

OCENA PRZYDATNOŚCI TOPINAMBURU (*HELIANTHUS  
TUBEROSUS* L.) DO FITOREMEDIACJI GLEBY  
ZANIECZYSZCZONEJ Cd, Pb, Ni, Cu I Zn

JACEK ANTONKIEWICZ, CZESŁAWA JASIEWICZ

Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja, Katedra Chemii Rolnej  
31-120 Kraków, al. Mickiewicza 21

Keywords: Jerusalem artichoke, phytoremediation, heavy metals, soil.

THE ASSESSMENT OF JERUSALEM ARTICHOKE USABILITY FOR  
PHYTOREMEDIATION OF SOILS CONTAMINATED WITH Cd, Pb, Ni, Cu, AND Zn

A significant effect of soil pollution levels on yielding of Jerusalem artichoke was determined. Depending on the treatment, the decrease in the yield ranged between 6.62% and 88.74% in comparison with the control. High soil concentrations of Cd, Pb, Ni, Cu and Zn are confirmed by their contents in the test plant. The contents in Jerusalem were increasing with the level of soil pollution with heavy metals and ranged between 0.65–29.69 mg Cd; 1.40–7.32 mg Pb; 1.76–57.61 mg Ni; 1.65–9.23 mg Cu; 25.04–691.35 mg Zn/kg soil d.m. The smallest diversification of the studied metals contents was registered for lead and copper. A comparison of heavy metal per cent utilisation by Jerusalem reveals that it is possible to arrange the elements in the following order beginning from the highest values: Cd, Zn, Ni, Cu and Pb. The order shows that Jerusalem utilised Cd to the greatest extent and Pb to the smallest. The obtained results allow for a conclusion that Jerusalem artichoke could be utilised for reclamation of soils contaminated with heavy metals.

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań ze ścisłego doświadczenia wazonowego dotyczące oceny przydatności topinamburu do fitoremediacji gleby zanieczyszczonej metalami ciężkimi. Średnia zawartość badanych pierwiastków mieściła się w granicach: 0,65–29,69 mg Cd; 1,40–7,32 mg Pb; 1,76–57,61 mg Ni; 1,65–9,23 mg Cu; 25,04–691,35 mg Zn/kg s.m. Najmniejsze zróżnicowanie w zawartości badanych metali zarejestrowano w przypadku miedzi i ołowiu. Natomiast procentowe pobranie (wykorzystanie) pierwiastków przez testowaną roślinę z wazonu w stosunku do zawartości w glebie wahało się od 2,14 do 7,10% Cd; od 0,03 do 0,57% Pb; od 0,83 do 3,49% Ni; od 0,07 do 2,35% Cu; od 0,97 do 5,39% Zn. Porównując procentowe wykorzystanie metali ciężkich przez topinambur, niezależnie od obiektu można ustalić szereg od wartości najwyższych w następującej kolejności: Cd, Zn, Ni, Cu, Pb. Z powyższego szeregu wynika, że Cd był w największym procencie wykorzystywany przez topinambur, a Pb w najmniejszym. Uzyskane wyniki pozwalają wstępnie stwierdzić, że topinambur mógłby być wykorzystany do rekultywacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi.

## WSTĘP

Chemiczne zanieczyszczenie gleb może mieć charakter przejściowy, długotrwały oraz nieodwracalny. Szczególnie niebezpieczne są zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi, które stanowią zagrożenie dla życia organizmów żywych, stąd też należy ją bezwzględnie chronić [1, 6]. Łagodnym sposobem rekultywacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi na większych obszarach jest fitoremediacja, obejmująca fitoekstrakcję biologiczną – metodę oczyszczania gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi. Wraz z plonem uprawianych roślin zbierane są z gleby niejednokrotnie znaczne ilości składników niepożądanych. Wówczas niezmiernie istotny jest również dobór odpowiednich gatunków roślin, uwzględniający ich wrażliwość na zanieczyszczenia, a także kierunek i możliwości utylizacji pozyskanej biomasy [10, 11]. Do przeprowadzenia tego sposobu rekultywacji przydatny może okazać się topinambur. Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.), zwany także słonecznikiem bulwiastym ze względu na wysoką odporność na zanieczyszczenia chemiczne w środowisku, bardzo dobrze rośnie na gruntach zanieczyszczonych metalami ciężkimi [2, 8]. Ponadto ze względu na zapas wody i asymilatów w bulwach bardzo korzystnie wpływa na procesy glebotwórcze i tworzenie się materii organicznej, przez co jawi się jako znakomita roślina rekultywacyjna [9]. Celem badań było określenie wpływu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi na wielkość plonu oraz na poziom bioakumulacji Cd, Pb, Ni, Cu i Zn w topinamburze.

## METODYKA BADAŃ

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w hali wegetacyjnej Katedry Chemii Rolnej Akademii Rolniczej w Krakowie w 2000 r. Badania przeprowadzono na glebie mineralnej, o składzie granulometrycznym pyłu ilastego pobranej z wierzchniej warstwy gruntu ornego. Odczyn gleby zmierzony w roztworze 1 mol/dm<sup>3</sup> KCl był równy 5,5, pojemność sorpcyjna oznaczona metodą Kappena wynosiła 12,0 cmol(+), a kwasowość hydrolityczna – 2,3 cmol(+)/kg gleby. Wykorzystana w doświadczeniu gleba zawierała 12% piasku, 52% pyłu i 36% iłu. Schemat doświadczenia obejmował 5 obiektów (każdy w 4-ch powtórzeniach): obiekt kontrolny (bez dodatku metali ciężkich) i 4 obiektów zawierających wzrastające dawki metali ciężkich. Najwyższy poziom metali ciężkich wynosił 8 mg Cd, 120 mg Pb, 40 mg Ni, 80 mg Cu i 400 mg Zn/kg<sup>-1</sup> s.m. (Tab. 1). Metale ciężkie zastosowano w formie wodnych roztworów następujących soli: 3CdSO<sub>4</sub>·8H<sub>2</sub>O, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, NiSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> i ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O. Okres wegetacji topinamburu wynosił 132 dni. Po zbiorze rośliny wysuszone w suszarce, z wymuszonym obiegiem powietrza, w temp. 105°C, a następnie określono wielkość plonu. Próbkę testowanej rośliny poddano mineralizacji na sucho w piecu muflowym w temp. 450°C [12]. Zawartość Cd, Pb, Ni, Cu Zn oznaczono metodą ICP (inductively coupled plasma – atomowa spektrofotometria emisyjna oparta na palniku indukcyjnie wzbudzonej plazmy).

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wielkość plonu topinamburu w badanych obiektach doświadczenia istotnie zależała od poziomu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi. Toksyczny wpływ metali ciężkich na wielkość plonu części nadziemnych testowanej rośliny uwidocznił się przy najwyższym poziomie zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi tj. przy dawce: 8 mg Cd, 120 mg Pb, 40

mg Ni, 80 mg Cu i 400 mg Zn/kg s.m. Istotne obniżenie plonowania bulw zostało zarejestrowane od II poziomu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi, natomiast korzeni od IV poziomu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi. Obniżenie plonu (części nadziemne, bulwy i korzenie) w odniesieniu do kontroli, w zależności od obiektu, wynosiło od 6,62% do 88,74% (Tab. 1).

Tabela 1. Dawki metali ciężkich i plon topinamburu [g s.m./wazon]  
Doses heavy metals and yield Jerusalem artichoke [g d.m./pot]

Obiekt Object	Dawki metali [mg/kg s.m. gleby] Doses metals [mg/kg d.m. soil]	Plon całkowity Yield total	Plon względny Yield relative	Indeks tolerancji Toleration index (T <sub>i</sub> )
I	Kontrola – Control	326,54	100	-
II	Cd 1, Pb 15, Ni 5, Cu 10, Zn 50	304,91	93	0,9
III	Cd 2, Pb 30, Ni 10, Cu 20, Zn 100	293,44	90	0,8
IV	Cd 4, Pb 60, Ni 20, Cu 40, Zn 200	260,98	80	0,8
V	Cd 8, Pb 120, Ni 40, Cu 80, Zn 400	36,76	11	0,1
	NRI - LSD	15,02	-	-

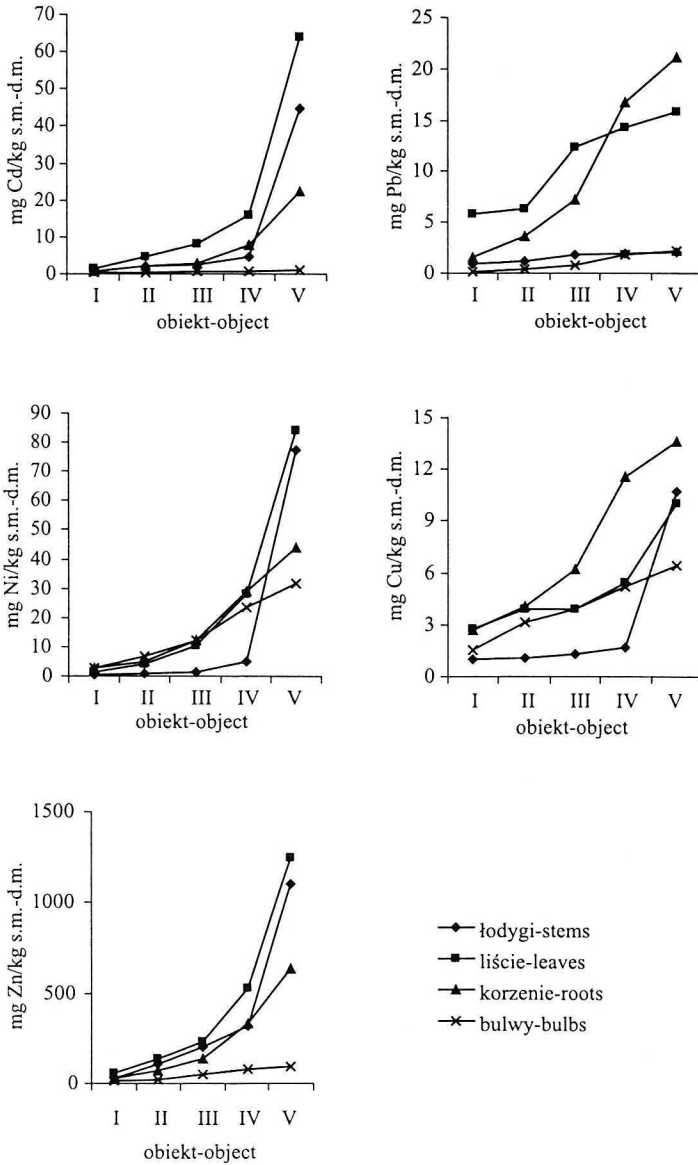
W badaniach przedstawionych przez Borkowską i in. [2] topinambur okazał się rośliną odporną na nadmiar metali ciężkich w podłożu. Spostrzeżenia te potwierdzono również w doświadczeniach polowych [9]. We wcześniejszych badaniach Jasiewicz i Antonkiewicza [8] nad oceną przydatności topinamburu do fitoekstrakcji metali ciężkich z gleby stwierdzono również, że roślina ta charakteryzuje się wysokim potencjałem plonowania.

Wielu autorów [4, 13] oprócz określenia przedziału ufności i istotności różnic w wysokości plonów roślin uprawianych przy podwyższonej koncentracji metali ciężkich w glebach określa tzw. efekt ilościowy działania zanieczyszczeń, który wyraża się w postaci indeksu tolerancji (T<sub>i</sub>), definiowanego jako stosunek wielkości plonu rośliny uprawianej na glebie skażonej do wielkości plonu uprawianej na glebie o naturalnej zawartości metali ciężkich (kontroli). Wartość indeksu tolerancji plonu dla topinamburu wahał się od 0,9 do 0,1 (Tab. 1). Przy pierwszym poziomie zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi indeks tolerancji plonu testowanej rośliny przybierał wartości około jedności. Świadczy to o tym, że koncentracja metali ciężkich w glebie na tym poziomie nie wywiera znaczącego wpływu na wielkość plonu. W miarę wzrastających poziomów zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi obserwowano systematyczny spadek wartości indeksu tolerancji plonu.

Średnia ważona zawartość badanych pierwiastków w topinamburze mieściła się w granicach: 0,65–29,69 mg Cd; 1,40–7,32 mg Pb; 1,76–57,61 mg Ni; 1,65–9,23 mg Cu; 25,04–691,35 mg Zn/kg s.m. (Tab. 2). Dodane do gleby metale ciężkie powodowały systematyczny wzrost zawartości badanych pierwiastków w topinamburze. Z danych zamieszczonych na rysunku 1 wynika, że poziom zawartości analizowanych pierwiastków w badanych częściach topinamburu był uzależniony od poziomu zanieczyszczenia gleby tymi składnikami.

Analizując zawartość pierwiastków w częściach wskaźnikowych topinamburu, przy najwyższym poziomie zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi, można stwierdzić, że Cd, Ni i Zn w największych ilościach kumulowały się w liściach, a Pb i Cu w korzeniach. Największym przyrostem zawartości metali ciężkich w częściach wskaźnikowych topinamburu, pod

wpływem wzrastających dawek metali ciężkich w glebie, charakteryzował się Ni, a następnie w kolejności Cd, Zn, Pb, Cu (Rys. 1).



Rys. 1. Zawartość Cd, Pb, Ni, Cu, i Zn w topinamburze (*Helianthus tuberosus* L.)  
Content of Cd, Pb, Ni, and Zn in Jerusalem artichoke

Tabela 2. Pobranie i procentowe wykorzystanie metali ciężkich przez topinambur  
Uptake and percent utilisation of heavy metals by jerusalem artichoke

Obiekt Object	Pobranie [mg/wazon] Uptake [mg/pot]	Zawartość [mg/kg s.m.] (Średnia ważona) Content [mg/kg s.m.] (Weighted mean)	Wykorzystanie [%] Utilisation [%]
Cd			
I	0,21	0,65	7,10
II	0,52	1,72	5,82
III	0,80	2,71	5,31
IV	1,51	5,78	5,59
V	1,09	29,69	2,14
Pb			
I	0,46	1,40	0,57
II	0,59	1,92	0,35
III	1,10	3,74	0,42
IV	1,58	6,05	0,36
V	0,27	7,32	0,03
Ni			
I	0,57	1,76	3,49
II	1,17	3,85	2,53
III	2,24	7,62	2,92
IV	4,43	16,96	3,24
V	2,12	57,61	0,83
Cu			
I	0,54	1,65	2,35
II	0,79	2,60	0,96
III	0,94	3,22	0,66
IV	1,22	4,69	0,47
V	0,34	9,23	0,07
Zn			
I	8,18	25,04	3,92
II	24,10	79,05	4,74
III	43,24	147,37	5,35
IV	75,89	290,78	5,39
V	25,42	691,35	0,97

Wyniki badań własnych zgadzają się również z doniesieniami Borkowskiej i in. [2] oraz Jasiewicz i Antonkiewicza [8], którzy stwierdzili również wysokie koncentracje metali ciężkich w topinamburze uprawianym na podłożu zanieczyszczonym metalami ciężkimi.

Oceniając poziom zawartości pierwiastków śladowych w kryteriach wartości użytkowej roślin z uwagi na wysokie zawartości analizowanych pierwiastków w topinamburze uprawianym na glebie zanieczyszczonej metalami ciężkimi, uzyskaną biomasę topinamburu należałoby przeznaczyć do produkcji kompostu.

Proces fitoekstrakcji oceniano również na podstawie wielkości pobrania metali ciężkich przez topinambur. Ilości metali ciężkich pobranych z plonem topinamburu, w zależności od obiektu, wahały się od 0,21 do 1,51 mg Cd; od 0,27 do 1,58 mg Pb; od 0,57 do 4,43 mg Ni; od 0,34 do 1,22 mg Cu; od 8,18 do 75,89 mg Zn/wazon (Tab. 2). W miarę wzrostu zanieczyszczenia gleby systematycznie wzrastało pobranie metali ciężkich przez topinambur. Największe odprowadzenie Cd, Pb, Ni, Cu i Zn z plonem topinamburu stwierdzono przy III poziomie zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi, tj. przy dawce 4 mg Cd; 60 mg Pb; 20 mg Ni; 40 mg Cu; 200 mg Zn/kg s.m. po czym w ostatnim obiekcie (V) następuje drastyczny spadek pobrania wymienionych pierwiastków.

Wyniki uzyskane w niniejszym doświadczeniu znajdują potwierdzenie we wcześniejszych badaniach [8], że w miarę wzrostu stężenia metali ciężkich w podłożu wzrastało ich pobranie

w topinamburze. Inhibycyjny wpływ metali ciężkich na wzrost i pobieranie metali ciężkich przez rośliny ma duże znaczenie w procesach rekultywacyjnych i fitoremediacyjnych na terenach zdegradowanych chemicznie [5, 3, 7].

Procentowe pobranie (wykorzystanie) pierwiastków przez topinambur z wazonu w stosunku do zawartości w glebie wahało się od 2,14 do 7,10% Cd; od 0,03 do 0,57% Pb; od 0,83 do 3,49% Ni; od 0,07 do 2,35% Cu; od 0,97 do 5,39% Zn (Tab. 2). Porównując procentowe wykorzystanie metali ciężkich przez topinambur, niezależnie od obiektu można ustalić szereg od wartości najwyższych do najniższych w następującej kolejności: Cd, Zn, Ni, Cu, Pb. Z powyższego szeregu wynika, że Cd był w największym procencie wykorzystywany przez topinambur, a Pb w najmniejszym.

Ze względu na wysoką zdolność do bioakumulacji metali ciężkich, zwłaszcza Zn, Cd i Ni przez topinambur, uprawiany na różnych poziomach zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi, istnieje uzasadniona celowość wprowadzenia tej rośliny do struktury zasiewów w rejonach zdegradowanych chemicznie. Uprawa topinamburu mogłaby się przyczynić do zmniejszenia stopnia chemicznej degradacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi.

#### WNIOSKI

1. Wielkość uzyskanego plonu topinamburu zależała od poziomu zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi. Spadek plonu w zależności od obiektu w odniesieniu do kontroli wahał się od 6,62% do 88,74%.
2. Zawartość badanych pierwiastków mieściła się w przedziale: 0,65–29,69 mg Cd; 1,40–7,32 mg Pb; 1,76–57,61 mg Ni; 1,65–9,23 mg Cu; 25,04–691,35 mg Zn/kg s.m.
3. Pod wpływem zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi wzrasta systematycznie pobranie Cd, Pb, Ni, Cu i Zn przez topinambur, po czym w piątym obiekcie następuje drastyczny spadek pobrania analizowanych pierwiastków.
4. Stwierdzono, że Cd był w największym procencie wykorzystywany przez topinambur, a Pb w najmniejszym.

#### LITERATURA

- [1] Baran S.: *Ocena stanu degradacji i rekultywacji gleb*, Wyd. AR w Lublinie, 2000.
- [2] Borkowska H., I. Jackowska, J. Piotrowski, B. Styk: *Wstępna ocena przydatności kilku gatunków roślin wieloletnich do rekultywacji osadów pościekowych*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 434, 927–930 (1996).
- [3] Borkowska H., B. Styk: *Ślaziowiec pensylwański (Sida hermaphrodita Rusby). Uprawa, wykorzystanie*, Wyd. AR Lublin, ss. 50, 1997.
- [4] Bradshaw A.D.: *International Conf of Heavy Metal in the Environment*, Vol. 2, Part 2, 509–522, 1981.
- [5] Brej T., J. Fabiszewski: *Testy wzrostu i rozwoju korzeni w ocenie skażenia roślin metalami ciężkimi. Bioindykacja skażeń przemysłowych i rolniczych*, [w:] Materiały pokonferencyjne pod redakcją J. Fabiszewskiego, PAN oddział we Wrocławiu, Komisja Nauk o Ziemi, Wrocław, 223–236 (1983).
- [6] Gworek B., A. Barański, K. Czarnomski, J. Sienkiewicz, J. Porębska: *Procedura oceny ryzyka w zarządzaniu gruntami zanieczyszczonymi metalami ciężkimi*, Wyd. IOŚ, Warszawa 2000.
- [7] Jasiewicz Cz., J. Antonkiewicz: *Wpływ zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi na właściwości fizykochemiczne gleby, plon i skład chemiczny topinamburu (Helianthus Tuberosus L.)*, Folia Univ. Agric. Stetin. 211, Agricultura (84), 141–146 (2000).
- [8] Jasiewicz Cz., J. Antonkiewicz: *Heavy metal contents in maize cultivated in soils contaminated with these metals*, Chemia i Inżynieria Ekologiczna, 9, 4, 373–377 (2002).
- [9] Klimont K., S. Góral: *Glebotwórcze działanie traw i topinamburu na gruncie z wapna*

- poflotacyjnego*, [w:] Mat. Konf. nt. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych. Ochrona i rekultywacja gruntów, Bydgoszcz 4–6 czerwca 2001, Wyd. PTIE, Inż. Ekolog., 3, 198–201 (2001).
- [10] Kucharski R., A. Sas-Nowosielska, M. Pogrzeba, K. Kryński, E. Małkowski: *Perspektywy stosowania metody fitoekstrakcji do oczyszczania gleb w warunkach polskich*, Ochr. Środ. i Zasob. Natur., 18, 469–475 (1999).
- [11] Małkowski E., A. Sas-Nowosielska, M. Pogrzeba, R. Kucharski, J.M. Kuperberg, S. Dushenkow, R. Górecki: *Effect of agents stimulating opening or closing of stomata on Pb and Cd accumulation in shoots of plants. The role in phytoextraction*, Ochr. Środ. i Zasob. Natur., 18, 403–411 (1999).
- [12] Ostrowska A., S. Gawliński, Z. Szczubiałka: *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*, Katalog, Wyd. IOŚ, Warszawa, ss. 334, 1991.
- [13] Spiak Z.: *Badania nad określeniem szkodliwej dla roślin uprawnych zawartości cynku w glebach*, Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rozpr. hab. 121, ss. 88, 1993.

Wpłynęło: 25 lutego 2003, zaakceptowano do druku: 24 czerwca 2003.