

ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH JAKO KRYTERIUM OCENY JAKOŚCI KAPUSTY BIAŁEJ

Wiesław Bednarek¹, Przemysław Tkaczyk², Sławomir Dresler¹

¹Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Akademia Rolnicza, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: wieslaw.bednarek@ar.lublin.pl

²Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Lublinie
ul. Sławinkowska 5, 20-810 Lublin

Streszczenie. W badaniach środowiskowych przeprowadzonych na Lubelszczyźnie w latach 2001-2003 oceniano jakość kapusty głowiastej białej na podstawie zawartości metali ciężkich (Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As, Hg) oraz obliczano zależności występujące pomiędzy tymi metalami a niektórymi właściwościami gleby lub rośliny. W materiale roślinnym i glebowym metale ciężkie oznaczono metodą ASA, inne analizy według procedur badawczych obowiązujących w akredytowanym laboratorium Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Lublinie. Rejon uprawy nie wpływał istotnie na zawartość metali ciężkich w kapuście białej zebranej z plantacji Lubelszczyzny. Najbardziej od zespołu niektórych właściwości glebowych była zależna zawartość w kapuście ołowiu i cynku, najmniej – miedzi. W kapuście najbardziej od pozostałych pierwiastków zależała zawartość cynku, najmniej – ołowiu. Średnia zawartość metali ciężkich w kapuście białej (0,019 mg Pb, 0,0066 mg Cd, 0,154 mg Ni, 1,628 mg Zn, 0,173 mg Cu, 0,0012 mg As i 0,0001 mg Hg·kg⁻¹ ś.m.) wskazuje, że nie przekroczyła ona w żadnym przypadku górnej granicy przewidzianej dla tego produktu, i że może być bez ograniczeń włączona do diety człowieka.

Słowa kluczowe: kapusta biała, jakość, zawartość metali ciężkich

WSTĘP

Kapusta głowiasta biała należy do warzyw bardzo często uprawianych w naszym kraju, a zadecydowała o tym łatwa uprawa, duże plony, możliwość przechowywania w stanie świeżym przez zimę i łatwość konserwowania. Do uprawy wymaga gleb zasobnych w składniki pokarmowe, najlepiej obojętnych i wilgotnych (Curyło 1997, Dudziak 1996, Śmigiel 1994, Tyksiński i in. 1995). Jako pospolite warzywo powinna być poddana uważnej ocenie jakościowej, również dotyczącej zawartości metali ciężkich (w tym Pb, Cd, As, Hg), które, jeżeli występują w nadmiarze, mogą powodować wystąpienie niektórych chorób (Dudziak

1996, Kabata-Pendias i in. 1993, Rozp. MZ 2003, Zalewski i in. 1989, Zawadzka i in. 1990). W rejonach zurbanizowanych lub przemysłowych (Błoniarz i Buliński 1984, Chorąży i in. 1987, Curyło 1997, Gontarz i Dmowski 2000, Tyksiński i in. 1995) występuje zazwyczaj większa zawartość metali ciężkich w roślinach niż w rejonach typowo rolniczych (Buliński i in. 1986, Dudziak 1996, Zalewski i in. 1989, Zalewski i in. 1994, Zawadzka i in. 1990).

Celem badań była ocena jakości kapusty głowiastej białej na podstawie zawartości metali ciężkich (Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As, Hg) oraz określenie zależności występujących pomiędzy tymi metalami a niektórymi właściwościami gleby lub rośliny.

MATERIAŁ I METODY

W kilku rejonach Lubelszczyzny (kolejno okolice Zamościa (1), Hrubieszowa (2), Chełma (3), Krasnegostawu (4), Lublina (5), Opola Lubelskiego (6), Białej Podlaski (7), z upraw polowych, przez trzy kolejne lata (2001-2003), w październiku, z kilku losowo wybranych rzędów, do analiz chemicznych pobierano kapustę białą (liczebność próby ogólnej wynosiła 10 sztuk). W materiale roślinnym, po mineralizacji na mokro w stężonym kwasie siarkowym z udziałem 30% wody utlenionej, oznaczono zawartość form ogólnych Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As, Hg metodą ASA oraz S ogólną po utlenieniu siarki organicznej i nieorganicznej do SO₄ i oznaczeniu metodą nefelometryczną wg Bardsleya-Lancastera. W miejscach pobierania materiału roślinnego do analiz chemicznych, pobierano również próby glebowe z warstwy ornej (0-20 cm), w których oznaczono: pH w 1 mol KCl·dm⁻³, skład granulometryczny metodą Cassagrande a w modyfikacji Prószyńskiego, zawartość Corg. metodą Tiurina, zawartość przyswajalnego fosforu i potasu metodą Egnera-Riehma, zawartość przyswajalnego magnezu metodą Schachtschabela, S-SO₄ po ekstrakcji roztworem 0,5 mol CH₃COONH₄·dm⁻³ + 0,25 mol CH₃COOH·dm⁻³ metodą nefelometryczną wg Bardsleya-Lancastera, zawartość form ogólnych Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As, Hg metodą ASA po ekstrakcji mieszaniną stężonych kwasów HCl i HNO₃ w stosunku objętościowym 3 : 1. Analizy chemiczne wykonano w akredytowanym laboratorium Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Lublinie. Gleby, na których uprawiano kapustę, należały przede wszystkim do rzędu brunatnoziemnych, czarnoziemnych, wapniowcowych i czarnych ziem. Były one lekko kwaśne (w jednym rejonie obojętne), średnio, wysoko i bardzo wysoko zasobne w przyswajalny fosfor, średnio i wysoko w przyswajalny potas, nisko i średnio w przyswajalny magnez. Zawierały 23-33% cząstek spławialnych, 3,8-5,5% iltu koloidalnego i 1,7-2,0% próchnicy. Charakteryzowały się bardzo niską, naturalną, zawartością pierwiastków śladowych (Kabata-Pendias i in. 1993). Zebrane wyniki

oceniono metodą analizy wariancji, klasyfikacja pojedyncza, z zastosowaniem półprzedziału ufności Tukey'a ($p = 0,05$) oraz obliczono zależności pomiędzy zawartością metali ciężkich w kapuście, a niektórymi cechami gleby oraz rośliny (współczynniki korelacji, współczynniki korelacji wielokrotnej i determinacji, równania regresji wielokrotnej). Do obliczeń statystycznych wykorzystano pakiety Statistica, ver. 6.0 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-SO₄, 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 Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As i Hg w kapuście głowiastej białej. W tabelach 2 i 4 przedstawiono tylko istotne ($p = 0,05$) wartości współczynników korelacji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Rejon uprawy nie wpływał istotnie na zawartość, jakkolwiek zróżnicowaną, metali ciężkich (ołowiu, kadmu, niklu, cynku, miedzi, arsenu i rtęci) w kapuście białej (tab. 1, rys. 1-5). Jedynie w rejonie szóstym było więcej niklu niż w siódmym, w rejonie drugim i czwartym więcej arsenu niż w piątym i w rejonie czwartym, piątym i szóstym więcej rtęci niż w pozostałych. Sytuacja ta została zapewne spowodowana przede wszystkim specyficznymi właściwościami gleby. Była ona lekko kwaśna (i w jednym rejonie obojętna), a więc jej odczyn nie sprzyjał występowaniu metali w formach ruchliwych i ich zwiększonej dostępności dla roślin. Charakteryzowała się średnią, wysoką lub bardzo wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor, średnią lub wysoką w przyswajalny potas i niską lub średnią w przyswajalny magnez – czyli mogła powodować wystąpienie antagonizmów z niektórymi pierwiastkami śladowymi i ograniczać pobieranie tych metali przez rośliny uprawne.

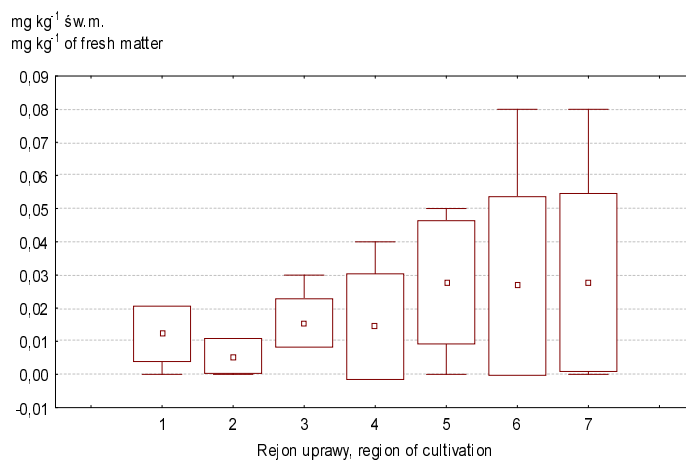
Gleby zawierały od 23 do 33% cząstek sypawych i od 3,8 do 5,5% łu koloidalnego oraz 1,7-2,0% próchnicy. Te cechy gleby mogły również przyczynić się do zwiększonego sorbowania (i tworzenia trwałych połączeń mineralno-organicznych) oznaczanych metali i ograniczania przyswajania przez rośliny. Badane gleby wykazywały bardzo niską, naturalną wg IUNG (Kabata-Pendias i in. 1993), zasobność w metale ciężkie, a więc potencjalnie też nie sprzyjały ich zwiększonemu pobieraniu przez rośliny. Te właściwości, ale i inne, nie oznaczane, spowodowały, że zawartość metali ciężkich w kapuście była niska i nie zależała istotnie od rejonu uprawy. Dudziak (1996) w badaniach przeprowadzonych na Lubelszczyźnie ($n = 630$) stwierdził następujące, średnie, zawartości metali ciężkich w kapuście białej: 0,007 mg Cd, 0,24 mg Cu, 0,09 mg Ni, 0,007 mg Pb, 1,34 mg Zn, 0,0011 mg As i 0,0015 mg Hg·kg⁻¹ ś.m. W innych badaniach zreali-

zowanych na terenie całego kraju ($n = 500$) Szteke i Boguszewska (2000) odnotowały przeciętną zawartość kadmu w kapuście mieszczącą się na poziomie $0,009 \text{ mg Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$ ś.m. W rejonach rolniczych (Dudziak 1996, Szteke i Boguszewska 2000, Śmigiel 1994, Zalewski i in. 1989, Zawadzka i in. 1990) występują zazwyczaj niższe zawartości badanych metali ciężkich w kapuście białej niż w rejonach przemysłowych (Błoniarz i Buliński 1984, Buliński i in. 1986, Choraży i in. 1987, Golcz i Breś 2000) lub położonych w pobliżu dużych miast (Curyło 1997, Gontarz i Dmowski 2000, Tyksiński i in. 1995, Zalewski 1987).

Tabela 1. Zawartość metali ciężkich w kapuście białej ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. m.)
Table 1. Content of heavy metals in cabbage (mg kg^{-1} of fresh matter)

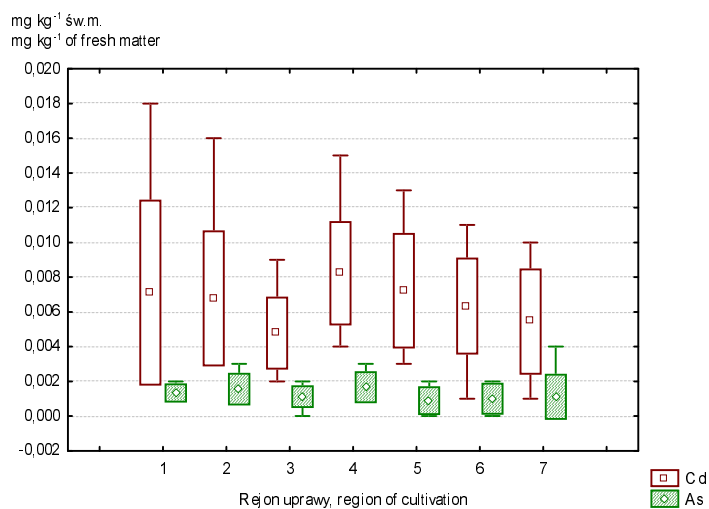
Rejon uprawy Region of cultivation	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	As·10 ⁻²	Hg·10 ⁻³
1	0,012	0,007	0,158	1,361	0,163	0,133	0,044
2	0,006	0,007	0,163	1,798	0,167	0,156	0,078
3	0,016	0,005	0,101	1,509	0,149	0,111	0,056
4	0,014	0,008	0,138	1,659	0,177	0,167	0,211
5	0,028	0,007	0,209	1,883	0,202	0,089	0,189
6	0,027	0,006	0,219	1,694	0,173	0,100	0,167
7	0,028	0,005	0,093	1,490	0,180	0,111	0,100
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,0227	0,0047	0,118	1,256	0,149	0,057	0,052

Zawartość arsenu, cynku i kadmu w kapuście najbardziej zależała od niektórych cech gleby. Wskazuje na to ocena częstotliwości występowania oraz wartości współczynników korelacji. Nieco mniejsza zależność dotyczyła rtęci, a najmniejsza – miedzi i ołowiu (tab. 2). Nie stwierdzono istotnych zależności pomiędzy oznaczanymi właściwościami gleby a zawartością niklu w roślinie. Zawartość arsenu w kapuście zależała istotnie od składu granulometrycznego, występowania ołowiu i niklu (korelacja ujemna) oraz arsenu (korelacja dodatnia); cynku – od zawartości frakcji pyłu, iłu koloidalnego, przyswajalnego potasu, niklu (korelacja ujemna) i arsenu (korelacja dodatnia); kadmu – od zawartości próchnicy, siarki siarczanowej, ołowiu i rtęci (korelacja ujemna); rtęci – od zawartości arsenu (korelacja dodatnia) i kadmu (ujemna); miedzi – od zawartości przyswajalnego potasu ($r_{xy} = -0,253$) i ołowiu – od zawartości arsenu ($r_{xy} = 0,517$).



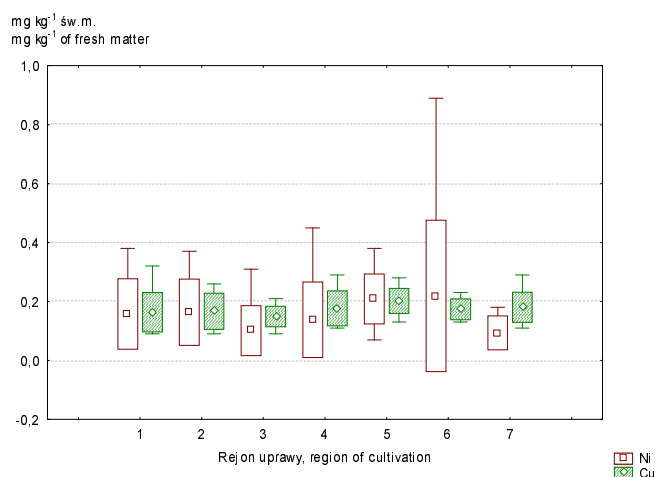
□ średnia, average; ▭ ±odch.std, ± standard deviation; ⊥ min.-maks., min.-max.

Rys. 1. Zawartość ołowiu w kapuście z różnych rejonów uprawy
Fig. 1. Content of lead in cabbage in various regions of cultivation



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

Rys. 2. Zawartość kadmu i arsenu w kapuście z różnych rejonów uprawy
Fig. 2. Content of cadmium and arsenic in cabbage in various regions of cultivation



□ średnia, average; ▨ ± odch. std, ± standard deviation; ⊥ min.- maks., min.-max.

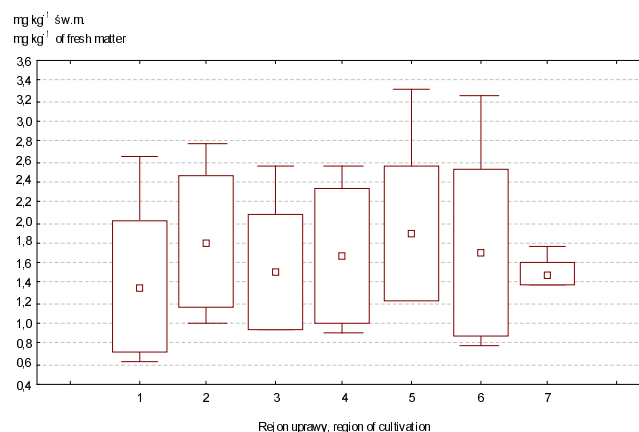
Rys. 3. Zawartość niklu i miedzi w kapuście z różnych rejonów uprawy

Fig. 3. Content of nickel and copper in cabbage in various regions of cultivation

Tabela 2. Zależność zawartości metali ciężkich w kapuście białej od niektórych właściwości gleby (współczynniki korelacji) (n = 63)

Table 2. Relationship between the content of heavy metals in cabbage and some soil properties (correlation coefficients) (n = 63)

Zmienna Variable	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	As	Hg
1-0,1 mm							
0,1-0,02 mm				-0,249		-0,378	
0,02-0,002 mm						-0,332	
<0,002 mm				-0,352		-0,254	
pH _{KCl}							
Próchnica		-0,274					
P _{przysw.}							
K _{przysw.}				-0,249	-0,253		
Mg _{przysw.}							
S-SO ₄		-0,323					
Pb		-0,343				-0,356	
Cd							-0,280
Ni				-0,261		-0,297	
Zn							
Cu							
As	0,517			0,249		0,309	0,422
Hg		-0,267					

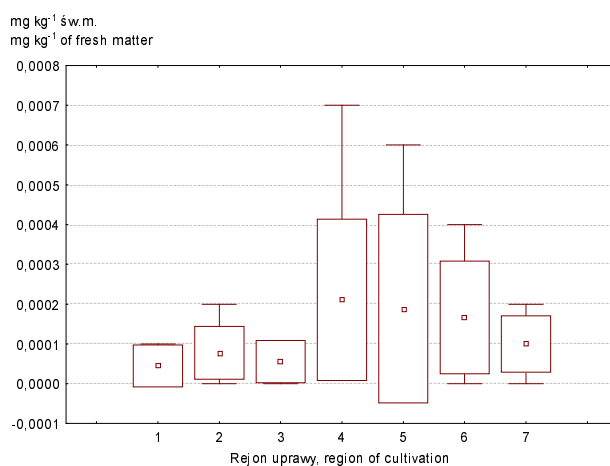


□ średnia, average; \square \pm odch. std, \pm standard deviation; \perp min.-maks., min.-max.

Rys. 4. Zawartość cynku w kapuście z różnych rejonów uprawy
Fig. 4. Content of zinc in cabbage in various regions of cultivation

Lepszym miernikiem oceny zależności zawartości metali ciężkich w kapuście od niektórych właściwości gleby są wyliczone współczynniki korelacji wielokrotnej i determinacji oraz równania regresji wielokrotnej (tab. 3). Z dokonanych obliczeń wynika, że zawartość ołowiu w kapuście w największym stopniu zależała od zespołu niektórych cech gleby (przyswajalnego Mg, niklu, przyswajalnego K, frakcji pyłu, przyswajalnego P, cynku i pH_{KCl}) – świadczą o tym współczynniki korelacji wielokrotnej i determinacji (0,687; 47,1) oraz wysoki poziom istotności ($0,16 \cdot 10^{-4}$). Zawartość cynku w roślinie również w stosunkowo wysokim stopniu zależała od niektórych cech gleby (przyswajalny magnez, frakcja 0,02-0,002 mm, przyswajalny fosfor, nikiel). Świadczą o tym wyliczone współczynniki korelacji wielokrotnej (0,630) i determinacji (39,6) oraz wysoki poziom istotności (0,0003). Zależność zawartości w kapuście niklu, rtęci i arsenu od zespołu niektórych właściwości gleby (zawartość niklu, próchnicy, przyswajalnego P, ołowiu, pH_{KCl}) można określić wartością współczynników determinacji mieszczących się w zakresie 25,0-32,8%. Zawartość miedzi w roślinie w najmniejszym, nieistotnym, stopniu zależała od właściwości gleby.

Należy jednak zauważyć, że rozpatrywane cechy gleby w niewielkim zakresie oddziaływały na zawartość metali ciężkich w kapuście, i że w żadnym przypadku ten wpływ nie przekroczył 50%. Przypomnieć też można, że w opisywanych rozważaniach uwzględniono tylko 17 cech fizykochemicznych gleby; innych, bardzo licznych, w ogóle nie brano pod uwagę.



□ średnia, average; \square ± odch. std, ± standard deviation; $\perp \top$ min.-maks., min.-max.

Rys. 5. Zawartość rtęci w kapuście z różnych rejonów uprawy

Fig. 5. Content of mercury in cabbage in various regions of cultivation

Tabela 3. Statystyczna charakterystyka wpływu niektórych właściwości glebowych na zawartość metali ciężkich w kapuście białej.

Table 3. Statistical description of the effect of some soil properties on the content of heavy metals in cabbage

Kapusta biała Cabbage	R	R ² x100	Poziom istotności Significance level	Równanie regresji wielokrotnej Multiple regression equation
Pb	0,687	47,1	0,000	$Y = -0,0061 + 0,01_{x21} + 0,003_{x16} - 0,26_{x22} - 0,003_{x10} + 0,003_{x15} - 0,0003_{x13} + 0,001_{x14} + 0,034_{x17}$
Cd	0,519	26,9	0,001	$Y = 0,011 - 0,0003_{x16} - 0,001_{x15} - 0,4_{x13} \cdot 10^{-4} + 0,0006_{x21}$
Ni	0,500	25,0	0,010	$Y = 0,1998 + 0,035_{x21} - 0,004_{x13} + 0,002_{x12} + 0,01_{x18} - 0,02_{x10} - 0,003_{x20}$
Zn	0,630	39,6	0,000	$Y = 1,55 - 0,075_{x9} + 0,13_{x21} + 0,004_{x12} + 0,02_{x13} + 0,27_{x11} - 0,14_{x15} - 1,66_{x17} + 0,07_{x10}$
Cu	0,383	14,7	0,052	$Y = 0,15 - 0,0009_{x13} + 0,01_{x21} - 0,003_{x9} + 0,007_{x10}$
As	0,573	32,8	0,001	$Y = 0,001 - 0,8_{x16} \cdot 10^{-4} + 0,0004_{x21} - 0,8_{x18} \cdot 10^{-4} + 0,002_{x17} + 0,7_{x12} \cdot 10^{-5} - 0,1_{x13} \cdot 10^{-4}$
Hg	0,552	30,4	0,001	$Y = 0,0001 + 0,5_{x21} \cdot 10^{-4} - 0,3_{x13} \cdot 10^{-5} + 0,2_{x14} \cdot 10^{-4} - 0,3_{x19} \cdot 10^{-5} - 0,2_{x15} \cdot 10^{-4}$

R – współczynnik korelacji wielokrotnej – multiple correlation coefficient, R²x100 – współczynnik determinacji – determination coefficient.

W roślinie, najbardziej od pozostałych metali ciężkich, zależała zawartość kadmu, cynku i niklu oraz w pojedynczych przypadkach – ołowiu, miedzi i arseniu (tab. 4). Stwierdzono istotną, dodatnią korelację pomiędzy ilością kadmu w kapuście a arsenem, miedzią, cynkiem i niklem; cynkiem a miedzią, rtęcią i arsenem; niklem a cynkiem i miedzią oraz ołowiem a arsenem; miedzią a rtęcią i arsenem a siarką (korelacja ujemna).

Tabela 4. Współzależność zawartości metali ciężkich (i siarki) w kapuście białej (współczynniki korelacji) (n = 63)

Table 4. Interdependence of heavy metals (and sulphur) content in cabbage (correlation coefficients) (n = 63)

Zmienna Variable	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	As	Hg
Pb	–						
Cd		–					
Ni		0,326	–				
Zn		0,341	0,510	–			
Cu		0,396	0,285	0,503	–		
As	0,253	0,413		0,283		–	
Hg				0,414	0,416		–
Sog.						–0,271	

Bardziej wiarygodnym miernikiem oceny zawartości poszczególnych metali ciężkich w kapuście od pozostałych pierwiastków w roślinie są obliczone współczynniki korelacji wielokrotnej, determinacji, poziom istotności oraz równania regresji wielokrotnej (tab. 5). Wynika z nich, że cynk najbardziej zależał od obecności pozostałych pierwiastków. Świadczą o tym wysokie wartości współczynników korelacji wielokrotnej i determinacji (0,743; 55,2), poziom istotności oraz równanie regresji wielokrotnej. O tej stosunkowo wysokiej i istotnej zależności decydowała głównie zawartość rtęci, arsenu, ołowiu, miedzi i niklu. Zależność zawartości kadmu, rtęci, arsenu, niklu i miedzi od pozostałych pierwiastków można określić wartością współczynników determinacji mieszczących się w zakresie 32,2-37,0%. W najmniejszym stopniu od pozostałych pierwiastków zależała zawartość ołowiu. O tej niespełna 18 procentowej zależności decydowała przede wszystkim zawartość rtęci i arsenu (tab. 5).

Wyliczone równania regresji wielokrotnej, z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych niezależnych, pozwalają prognozować kierunki zmian zawartości poszczególnych metali ciężkich w kapuście białej pod wpływem niektórych cech gleby lub rośliny (tab. 3 i 5).

Tabela 5. Statystyczna charakterystyka wpływu zawartości niektórych pierwiastków w kapuście białej na występowanie metali ciężkich w tej roślinie

Table 5. Statistical description of the effect of heavy metals and sulphur content in cabbage on the occurrence of given elements in the plant

Kapusta biała Cabbage	R	R ² x100	Poziom istotności Significance level	Równanie regresji wielokrotnej Multiple regression equation
Pb	0,420	17,6	0,045	$Y = 0,002 + 7,87_{x6} + 0,028_{x8} - 0,01_{x4} + 0,03_{x3} + 27,2_{x7}$
Cd	0,567	32,2	0,004	$Y = 0,0008 + 1,39_{x6} + 0,02_{x5} + 0,005_{x3}$
Ni	0,601	36,1	0,008	$Y = -0,08 + 0,13_{x4} - 212,2_{x7} + 8,76_{x2} + 1,34_{x1} - 29,9_{x6}$
Zn	0,743	55,2	0,000	$Y = -0,03 + 1,93_{x3} + 1038,7_{x7} + 3,0_{x5} + 198,0_{x6} - 7,09_{x1}$
Cu	0,608	37,0	0,002	$Y = 0,126 + 0,03_{x4} + 3,21_{x2} + 94,3_{x7} - 0,05_{x8}$
As	0,584	34,1	0,002	$Y = 0,001 + 0,07_{x2} + 0,01_{x1} - 0,002_{x8} + 0,0005_{x4} - 0,001_{x3}$
Hg	0,570	32,5	0,003	$Y = -0,0003 + 0,0008_{x5} + 0,0002_{x8} + 0,85_{x4} \cdot 10^{-4} - 0,0002_{x3} + 0,001_{x1}$

Średnia zawartość metali ciężkich w kapuście białej zebranej z plantacji Lubelszczyzny (0,0186 mg Pb, 0,0066 mg Cd, 0,154 mg Ni, 1,628 mg Zn, 0,173 mg Cu, 0,0012 mg As i 0,0001 mg Hg·kg⁻¹ ś.m.) wskazuje, że nie została przekroczona górna granica dopuszczalnej zawartości przewidziana dla tej rośliny. Należy również zauważyć, że w żadnej analizowanej próbce pułap ten nie został przekroczony (Buliński i in. 1986, Dudziak 1996, Golcz i Breś 2000, Kabata-Pendias i in. 1993 Rozp. MZ 2003).

WNIOSKI

1. Rejon uprawy nie wpływał istotnie na zawartość metali ciężkich (ołowiu, kadmu, niklu, cynku, miedzi, arsenu, rtęci) w kapuście białej, zebranej z plantacji Lubelszczyzny.

2. Zawartość ołowiu i cynku w kapuście białej najbardziej, a miedzi – najmniej była zależna od niektórych właściwości gleby. Można ją ocenić wartością współczynników determinacji występujących na poziomie, kolejno: 47,1; 39,6 i 14,7%.

3. Zawartość cynku w kapuście białej najbardziej, a ołowiu – najmniej zależała od pozostałych pierwiastków występujących w tej roślinie. Zależność tę można scharakteryzować wielkością współczynników determinacji występujących na poziomie 55,5 oraz 17,6%.

4. Średnia zawartość metali ciężkich w kapuście białej zebranej z plantacji Lubelszczyzny (0,019 mg Pb, 0,0066 mg Cd, 0,154 mg Ni, 1,628 mg Zn, 0,173 mg Cu, 0,0012 mg As i 0,0001 mg Hg·kg⁻¹ ś.m.) wskazuje, że w żadnym przypadku nie przekroczyła ona górnej granicy normy przewidzianej dla tej rośliny, i że może być bez ograniczeń włączona do diety człowieka.

PIŚMIENNICTWO

- Błoniarz J., Buliński R., 1984. Wpływ emisji w rejonie huty i elektrowni Stalowa Wola na zawartość niektórych pierwiastków śladowych w wybranych warzywach o owocach. Cz. I. Zawartość ołowiu, kadmu, cynku, miedzi, niklu i żelaza w warzywach. *Rocz. PZH*, 35, 1, 29-35.
- Buliński R., Kot A., Błoniarz J., Koktysz N., 1986. Badania zawartości niektórych pierwiastków śladowych w produktach spożywczych krajowego pochodzenia. Cz. VII. Zawartość ołowiu, kadmu, cynku, miedzi, wanadu i kobaltu w warzywach i owocach. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 19, 1, 21-26.
- Choraży W., Śmigiel D., Bliwert K., Podsiadło R., Filip J., 1987. Zawartość niektórych metali ciężkich (Pb, Cd) w wybranych warzywach i owocach pochodzących z różnych terenów Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP-U). *Rocz. PZH*, 38, 6, 485-490.
- Curyło T., 1997. Zawartość metali ciężkich w warzywach z ogrodów działkowych w Tarnowie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 448b, 35-42.
- Dudziak S., 1996. Badania zawartości metali ciężkich w płodach rolnych regionu lubelskiego. *OSCHR Lublin*, 1-19.
- Golcz A., Breś W., 2000. Content of cadmium, lead and zinc in vegetables marketed on the area of Poznań town (comparative study). *Rocz. AR Pozn. CCCXXIII, Ogródnictwo*, 31, cz.1, 265-269.
- Gontarz B., Dmowski Z., 2000. Pobranie metali ciężkich przez warzywa uprawiane w rejonie zakładów hutniczych przemysłu metali nieżelaznych we Wrocławiu. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Konferencje* 28, 389, 199-209.
- 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.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. [Dz. U. 37.326] 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.
- Szteke B., Boguszewska M., 2000. Kadm w jadalnych surowcach roślinnych w Polsce-wyniki badań monitorowanych 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. *Rocz. PZH*, 45, 4, 279-284.
- Tyksiński W., Mocek A., Owczarzak W., Roszyk J., 1995. Metale ciężkie w warzywach i owocach z ogródków działkowych w Polkowicach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 418, 305-312.
- Zalewski W., Syrocka K., Oprządek K., Lipińska J., 1987. Badanie zawartości pierwiastków szkodliwych dla zdrowia w warzywach uprawianych w ogródkach działkowych Siedlec. *Rocz. PZH*, 38, 4-5, 332-339.
- Zalewski W., Syrocka K., Oprządek K., 1989. Zawartość pierwiastków szkodliwych dla zdrowia w warzywach uprawianych w województwie siedleckim. *Rocz. PZH*, 40, 1, 16-20.

- 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.
- Zawadzka T., Mazur H., Wojciechowska-Mazurek M., Starska K., Brulińska-Ostrowska E., Ćwiek K., Umińska R., Bichniewicz A., 1990. Zawartość metali w warzywach z różnych regionów Polski w latach 1986-1988. Cz. I. Zawartość ołowiu, kadmu i rtęci. Roczn. PZH, 41, 3-4, 114-131.

CONTENT OF HEAVY METALS AS A CRITERION FOR CABBAGE QUALITY ASSESSMENT

Wiesław Bednarek¹, Przemysław Tkaczyk², Sławomir Dresler¹

¹Department of Agricultural and Environmental Chemistry, Agricultural University
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: wieslaw.bednarek@ar.lublin.pl

²Regional Agrochemical Station in Lublin, ul. Sławinkowska 5, 20-810 Lublin

Abstract. In an environmental study carried out in the Lublin region in 2001-2003 cabbage quality was assessed based on the content of heavy metals (Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As, Hg). Some interdependencies between these metals and some soil or plant properties were evaluated. Heavy metals in soil and plant were determined with the ASA method, other chemical analyses were made according to the research procedures of the accredited laboratory of Regional Chemical-Agriculture Station in Lublin. No significant influence of the plantation location in the Lublin region on the content of heavy metals in cabbage was found. Content of lead and zinc in cabbage depended the most on the complex of certain soil properties, while that of copper – the least. Content of zinc in cabbage depended the most on the remaining elements determined in the study, that of lead – the least. Average content of heavy metals in cabbage collected on plantations in the Lublin Region (0.019 mg Pb, 0.0066 mg Cd, 0.154 mg Ni, 1.628 mg Zn, 0.173 mg Cu, 0.0012 mg As and 0.0001 mg Hg per kilogram of fresh matter) indicates that the cabbage did not exceed the upper limits approved for the product and can be included in human diet without limitations.

Key words: cabbage, quality, heavy metals content