

---

ANNALES  
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA  
LUBLIN – POLONIA

VOL. LXI

SECTIO E

2006

---

<sup>1</sup>Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Akademia Rolnicza w Lublinie  
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, Poland

<sup>2</sup>Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Lublinie, ul. Sławinkowska 5, 20-810 Lublin, Poland

Wiesław Bednarek<sup>1</sup>, Przemysław Tkaczyk<sup>2</sup>, Sławomir Dresler<sup>1</sup>

*Zawartość metali ciężkich jako kryterium oceny jakości  
bulw ziemniaka*

---

Heavy metals content as a criterion for assessment of potato tubers

ABSTRACT. The environmental study was aimed at assessment of potato tuber quality based on the content of heavy metals (lead, cadmium, nickel, zinc, copper, arsenic, mercury) and finding a correlation between these heavy metals and some properties of soil and plant. Metals in soil and tubers were determined with ASA method, other soil properties were also determined: granulometric composition with Prószyński aerometric method, pH in 1 mol KCl dm<sup>-3</sup>, humus with Tiurin method, P and K available according to Egner-Riehm, Mg available according to Schachtschabel, S with nephelometric method. The results of the analyses were statistically assessed with analysis of variance, simple classification with the use of Tukey's confidence half-interval, correlation coefficient, multiple correlation coefficient, coefficient of determination and regression equation were computed. The content of these trace elements in potato tubers was not significantly dependent on the region of cultivation. Properties of the soil and the plant did not decide, in most cases, about the contents. The mean content of heavy metals in potato tubers (0.042 mg Pb, 0.042 mg Cd, 0.176 mg Ni, 3.378 mg Zn, 0.793 mg Cu, 0.002 mg As, 0.00012 mg Hg kg<sup>-1</sup> of fresh matter) indicates that it did not exceed the upper threshold typical of products of this type.

KEY WORDS: potato, heavy metals, quality of tuber

Ziemniak jest rośliną uprawianą w Polsce na dużych powierzchniach, a bulwy są pospolitym elementem diety zwierząt i ludzi. Agrotechnika tej rośliny najczęściej jest związana z glebami lekkimi, które w naszym klimacie są zazwyczaj zakwaszone. Kwaśny odczyn gleby sprzyja występowaniu pierwiast-

ków śladowych w formach bardziej ruchliwych oraz stwarza warunki do większego gromadzenia tych pierwiastków w roślinach [Gorlach 1991; Właśniewski 2000, 2003; Lipiński 2001; Kaniuczak 2004]. Metale ciężkie, szczególnie kadm, ołów, arsen i rtęć, które występują w podwyższonej ilości w bulwach, mogą być przyczyną niektórych chorób [Śmigiel 1994; Zalewski i in. 1994]. Systematyczne wapnowanie gleby, regularne stosowanie nawozów naturalnych i organicznych oraz dobór właściwego do potrzeb pokarmowych asortymentu nawozów mineralnych, może w znaczący sposób przyczynić się do ograniczenia pobierania tych metali przez rośliny uprawne [Czuba i Andruszczak 1978; Boligłowa 1995, 1996; Prośba-Białczyk i Mydlarski 2000 a,b; Szteke i Boguszewska 2000; Właśniewski 2000; Błaziak i Wiater 2002; Kaniuczak 2004]. Warto też wspomnieć, że gleby Polski charakteryzuje w zdecydowanej większości naturalna zawartość metali ciężkich [Kabata-Pendias i in. 1993; Lipiński 2001; Właśniewski 2003].

Celem badań była ocena jakości bulw ziemniaka na podstawie zawartości metali ciężkich (Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As, Hg) oraz określenie zależności ilości tych metali od niektórych właściwości gleby i rośliny.

#### METODY

Do analiz chemicznych pobrano próby gleby oraz bulwy z kilku rejonów uprawy ziemniaka na Lubelszczyźnie (okolice Białej Podlaskiej, Radzyna Podlaskiego, Międzyrzecza Podlaskiego, Parczewa, Włodawy, Janowa Lubelskiego i Biłgoraja). Roślinę tę uprawiano przede wszystkim na glebach bielicoziemnych, które były lekko kwaśne lub kwaśne (1 rejon), średnio, wysoko lub bardzo wysoko zaopatrzone w fosfor, średnio lub wysoko w potas i nisko lub średnio w przyswajalny magnez oraz zawierały 1,7–2,0 % próchnicy. Zawartość metali ciężkich w warstwie ornej (0–20 cm) tych gleb była bardzo niska, naturalna według klasyfikacji IUNG [Kabata-Pendias i in. 1993]. Jeżeli wielkość plantacji wahała się w granicach 1–5 ha, próby bulw pobierano z 10, a jeżeli 5–10 ha – z 15 punktów. W każdym punkcie spod pięciu wybranych losowo roślin pobrano próbę, której masa wynosiła około 5 kg. Materiał roślinny odmian wczesnych pobierano w lipcu, późnych – we wrześniu i oznaczano w nim ogólne zawartości Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As i Hg metodą ASA oraz S metodą nefelometryczną. W próbach glebowych pobranych z warstwy ornej (0–20 cm) oznaczano: skład granulometryczny metodą areometryczną Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, pH w 1 mol KCl dm<sup>-3</sup>, C org. metodą Tiurina, przyswajalny fosfor i potas metodą Egnera-Riehma, przyswajalny Mg metodą Schachtschabela, siarkę, metodą nefelometryczną, Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As, Hg metodą ASA. Analizy chemiczne wykonane zostały w akredytowanym laboratorium Okręgowej Stacji

Chemiczno-Rolniczej w Lublinie i ocenione statystycznie (analiza wariancji, klasyfikacja pojedyncza z zastosowaniem półprzedziałów ufności Tukeya [ $p=0,05$ ], współczynniki korelacji, korelacji wielokrotnej, determinacji, równania regresji wielokrotnej) z wykorzystaniem pakietów Statistica, ver. 6 i Statgraphics Plus 5.0. Zmiennymi niezależnymi były w roślinie:  $x_1$  – Pb,  $x_2$  – Cd,  $x_3$  – Ni,  $x_4$  – Zn,  $x_5$  – Cu,  $x_6$  – As,  $x_7$  – Hg,  $x_8$  – S; w glebie:  $x_9$  – frakcja piasku,  $x_{10}$  – frakcja pyłu,  $x_{11}$  – frakcja 0,02–0,002 mm,  $x_{12}$  – frakcja < 0,002 mm,  $x_{13}$  –  $pH_{KCl}$ ,  $x_{14}$  – próchnica,  $x_{15}$  – P przyswajalny,  $x_{16}$  – K przyswajalny,  $x_{17}$  – Mg przyswajalny,  $x_{18}$  – S –  $SO_4$ ,  $x_{19}$  – Pb,  $x_{20}$  – Cd,  $x_{21}$  – Ni,  $x_{22}$  – Zn,  $x_{23}$  – Cu,  $x_{24}$  – As,  $x_{25}$  – Hg. Zmiennymi zależnymi była zawartość ołowiu, kadmu, niklu, cynku, miedzi, arsenu i rtęci w bulwach ziemniaka. W tabelach 2 i 4 przedstawiono tylko istotne wartości współczynników korelacji ( $p=0,05$ ), a na rycinach 1–5 zakres wahań zawartości poszczególnych metali w bulwach.

#### WYNIKI

Zawartość metali ciężkich (ołowiu, kadmu, niklu, cynku, miedzi, arsenu i rtęci) w bulwach ziemniaka nie zależała istotnie od rejonu uprawy tej rośliny (tab. 1, ryc. 1–5). Nieudowodniony statystycznie wpływ gleby mógł wynikać z jej lekko kwaśnego odczynu, który nie sprzyjał występowaniu ocenianych pierwiastków w formach ruchliwych i zwiększonemu ich gromadzeniu w bulwach. Należy też zwrócić uwagę na to, że cechowały się one bardzo niską, naturalną, zasobnością w metale ciężkie, a więc nie stwarzały warunków do potencjalnie większego ich pobierania przez ziemniak. Dodatkowo poziom innych cech gleby, oznaczanych (zawartość próchnicy, iłu koloidalnego, przyswajalnego P i K) i nieoznaczanych, mógł zapewne spowodować, że ruchliwość tych pierwiastków w roztworze glebowym i ich dostępność dla roślin była bardzo niewielka.

Zależność zawartości metali w bulwach od niektórych właściwości gleby w większości przypadków miała charakter zdarzeń losowych (tab. 2). Najczęściej uzależniona była od zawartości rtęci i cynku (korelacja ujemna) oraz niklu (dodatnia). Jednak wielkość współczynników, aczkolwiek udowodniona statystycznie, mieściła się na stosunkowo niskim poziomie.

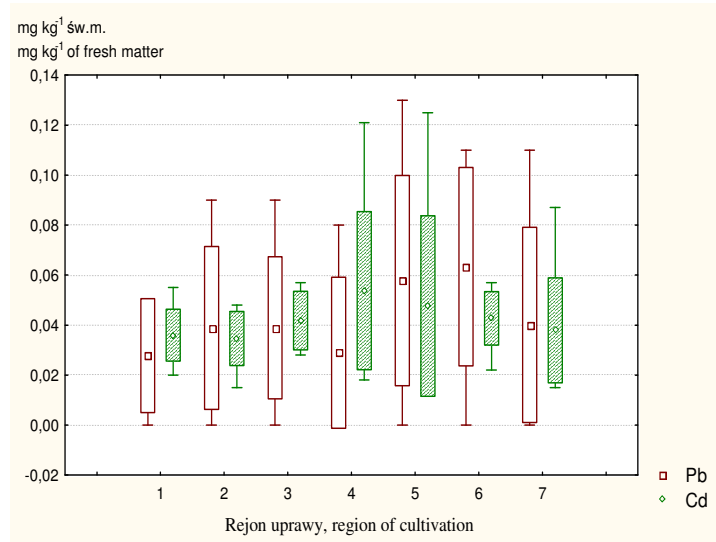
Charakter tych powiązań zdają się potwierdzać również wyliczone współczynniki korelacji wielokrotnej, determinacji i równania regresji wielokrotnej (tab. 3). Wynika z nich, że najbardziej od zespołu niektórych cech glebowych (skład granulometryczny, zawartość próchnicy,  $pH_{KCl}$ ) uzależniona była zawartość w bulwach rtęci, niklu i arsenu, najmniej – ołowiu i cynku. Lipiński [2001] zwracał uwagę na to, że zwiększenie ilości części spławialnych w glebie przy-

czyniło się do ograniczenia zawartości cynku, kadmu i ołowiu w bulwach ziemniaka. Przyrost pH, a także stopnia wysycenia gleby kationami zasadowymi [Właśniewski 2003], powodował dodatkowo zmniejszenie zawartości niklu i miedzi oraz kadmu [Właśniewski 2000; Kaniuczak 2004], a przyrost ilości próchnicy – cynku. Wysoka zawartość przyswajalnego fosforu ograniczała w tej części rośliny głównie koncentrację Cd, Pb i Ni, potasu – dodatkowo Zn oraz magnezu – przede wszystkim Cd, Pb i Zn. Na zróżnicowanie regionalne zawartości miedzi w bulwach zwracała również uwagę Mikos-Bielak i in. [1996]. Natomiast zawartość cynku w tej części rośliny nie zależała od tego czynnika.

Tabela 1. Zawartość metali ciężkich w bulwach ziemniaka  
Table 1. Content of heavy metals in potato tuber

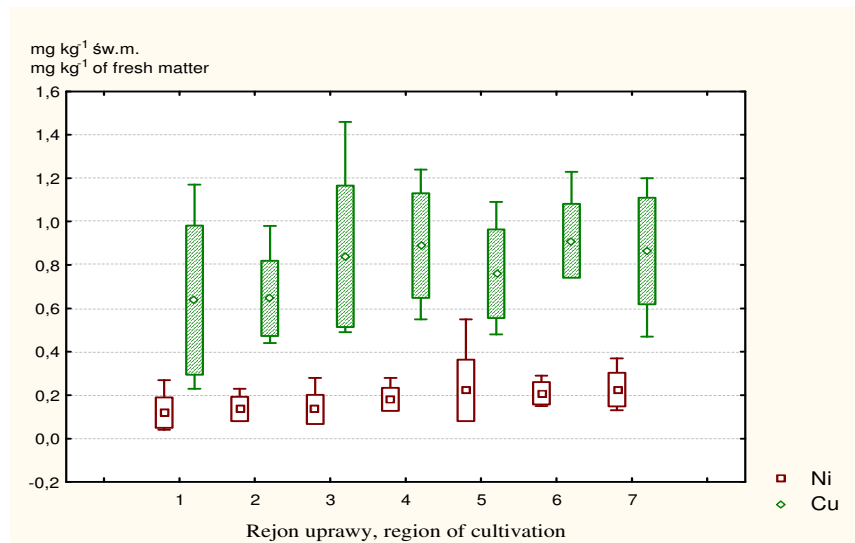
Rejon uprawy Region of cultivation	Pierwiastki Elements						
	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	As	Hg
	mg kg <sup>-1</sup> świeżej masy, mg kg <sup>-1</sup> of fresh matter						
1	0,028	0,036	0,120	3,378	0,638	0,0011	0,00013
2	0,039	0,035	0,137	3,114	0,646	0,0026	0,00011
3	0,039	0,042	0,134	3,421	0,840	0,0026	0,00013
4	0,029	0,054	0,181	3,167	0,890	0,0019	0,00011
5	0,058	0,047	0,222	3,914	0,760	0,0018	0,00014
6	0,063	0,042	0,209	3,354	0,912	0,0020	0,00011
7	0,040	0,038	0,226	3,294	0,864	0,0020	0,00011
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	0,049	0,031	0,115	1,359	0,363	0,0024	0,00009

Zawartość poszczególnych pierwiastków w bulwach wskazywała na luźny i przypadkowy charakter wzajemnych powiązań (tab. 4), natomiast rozpatrywana łącznie, mówiła o relatywnie wysokim stopniu współzależności, szczególnie miedzi, niklu, cynku, ołowiu i kadmu (tab. 5). Mikos-Bielak i Sawicka [1992] stwierdziły znaczne zróżnicowanie zawartości, m.in. cynku w bulwach, w zależności od długości okresu wegetacji, ale i od właściwości odmian o podobnym okresie rozwoju. Natomiast jego zawartość była podobna, niezależnie z której plantacji regionu środkowo-wschodniego pochodziły bulwy [Mikos-Bielak i in. 1996]. Miedź natomiast występowała na niższym poziomie w bulwach zebranych z okolic Białej Podlaskiej niż Lublina i Zamościa [Mikos-Bielak i in. 1996]. Śmigiel [1994] oraz Prośba-Białczyk i Mydlarski [2000 a,b] również zwracali uwagę na to, że w kształtowaniu zawartości metali w bulwach ziemniaka dużą rolę, obok czynników środowiskowych i agrotechnicznych, odgrywała odmiana.



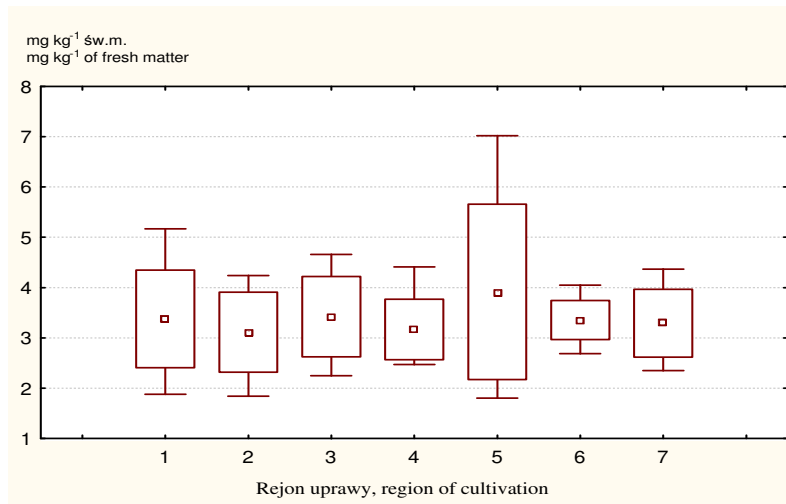
□ średnia average □ ±odch. std ± standard deviation ⊥ ⊤ min.-maks. min.-max.

Rycina 1. Zawartość ołowiu i kadmu w bulwach ziemniaka  
Figure 1. Content of lead and cadmium in potato tuber



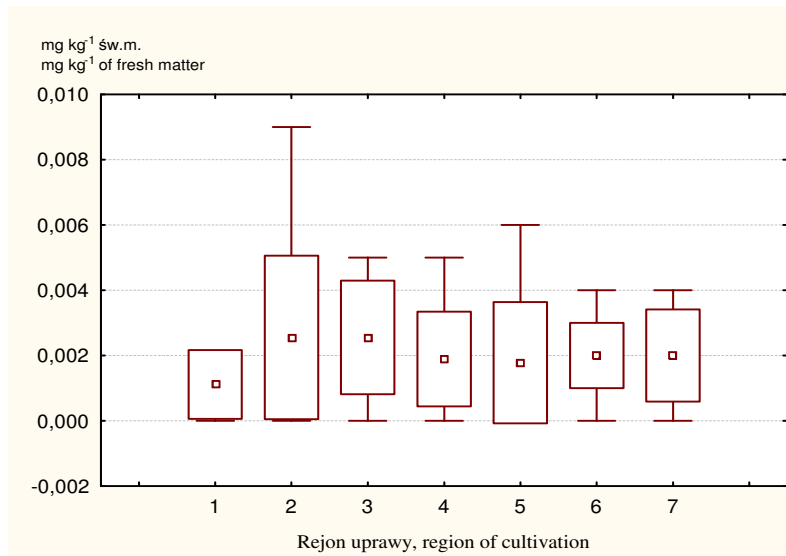
□ średnia average □ ±odch. std ± standard deviation ⊥ ⊤ min.-maks. min.-max.

Rycina 2. Zawartość niklu i miedzi w bulwach ziemniaka  
Figure 2. Content of nickel and copper in potato tuber



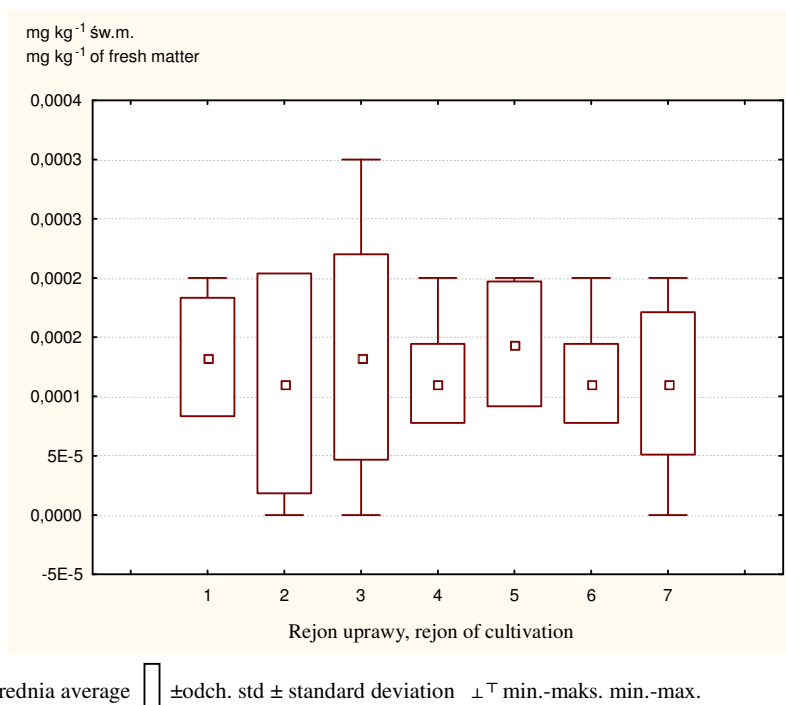
□ średnia average    ▭ ±odch. std ± standard deviation    ⊥ min.-maks. min.-max.

Rycina 3. Zawartość cynku w bulwach ziemniaka  
Figure 3. Content of zinc in potato tuber



□ średnia average    ▭ ±odch. std ± standard deviation    ⊥ min.-maks. min.-max.

Rycina 4. Zawartość arsenu w bulwach ziemniaka  
Figure 4. Content of arsenic in potato tuber



Rycina 5. Zawartość rtęci w bulwach ziemniaka  
Figure 5. Content of mercury in potato tuber

Wyliczone równania regresji wielokrotnej (tab. 3 i tab. 5) pozwalają prognozować kierunki zmian zawartości wybranych metali w bulwach pod wpływem właściwości gleby lub rośliny, szczególnie z wyborem zespołu zmiennych niezależnych, mających największy wpływ na występowanie tych pierwiastków (w glebie – skład granulometryczny, zawartość próchnicy i  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ; w roślinie – głównie zawartość miedzi i niklu oraz cynku, ołowiu, arsenu i rtęci).

Przeciętna zawartość metali ciężkich w bulwach ziemniaka (0,042 mg Pb, 0,042 mg Cd, 0,176 mg Ni, 3,378 mg Zn, 0,793 mg Cu, 0,002 mg As, 0,00012 mg Hg kg<sup>-1</sup> św.m.) świadczy o tym, że nie została przekroczona dopuszczalna granica przewidziana dla tego typu produktu, jednak stwierdzono, że w pięciu i dwudziestu dwóch próbkach bulw został przekroczony górny pułap zawartości: kolejno ołowiu (0,1 mg kg<sup>-1</sup> św.m.) i kadmu (0,05 mg kg<sup>-1</sup> św. m.) [Czuba i Andruszczak 1978; Górlach 1991; Mikos-Bielak i Sawicka 1992; Kabata-Pendias i in. 1993; Krauze i Zawadzki 1993; Zalewski i in. 1994; Boligłowa 1995, 1996; Kucharzewski i Dębowski 1996; Mikos-Bielak i in. 1996; Nowak i Kucharzewski 2000;

Tabela 2. Zależność zawartości metali ciężkich w bulwach ziemniaka od niektórych właściwości gleby (współczynniki korelacji) (n=84)

Table 2. Dependence of content of heavy metals in potato tuber on soil properties (correlation coefficient) (n = 84)

Zmienna Variable	Pierwiastki Elements						
	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	As	Hg
1-0,1mm					-0,261		
0,1-0,02mm		-0,265					
0,02-0,002mm			0,261		0,362		-0,270
<0,002mm				-0,283			-0,364
pH <sub>KCl</sub>							
Próchnica, humus							
P przysw., avail.P							-0,429
K przysw., avail.K							
Mg przysw., avail.Mg							
S-SO <sub>4</sub>							
Pb			0,387		0,399		
Cd			0,308	-0,270			
Ni				-0,274			-0,385
Zn							-0,462
Cu							-0,390
As							
Hg							

Tabela 3. Statystyczna charakterystyka wpływu niektórych właściwości gleby na zawartość metali ciężkich w bulwach ziemniaka

Table 3. Statistical description of the effect of soil properties on the contents of heavy metals in potato tuber

Bulwa Tuber	R	R <sup>2</sup> 100	Poziom istotności Significance level	Równanie regresji wielokrotnej Multiple regression equation
Pb	0,184	3,4	0,148	$Y=0,071-0,005_{x10}$
Cd	0,445	19,8	0,004	$Y=0,046+0,013_{x11}-0,0008_{x19}-0,004_{x15}$
Ni	0,593	35,1	0,0008	$Y=0,07+0,01_{x16}-0,0007_{x12}+0,43_{x17}+0,008_{x14}-0,001_{x13}-0,02_{x10}-0,0035_{x9}$
Zn	0,346	12,0	0,022	$Y=4,13-0,07_{x9}-2,59_{x17}$
Cu	0,442	19,5	0,005	$Y=0,44+0,03_{x16}-0,006_{x20}+0,53_{x17}$
As	0,540	29,2	0,006	$Y=0,0005-0,0001_{x9}+0,0005_{x10}+0,02_{x22}-0,00003_{x13}+0,0002_{x14}-0,00004_{x19}-0,0003_{x21}$
Hg	0,622	38,7	0,00008	$Y=0,0001-0,000002_{x19}-0,000001_{x20}+0,000003_{x14}-0,000001_{x12}-0,000005_{x9}+0,000008_{x10}$

R – współczynnik korelacji wielokrotnej multiple correlation coefficient , R<sup>2</sup>100 – współczynnik determinacji determination coefficient



Tabela 4. Zależność zawartości metali ciężkich w bulwach ziemniaka od występowania poszczególnych pierwiastków w tej części rośliny (współczynniki korelacji) (n=84)  
 Table 4. Dependence of content of heavy metals in potato tuber on the occurrence of particular elements in this part of the plant (correlation coefficient) (n = 84)

Zmienna Variable	Pierwiastki Elements						
	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	As	Hg
Pb	-						
Cd		-					
Ni		0,305	-				
Zn		0,514		-			
Cu	-0,255		0,537		-		
As						-	
Hg							-
S	-0,477						

Tabela 5. Statystyczna charakterystyka wpływu zawartości niektórych pierwiastków w bulwach ziemniaka na występowanie metali ciężkich w tej części rośliny  
 Table 5. Statistical description of the effect of the content of elements in potato tuber on the occurrence of particular heavy metals in this part of the plant

Bulwa Tuber	R	R <sup>2</sup> 100	Poziom istotności Significance level	Równanie regresji wielokrotnej Multiple regression equation
Pb	0,580	33,6	0,00007	$Y=0,105-0,44_{x8}+0,37_{x2}-0,04_{x5}+0,06_{x3}$
Cd	0,574	33,0	0,00003	$Y=-0,006+0,01_{x4}+0,05_{x3}+0,09_{x1}$
Ni	0,592	35,0	0,00001	$Y=0,002+0,155_{x5}+0,88_{x2}+6,96_{x6}$
Zn	0,586	34,3	0,00006	$Y=1,65+19,96_{x2}+3729,2_{x7}+0,73_{x5}-74,4_{x6}$
Cu	0,631	39,8	0,000005	$Y=0,49+1,48_{x3}-2,02_{x1}+0,06_{x4}-596,6_{x7}$
As	0,362	13,2	0,038	$Y=0,0009+0,005_{x3}+5,57_{x7}-0,01_{x1}$
Hg	0,386	14,9	0,022	$Y=0,00009+0,00002_{x4}-0,00006_{x5}+0,009_{x6}$

Prośba-Białczyk i Mydlarski 2000 a,b; Szteke i Boguszewska 2000; Właśniewski 2000; Lipiński 2001; Błaziak i Wiatery 2002; Właśniewski 2003; Kaniuczak 2004 oraz rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności Dz.U.03.37.326].

#### WNIOSKI

1. Zawartość oznaczanych metali ciężkich w bulwach ziemniaka, jakkolwiek zróżnicowana, nie zależała istotnie od rejonu uprawy tej rośliny.

2. Właściwości gleby nie decydowały w większości przypadków w sposób udowodniony statystycznie o zawartości metali oznaczanych w bulwach. W największym stopniu zależała od nich zawartość rtęci i niklu, jednak wielkość współczynników determinacji, odpowiednio 39 i 35 %, wskazuje na stosunkowo niewielki charakter tych powiązań.

3. Wzajemne zależności zawartości pierwiastków śladowych w bulwach były niewielkie, a określające je współczynniki determinacji mieściły się w zakresie 15–40 %.

4. Obliczone równania regresji wielokrotnej pozwalają jednak prognozować zmiany zawartości oznaczanych metali ciężkich w bulwach ziemniaka pod wpływem niektórych właściwości gleby (skład granulometryczny, zawartość próchnicy,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) czy rośliny (przede wszystkim zawartość miedzi i niklu w bulwach).

5. Średnia zawartość metali ciężkich w bulwach ziemniaka, zebranych z plantacji Lubelszczyzny (0,042 mg Pb, 0,042 mg Cd, 0,176 mg Ni, 3,378 mg Zn, 0,793 mg Cu, 0,002 mg As i 0,00012 mg Hg  $\text{kg}^{-1}$  św.m.), wskazuje na to, że nie został przekroczony górny pułap przewidziany dla tego typu produktu.

#### PIŚMIENNICTWO

- Błaziak J., Wiater J. 2002. Ocena zawartości pierwiastków śladowych w glebie i roślinie po zastosowaniu odpadów z rolnictwa, przemysłu drzewnego i rolno-spożywczego. *Acta Agrophysica* 73, 59–66.
- Boliłgowa E. 1995. Wpływ dolistnego dokarmiania na plonowanie i jakość bulw ziemniaka. *Rozp. Nauk. WSRP w Siedlcach*, 41, 1–80.
- Boliłgowa E. 1996. Wpływ dolistnego dokarmiania na zawartość niektórych mikroelementów w bulwach ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434, 163–168.
- Czuba R., Andruszczak E. 1978. Zawartość mikroelementów w roślinach uprawnych w krajowej sieci gospodarstw kontrolnych. IV Symp. Mikroelementowe w Polsce, Wrocław, 14–15.IX, 1–3.
- Gorlach E. 1991. Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 262, 1, 13–22.
- Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., Terelak H., Witek T. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. *Wyd. IUNG*, 1–20.
- Kaniuczak J. 2004. Wpływ wapnowania i nawożenia mineralnego na zawartość kadmu w bulwach ziemniaków uprawianych w zmianowaniu. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 3, 1355–1361.
- Krauze A., Zawadzki T. 1993. Określenie potrzeb nawożenia mikroelementami żyta i ziemniaków uprawianych na glebie lekkiej. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 37, 2, 109–116.
- Kucharzewski A., Dębowski M. 1996. Ocena stopnia skażenia płodów rolnych Dolnego Śląska metalami ciężkimi i siarką. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434, 777–786.
- Lipiński W. 2001. Oddziaływanie niektórych właściwości glebowych na zawartość metali ciężkich w ziarnie pszenicy, żyta oraz bulwach ziemniaka. *Rozpr. Nauk. AR w Lublinie*, 249, 1–78.
- Mikos-Bielak M., Bubicz M., Warda Z. 1996. Zawartość Cu, Mn, Zn i Fe w bulwach ziemniaków pochodzących z regionu środkowo-wschodniej Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434, 323–328.

- Mikos-Bielak M., Sawicka B. 1992. Zmienność zawartości mikroelementów w bulwach różnych odmian ziemniaków. VII Symp. „Mikroelementy w rolnictwie”, Wrocław, 16–17.IX 90.
- Nowak L., Kucharzewski A. 2000. Zawartość arsenu i seleniu w produktach roślinnych pochodzących z województwa łęckiego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471, 1067–1074.
- Prośba-Białczyk U., Mydlarski M. 2000a. Wpływ warunków siedliska i właściwości odmian na zawartość pierwiastków śladowych w bulwach ziemniaka. Biuletyn IHAR 213, 45–53.
- Prośba-Białczyk U., Mydlarski M. 2000b. Zmiany zawartości pierwiastków śladowych w bulwach ziemniaka pod wpływem nawożenia organicznego i mineralnego. Biuletyn IHAR, 213, 55–60.
- Szteke B., Boguszewska M. 2000. Kadm w jadalnych surowcach roślinnych w Polsce-wyniki badań monitorowych z lat 1995-1998. Zesz. Nauk. Komitetu „Człowiek i Środowisko” PAN, 26, 327–335.
- Śmigiel D. 1994. Kumulacja metali ciężkich (Pb, Cd) w wybranych warzywach różnych odmian. Roczn. PZH, 45, 4, 279–284.
- Właśniewski S. 2000. Wpływ czynników środowiskowych na fitoprzysswajalność metali ciężkich w warunkach gleb lessowych regionu podkarpackiego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471, 1197–1206.
- Właśniewski S. 2003. Nikiel w wybranych gatunkach roślin uprawianych w warunkach glebowych Podkarpacia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 493, 269–278.
- Zalewski W., Oprządek K., Syrocka K., Lipińska J., Jaroszyńska J. 1994. Zawartość pierwiastków szkodliwych dla zdrowia w owocach i warzywach uprawianych w województwie siedleckim. Roczn. PZH, 45, 1/2, 19–26.