

Słowa kluczowe: osad denny, metale ciężkie, kukurydza

Czesława JASIEWICZ*, Marek MADEYSKI**, Marek TARNAWSKI**,
Agnieszka BARAN*

ZAWAŁOŚĆ METALI CIĘŻKICH W BIOMASIE KUKURYDZY POD WPLYWEM DODATKU OSADU DENNGO DO GLEBY

Badania prowadzono w latach 2006-2007 w warunkach doświadczenia wazonowego. Schemat doświadczenia obejmował 3 objekty: gleba bez osadu (I), gleba z 5% dodatkiem osadu (II) oraz gleba z 10% dodatkiem osadu (III). Osad denny zakwalifikowano do grupy utworów pyłowych zwykłych o odczynie zasadowy i naturalnej zawartości metali ciężkich. Dodatek osadu dennego do gleby w ilości 5% zmniejszył zawartość metali ciężkich w nadziemnej biomacie kukurydzy w porówniu do roślin kontrolnych. Wartości współczynnika translokacji metali tworzyły następujący szereg: Zn > Cu > Pb > Ni > Cd. Osad denny wpłynął na zmniejszenie bioakumulacji Zn, Cu, Cd w kukurydzy. W roślinie nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych zawartości metali ciężkich przyjętych do oceny roślin pod względem ich przydatności paszowej.

1. WSTĘP

W wielu krajach wydobyte osady stanowią materiał odpadowy, który w zależności od składu chemicznego może być wykorzystany przyrodniczo bez ograniczeń, z pewnymi ograniczeniami, a gdy jest nadmiernie zanieczyszczony musi być unieszkodliwiony przez zdeponowanie na składowisku odpadów [13]. Wielu autorów podkreśla, że przyrodnicza (rolnicza) utylizacja osadów nieskażonych chemicznie i biologicznie może być racjonalnym sposobem ich wykorzystania [4,5,10,11,12,19,20]. Celem badań była ocena możliwości rolniczego wykorzystania osadu dennego jako dodatku do gleby lekkiej w oparciu o jego oddziaływanie na zawartość metali ciężkich w kukurydzy.

2. MATERIAŁ I METODYKA

Badania prowadzono w latach 2006–2007 w warunkach doświadczenia wazonowego. Doświadczenie założono na glebie lekkiej o składzie granulometrycznym piasku słabo gliniastym i pH_{KCl} 6,21.

* Katedra Chemii Rolnej*, Katedra Inżynierii Wodnej**, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, (baranaga1@wp.pl)

Osad denný wymieszano z glebą w I roku badań. Schemat doświadczenia obejmował 3 obiekty: gleba bez osadu (I), gleba z 5% dodatkiem osadu (II) oraz gleba z 10% dodatkiem osadu (III). Osad pochodził z małego zbiornika retencyjnego zlokalizowanego w Zesławicach na rzece Dłubni (województwo małopolskie) [18]. Materiał ten zakwalifikowano do grupy utworów pyłowych zwykłych o pH_{KCl} 7,35 (tab. 1). Zgodnie z normami stężenie metali ciężkich w badanym osadzie nie przekraczało dopuszczalnych zawartości dla urobku [14] oraz dla gleby i ziemi grupy B [15] i wykazywało naturalną ich zawartość (stopień 0) [8] (tab. 1). We wszystkich obiektach zastosowano jednakowe nawożenie NPK w dawce wynoszącej odpowiednio: 1,8 g N; 1,1 g P; 2,2 g K na wazon (8 kg s.m. gleby). Zawartość Zn, Cu, Ni, Pb, Cd w materiale roślinnym oznaczono po suchej mineralizacji i rozтворzeniu popiołu w HNO_3 (1:3), metodą ICP-EAS. Obliczono współczynniki bioakumulacji i translokacji metali w roślinie. Wyniki opracowano statystycznie z uwzględnieniem jednoczynnikowej analizy wariancji i testu Tukeya przy poziomie istotności $\alpha < 0.05$, wykorzystując program Statistica 7.1.

Tab. 1. Skład chemiczny osadu dennego

Skład granulometryczny			Materia org.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-0,1	0,1-0,02	<0,02	[g · kg ⁻¹ s.m.]		[mg · kg ⁻¹ s.m.]	
8%	66%	26%	25,86	1,0	44,6	69,7
Metale ciężkie [mg · kg ⁻¹ s.m.]						
Cr: 15,0	Zn: 76,31	Pb: 12,85	Cu: 12,23	Cd: 0,35	Ni: 11,0	

3. WYNIKI

Zawartość metali ciężkich w kukurydzy była zróżnicowana w zależności od części rośliny i ilości dodanego osadu do gleby (tab. 2). Z metali ciężkich, biomasa nadziemna wykazywała największą zawartość Zn następnie > Cu > Pb > Ni > Cd, a korzenie Zn > Cu ≈ Pb > Ni > Cd. Dodatkowo korzenie w zależności od obiektu zawierały więcej metali ciężkich odpowiednio od: 20-40% Zn; 44-61% Cu; 82-86% Ni; 78-82% Pb oraz 87-91% Cd w porównaniu do części nadziemnych (tab. 2). Badania innych autorów również potwierdzają większą akumulację np. Cu w korzeniach roślin i tym samym wskazują, że korzenie są znacznie lepszym wskaźnikiem fitotoksycznego działania miedzi niż części nadziemne [9], chociaż ze względów praktycznych mniej przydatnym [17]. Otrzymane wyniki są również potwierdzeniem tezy, że Pb w stosunkowo dużych ilościach jest obecny na powierzchni korzeni. Stanowi to mechanizm ograniczenia pobierania ołowiu z gleby i przemieszczania go do części nadziemnych roślin [2]. W kukurydzy największą zawartość Zn stwierdzono w roślinach kontrolnych, a najmniejszą w obiekcie z 5% dodatkiem osadu do gleby (tab. 2). Osad denný zmniejszył istotnie również zawartość

Zn w korzeniach. Prawdopodobnie jest to związane z wpływem osadu na odczyn gleby tj. wzrost wartości pH obniża przyswajalność Zn, natomiast spadek wartości pH sprzyja przyswajaniu Zn w roślinach. Osad denny cechował się odczynem zasadowym i tym samym wpłynął na zmniejszenie rozpuszczalności Zn w glebie. W badaniach największą zawartość Cu i Ni, stwierdzono w biomase nadziemnej w obiekcie z 10% dodatkiem osadu, natomiast w korzeniach w obiekcie z 5% udziałem osadu dennego w glebie (tab. 2).

Tab. 2. Zawartość metali ciężkich w kukurydzy [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]

Obiekt	Część nadziemna					Korzeń				
	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd
I ¹	35,39 ^b	1,55 ^{ab}	0,30 ^{ab}	0,74	0,23 ^b	58,65 ^b	4,02 ^{ab}	2,07	4,09	1,93 ^b
II	25,07 ^a	1,20 ^a	0,26 ^a	0,73	0,13 ^a	42,56 ^a	4,77 ^b	2,35	3,59	1,49 ^a
III	34,20 ^b	1,61 ^b	0,40 ^c	0,85	0,22 ^{ab}	43,02 ^a	2,90 ^a	2,28	3,84	1,74 ^{ab}
NIR _{0,05}	5,60	0,33	0,11	n.i. ²	0,09	7,15	1,41	n.i.	n.i.	0,25

¹I – bez osadu, II – 5% osadu, III – 10% osadu, ²n.i. statystycznie nieistotne

Dla miedzi zależności te były statystycznie istotne. Dodatek osadu dennego do gleby lekko zwiększył zawartość niklu w korzeniach średnio o 11% w stosunku do roślin kontrolnych, niemniej jednak różnice te były statystycznie nieistotne. Najmniej miedzi i niklu wykazano w roślinach nienawożonych. W doświadczeniu nie stwierdzono istotnego wpływu dodatku osadu do gleby na zawartość ołowiu w kukurydzy (tab. 2). W biomase nadziemnej największą zawartość Pb wykazano w obiekcie z 10% udziałem osadu dennego w glebie (tab. 2). W korzeniach natomiast, zastosowany osad denny wpłynął na zmniejszenie zawartości Pb o 6% (10% osadu) i 12% (5% osadu) w stosunku do obiektu bez osadu. Zastosowany osad w obu dawkach ograniczył zawartość kadmu w kukurydzy w stosunku do roślin kontrolnych (tab. 2). Istotne zmniejszenie poziomu Cd o 44% w biomase nadziemnej i o 23% w korzeniach kukurydzy spowodował 5% dodatek osadu do gleby. Wiśniewska-Kielian i Niemiec [19,20] również wykazali redukcję zawartości Pb i Cd w kukurydzy, owsie i łubinie wąskolistnym pod wpływem dodatku osadu dennego do gleby. Obliczone wartości współczynnika bioakumulacji wskazały, że kukurydza łatwiej akumulowała Zn, Cd i Cu niż Ni i Pb (tab. 3), świadczy to o dużej ruchliwości Zn, Cd, w porównaniu z innymi metalami oraz stosunkowo łatwym ich pobieraniu przez rośliny. Zastosowany osad denny w obu dawkach wpłynął na ograniczenie akumulacji Zn, Cu, Cd oraz Ni (5% osadu) i zwiększenie akumulacji Pb w biomase nadziemnej kukurydzy w stosunku do roślin kontrolnych (tab. 3). Ruchliwość metali w kukurydzy określono za pomocą współczynnika translokacji [7], a jego wartości tworzyły szereg: $\text{Cd} < \text{Ni} < \text{Pb} < \text{Cu} < \text{Zn}$. Najwyższe wartości dla metali parametr ten osiągał po zastosowaniu 10% dodatku osadu do gleby. Wskazuje to na zwiększenie

mobilności metali z korzeni do części nadziemnej rośliny pod wpływem zastosowanego osadu w tej dawce. W innych badaniach wykazano obniżenie się wartości współczynnika translokacji metali w roślinie pod wpływem dodatku do gleby osadu dennego [20] i popiołu [1]. Autorzy ci tłumaczą to jako efekt alkalizowania podłoża. W badaniach dodatek osadu dennego w ilości 5% spowodował zmniejszenie wartości tego parametru dla Cu, Ni, Cd w porównaniu do obiektu bez osadu.

Tab. 3. Współczynnik bioakumulacji i translokacji metali w kukurydzy

Obiekt	Współczynnik bioakumulacji					Współczynnik translokacji				
	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd
I ¹	0,63 ^b	0,33 ^b	0,07 ^{ab}	0,02	0,45 ^b	0,60 ^a	0,39 ^{ab}	0,15 ^{ab}	0,20	0,12
II	0,40 ^a	0,25 ^a	0,06 ^a	0,03	0,27 ^a	0,61 ^a	0,27 ^a	0,09 ^a	0,21	0,09
III	0,55 ^b	0,32 ^{ab}	0,10 ^b	0,04	0,43 ^b	0,80 ^b	0,56 ^b	0,18 ^b	0,22	0,13
NIR _{0,05}	0,11	0,06	0,02	n.i. ²	0,18	7,15	1,41	0,05	n.i.	n.i.

¹I – bez osadu, II – 5% osadu, III – 10% osadu, ²n.i. statystycznie nieistotne

4. DYSKUSJA

Zastosowany w badaniach osad denny wykazywał duży udział frakcji pylastych, mniejszy ilastych, zasadowy odczyn oraz niską zawartość metali ciężkich, zatem mógł być wykorzystany rolniczo jako dodatek do gleb lekkich w celu poprawy ich produktywności. Największy wpływ na mobilność metali ma pH: im niższa wartość pH, tym większa rozpuszczalność metali. Zwiększona mobilność metali ciężkich w środowisku wpływa na wzrost ich akumulacji w roślinach, co może stanowić poważne zagrożenie dla organizmów żywych. Można, więc przypuszczać, że przy zasadowym odczynie badany osad może pełnić rolę pułapki dla metali ciężkich [6] i tym samym ograniczać ich fitotoksyczność, co również stwierdzono w niniejszych badaniach. Oceniając uzyskaną nadziemną biomasę wg możliwości paszowego wykorzystania stwierdzono, że spełnia ona wymogi pod względem zawartości wszystkich badanych metali ciężkich, stawiane paszom dobrej jakości [3,16].

5. WNIOSKI

1. Dodatek osadu dennego do gleby w ilości 5% zmniejszył zawartość metali ciężkich w nadziemnej biomacie.
2. W korzeniach kukurydzy wykazano większą zawartość metali w porównaniu do części nadziemnej.
3. W kukurydzy nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych zawartości metali ciężkich przyjętych do oceny roślin pod względem ich przydatności paszowej.

LITERATURA

- [1] Antonkiewicz J., Lośak T. 2007. *The effect of hard coal ashes on the Mount and quality of maize yield*. Acta Univ. Agric. et Silv. Mendel. Brun., 55 (1), 7-16.
- [2] Baranowska-Morek A. 2003. *Roślinne mechanizmy tolerancji na toksyczne działanie metali ciężkich*. Kosmos. Prob. Nauk Biol., 52, 2, 283-298.
- [3] Curyło T. I in. 1985. *Zmiany składu mineralnego runi łkowej w warunkach wieloletniego zróżnicowanego nawożenia mineralnego*. Roczn. Glebozn., 36, 2, 85-99.
- [4] Fonseca R. M. I in. 1998. *Reversing desertification by using same reservoir sediments as agriculture soils*. Episodes, 21(4), 218-224.
- [5] Fonseca R. M. I in. 2003. *Dam Reservoir Sediment as Fertilizers and Artificial Soils. Case Studies from Portugal and Brazil*. Proceeding: International Symposium of the Kanazawa University 21 st-Century COE Program, vol. 1, 55-62.
- [6] Helios-Rybicka E. 1997. *Parametry określające rozkład metali ciężkich w systemie woda-osad. Geochemiczne zmiany w środowisku gruntowo-wodnym pod wpływem związków toksycznych*. Materiały IV Konf. Nauk. Kraków AGH: 31-38.
- [7] Jasiewicz Cz., Antonkiewicz J. 2000. *Ekstrakcja metali ciężkich przez rośliny z gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Cz. II konopie siewne*. Zesz. Prob. PNR, 472, 331-339.
- [8] Kabata-Pendias A. i in. 1995. *Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb – metale ciężkie, siarka i WWA*. PIOŚ, Bibliot. Monit. Środ., Warszawa, 41.
- [9] Korzeniowska J., Stanisławska-Głubiak E. 2003. *Przydatność testów roślinnych do oceny fitotoksyczności Cu*. Obieg pierwiastków w przyrodzie. IOŚ, Warszawa.
- [10] Madeyski M. 2003. *Zamulanie stawów rybnych*. Wiad. Melior. i Łąk. 3, 121-122.
- [11] Niedźwiecki E., Van Chinh T. 1991. *Chemical properties of bottom sediments on dumping areas near shipping lane Szczecin-Świnoujście*. Polish J. of Soil Science 24(2), 153-159.
- [12] Pelczar J. i in. 1998. *Wpływ nawożenia osadem dennym na aktywność enzymatyczną zwalowiska odpadów węgla kamiennego*. Arch. Ochr. Środ. 23(3), 93-101.
- [13] Popenda A. i in. 2007. *Składowanie jako metoda unieszkodliwiania osadów dennych zanieczyszczonych metalami ciężkimi*. Ochr. Środ. i Zasob. Natur., 32, 246-252.
- [14] Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 w sprawie rodzaju oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony, Dz. U. z 2002 roku, nr 55, poz. 498.
- [15] Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów gleby i standardów jakości ziemi, Dz. U. z 2002 roku, nr 165, poz. 1359.
- [16] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 23 stycznia 2007 w sprawie dopuszczalnych zawartości substancji niepożądanych w paszach, Dz. U. 2007, nr 20, poz. 119.
- [17] Stanisławska-Głubiak E., Korzeniowska J. 2007. *Przydatność części nadziemnych i korzeni do oceny fitotoksyczności Cu i Ni np. gorzycy białej*. Ochr. Środ. i Zasob. Natur., 32, 76-80.
- [18] Tarnawski M. 2003. *Charakterystyka osadów dennych w niektórych małych zbiornikach wodnych*. Rozprawa doktorska. AR, Kraków, 174 ss.
- [19] Wiśniowska-Kielian B., Niemiec M. 2007a. *Effect of bottom sediment addition to the substratum on the quality of produced maize biomass*. Ecol. Chem. and Eng., 14(5-6), 581-589.
- [20] Wiśniowska-Kielian B., Niemiec M. 2007b. *Effect of increasing share of bottom sediment in the substratum on cadmium and lead uptake by the plants*. Ecol. Chem. and Eng., 14(5-6), 591-599.

THE EFFECT OF BOTTOM SEDIMENT OF SOIL SUPPLEMENT ON HEAVY METALS CONTENT IN CORN BIOMASS

The research was conducted in 2006–2007 as a pot experiment. The experimental design comprised 3 treatments: soil without bottom sediment (I), soil + 5% bottom sediment (II) and soil + 10% sediment (III). Bottom sediment was classified as normal dust, it showed basic reaction, and revealed natural contents Zn, Cu, Ni, Pb and Cd. The addition of the bottom sediment to the soil in the quantity 5% decreased the content of heavy metals in the aboveground biomass of the corn in comparatively to control plants. The highest content of metals was showed in roots of the corn comparatively to the aboveground biomass, and values of the translocation coefficient created the following row: $Zn > Cu > Pb > Ni > Cd$. In the plant wasn't found the exceed admissible contents of heavy metals accepted to the mark of plants in respect of their fodder-usefulness.