

ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY POCHODZENIEM I TERMINEM STOSOWANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH A PLONOWANIEM KUKURYDZY I ZAWARTOŚCIĄ W NIEJ METALI CIĘŻKICH

B. Filipek-Mazur, K. Mazur, K. Gonddek

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja

AL. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

e-mail: rrfilipe@cyf-kr.edu.pl

Streszczenie. Badania prowadzono w doświadczeniu wazonowym, obejmującym 7 obiektów nawozowych w dwóch seriach – jedna seria założona została jesienią 2000 roku, a druga (o takim samym schemacie) wiosną 2001 roku. Schemat nawożenia: A – kontrola, bez nawożenia; B – NPK mineralne; C – obornik; D – osad z biologiczno-mechanicznej oczyszczalni ścieków garbarskich; E – osad z chemicznej oczyszczalni ścieków garbarskich; F – osad z biologiczno-mechanicznej oczyszczalni ścieków komunalnych w Niepołomicach; G – osad z biologiczno-mechanicznej oczyszczalni ścieków komunalnych w Krzeszowicach.

Dawki nawozów organicznych obliczono w oparciu o zawartość w nich azotu. Dawki podstawowych składników nawozowych były jednakowe we wszystkich obiektach (poza kontrolą) i wynosiły 1,2 g N, 1,8 g P (zastosowano na 3 lata) i 1,4 g K·wazon⁻¹. Rośliną testową była kukurydza odmiany „KOKA”.

Po zbiorze roślin określono plon suchej masy kukurydzy. Oznaczenie zawartości metali ciężkich w roślinach wykonano, po mineralizacji na sucho, według metody atomowej spektrometrii emisyjnej z indukcyjnie wzbudzoną plazmą (ICP-AES).

Materiały organiczne spowodowały istotny wzrost plonów kukurydzy. Plony w serii z nawożeniem jesiennym były wyższe w obiektach nawożonych organicznie, w porównaniu z nawożeniem wiosennym. W porównaniu do obornika najbardziej plonotwórczo działał osad biologiczny z garbarni zastosowany w jesieni. Osady z oczyszczalni komunalnych działały również korzystniej niż obornik w obu terminach stosowania. Zróżnicowanie w zawartości metali ciężkich w częściach nadziemnych kukurydzy było istotne zarówno w zależności od terminu stosowania jak i formy nawozów. Zawartość tych metali w obiektach z nawożeniem organicznym nie przekraczała liczb granicznych przydatności paszowej. Korzenie kukurydzy były, w porównaniu z częściami nadziemnym, zasobniejsze w metale ciężkie.

Słowa kluczowe: nawożenie, osady ścieków komunalnych i przemysłowych, plonowanie, metale ciężkie, kukurydza.

WSTĘP

Ilość osadów ściekowych nagromadzonych na terenach oczyszczalni ścieków komunalnych i przemysłowych w 1999 roku wynosiła odpowiednio 1191782 i 617398 t suchej masy [8]. Wykorzystanie rolnicze zawartej w nich materii organicznej oraz składników pokarmowych wydaje się najbardziej racjonalnym sposobem ich zagospodarowania, pod warunkiem że nie ma przeszkód natury sanitarnej lub chemicznej. Stosowanie osadów ściekowych do nawożenia gleb może wpływać zarówno korzystnie na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby, jak i powodować nadmierną kumulację niektórych metali ciężkich, stwarzając w ten sposób zagrożenie dla roślin. Pobieranie metali ciężkich przez rośliny zależy m. in. od właściwości gleby (odczyn, zawartość materii organicznej), cech gatunkowych, a nawet odmianowych roślin i może pogarszać ich jakość z punktu widzenia wartości pokarmowej lub paszowej [1,5].

Celem badań było określenie wpływu rodzaju osadu ściekowego, a także terminu jego zastosowania na plonowanie i zawartość metali ciężkich w roślinach.

MATERIAŁY I METODY

Badania prowadzono w doświadczeniu wazonowym, założonym na glebie lekkiej o odczynie bardzo kwaśnym (pH w roztworze KCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ – 4,27), średniej zasobności w przyswajalne związki fosforu i potasu. Gleba zawierała 9,65 g C i 1,03 g N·kg⁻¹ suchej masy. Zawartość metali ciężkich mieściła się w zakresie zawartości naturalnej.

Doświadczenie obejmowało 7 obiektów nawozowych w dwóch seriach – jedna seria założona została jesienią 2000 roku, a druga (o takim samym schemacie) wiosną 2001 roku. Schemat nawożenia: A – kontrola, bez nawożenia; B – NPK mineralne; C – obornik; D – osad z biologiczno-mechanicznej oczyszczalni ścieków garbarskich; E – osad z chemicznej oczyszczalni ścieków garbarskich; F – osad z biologiczno-mechanicznej oczyszczalni ścieków komunalnych w Niepołomicach; G – osad z biologiczno-mechanicznej oczyszczalni ścieków komunalnych w Krzeszowicach.

Zastosowane w doświadczeniu materiały organiczne charakteryzowały się wysoką zawartością makroskładników. Zawartość metali ciężkich nie przekraczała dopuszczalnych liczb granicznych [6], poza chromem w osadzie z biologiczno-mechanicznej oczyszczalni ścieków garbarskich. Szczegółową analizę tych materiałów przedstawiono w innej publikacji [4].

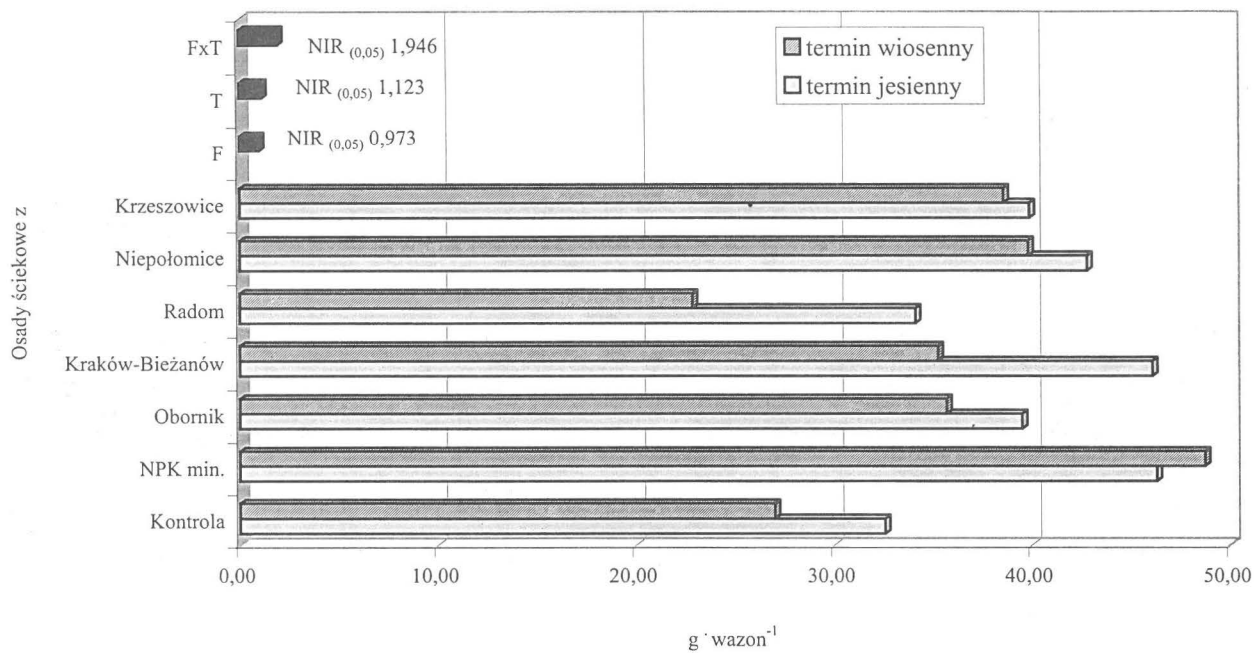
Dawki nawozów organicznych obliczono w oparciu o zawartość w nich azotu. Dawki podstawowych składników nawozowych były jednakowe we wszystkich obiektach (poza kontrolą) i wynosiły 1,2 g N, 1,8 g P (zastosowano na 3 lata) i 1,4 g·K·wazon⁻¹. W obiektach, w których należało wyrównać dawki fosforu lub potasu stosowano roztwory czystych chemicznie soli. Rośliną testową w pierwszym roku badań była kukurydza odmiany „KOKA”.

Po zbiorze roślin określono plon suchej masy kukurydzy. Oznaczenie zawartości metali ciężkich (Cu, Pb, Zn, Cr, Cd) w roślinach wykonano, po mineralizacji na sucho, według metody atomowej spektrometrii emisyjnej z indukcyjnie wzbudzoną plazmą (ICP-AES) z użyciem aparatu JY 238 Ultrace. Wyniki oznaczeń, podobnie jak i dotyczące plonów, poddano analizie statystycznej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że we wszystkich obiektach nawozowych lepiej plonowała kukurydza, pod którą zastosowano materiały organiczne jesienią (Rys. 1 i 2). W każdym obiekcie, zarówno w przypadku części nadziemnych, jak i korzeni, była to zwyżka statystycznie istotna. W porównaniu do obiektu nawożonego obornikiem, wyższe sumaryczne plony kukurydzy uzyskano w wyniku nawożenia mineralnego oraz osadami organicznymi z biologiczno-mechanicznej oczyszczalni ścieków garbarskich i osadami z oczyszczalni ścieków komunalnych z Niepołomic i Myślenic. Zwyżki wynosiły odpowiednio: dla terminu jesiennego 12, 14, 3 i 3%, a dla terminu wiosennego 25, 2, 13 i 14%. Uzyskane wyniki nie potwierdzają rezultatów badań Kalembasy i Kuziemskiej [7], którzy przy wiosennym stosowaniu osadów ścieków komunalnych uzyskali istotnie wyższe plony niż przy stosowaniu jesiennym. Niezgodność wyników może wynikać z różnego składu chemicznego osadów i tempa ich mineralizacji.

Analiza składu chemicznego roślin wykazała, że metale ciężkie kumulowały się przede wszystkim w korzeniach kukurydzy (Tab. 2). Jest to zgodne z wynikami wcześniejszych badań dotyczących zawartości tych pierwiastków w różnych gatunkach roślin [2,3]. Wykazano wpływ terminu, jak i pochodzenia zastosowanych osadów na zawartość metali w częściach nadziemnych roślin (Tab. 1).

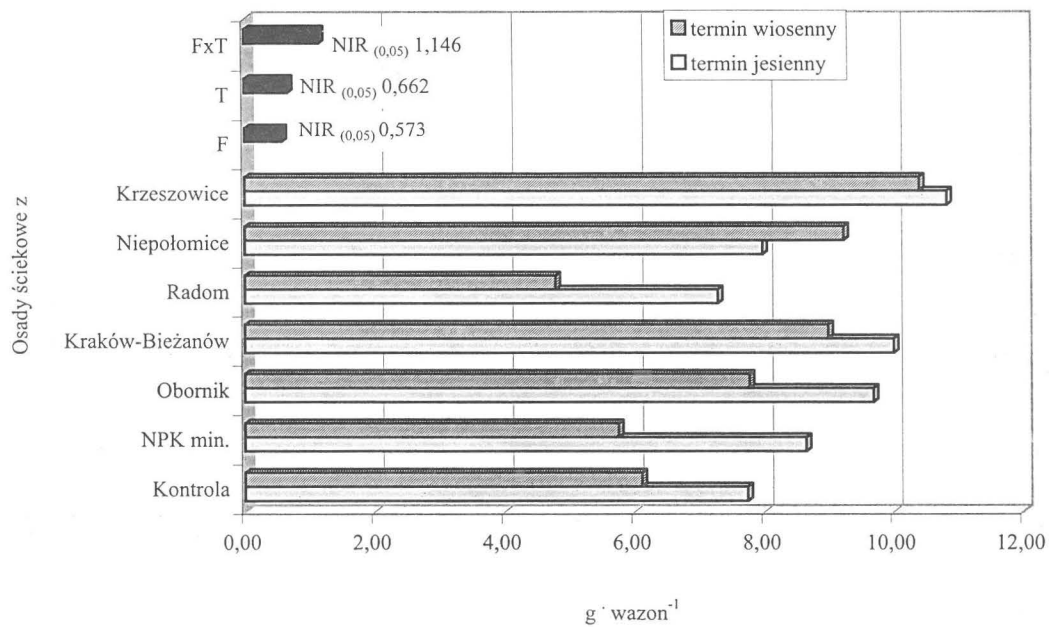


T – termin stosowania

F – forma nawozu

Rys. 1. Plony suchej masy części nadziemnych kukurydzy.

Fig. 1. Yields of dry mass of top parts of maize.



T – termin stosowania

F – forma nawozu

Rys. 2. Plony suchej masy korzeni kukurydzy.

Fig. 2. Yields of dry mass of roots of maize.

Tabela 1. Zawartość metali ciężkich w częściach nadziemnych kukurydzy ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)**Table 1.** Heavy metals content in top part of maize ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.)

Obiekty nawozowe	Cu		Zn		Pb		Cd		Cr	
	J*	W*	J	W	J	W	J	W	J	W
Kontrola	2,65	1,76	78,3	55,4	1,67	1,67	1,25	1,06	0,24	0,17
Nawożenie mineralne	4,45	3,58	109,7	87,3	2,17	1,29	1,36	1,24	0,23	0,17
Obornik	2,53	2,35	178,7	44,6	3,74	1,74	0,62	0,47	0,28	0,16
Osad biologiczny garbarski	2,19	1,91	37,4	32,6	3,53	1,73	0,95	0,55	0,22	0,20
Osad chemiczny garbarski	2,46	1,76	36,2	77,5	2,66	1,42	1,18	0,45	0,18	0,23
Osad komunalny – Niepołomice	2,66	1,85	76,8	59,7	2,90	2,69	0,88	0,43	0,18	0,20
Osad komunalny – Krzeszowice	2,34	1,81	52,8	50,6	1,54	2,55	0,91	0,67	0,16	0,19
NIR _{p=0.05} – T	0,106		16,058		0,388		0,076		0,016	
NIR _{p=0.05} – F	0,092		13,907		0,336		0,066		0,014	
NIR _{p=0.05} – TxF	0,184		27,813		0,673		0,132		0,025	

*J – stosowanie jesienne

T – termin stosowania

*W – stosowanie wiosenne

F – forma nawozu

Tabela 2. Zawartość metali ciężkich w korzeniach kukurydzy ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)**Table 2.** Heavy metal content in root of maize ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.)

Obiekty nawozowe	Cu		Zn		Pb		Cd		Cr	
	J*	W*	J	W	J	W	J	W	J	W
Kontrola	3,70	3,99	184,8	232,0	3,36	3,29	3,58	3,01	1,39	1,19
Nawożenie mineralne	4,69	4,43	275,7	308,3	3,07	3,68	2,72	2,66	1,02	0,93
Obornik	6,74	7,66	132,0	110,3	2,74	2,87	3,13	2,44	1,36	1,31
Osad biologiczny garbarski	3,47	3,61	79,5	66,2	2,47	2,98	3,02	2,28	10,38	11,31
Osad chemiczny garbarski	2,99	3,47	80,6	67,7	2,31	2,58	3,28	2,05	3,02	3,06
Osad komunalny – Niepołomice	3,92	4,25	247,7	141,7	2,41	3,25	2,30	1,61	0,99	1,28
Osad komunalny – Krzeszowice	4,23	3,90	128,3	110,0	2,36	2,28	2,62	1,59	1,03	0,65
NIR _{p=0.05} – T	0,273		9,129		0,245		0,817		n.i.	
NIR _{p=0.05} – F	0,236		7,906		0,212		0,708		0,279	
NIR _{p=0.05} – TxF	0,473		15,812		0,425		1,416		0,559	

*J – stosowanie jesienne

T – termin stosowania

n.i. – nieistotne

*W – stosowanie wiosenne

F – forma nawozu

Wyższą zawartość tych pierwiastków stwierdzono przy jesiennym stosowaniu osadów. W przypadku miedzi, ołowiu, kadmu i chromu była to zwyżka statystycznie istotna, a w przypadku cynku istotny wzrost zawartości stwierdzono w częściach nadziemnych roślin z obiektów gdzie stosowano osad z chemicznej oczyszczalni ścieków garbarskich i osad z oczyszczalni ścieków komunalnych w Niepołomicach. Poziom metali ciężkich w częściach nadziemnych kukurydzy nawożonej osadami ściekowymi był niższy w porównaniu z obiektami z nawożeniem mineralnym i obornikiem, a także spełniał warunek jakości przy przeznaczeniu roślin na paszę [5]. Z reguły niższą zawartość tych metali miały rośliny nawożone w terminie wiosennym.

Jesienne stosowanie materiałów organicznych spowodowało większą kumulację w korzeniach kukurydzy tylko cynku i kadmu. Na zawartość pozostałych metali ciężkich termin stosowania tych materiałów nie miał istotnego wpływu.

W stosunku do części nadziemnych korzenie kukurydzy miały nieznacznie większą zawartość miedzi, znacznie większą kadmu, a szczególnie chromu, zwłaszcza w obiekcie z osadem z biologicznej oczyszczalni ścieków garbarskich, który miał nadmierną zawartość chromu [4,6]. Większą zawartość cynku w korzeniach miały tylko rośliny z obiektów bez nawożenia organicznego.

WNIOSKI

1. Materiały organiczne spowodowały istotny wzrost plonów kukurydzy. Najślabiej działał osad z chemicznej oczyszczalni ścieków garbarskich, zwłaszcza zastosowany w terminie wiosennym.
2. Plony kukurydzy w serii z nawożeniem jesiennym były w obiektach nawożonych organicznie wyższe o 3 do 11%, w porównaniu z nawożeniem wiosennym.
3. W porównaniu do obornika najbardziej plonotwórczo działał osad biologiczny z garbarni (równorzędnie z nawożeniem mineralnym) zastosowany w jesieni. Osady z oczyszczalni komunalnych działały również korzystniej niż obornik w obu terminach stosowania.
4. Nawożenie mineralne zastosowane na wiosnę spowodowało istotnie większy wzrost plonów niż zastosowane w jesieni.
5. Zróżnicowanie w zawartości metali ciężkich w częściach nadziemnych kukurydzy było istotne zarówno w zależności od terminu stosowania jak i formy nawozów. Zawartość tych metali w obiektach z nawożeniem organicznym nie przekraczała liczb granicznych przydatności paszowej.
6. Korzenie kukurydzy, w porównaniu z częściami nadziemnymi, zawierały więcej miedzi i kadmu, a także chromu, szczególnie w obiekcie z osadem z biologicznej oczyszczalni ścieków garbarskich, bardzo zasobnych w ten pierwiastek.

PIŚMIENNICTWO

1. **Anke M.:** Toxizitätsgrenzwerte für Spurenelemente in Futtermitteln. [In]: Schwermetalle in der Umwelt. Kolloquien des Instituts für Pflanzenernährung, 2, Jena, 110-127, 1987.
2. **Chu L. M., Wong M. H.:** Heavy metal contents of vegetable crops treated with refuse compost and sewage sludge. *Plant and Soil*, 103, 191-197, 1987.
3. **Gambuś F.:** Pobieranie metali ciężkich przez różne gatunki roślin uprawnych. Cz. II. Akumulacja metali ciężkich przez rośliny. *Acta Agr. et Silv. S. Agraria*, XXXV, 31-44, 1997.
4. **Gondek K., Filipek-Mazur B.:** Mobilność chromu w osadach ściekowych różnego pochodzenia. *EJPAU*. 2002 (w druku).
5. **Gorlach E.:** Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 262, Sesja Nauk. 334, 13-22, 1991.
6. **Kabata-Pendias A., Piotrowska M.:** Pierwiastki śladowe jako kryterium rolniczej przydatności odpadów w rolnictwie. *Wyd. IUNG Puławy*, P(33), 1-30, 1987.
7. **Kalembasa S., Kuziemska B.:** Wpływ pochodzenia i terminu stosowania osadów ściekowych na plon wybranych roślin uprawianych na glebie średniej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 409, 33-41, 1993.
8. **Rocznik Statystyczny GUS:** Ochrona Środowiska, 2000.

DEPENDENCE BETWEEN THE ORIGIN, DATE OF SEWAGE
SLUDGE APPLICATION AND MAIZE YIELDING AND
ITS CONTENTS OF HEAVY METALS

B. Filipek – Mazur, K. Mazur, K. Gondek

Department of Agricultural Chemistry, Agricultural University of Krakow
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Krakow
e-mail: rrfilipe@cyf-kr.edu.pl

Summary. The investigations were carried out as a pot experiment comprising 7 fertilized objects in two series – the first set up in the autumn of 2000 and the second (with the same design) in the spring of 2001. The experimental design was as follows: A – untreated control; B- mineral NPK; C – farmyard manure; D – sludge from biological- and-mechanical tannery sewage treatment plant; E – sludge from chemical tannery sewage treatment plant; F – sludge from biological- and-mechanical municipal sewage treatment plant at Niepołomice; G- sludge from biological- and- mechanical sewage treatment plant at Krzeszowice.

Organic fertilizer doses were calculated on the basis of their nitrogen contents. The doses of essential fertilizer components were equal for all objects (except the control) and were as follows: 1.2g N, 1.8g P (for three years) and 1.4 g K·pot⁻¹. Maize, KOKA cv. was the test plant.

Following the plant harvest, maize dry weight was determined. Heavy metal contents were determined after dry mineralization using atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma (ICP-AES).

Organic materials caused a significant increase in maize yields. The yields in the series fertilized in autumn were higher in the objects receiving organic treatment as compared to spring fertilization. In comparison to farmyard manure tannery biological sludge applied in autumn was the most yield forming. Sludge from municipal treatments also acted more favourably than farmyard manure at both dates of application. Diversification in heavy metal contents in maize above ground parts was significant and depended both on the date of application and form of fertilizers. The metal contents in the objects receiving organic treatment did not exceed limit numbers for fodder usefulness. As compared to the above ground parts, maize roots were more abundant in heavy metals.

Key words: fertilization date, industrial and municipal sewage sludge, yield, heavy metals, maize.