rozpuszczalność węglanu magnezu niż węglanu wapnia spowodowała, że w glebie magnezowanej mogły następować szybsze zmiany odczynu bezpośrednio po wprowadzeniu tego nawozu do gleby, pociągając za sobą większy spadek rozpuszczalności Cd niż w glebie wapnowanej. Podobne rezultaty uzyskał Rogóż [1998]. Inną przyczyną stwierdzonego zróżnicowania w zawartości Cd mogła być większa aktywność kationów Mg⁺² niż Ca⁺² we współzawodnictwie jonowym w procesie ich pobierania. Potwierdzają to obliczone współczynniki korelacji pomiędzy zawartością kadmu i wapnia: $r = 0,4234$ dla zbioru I-ego wysiewu i $r = 0,3752$ dla zbioru II-go wysiewu oraz pomiędzy kadmem a magnezem wynoszące odpowiednio $r = 0,6913$ i $r = 0,6122$.

Odmiennie niż w zbiorze I-go wysiewu układała się skuteczność działania porównywanych zabiegów w późniejszym terminie uprawy: węgiel + CaCO₃ ≥ węgiel + MgCO₃ > węgiel + MgO > CaCO₃ = MgCO₃ ≥ węgiel + CaO > CaO > CaSO₄ > MgO.

Porównując te dwa szeregi zależności widać, że bezpośrednio po zastosowaniu nawozu wapniowego i magnezowego wykazują znacznie silniejsze działanie niż po zastosowaniu ich łącznie z węglem brunatnym. Procesy zachodzące w glebie w trakcie trwania doświadczenia doprowadziły do odwrócenia tych zależności.

Analizując wpływ porównywanych sposobów nawożenia gleb na sumaryczne pobranie Cd przez kukurydzę można stwierdzić, że zabiegiem nawozowym w największym stopniu ograniczającym kumulację tego metalu jest stosowanie węgla brunatnego na tle magnezowania MgCO₃ (tab. 3). W przeciwieństwie do wyni-

ków uzyskanych przez ROGOŻA [1998] nie stwierdzono różnic w zdolności zmniejszania ilości pobranego Cd pomiędzy kombinacjami z CaO i MgO oraz pomiędzy CaCO₃ i MgCO₃. Zarówno w obiektach z dodatkiem węgla brunatnego jak i po zastosowaniu, jedynie metoda wapnowania i magnezowania, znacznie skuteczniejsza niż forma tlenkowa okazała się ich forma węglanowa – co może wskazywać na tworzenie się w glebie nierozpuszczalnych połączeń CdCO₃ [SANTILLAN-MEDRANO, JURINAK 1975].

Odczyn, a także zawartość całkowitą oraz form rozpuszczalnych Cd w glebie przedstawiono w tabeli 4. Analizując te dane można stwierdzić, że rozpuszczalność kadmu w mol(HCl)·dm⁻³ była bardzo wysoka i wahała się od 93% do 98%. Zmiany właściwości chemicznych gleb, będące wynikiem zastosowanych zabiegów nawozowych w znacznym stopniu zróżnicowały się, natomiast rozpuszczalność Cd w dwóch kolejnych ekstraktorach – w przypadku 0,05 mol(CaCl₂)·dm⁻³ rozpuszczalność Cd wahała się od 24 do 69%, a w 0,0125 mol(CaCl₂)·dm⁻³ od 5 do 36% z tym, że pomimo różnej rozpuszczalności kadmu kierunek przemian był podobny. W porównaniu do kombinacji kontrolnej nawiezenie gleby węglem brunatnym, jak również dodatek tego materiału do gleby wcześniej zwapnowanej CaSO₄, powoduje wzrost ilości Cd przechodzących do obu ekstraktorów – co może wskazywać na tworzenie się w glebie rozpuszczalnego w słabych kwasach CdSO₄ [GĘBSKI 1997]. Najmniejszą rozpuszczalność Cd w obu roztworach stwierdzono po zastosowaniu nawożenia węglem brunatnym na tle magnezowania MgCO₃, co wynikać może z jednej strony ze znacznych właściwości sorpcyjnych w stosunku do kationów węgla brunatnego [GORLACH, GAMBUSZ 1996], a z drugiej tworzenia się CdCO₃, bowiem po wprowadzeniu formy tlenkowej tego nawozu ilość Cd przechodzącego do badanych ekstraktorów zwiększyła się.

Tabela 4; Table 4

Odczyn, zawartość całkowita oraz formy rozpuszczalne kadmu w glebach
Soil reaction, total contents and soluble forms of Cd in soils

Nawożenie Fertilization	Forma Form Ca, Mg	pH _{KCl}	Zawartość całkowita Total contents (mg·kg ⁻¹)	Formy rozpuszczalne Soluble forms (mg·kg ⁻¹)		
				0,05 mol (HCl)·dm ⁻³	0,05 mol (CaCl ₂)·dm ⁻³	0,0125 mol (CaCl ₂)·dm ⁻³
Mineralne; Mineral Węgiel brunatny; Brown coal		5,3	14,2	13,7	7,5	2,9
		4,9	13,0	12,2	8,6	4,2
Węgiel brunatny + Ca Brown coal + Ca	CaO	6,6	15,0	14,6	4,5	1,3
	CaCO ₃	6,7	14,2	13,7	4,2	1,0
	CaSO ₄	4,9	14,0	13,6	9,7	5,1
Węgiel brunatny + Mg Brown coal + Mg	MgO	6,4	14,9	14,3	4,9	1,2
	MgCO ₃	6,8	17,3	16,4	4,2	0,8
Ca	CaO	6,8	13,4	12,5	5,3	1,6
	CaCO ₃	6,8	13,9	13,5	6,4	2,4
	CaSO ₄	6,2	13,0	12,7	6,7	2,6
Mg	MgO	6,6	15,0	14,5	6,8	2,2
	MgCO ₃	6,9	12,4	12,1	5,1	1,3

Obliczone współczynniki korelacji pomiędzy zawartością i pobraniem Cd przez rośliny a niektórymi właściwościami gleb wykazały istotną zależność od pH

w KCl badanych gleb. Podobne wartości współczynników dla tej zależności podają również NIEMYSKA-ŁUKASZUK i in. [1998]. Istotna ujemna korelacja pomiędzy ilością kadmu w roślinach, a zasobnością gleb w fosfor przyswajalny wskazuje na możliwość tworzenia się w tych warunkach nierozpuszczalnych połączeń $Cd_3(PO)_4$ [SANTILLAN-MEDRANO, JURINAK 1975].

Zarówno zawartość kadmu jak i pobranie tego metalu przez rośliny wykazało ścisłą zależność z ilością Cd ekstrahowanego z gleby roztworami słabszymi niż $mol(HCl) \cdot dm^{-3}$ [GAMBUŚ 1998]. Porównując wartości tego współczynnika uzyskane dla $0,05 mol(CaCl_2) \cdot dm^{-3}$ i $0,0125 mol(CaCl_2) \cdot dm^{-3}$ widać, że ekstrakcja kadmu z gleby metodą mającą zastosowanie do oznaczeń zasobności gleb w magnez przyswajalny daje zależności istotne, ale niższe niż przy użyciu odczynnika najczęściej używanego do oznaczeń form wodno rozpuszczalnych metali.

Tabela 5; Table 5

Współczynniki korelacji pomiędzy zawartością i pobraniem kadmu przez części nadziemne kukurydzy a niektórymi właściwościami gleb

Correlation coefficients between some properties of soil and cadmium concentration and uptake by above ground parts of maize

Wyszczególnienie Specification	pH	Zawartość w glebie; Contents in soil		
		P_2O_5	$0,05 mol(CaCl_2) \cdot dm^{-3}$	$0,0125 mol(CaCl_2) \cdot dm^{-3}$
Zawartość Cd w kukurydzy; Cd concentration in maize				
Zbiór I-ego wysiewu; Harvest I sowing	-0,8791	-0,8408	0,8652	0,8129
Zbiór II-ego wysiewu; Harvest II sowing	-0,8558	-0,7998	0,9205	0,8818
Pobranie Cd przez kukurydżę; Cd uptake by maize				
Zbiór I-ego wysiewu; Harvest I sowing	-0,9140	-0,8056	0,9064	0,8877
Zbiór II-ego wysiewu; Harvest II sowing	-0,8697	-0,7043	0,8424	0,7979
Sumaryczne pobranie; Total uptake	-0,8937	-0,7448	0,9386	0,8102

Istotne przy $P_{0,05}$; Significant at $P_{0,05}$

Wnioski

1. Największe ograniczenie bioprzyswajalności kadmu, wyrażone zarówno koncentracją w częściach nadziemnych roślin jak i rozpuszczalnością tego metalu w glebie, wystąpiło po wprowadzeniu węgla brunatnego do gleby uprzednio magnezowanej ($MgO, MgCO_3$) lub wapnowanej ($CaO, CaCO_3$).
2. Forma węglanowa nawozów wapniowych i magnezowych w znacznie większym stopniu ograniczała bioprzyswajalność kadmu niż forma tlenkowa.
3. Stosowanie $CaSO_4$ łącznie z węglem brunatnym okazało się niecelowe, bowiem powodowało wzrost zawartości Cd w roślinach i jego pobranie oraz zwiększenie rozpuszczalności w glebie.
4. Spośród porównywalnych roztworów ilości kadmu ekstrahowane $0,05 mol(CaCl_2) \cdot dm^{-3}$ były najlepszym wskaźnikiem bioprzyswajalności tego metalu w glebach.

Literatura

- GAMBUŚ F. 1998. *The influence of soil reaction on solubility of heavy metals in soil and their availability to plants*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 71–81.
- GĘBSKI M. 1997. *Aktywność kadmu a zmiany pH roztworu glebowego przy stosowaniu KCl lub K_2SO_4 w warunkach laboratoryjnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 448: 117–123.
- GORLACH E., GORLACH K. 1983. *Porównanie działania $CaCO_3$ i $MgCO_3$ oraz nawożenia wapniowo-magnezowego na wzrost i skład chemiczny kilku gatunków roślin. Cz. I. Plon suchej masy i zawartość niektórych makroelementów*. Roczn. Glebozn. 34(4): 29–43.
- GORLACH E., GAMBUŚ F. 1996. *Badania nad możliwością ograniczania pobierania kadmu przez rośliny z gleb zanieczyszczonych tym metalem*. Roczn. Glebozn. 47(3/4): 31–39.
- MOŃKO P., MOTOWICKA-TERELAK T. 1998. *Wpływ zaszarczenia gleb na fitotoksyczność metali ciężkich*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 553–558.
- NIEMYSKA-ŁUKASZUK J., MIECHÓWKA A., MAZUREK R., SOLEK-PODWIKA K. 1998. *Wpływ odczynu gleby na zawartość cynku, ołowiu, niklu, kadmu w roślinach wybranych użytków Pogóza Wieleckiego i Podhala*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 421–426.
- ROGÓŻ A. 1998. *Porównanie działania $CaCO_3$ i $MgCO_3$ oraz $CaCO_3 + MgCO_3$ na zawartość i rozmieszczenie metali ciężkich w tytoniu*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 445–452.
- SANTILLAN-MEDRANO J., JURINAK I. 1975. *The chemistry of lead and cadmium in soil*. Soil Soc. Am. J. 39(5): 851–856.

Słowa kluczowe: Cd, wapnowanie, magnezowanie, węgiel brunatny, rośliny, gleby

Streszczenie

W doświadczeniu wazonowym określano wpływ formy chemicznej nawozu wapniowego i magnezowego oraz dodatku węgla brunatnego do gleby zanieczyszczonej Cd na pobieranie tego metalu przez kukurydzę. Stwierdzono, że największe ograniczenie bioprzyswajalności Cd, wyrażone zarówno koncentracją w roślinach jak i rozpuszczalnością w glebie, wystąpiło po łącznym zastosowaniu węgla brunatnego i $MgCO_3$.

THE INFLUENCE OF DIFFERENT FORMS OF CALCIUM AND MAGNESIUM FERTILIZERS AND SUPPLEMENT OF BROWN COAL ON THE CADMIUM UPTAKE BY MAIZE

Barbara Patorczyk-Pytlik

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University, Wrocław

Key words: Cd uptake, maize, calcium and magnesium fertilizers, brown coal, plants, soil

Summary

In a pot experiment the influence of calcium and magnesium fertilizer chemical form and effect of brown coal supplement to the soil polluted with Cd on the uptake of this metal by the maize were studied. It was stated that the strongest delimitation of Cd availability expressed by the concentration in plants and dissolubility in the soil as well, occurred after joint application of brown coal and $MgCO_3$.

Dr Barbara **Patorczyk-Pytlik**
Katedra Chemii Rolniczej
Akademia Rolnicza
ul. Grunwaldzka 53
50-357 WROCLAW