

MARZENA SZCZYGŁOWSKA¹, PIOTR KONIECZKA¹, JACEK NAMIEŚNIK¹,
RENATA BĄCZEK-KWINTA², JACEK ANTONKIEWICZ²

¹Katedra Chemii Analitycznej
Politechnika Gdańska

²Katedra Fizjologii Roślin
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

WYKORZYSTANIE KAPUSTY BIAŁEJ (*BRASSICA OLERACEA* *VAR. CAPITATA*) DO FITOEKSTRAKCJI METALI CIĘŻKICH (Zn, Cd, Cu, Pb) Z GLEBY*

USE OF WHITE CABBAGE (*BRASSICA OLERACEA* VAR. *CAPITATA*)
TO PHYTOEXTRACTION OF HEAVY METALS (Zn, Cd, Cu, Pb)
FROM SOIL

Streszczenie. Gatunki roślin z rodziny Brassicaceae uważane są za przydatne w fitoremediacji metali ciężkich z gleby. Przeprowadzone badania mają na celu potwierdzenie zasadności wykorzystania kapusty białej, odmiany 'Kamienna Głowa' do fitoekstrakcji Zn, Cd, Cu, Pb. Poziom wybranych metali badano w glebie oraz liściach i głębach kapusty uprawianej na tych glebach, pochodzących z upraw wazonowych (Kraków) oraz polowych (Czapielsk). Zawartość metali ciężkich oznaczano za pomocą wybranych technik AAS (Atomowa Spektrometria Absorpcyjna): z atomizacją w płomieniu AAS (Zn, Cd), z atomizacją elektrotermiczną AAS (Cd, Cu, Pb). Otrzymane wyniki badań potwierdzają możliwość wykorzystania kapusty białej do fitoekstrakcji metali ciężkich z gleby.

Słowa kluczowe: kapusta biała, fitoekstrakcja, metale ciężkie

*Badania zrealizowano w projekcie „Wykorzystanie kapusty białej na potrzeby fitoremediacji i biofumigacji gleby (Agrobiokap)”, współfinansowanym przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013 (Podziałanie 1.3.1.).

Wstęp

Intensywny rozwój transportu, przemysłu i gospodarki powoduje wzrost zanieczyszczenia powietrza, wód gruntowych i powierzchniowych oraz spadek żyzności gleby. Metale ciężkie stanowią ważną i specyficzną grupę zanieczyszczeń, które mają istotny wpływ na jakość środowiska wodnego i glebowego. Wynika to z ich chemicznego charakteru – są to pierwiastki, które nie podlegają transformacji do mniej toksycznych form oraz charakteryzują się długoterminową trwałością w środowisku (JORGE i JOSE 2005).

Kadm, rtęć, arsen i ołów należą do metali ciężkich uznanych za szkodliwe dla całego łańcucha troficznego. Istnieje również grupa metali ciężkich (takich jak cynk i miedź) znanych jako mikroelementy niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. Jednak w większym stężeniu pierwiastki te również wpływają szkodliwie na rośliny, zwierzęta i ludzi (GRUCA-KRÓLIKOWSKA i WACŁAWEK 2006). Informacje o negatywnym wpływie wybranych metali ciężkich na fizjologiczne funkcje zestawiono w tabeli 1.

Tabela. 1. Negatywny wpływ Cd, Cu, Pb i Zn na wybrane funkcje fizjologiczne roślin (JADIA i FULEKAR 2009)

Table 1. The negative influence of Cd, Cu, Pb and Zn on selected physiological functions of plants (JADIA and FULEKAR 2009)

Pierwiastek Element	Efekt Effects
Cd	Silnie toksyczny – Strongly toxic Hamuje wzrost – Decreases growth Zmniejsza produkcję fitochelatyn – Induces phytochelations production zmniejsza zdolność nasion roślin do kiełkowania – Decreases seed germination
Cu	Inhibitor aktywności fotosyntetycznej hamuje wzrost roślin – Inhibits photosynthesis process inhibits plant growth Zakłóca transport elektronów i aktywność enzymów – Interference electron transport and decreases enzyme activity Zmniejsza produkcję chlorofilu – Reduces chlorophyll production
Pb	Zakłóca aktywność enzymatyczną – Decreases enzyme activity Zmniejsza produkcję chlorofilu – Reduces chlorophyll production
Zn	Hamuje wzrost i rozwój roślin – Inhibits growth and development of plant

Ryzyko szkodliwości i toksyczności metali ciężkich dla środowiska przyrodniczego znane jest już od dawna. W związku z tym opracowano wiele fizycznych i chemicznych technologii remediacji gleby. Jednak są to zazwyczaj technologie kosztowne i pracochłonne (MULLIGAN i IN. 2001, JORGE i JOSE 2005) – stale poszukuje się więc nowych, bardziej wydajnych, a przede wszystkim tańszych. Alternatywą dla tradycyjnych technologii mogą być różne warianty fitoremediacji, w których rośliny są wykorzystywane



Szczygłowska M., Konieczka P., Namieśnik J., Bączek-Kwinta R., Antonkiewicz J., 2011. Wykorzystanie kapusty białej (*Brassica oleracea* var. *capitata*) do fitoekstrakcji metali ciężkich (Zn, Cd, Cu, Pb) z gleby. Nauka Przyr. Technol. 5, 6, #126.

jako organizmy oczyszczające glebę z zanieczyszczeń zarówno nieorganicznych, jak i organicznych. Osiągnięcie zadowalających efektów remediacji metali ciężkich z gleby w technologii fitoremediacji jest możliwe dzięki zastosowaniu roślin hiperakumulacyjnych, zdolnych do gromadzenia metali w dużych ilościach (SALT i IN. 1998, NEWMAN i REYNOLDS 2004, MALEPSZY 2009).

Według danych literaturowych do najlepiej poznanych hiperakumulatorów należą przede wszystkim rośliny z rodzaju Brassicaceae (SALT i IN. 1998). Rośliny te charakteryzują się dużą biomasa oraz łatwymi metodami zbioru. Ponadto rośliny kapustowate mogą zostać wykorzystane na potrzeby biofumigacji, w której wykorzystuje się naturalnie występujące w roślinach lotne związki o działaniu antybiologicznym. Właściwości biobójcze roślin kapustowatych wynikają z obecności glukozynolanów, z których na drodze hydrolizy enzymatycznej powstają lotne izotiocyjaniany. Substancje te nie tylko niszczą niepożądane grzyby, bakterie i szkodniki, ale również wpływają na biologiczną jakość gleby, a przede wszystkim są całkowicie bezpieczne (PIEKARSKA i IN. 2010).

Celem badań było zatem określenie potencjału kapusty białej (*Brassica oleracea* L. sp. *capitata* f. *alba*) do fitoekstrakcji metali ciężkich.

Material i metody

Materiał do badań stanowiła gleba oraz liście i głąby kapusty odmiany 'Kamienna Głowa' uprawianej na tej glebie, pochodzące z dwóch rodzajów upraw: wazonowych (Kraków) i polowych (Czapielsk), otrzymanych w 2009 roku. W glebie, liściach i głąbach kapusty oznaczono zawartość Zn, Cd, Pb i Cu.

W doświadczeniu wazonowym nasiona kapusty wysiano do gleby, a uzyskane sadzonki przepikowano do wazonów o pojemności 10 dm³ z glebą pobraną z poletek doświadczalnych. Zastosowano symulowane zanieczyszczenie gleby przez cynk (ZnSO₄ · 7H₂O) i kadm (CdSO₄ · 8H₂O na dwóch poziomach: dla cynku 50 i 200 mg/kg s.m. gleby, a dla kadmu 10 i 40 mg/kg s.m. gleby. Temperatura otoczenia przed przepikowaniem wynosiła 10/25°C, a następnie 15/20°C (dzień/noc); fotoperiod – 14 h dnia, wilgotność względna powietrza – 30-50%. Zastosowano nawożenie NPK (N – 120 mg · dm⁻³, P – 60 mg · dm⁻³, K – 180 mg · dm⁻³ oraz przeprowadzono wapnowanie (CaO – 0,16 g · dm⁻³). Nawożenie azotowe przeprowadzono w dwóch terminach; zastosowano saletrzak dolomitowy z borem przed wysadzeniem roślin, natomiast saletrę amonową pogłównie. Fosfor zastosowano w postaci superfosfatu potrójnego, potas jako 60-procentową sól potasową. Rośliny były podlewane codziennie, w miarę potrzeby. Stosowano także ręczne odchwaszczanie i mechaniczną ochronę roślin przed chorobami i szkodnikami. Dla doświadczenia wazonowego przeprowadzono również oznaczenia właściwości fizykochemicznych, które zestawiono w tabeli 2. Oznaczenia prowadzono w czterech powtórzeniach dla każdego obiektu (kontrola, Zn1, Zn2, Cd1, Cd2). W tabeli przedstawiono wartości średnie dla tych oznaczeń.

W doświadczeniu polowym jako materiał do badań posłużyła gleba i kapusta uprawiana na tej glebie, pochodząca z pola uprawnego zlokalizowanego w miejscowości Czapielsk. Sadzonki kapusty wysadzono w kwietniu, natomiast zbiór uprawy przeprowadzono w sierpniu.



Tabela 2. Wartości średnie właściwości fizyczno-chemicznych gleby z upraw wazonowych
Table 2. Average values of physicochemical properties soil of pot cultivation

Właściwości fizyczno-chemiczne Conditions of physical and chemical	Jednostka Unit	Kontrola Control	Zn1	Zn2	Cd1	Cd2
pH _{KCl}	-	6,99	7,03	6,96	7,07	7,02
pH _{H2O}		7,35	7,45	7,38	7,52	7,56
S	cmol(+)/ kg	21,13	21,55	21,88	20,80	21,43
T		26,54	26,13	27,29	25,17	26,42
V	%	79,60	82,49	80,23	82,64	81,14
C		2,21	2,06	1,94	2,02	2,10
M.O		3,50	3,64	3,44	3,56	3,96
P	mg/kg	51,56	54,69	57,20	55,56	53,25
K		40,95	44,31	39,83	44,48	45,39
Mg		1 772,05	1 686,75	1 620,18	1 723,32	1 739,62

*S – suma zasad wymiennych, T – całkowita pojemność wymiany kationów, V – stopień wysycenia kationów, C – węgiel organiczny, M.O. – materia organiczna, przyswajalny P, K, Mg.

*S – base exchange capacity, T – Cation exchange capacity, V – base saturation, C – organic carbon, M.O. – organic matter, available P, K, Mg.

W przeprowadzonych badaniach wazonowych i polowych oznaczono zawartość metali ciężkich w glebie po zakończeniu wegetacji. Dla upraw polowych i wazonowych wykonano oznaczenia w próbkach kontrolnych gleby. Szczegółowy opis wariantów doświadczenia przedstawiono w tabeli 3.

Próbki kapusty podzielono na liście i głąby, a następnie poddano liofilizacji. Otrzymane liofilizaty zmineralizowano na mokro w obecności 65-procentowego HNO₃ i 35-procentowego H₂O₂ (5:2).

Do oznaczenia zawartości metali ciężkich w mineralizatach zastosowano następujące techniki analityczne:

- dla Zn i Cd – technikę spektrometrii absorpcji atomowej z atomizacją w płomieniu (FAAS),
- dla Pb i Cu oraz mniejszych stężeń Cd – technikę spektrometrii absorpcji atomowej z atomizacją elektrotermiczną (GFAAS).

Oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach. Dla uzyskanych wyników określono rozszerzoną niepewność pomiaru (k = 2).

Szczygłowska M., Konieczka P., Namieśnik J., Bączek-Kwinta R., Antonkiewicz J., 2011. Wykorzystanie kapusty białej (*Brassica oleracea* var. *capitata*) do fitoekstrakcji metali ciężkich (Zn, Cd, Cu, Pb) z gleby. Nauka Przyr. Technol. 5, 6, #126.

Tabela 3. Oznaczenie i opis oznaczenia próbek gleby i kapusty (liści i głąbów) odmiany ‘Kamienna Głowa’ pochodzących z upraw wazonowych (Kraków) i polowych (Czapielsk)

Table 3. Labels and detailed descriptions of samples of soils and shoots (leaves and stalks) of cabbage, cv. ‘Kamienna Głowa’ from a greenhouse (Krakow) and field (Czapielsk)

Oznaczenie próbek Determination of samples	Opis próbek Description of samples
Uprawy wazonowe – Pot experiment	
Kontrola – K Control – K	Uprawa prowadzona na glebie bez dodatku Zn i Cd Cultivation conducted on soil without addition of Zn and Cd
Zn[50] – K Zn[200] – K Cd[10] – K Cd[40] – K	Uprawy prowadzone z dodatkiem Zn – 50 i 200 mg/kg s.m. gleby oraz Cd – 10 i 40 mg/kg s.m. gleby Cultivation conducted with addition of Zn – 50 and 200 mg/kg d.m. soil and Cd – 10 and 40 mg/kg d.m. soil
Uprawy polowe – Field experiment	
Kontrola – Cz Control – Cz	Gleba, na której nie uprawiano kapusty Soil on which is not cultivated the cabbage
Uprawa – Cz Cultivation – Cz	Doświadczalna uprawa kapusty (wydzielony teren ogródka działkowego) Experimental cabbage cultivation (separate garden area)

Wyniki

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w tabeli 4.

Oznaczone wartości stężeń kadmu i cynku w nieskażonych dodatkowo glebach, pobranych z upraw wazonowych „kontrola – K” i polowych, oscylują na podobnych poziomach stężeń. Świadczy to o tym, że stworzone sztucznie warunki glebowe były bardzo zbliżone do warunków naturalnych. Ponadto oznaczone stężenia badanych metali ciężkich w kapuście białej odmiany ‘Kamienna Głowa’ potwierdzają zasadność wykorzystania tej odmiany do fitoremediacji gleby.

W przypadku upraw wazonowych widać wyraźną zależność między stężeniem Zn i Cd w glebie, liściach i głąbach. Im większe było stężenie tych pierwiastków w glebie, tym większą ich zawartość obserwowano w liściach i głąbach kapusty. Stwierdzono jednak odmienny system kumulacji tych metali w górnych częściach roślin. Cynk kumulował się głównie w liściach, natomiast kadm w głąbach kapusty. Sugeruje to odmienny mechanizm transportu i wiązania tych metali w kapuście lub strategię rośliny polegającą na unieczynnieniu w nefotosyntetyzującej części bardzo toksycznego dla fotosyntezy metalu, tj. kadmu.

W przypadku upraw polowych stwierdzono spadek zawartości Cu w glebie po wegetacji roślin. Stwierdzono również, że metal ten kumuluje się głównie w liściach kapusty. W przypadku ołowiu nie zaobserwowano zmniejszenia zawartości tego metalu



Tabela 4. Porównanie zawartości metali ciężkich w glebie oraz w liściach i głębach kapusty 'Kamienna Głowa' uprawianej w tej glebie

Table 4. Comparison of heavy metals in soil as well as in leaves and stalks of 'Kamienna Głowa' cabbage grown in this soil

Oznaczenie próbek Determinaion of samples	Oznaczany pierwiastek Marked element	Gleba Soil	Liście Leaves	Głęb Stems	
Uprawy wazonowe (Kraków) – Pot experiment (Kraków)					
Kontrola – Control – K	Zn	83,5 ±1,4	41,6 ±6,0	20,0 ±4,7	
Zn[50] – K		138,7 ±5,4	49,2 ±8,6	44,9 ±6,2	
Zn[200] – K		405 ±12	114 ±54	brak próbek no samples	
Cd[10] – K	Cd	85,4 ±5,5	41,3 ±8,2	28,5 ±5,3	
Cd[40] – K		88,3 ±6,8	40,8 ±9,8	25,5 ±4,5	
Kontrola – Control – K		0,315 ±0,036	0,0251 ±0,0061	0,073 ±0,015	
Zn[50] – K		0,389 ±0,03	0,0300 ±0,0060	0,076 ±0,018	
Zn[200] – K		0,366 ±0,021	0,084 ±0,011	brak próbek no samples	
Cd[10] – K		11,6 ±1,4	0,72 ±0,20	1,12 ±0,18	
Cd[40] – K		107,9 ±2,0	2,63 ±0,30	3,5 ±1,0	
Kontrola – Control – K		Pb	4,28 ±0,29	0,239 ±0,041	0,229 ±0,011
Zn[50] – K			2,15 ±0,24	0,242 ±0,050	0,288 ±0,074
Zn[200] – K			2,24 ±0,21	0,244 ±0,073	0,189 ±0,056
Cd[10] – K			2,16 ±0,20	0,254 ±0,075	0,258 ±0,051
Cd[40] – K			1,89 ±0,28	0,132 ±0,026	0,14 ±0,033
Kontrola – Control – K	Cu		6,27 ±0,56	0,44 ±0,11	0,396 ±0,080
Zn[50] – K		4,05 ±0,21	0,430 ±0,067	0,45 ±0,11	
Zn[200] – K		3,62 ±0,26	0,77 ±0,20	0,40 ±0,11	
Cd[10] – K		3,06 ±0,23	0,599 ±0,071	0,79 ±0,17	
Cd[40] – K		2,872 ±0,070	0,96 ±0,28	0,453 ±0,095	
Uprawy polowe (Czapielsk) – Field experiment (Czapielsk)					
Kontrola – Control – Cz	Zn	84,3 ±2,6	–	–	
Uprawa – Cultivation – Cz		88,23 ±0,11	46,2 ±8,5	20,7 ±3,3	
Kontrola – Control – Cz	Cd	0,275 ±0,041	–	–	
Uprawa – Cultivation – Cz		0,190 ±0,030	0,0292 ±0,0073	0,094 ±0,029	
Kontrola – Control – Cz	Pb	0,89 ±0,14	–	–	
Uprawa – Cultivation – Cz		1,57 ±0,18	0,1420 ±0,009	0,114 ±0,0091	
Kontrola – Control – Cz	Cu	7,3 ±1,2	–	–	
Uprawa – Cultivation – Cz		5,64 ±0,68	0,98 ±0,23	0,65 ±0,15	



w glebie po wegetacji roślin. Ponadto dla ołowiu nie można określić, w której części rośliny metal ten podlega kumulacji z większą intensywnością.

Na podstawie wyników stwierdzono, że nie ma wpływu któregośkolwiek z badanych metali na wydajność procesu fitoremediacji w stosunku do innego z nich. Ten aspekt będzie przedmiotem dalszych badań, gdyż wymaga on znacznie większego zbioru danych.

Obecnie dostępnych jest wiele informacji na temat wykorzystania roślin z rodziny Brassicaceae do bioakumulacji metali ciężkich z gleby. Rośliny te wykazują dużą tolerancję w stosunku do metali ciężkich obecnych w glebie (szczególnie dla Zn, Cd, Cu) (GISBERT i IN. 2006). Odnotowano także znaczną akumulację dla tych metali. Sukces fitoremediacji zależy nie tylko od rodzaju rośliny wykorzystanej do procesu fitoremediacji, ale także od wielu czynników środowiskowych (GARBUSI i ALKORTA 2001). Można jednak określić pewną prawidłowość dla wszystkich tych zależności. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań i według opinii MARCHIOLA i IN. (2004), intensywność procesu kumulacji metali ciężkich w pędach roślin rodziny Brassicaceae kształtuje się następująco: $Zn > Cu > Cd > Pb$. Duża intensywność kumulacji cynku i miedzi jest zrozumiała, gdyż są to pierwiastki pełniące rolę fizjologiczną dla roślin (JADIA i FULEKAR 2009). Zainteresowanie wzbudza różnica między intensywnością procesu kumulacji kadmu i ołowiu. Mimo że są to pierwiastki toksyczne dla roślin, różnica w ich kumulacji jest znacząca. Według RASKINA (1997) niewielka biodostępność ołowiu jest spowodowana faktem, że w normalnym zakresie pH gleby ołów występuje w formie nierozpuszczalnej, a przez to niedostępnej dla roślin.

Podsumowując prezentowane wyniki, kapusta biała – najpopularniejszy uprawny przedstawiciel roślin kapustowatych – ma zdolność do kumulacji wybranych metali ciężkich, takich jak Zn, Cu, Cd i Pb, a zatem może być wykorzystana do ich fitoekstrakcji z gleby. Dalsze badania planowane w ramach projektu Agrobiokap mają na celu potwierdzenie tych właściwości. Dodatkowo planowane jest określenie wpływu różnych odmian kapusty białej uprawianej w tych samych warunkach na wydajność fitoremediacji oraz porównanie tej samej odmiany kapusty pochodzącej z różnych upraw pod kątem fitoekstrakcji metali ciężkich z gleby.

Wnioski

1. Kapusta biała odmiany ‘Kamienna Głowa’ ma zdolność do kumulacji badanych metali (Zn, Cd, Cu, Pb), może zatem być wykorzystana do ich fitoekstrakcji z gleby.

2. Stężenie metali ciężkich w górnych częściach pędów kapusty białej jest związane z zawartością tych metali w glebie.

3. Cynk i miedź kumulują się głównie w liściach, kadm w głębach kapusty, a przypadku ołowiu nie można jednoznacznie określić, w której części pędów metal ten kuluje się w przeważającej ilości.

Literatura

- GARBISU C., ALKORTA I., 2001. Phytoextraction: a cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. *Bioresour. Technol.* 77, 3: 229-236.
- GISBERT C., CLEMENTE R., NAVARRO-AVIÑÓ J., BAIXAULIC C., GINÉR A., SERRANO R., WALKER D., PILAR BERNAL M., 2006. Tolerance and accumulation of heavy metals by Brassicaceae species grown in contaminated soils from Mediterranean regions of Spain. *Environ. Exp. Bot.* 56, 1: 19-27.
- GRUCA-KRÓLIKOWSKA S., WACŁAWEK W., 2006. Metale w środowisku, cz. II. Wpływ metali ciężkich na rośliny. *Chem. Dydak. Ekol. Metrol.* 11, 1-2: 41-56.
- JADIA CH., FULEKAR M., 2008. Phytoremediation of heavy metals: recent techniques. *Afr. J. Biotechnol.* 8, 6: 921-928.
- JORGE L., JOSE R., 2005. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. *Coordin. Chem. Rev.* 249, 17-18: 1797-1810.
- MALESZY S., 2009. Biotechnologia roślin. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- MARCHIOL L., ASSOLARI P., SACCO P., ZERBI G., 2004. Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanus sativus*) grown on multicontaminated soil. *Environ. Pollut.* 132, 1: 21-27.
- MULLIGAN C., YONG R., GIBBS B., 2001. Remediation technologies for metal contaminated soils and groundwater an evaluation. *Eng. Geol.* 60, 1-4: 193-207.
- NEWMAN L., REYNOLDS C.H., 2004. Phytodegradation of organic compounds. *Curr. Opin. Biotechnol.* 15, 3: 225-230.
- PIEKARSKA A., BARTOSZEK A., NAMIEŚNIK J., 2010. Biofumigacja jako alternatywna, przyjazna środowisku technologia ochrony roślin uprawnych. *Ekonatura* 79, 6: 11-13.
- RASKIN I., SMITH D., SALT D., 1997. Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. *Curr. Opin. Biotechnol.* 8, 2: 221-226.
- SALT D., SMITH R., RASKIN I., 1988. Phytoremediation. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 49, 1: 643-68.

USE OF WHITE CABBAGE (*BRASSICA OLERACEA* VAR. *CAPITATA*) TO PHYTOEXTRACTION OF HEAVY METALS (Zn, Cd, Cu, Pb) FROM SOIL

Summary. The species belonging to the family Brassicaceae are considered to be useful for phytoremediation of heavy metals from soils. The studies reveal the usefulness of white cabbage for soil purification of the from Zn, Cd, Cu, and Pb by phytoextraction. The selected metals were determined in soil as well as leaves and stems of cabbage grown in this soil, taken from pot (Krakow) and field experiments (Czapielsk). Metals were determined using AAS (atomic absorption spectrometry) techniques such as: flame AAS (Zn, Cd), electrothermal AAS (Cd, Cu, Pb). The obtained results confirm the possibility of using white cabbage in phytoextraction of heavy metals from soil.

Key words: white cabbage, phytoextraction, heavy metals



Szczygłowska M., Konieczka P., Namieśnik J., Bączek-Kwinta R., Antonkiewicz J., 2011. Wykorzystanie kapusty białej (*Brassica oleracea* var. *capitata*) do fitoekstrakcji metali ciężkich (Zn, Cd, Cu, Pb) z gleby. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 6, #126.

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Marzena Szczygłowska, Katedra Chemii Analitycznej, Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Poland, e-mail: marzena.sowinska@wp.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

26.09.2011

Do cytowania – For citation:

*Szczygłowska M., Konieczka P., Namieśnik J., Bączek-Kwinta R., Antonkiewicz J., 2011. Wykorzystanie kapusty białej (*Brassica oleracea* var. *capitata*) do fitoekstrakcji metali ciężkich (Zn, Cd, Cu, Pb) z gleby. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 6, #126.*