

*Danuta Wiechula, Małgorzata Doczekalska, Agata Pis*

## OCENA FITOKUMULACJI OŁOWIU I CYNKU W ROŚLINACH LECZNICZYCH Z TERENÓW POZYSKIWANIA SUROWCÓW ZIELARSKICH W WOJEWÓDZTWIE DOLNOŚLĄSKIM\*

Katedra i Zakład Toksykologii Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach  
Kierownik: dr hab. *D. Wiechula*

*Zawartość ołowiu i cynku oznaczono w roślinach leczniczych pochodzących z plantacji upraw na potrzeby przemysłu zielarskiego na terenie woj. dolnośląskiego. Przeprowadzone badania wykazały zróżnicowanie zawartości metali w poszczególnych roślinach związane z ich różnymi właściwościami kumulacyjnymi w odniesieniu do ołowiu i cynku.*

Hasła kluczowe: ołów, cynk, rośliny lecznicze, fitokumulacja.

Key words: lead, zinc, medicinal plants, phytoaccumulation.

Fitoterapia jest coraz częściej wykorzystywana w lecznictwie, a rośliny lecznicze mogą być stosowane w leczeniu wielu schorzeń jako leki główne i pomocnicze. Zaletą leków roślinnych jest to, że zawierają one wiele witamin, olejków eterycznych i mikroelementów (Cu, Zn, Fe, Cr, Mn) w formie łatwo przyswajalnej przez organizm. Według badań, rośliny lecznicze mogą nie tylko zapobiegać chorobom, ale także skutecznie je leczyć, jeśli będą stosowane w sposób właściwy i dostatecznie wcześnie. Ważne jest również, by metale i inne zanieczyszczenia występowały w nich w znikomych ilościach (1, 2, 3). Odpowiednia zawartość mikroelementów w roślinie jest niezbędna do jej prawidłowego wzrostu, właściwego funkcjonowania oraz osiągnięcia pełnych właściwości konsumpcyjnych. Jednym z mikroelementów jest cynk, który będąc składnikiem wielu enzymów odpowiada za tworzenie wiązań chelatowych pomiędzy enzymem, a substratem oraz ma udział w produkcji węglowodanów, białek i fosforanów. Zarówno niedobór, jak i nadmiar tego pierwiastka może negatywnie wpłynąć na rośliny (4). Prawidłowa zawartość cynku ma także znaczenie dla właściwego funkcjonowania organizmu ludzkiego (5).

Rośliny lecznicze, a także produkty pochodzenia roślinnego, poza substancjami biologicznie czynnymi zawierają także zanieczyszczenia, jak np.: pestycydy, metale ciężkie czy pozostałości nawozów sztucznych. Spożywanie roślin zanieczyszczonych metalami ciężkimi może powodować nagromadzenie metali w organizmie i prowadzić do wielu zaburzeń (1, 3, 6, 7, 8). Pierwiastkiem o wysokim współczynniku kumulacji w organizmie człowieka jest ołów. Metal ten szybko ulega absorpcji z przewodu pokarmowego oraz łatwo przenika przez łożysko i barierę krew-mózg, a także uszkadza ośrodkowy i obwodowy układ nerwowy (7, 8, 9).

---

\* Praca finansowana z umowy KNW-1-040/P/2/0.

Źródłem pierwiastków oraz substancji toksycznych w roślinach leczniczych jest gleba. Na ilość fitodostępnych metali ciężkich w glebie mają wpływ: rodzaj gleby, zawartość substancji organicznej oraz odczyn (2). Znajdujące się w glebie metale ciężkie nie ulegają wypłukiwaniu i oddziałują na rośliny w sposób długotrwały (10).

Celem przeprowadzonych badań była ocena zawartości cynku i ołowiu w roślinach leczniczych pozyskiwanych z terenu upraw ziół na potrzeby przemysłu zielarskiego oraz porównanie właściwości kumulacyjnych poszczególnych gatunków roślin w odniesieniu do tych metali.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły próbki roślin leczniczych oraz gleby pochodzące z terenu plantacji w woj. dolnośląskim (Stanowice, Pasieczna, Tynec Legnicki), na których uprawiane są zioła na potrzeby Herbapolu. Do badań przeznaczono po 15 próbek roślin następujących gatunków: arcydzięgiel litwor (*Angelica archangelica* L.), nagietek lekarski (*Calendula officinalis* L.), rumianek pospolity (*Matricaria recutita* L.), karczoch zwyczajny (*Cynara scolymus* L.), kozłek lekarski (*Valeriana officinalis* L.) i tarczycza bajkalska (*Scutellaria baikalensis* L.).

Wysuszone w przystosowanych do tego suszarniach próbki roślin zostały przewiezione do laboratorium Katedry i Zakładu Toksykologii, a następnie rozdrobnione i umieszczone w szczelnie zamkniętych woreczkach. Próbki surowca roślinnego o masie 2–3 g spalano w temp. 450°C (11). Pozostałość po spaleniu rozpuszczano w 2 cm<sup>3</sup> HNO<sub>3</sub>, a następnie przenoszono ilościowo do kolb poj. 25 cm<sup>3</sup> i uzupełniono wodą dejonizowaną do kreski.

Próbki gleby zebrane z miejsc poboru roślin suszono do stałej masy w temperaturze pokojowej i rozdrabniano. 5 g wysuszonej próbki gleby odważano do kolb stożkowych poj. 200 cm<sup>3</sup> i ekstrahowano 10% roztworem kwasu HNO<sub>3</sub>. Następnie zawartość kolb sączono przez sączki ilościowe do kolby miarowej poj. 50 cm<sup>3</sup> i uzupełniono wodą dejonizowaną do kreski. W czasie ekstrahowania gleby 10% roztworem kwasu azotowego do roztworu przechodzą te pierwiastki, które są dostępne dla roślin (11).

W celu uniknięcia kontaminacji próbek wszystkie stosowane na poszczególnych etapach analizy odczynniki były analitycznej czystości (POCh). Woda dejonizowana została przygotowana w systemie oczyszczania wody Elix 10 (Millipore).

Zawartość ołowiu i cynku w próbkach roślin i gleby oznaczano metodą płomieniową i bezpłomieniową AAS z wykorzystaniem aparatu AAS-3 produkcji Carl Zeiss Jena. Długość fali dla Pb – 283,3 nm, a dla Zn – 213,9.

Równoległe przeprowadzano analizę materiału referencyjnego INCT-MPH-2 (Mieszanka ziół polskich) przygotowanego przez Zakład Chemii Analitycznej Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie. Otrzymane z sześciu powtórzeń wyniki były następujące: Zn 32,2±0,6 µg/g (wartość certyfikowana 33,5±2,1 µg/g), RSD = 2,2%, odzysk w granicach 93,9–97,6%, Pb 2,31±0,38 µg/g (wartość certyfikowana 2,16±0,23 µg/g), RSD = 16,5%, odzysk w granicach 98,1–129,6%.

Do obliczeń statystycznych użyto programu Microsoft Excel 2007 i Statistica 9. Dla uzyskanych danych obliczono średnią arytmetyczną, medianę, odchylenie stan-

ardowe oraz wartości maksymalne i minimalne. Ze względu na niewielką liczebność grup do analizy istotności różnic pomiędzy grupami użyto testu nieparametrycznego ANOVA rang *Kruskala-Wallisa*.

Stopień kumulacji cynku i ołowiu w badanych gatunkach określono za pomocą współczynnika fitokumulacji (*WF*):

$$WF = \frac{c_r}{c_g}$$

$c_r$  – zawartość pierwiastka w roślinie,

$c_g$  – zawartość pierwiastka w glebie.

Interpretacja współczynnika fitokumulacji jest następująca:

wartość *WF* – wielkość kumulacji;

$WF < 0,01$  – kumulacja nie występuje (stopień 1);

$WF < 0,1$  – słaby stopień kumulacji (stopień 2);

$WF - 1$  – średni stopień kumulacji (stopień 3);

$WF > 1$  – intensywny stopień kumulacji (stopień 4) (12).

Współczynnik specyficznej kumulacji (*CSRA* – *Coefficient of Specific Relative Accumulation*) obliczono ze wzoru (13):

$$CSRA = \frac{c_r}{c}$$

$c_r$  – średnia ilość pierwiastka w badanej roślinie,

$c$  – średnia ilość pierwiastka we wszystkich roślinach rosnących na danym terenie.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W tab. I przedstawiono zawartość cynku i ołowiu w badanych gatunkach roślin leczniczych.

Średnia zawartość cynku dla wszystkich roślin wynosiła 32,63 µg/g s.m. Ze wszystkich gatunków roślin największa ilość cynku występowała w koszyczku rumianku (śr. 44,60 µg/g s.m.), a najmniejsza – w korzeniu tarczycy bajkalskiej (śr. 20,76 µg/g s.m.). Różnice w zawartości cynku w poszczególnych gatunkach roślin były istotne statystycznie (test *Kruskala-Wallisa*,  $p = 0,00$ ). Otrzymane zawartości były podobne do zawartości cynku oznaczonej w roślinach leczniczych przez *Ulewicz-Magulską* i współpr. (1), wynoszącej 44,82 µg/g s.m.

Największa zawartość ołowiu występowała w korzeniu arcydzięgla i wynosiła od 4,04 do 7,90 µg/g s.m., średnio 6,00 µg/g s.m.. Najmniejsza ilość ołowiu występowała w korzeniu kozłka lekarskiego i średnio wynosiła 3,53 µg/g s.m. Różnice w zawartości ołowiu w analizowanych gatunkach roślin były istotne statystycznie (test *Kruskala-Wallisa*,  $p = 0,00$ ). W roślinach rosnących na terenach tzw. „czystych” zawartość ołowiu nie przekracza 3 µg/g s.m. (2). Wartości oznaczone w naszych badaniach były nieznacznie większe. Wyjątek stanowił arcydzięgiel litwor, w którym oznaczono dwukrotnie większą zawartość ołowiu. Według WHO dopuszczalna

zawartość ołowiu w roślinach leczniczych wynosi 10  $\mu\text{g/g}$  s.m. (14). W badanych roślinach zawartość ołowiu była mniejsza, co oznacza, że mogą być wykorzystane do produkcji leku roślinnego (15, 16).

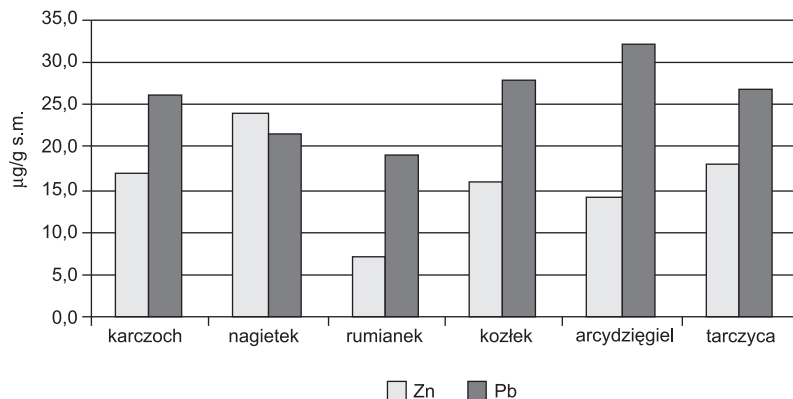
Table 1. Zawartość cynku i ołowiu w wybranych gatunkach roślin leczniczych zebranych na terenie plantacji Herbapolu w woj. dolnośląskim ( $\mu\text{g/g}$  s.m.), n = 15

Table 1. Lead and zinc concentration in medicinal plants from Herbapol cultivation areas in Lower Silesia, ( $\mu\text{g/g}$  d.m.), n = 15

Rodzaj rośliny	Średnia arytmetyczna	SD	Mediana	Minimum	Maksimum
Zn					
Karczoch	25,66	5,52	26,35	11,93	32,39
Nagietek	35,93	3,07	36,41	27,34	39,63
Rumianek	44,60	2,05	44,38	42,00	50,74
Kozłek	33,88	1,04	34,13	31,61	35,47
Arcydzięgiel	36,01	2,78	36,62	26,41	38,49
Tarczycza	20,76	0,91	20,67	19,07	22,68
Pb					
Karczoch	5,13	1,27	5,62	2,36	6,80
Nagietek	4,15	0,62	4,15	3,14	5,50
Rumianek	4,29	0,96	4,19	2,69	5,95
Kozłek	3,53	2,02	3,25	1,60	9,11
Arcydzięgiel	6,00	1,07	6,01	4,04	7,90
Tarczycza	4,51	1,01	4,22	3,16	6,68

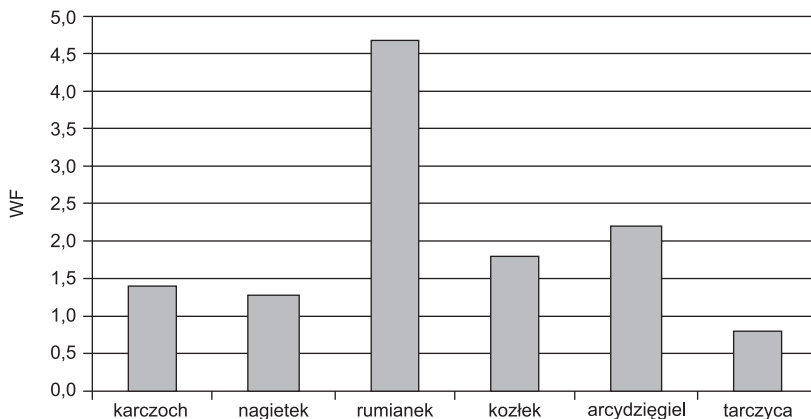
Zawartość frakcji biodostępnej cynku i ołowiu w glebie przedstawiono na ryc. 1. Największą ilość cynku stwierdzono w glebie z miejsc zbioru nagietka (Stanowice, Pasiczna) – 24,91  $\mu\text{g/g}$  s.m. Najmniejsza ilość biodostępnego cynku występowała w glebie z miejsc zbioru koszyczka rumianku – 9,18  $\mu\text{g/g}$  s.m. Na pozostałych stanowiskach zbioru ziół zawartość cynku była podobna – rzędu 15  $\mu\text{g/g}$  s.m. Również w badaniach prowadzonych przez Razića i współpr. (17) w glebie z miejsc zbioru roślin leczniczych z rodziny *Asteraceae* stwierdzono względnie wysokie stężenie biodostępnego cynku, co zdaniem autorów wskazuje na jego antropogeniczne pochodzenie (pestycydy i nawozy).

Zawartość biodostępnego ołowiu w glebie z miejsc poboru roślin mieściła się w zakresie od 18,38 do 35,37  $\mu\text{g/g}$  s.m. i była wysoka w porównaniu z całkowitą zawartością ołowiu w glebach Polski, którą szacuje się na 25  $\mu\text{g/g}$  s.m. (2). Podobnie, jak w przypadku cynku, największą ilość ołowiu w glebie stwierdzono w Pasicznej, w miejscu upraw kozłka oraz arcydzięgla – 30  $\mu\text{g/g}$  s.m. Najmniejsza zawartość ołowiu charakteryzowała stanowisko zbioru rumianku – 20,50  $\mu\text{g/g}$  s.m. Średnia zawartość ołowiu w glebie ze stanowiska zbioru nagietka wynosiła 23,50  $\mu\text{g/g}$  s.m., a ze zbioru karczocha i tarczycy – 27  $\mu\text{g/g}$  s.m.



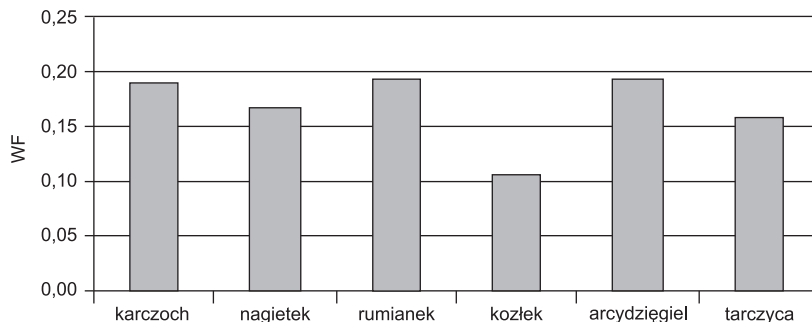
Ryc. 1. Średnia zawartość biodostępnego cynku i ołowiu w glebie ze stanowisk zbioru roślin, ( $\mu\text{g/g s.m.}$ ).  
 Fig. 1. Mean concentration of bioavailable zinc and lead in soil from plant cultivation areas, ( $\mu\text{g/g d.m.}$ ).

Różnica w zawartości pierwiastków w poszczególnych gatunkach roślin pochodzących z tego samego terenu wynika z różnic w zdolności kumulowania metali. Do oceny i porównania właściwości kumulacyjnych poszczególnych roślin wykorzystano współczynnik fitokumulacji i współczynnik specyficznej kumulacji. Zdolność kumulacji cynku i ołowiu w badanych roślinach leczniczych analizowano na podstawie wartości współczynnika fitokumulacji (ryc. 2 i 3).



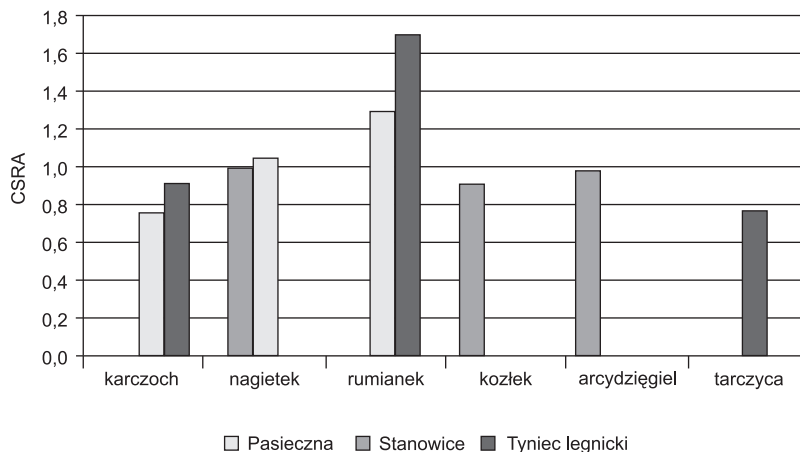
Ryc. 2. Wartość współczynnika fitokumulacji (WF) dla cynku w wybranych roślinach leczniczych.  
 Fig. 2. The value of phytoaccumulation factor (WF) for zinc in medicinal plants.

Wszystkie zebrane gatunki roślin leczniczych intensywnie kumulowały cynk ( $WF > 1$ ). Największą wartość współczynnika kumulacji stwierdzono dla kwiatów rumianku pospolitego ( $WF = 4,85$ ), a najmniejszą dla tarczycy bajkalskiej –  $WF = 1,04$ .



Ryc. 3. Wartość współczynnika fitokumulacji (WF) dla ołowiu w wybranych roślinach leczniczych.  
Fig. 3. The value of phytoaccumulation factor (WF) for lead in medicinal plants.

Porównanie właściwości kumulacyjnych poszczególnych gatunków roślin w odniesieniu do cynku przedstawiono za pomocą współczynnika specyficznej kumulacji (CSRA) (ryc. 4). Największą wartość tego współczynnika stwierdzono dla kwiatów rumianku pospolitego (1,73 – Tynec Legnicki, 1,34 – Stanowice) i nagietka (1,09 – Stanowice). Najmniejsza wartość tego współczynnika występowała dla karczocha zwyczajnego (0,80 – Pasieczna). Zauważalna była mniejsza wartość współczynnika specyficznej kumulacji cynku dla korzeni i ziela poszczególnych gatunków niż dla kwiatów. Obliczone współczynniki były mniejsze od współczynników obliczonych przez *Kabat-Pendias* i współpr. (13).

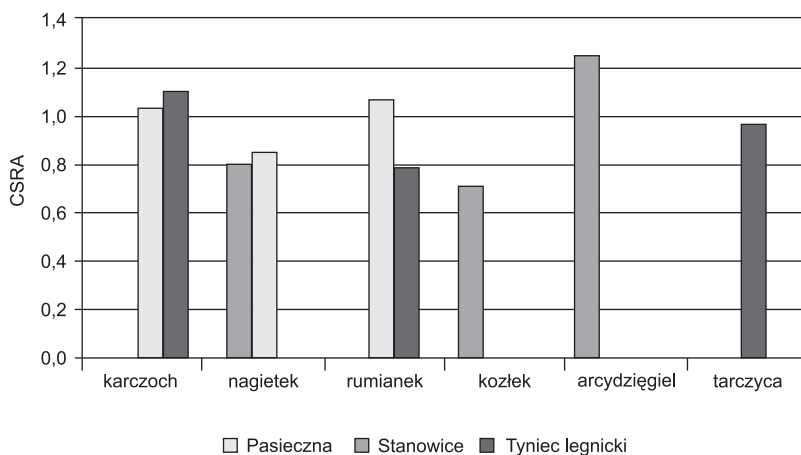


Ryc. 4. Wartość współczynnika specyficznej kumulacji (CSRA) dla cynku w poszczególnych gatunków roślin leczniczych.

Fig. 4. The value of CSRA factor for zinc in different species medicinal plants.

Badane gatunki roślin odznaczały się średnią zdolnością kumulacji ołowiu. Najwięcej ołowiu kumulował korzeń arcydzięgla ( $WF = 0,20$ ), a najmniej – korzeń kozłka lekarskiego ( $WF = 0,11$ ). Pozostałe rośliny kumulowały ołów na porówny-

walnym poziomie. Największą wartość współczynnika specyficznej kumulacji dla ołowiu stwierdzono dla arcydzięgla litwora (1,29 – Pasieczna) oraz dla karczocha zwyczajnego z upraw w Tyńcu Legnickim (1,14) i Stanowicach (1,08). Dla nagietka współczynnik ten był prawie identyczny dla upraw w Pasiecznej (0,85) i Stanowicach (0,89). Najmniejszą wartość CSRA dla ołowiu stwierdzono dla kozłka lekarskiego ze Stanowic (0,76), co wskazuje, że gatunek ten ma mniejszą zdolność kumulowania ołowiu w porównaniu z innymi badanymi gatunków roślin leczniczych (ryc. 5).



Ryc. 5. Wartość współczynnika specyficznej kumulacji (CSRA) dla ołowiu w poszczególnych gatunków roślin leczniczych.

Fig. 5. The value of CSRA factor for lead in different medicinal plants.

Analizując wartości współczynnika fitokumulacji i współczynnika specyficznej kumulacji można stwierdzić, że odwrotnie niż w przypadku cynku, większe wartości współczynników charakteryzują korzenie badanych gatunków w porównaniu z ich częściami nadziemnymi. Może to być związane z występowaniem mechanizmów ograniczających migrację pierwiastków toksycznych, pobieranych z gleby, do nadziemnych części roślin (2). Podobne zjawisko zaobserwował Deng i współpr. (18) badając zawartość ołowiu w roślinach rosnących w okolicy kopalń. Badania te wykazały, że tkanki korzeni kumulowały znacząco większe zawartości metali niż części naziemne, co wskazuje na zdolność rośliny do gromadzenia metali, jak również ograniczoną zdolność ich do przemieszczania się wewnątrz rośliny (18).

Analiza uzyskanych wyników pozwala stwierdzić, że badania zawartości metali ciężkich i pierwiastków śladowych w roślinach mają duże znaczenie dla oceny jakości surowca zielarskiego. Zróznicowanie właściwości kumulacyjnych w odniesieniu do metali może być przyczyną nagromadzenia pierwiastków w niektórych surowcach roślinnych, szczególnie na terenach podlegających wpływom zanieczyszczeń antropogenicznych. Może być to przyczyną osłabienia działania leczniczego roślin i stać się źródłem narażenia człowieka na metale.

## WNIOSKI

1. Badane rośliny lecznicze odznaczały się zróżnicowaną zawartością cynku i ołowiu. Największą ilość cynku zawierał rumianek pospolity, a ołowiu – arcydzięgiel litwor.

2. Zawartość ołowiu w roślinach leczniczych pochodzących z upraw na potrzeby przemysłu zielarskiego na terenie woj. dolnośląskiego była mniejsza od dopuszczalnej zawartości tego pierwiastka w roślinach leczniczych ustalonej przez WHO, co pozwala na wykorzystanie tych ziół do produkcji leku roślinnego.

3. Zastosowane współczynniki fitokumulacji i specyficznej kumulacji dobrze charakteryzują właściwości kumulacyjne roślin w odniesieniu do badanych metali.

D. Wiechula, M. Doczekalska, A. Pis

ASSESSMENT THE PHYTOACCUMULATION OF LEAD AND ZINC IN MEDICINAL PLANTS  
FROM RAW HERBS CULTIVATION AREAS IN LOWER SILESIA

Summary

The study analysed the concentration and phytoaccumulation of lead and zinc in some medicinal plants – Garden Angelica (*Angelica archangelica* L.), pot marigold (*Calendula officinalis* L.), camomile (*Matricaria recutita* L.), artichoke (*Cynara scolymus* L.), valerian (*Valeriana officinalis* L.), and scullcap (*Scutellaria baicalensis* L.) – from the raw herb cultivation areas. Metals concentrations in the plant samples were assayed with AAS after dry digestion. The soil samples were assayed for the bioavailable lead and zinc fraction leached with 10% HNO<sub>3</sub>.

Mean zinc concentration for all of the plants was 32.63 µg/g d.m. and for lead it was only 4.60 µg/g d.m. All of collected medicinal plants vigorously accumulated zinc, while accumulation of lead was much slower. The highest value of phytoaccumulation factor for zinc was noted in *Matricaria recutita* flower and the lowest was in *Scutellaria baicalensis*. *Angelica archangelica* root accumulated the highest amount of lead and the lowest amount of lead was accumulated in *Valeriana officinalis* root.

The analysis of results may suggest that the determinations of heavy metal and trace element concentrations in plants are essential for the assessment of quality of raw herbs. Different values of phytoaccumulation factor of metals may produce high concentrations of some elements in some plants, causing lower healing activity of medicinal plants and resulting in a serious risk to human health.

PIŚMIENNICTWO

1. Ulewicz-Magulska B., Baranowska M., Wesolowski M.: Oszacowanie zawartości miedzi, manganu, cynku i żelaza w ziołach i liściach roślin leczniczych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009; 42(3): 815-82.
2. Kabata-Pendias A., Pendias H.: *Biochemia pierwiastków śladowych*. Warszawa: PWN; 1999.
3. Blicharska E., Kocjan R., Świeboda R.: Oznaczenie żelaza, niklu i ołowiu w niektórych roślinach zielarskich. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2008; 41(2): 105-110.
4. Kozłowska-Strawska J.: Zmiany zawartości cynku w roślinach nawożonych różnymi formami siarki. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 2009; 40: 254-261.
5. Somer E.: *Encyklopedia witamin i składników mineralnych*. Wydawnictwo Amber, Warszawa; 2000; 115-118.
6. Vargas Mamania M.C., Aleixom L.M., Ferreira de Abreu M., Ratha S.: Simultaneous determination of cadmium and lead in medicinal plants by anodic stripping voltammetry. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 2005; 37: 709-713.
7. Orzel D., Styczyńska M., Biernat J.: Ocena zanieczyszczenia metalami ciężkimi produktów roślinnych z terenów uprzemysłowionych Dolnego Śląska. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2010; 43(2): 152-157.
8. Jankowska J., Sosnowski J., Ciepela G.A., Jankowski K.: Zawartość ołowiu w wybranych gatunkach roślin dwuliściennych rosnących na nieużytkach zielonych w pobliżu trasy szybkiego ruchu. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2007; 30: 99-104.



– 9. *Krzywy I., Krzywy E., Pastuszek-Gabinowska M., Brodkiewicz A.*: Ołów – czy jest się czego obawiać? *Roczn. PAM*, 2010; 56 (2): 118-128. – 10. *Petryk A., Bedla D.*: Ocena zawartości Pb, Zn, Cr, Fe w bulwach ziemniaka oraz w glebie na terenie gminy Trzebinia. *Inżynieria Ekologiczna*, 2010; 22: 18-24.

11. *Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z.*: Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Warszawa: Instytut Ochrony Środowiska; 1991: 47-50, 87-88, 113-114. – 12. *Wesołowski M., Radecka I.*: Rośliny lecznicze. Skład pierwiastkowy, źródła składników mineralnych dla roślin, wskaźniki skażenia środowiska metalami ciężkimi. *Farmacja Pol.*, 2003; 59(20): 911-919. – 13. *Kabata-Pendias A., Mukherjee A.B.*: Trace Elements from Soil to Human. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007. – 14. Quality control methods for medicinal plants materials. WHO, Geneva, 1998. – 15. WHO. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants; 33rd Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives; Technical Report series 776. WHO, Geneva; 1989. – 16. *Garcia-Rico L., Leyva-Perez J., Jara-Marini M.E.*: Content and daily intake of copper, zinc, lead, cadmium and mercury from dietary supplements in Mexico. *Food Chem. Toxicol.*, 2007; 45: 1599-1605. – 17. *Razić S., Dogo S., Slavković L.*: Investigation on bioavailability of some essential and toxic elements in medicinal herbs. *J. Nat. Med.*, 2008; 62: 340-344. – 18. *Deng H., Ye Z.H., Wong M.H.*: Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by 12 wetland plant species thriving in metal-contaminated sites in China. *Environ. Pollut.* 134, 2004; 29-40.

Adres: 41-200 Sosnowiec, ul. Jagiellońska 4