

MINERAL CONTENT OF POTATO TUBERS GROWN IN THE ORGANIC SYSTEM, THEIR NUTRITIONAL VALUE AND INTERACTION

Summary

Aim of this study was to assess the content and nutritional value of selected minerals (nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, calcium, copper, iron, manganese, zinc and boron) in potato tubers grown in the organic system. In addition the relationship between elements was examined. Potatoes grown on sandy soil of experimental fields in Jadwisin Department (Mazovia) in Plant Breeding and Acclimatization Institute - National Research Institute in the years 2008-2010. The dominant element determining the nutritional value of potatoes is potassium, which accounts for organic tubers ranged from 280-580 mg·100 g⁻¹ of fresh weight. With daily demands of 3500 mg, average content of 410 mg K·100 g⁻¹ covers human demand for this component in 12% (without taking into account losses during processing of the product). Nitrogen is an important element being the main component of protein and its content in tubers was on average 0.26 mg·100 g⁻¹, which gives about 1.63% protein. Other studied minerals: phosphorus, and magnesium after consumption of 100g of potatoes cover daily requirements for these components respectively in about 8 and 7%. Calcium in organic potatoes occurred in trace amounts - 11 mg·100g⁻¹ of fresh matter. The average content of iron, copper, manganese, zinc and boron was: 0.97 and 0.095, 0.15, 0.26 and 0.10 mg·100 g⁻¹, which covers the demand respectively in 12, 11, 8-6, 3-2, 10-5% for the day. Regression and correlation analysis showed a high correlation between some elements occurring in potato tubers expressed as Pearson's correlation coefficient at the P and K = 0.74, P and Cu = 0.75, K and Fe = 0.43, K and Cu = 0.50 and Fe and Mn = 0.86.

Key words: potatoes; tubers; mineral content; nutritional value; organic farming; field experimentation

ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W BULWACH ZIEMNIAKA UPRAWIANEGO W SYSTEMIE EKOLOGICZNYM, ICH WARTOŚĆ ŻYWIENIOWA I WZAJEMNE RELACJE

Streszczenie

Celem badań była ocena zawartości i wartości żywieniowej wybranych składników mineralnych (azotu, fosforu, potasu, magnezu, wapnia, miedzi, żelaza, manganu, cynku i boru) w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym. Ponadto zbadano zależności między pierwiastkami. Ziemniaki uprawiano na glebie lekkiej (mazowieckiej) pola doświadczalnego Oddziału w Jadwisinie, Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w latach 2008-2010. Dominującym pierwiastkiem decydującym o wartości odżywczej ziemniaka jest potas, którego zawartość w bulwach z upraw ekologicznych wahała się w granicach 280–580 mg·100g⁻¹ świeżej masy. Przy zapotrzebowaniu dziennym 3500 mg, średnia zawartość 410 mg K·100g⁻¹ pokrywa zapotrzebowanie człowieka na ten składnik w 12% (bez uwzględnienia strat podczas obróbki produktu). Ważnym pierwiastkiem będącym głównym składnikiem białka jest azot, którego zawartość w bulwach wynosiła średnio 0,26 mg·100g⁻¹, co daje około 1,63% białka. Pozostałe badane minerały: fosfor i magnez po spożyciu 100g ziemniaków pokrywają dzienne zapotrzebowanie na te składniki odpowiednio w ok. 8 i 7%. Wapń w ziemniakach z upraw ekologicznych wystąpił w śladowych ilościach – 11 mg·100g⁻¹ św. masy. Przeciętna zawartość żelaza, miedzi, manganu, cynku i boru wynosiła średnio: 0,97, 0,095, 0,15, 0,26 i 0,10 mg·100g⁻¹, co pokrywa zapotrzebowanie odpowiednio w 12, 11, 8-6, 3-2, 10-5% na dzień. Analiza regresji i korelacji wykazały wysoką zależność pomiędzy niektórymi biopierwiastkami występującymi w bulwach ziemniaka wyrażoną współczynnikiem korelacji Pearsona wynoszącym dla P i K = 0,74; P i Cu = 0,75; K i Fe = 0,43; K i Cu = 0,50 i Fe i Mn = 0,86.

Słowa kluczowe: ziemniaki; bulwy; składniki mineralne; wartość odżywcza; uprawa ekologiczna; badania polowe

1. Wstęp

Rolnictwo ekologiczne rozwija się szybko z potencjałem produkcji żywności oraz w zmniejszeniu szkód dla środowiska powodowanych przez praktyki rolnicze. Konsumenty są coraz częściej skłonni zapłacić wyższą cenę za żywność ekologiczną, dlatego potrzebna jest obiektywna ocena, jakości bulw ziemniaków pod względem ich składu chemicznego. O wartości żywieniowej bulw ziemniaka oprócz białka, węglowodanów i witamin decyduje również zawartość składników mineralnych, które po strawieniu i wchłonięciu do krwi wykorzystywane są przez organizm

jako budulec lub czynnik regulujący procesy życiowe [23]. Składnikami mineralnymi organizmów roślinnych i zwierzęcych nazywa się te składniki, które po spaleniu pozostają w postaci popiołu. Aby organizm człowieka mógł prawidłowo funkcjonować, musi otrzymać z zewnątrz wszystkie niezbędne składniki odżywcze, w tym składniki mineralne. Podobnie jak witaminy muszą być one dostarczone z pożywieniem. Składniki mineralne w roślinach pełnią funkcje strukturalne i fizjologiczne [10]. Dostarczanie ich do rośliny stymulowane jest przez dobre uwilgotnienie gleby przyczyniające się do prawidłowego przebiegu procesów mineralizacji i humifikacji [13] oraz biopreparaty mikrobiolo-

giczne (zwane też „użyźniaczami”), poprawiające jej żyzność, plonowanie i skład chemiczny bulw [21]. Kilku autorów wykazało, dużą aktywność mikrobiologiczną gleb w warunkach produkcji ekologicznej [6, 7, 12] i wpływ kwaśnego odczynu gleby $pH_{KCL} < 5,5$ [2, 18, 19] na zwiększenie dostępności w niej cynku, manganu, miedzi i żelaza.

2. Cel badań

Celem badań była ocena zawartości i wartości żywieniowej wybranych składników mineralnych (azotu, fosforu, potasu, magnezu, wapnia, miedzi, żelaza, manganu, cynku i boru) w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym. Ponadto zbadano wzajemne zależności zawartości pomiędzy makro i mikroelementami.

3. Metodyka badań

Materiał do badań stanowiły bulwy ziemniaka z uprawy na glebie lekkiej (mazowieckie) pola doświadczalnego Oddziału w Jadwisinie, Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w latach 2008-2010 (woj. mazowieckie). Analizę składu chemicznego wykonano w akredytowanym laboratorium Stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie, w ciągu 2-3 tygodni po zbiorze ziemniaków. Technologia uprawy ziemniaków prowadzona była według zasad obowiązujących w rolnictwie ekologicznym. W doświadczeniu stosowano obornik – 25 t·ha⁻¹, zmianowanie 5-polowe: ziemniaki, owies, łubin żółty, żyto i facelię oraz rośliny międzyplonowe na przyoranie: peluszkę, gorczykę białą i seradelę. Wartości pierwiastków są

średnią z ośmiu odmian i czterech kombinacji (liczebność prób, n = 80). Oceniano makroelementy (azot, fosfor, potas, magnez, wapń) i mikroelementy (miedź, żelazo, manganu, cynk, bor). Pierwszym czynnikiem było nawadnianie za pomocą linii kroplujących, które polegało na zadawaniu dawek wody w zależności od wilgotności gleby. Nawadnianie sterowane było programem komputerowym (DSS), ograniczającym straty wody spowodowane odpływem jej poza zasięg systemu korzeniowego. Drugim czynnikiem było zastosowanie biopreparatu (EM-Farming), poprawiającego żyzność gleby. W skład biopreparatu wchodziły bakterie kwasu mlekowego, promieniowce, drożdże i grzyby fermentujące, dzięki którym niedostępne formy składników przekształcane były w formy przyswajalne. Zawartość makro- i mikroelementów oraz korelację pierwiastków oceniono na podstawie zawartości pierwiastków w suchej masie (ze względu na większą dostępność wyników w literaturze). Ocenę wartości odżywczej pierwiastków przedstawiono na podstawie zawartości wyrażonej w mg·100g⁻¹ świeżej masy. Zawartość białka w świeżej masie obliczono stosując przelicznik 6,25 do azotu ogółem. Analizę porównawczą badanych składników wykonano za pomocą regresji liniowej wielokrotnej i korelacji w programie statystycznym ANOVA.

4. Wyniki badań i dyskusja

Zawartość badanych makro- i mikroelementów oraz ich wartości odżywcza przedstawiono w tab. 1, a interakcję pomiędzy pierwiastkami w tab. 2 i 3.

Tab. 1. Zawartość składników mineralnych w bulwach ziemniaka z produkcji ekologicznej (zawartość w suchej i świeżej masie)
Table 1. Content of mineral elements in potato tubers of the ecological production (content in dry and fresh matter)

Składnik Component		Zakres w suchej masie Range in dry matter	Średnia Mean (mg·100g ⁻¹ św.m./f.m.)	Zakres Range (mg·100g ⁻¹ św.m./f.m.)	¹ Zalecane normy dietetyczne/dzień Dietary reference intake/day	Procent realizacji ² Per cent of realization
Makroelementy	Azot	8,0-17,0	0,26	0,17-0,38	-	-
	Potas	13,1-25,9	410	280-580	3500 (mg)	12
	Fosfor	1,8-3,9	57	19-74	700 (mg)	8
	Magnez	0,8-1,3	23	16-28	300-400 (mg) ³	6-7
	Wapń	0,5	11	9-13	1100 (mg)	1
Mikroelementy	Miedź	3,0-6,2	0,095	0,062-0,13	900 (µg)	11
	Cynk	7,2-16,9	0,26	0,15-0,39	8-11 (mg)	3-2
	Żelazo	26,9-81,4	0,97	0,65-1,49	8 (mg)	12
	Mangan	3,7-11,0	0,15	0,09-0,21	1,8-2,3 (mg)	8-6
	Bor	3,1-11,9	0,10	0,06-0,25	1-2 (mg)	10-5

¹ według zaleceń Akademii Nauki Żywności i Żywnienia w USA [30] / ¹ by National Academy of Sciences, Food and Nutrition Board, USA [30]; ² bez uwzględnienia strat podczas obróbki / ² without taking into account losses during processing; ³ dolna wartość dla kobiet, górna dla mężczyzn / ³ lower value for women, top - men

Tab. 2. Standaryzowane współczynniki regresji wielokrotnej (powyżej 0,4) dotyczące wzajemnych oddziaływań pierwiastków w bulwach ziemniaka (n=80)

Table 2. Standardized multiple regression coefficients (above 0,4) for the interaction of elements in potato tubers (n = 80)

Zmienna /Variable	Pierwiastki /Elements							
	P	K	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
P	-	0,773			0,505			
K	0,753	-		0,767	0,416			
Mg		0,435	-		-0,517			
Fe				-	0,485		0,815	
Cu	0,539				-	0,568		
Zn						-		
Mn				0,810			-	
B								-

Tab. 3. Statystyczna ocena istotnych interakcji między makro i mikroelementami w bulwach ziemniaka (n = 80)
 Table 3. Statistical evaluation of significant interactions between macro-and microelements in potato tubers(n = 80)

Zmienna Variable	Jednostka Unit	Średnia Mean	Odch. std. ¹	Poziom istotności ²	R ³	Równanie regresji Regression equation
P K	g·kg ⁻¹	2,80 19,6	0,45 2,70	<.0001	0,740	P = 0,4422+0,1213K
P Cu	g·kg ⁻¹ mg·kg ⁻¹	2,80 4,52	0,45 0,76	<.0001	0,750	P = 0,8224+0,4417Cu
K Fe	g·kg ⁻¹ mg·kg ⁻¹	19,6 46,94	2,70 13,18	<.0001	0,428	K = 15,4396+0,0890Fe
K Cu	g·kg ⁻¹ mg·kg ⁻¹	19,6 4,52	2,70 0,76	0,0035	0,504	K = 11,4311+1,8110Cu
Fe Mn	mg·kg ⁻¹	46,94 7,30	13,18 1,81	<.0001	0,864	Fe = 1,1461+6,2747Mn

¹standard deviation, ²significance level, ³współczynnik korelacji Pearsona ³/Pearson's correlation coefficient

4.1. Azot (N)

Ważnym składnikiem w ocenie składu chemicznego bulw ziemniaka jest azot, którego ilość jest zależna głównie od nawozów organicznych i mineralnych. W badanych próbach bulw z upraw ekologicznych zawartość azotu determinowana była tylko i wyłącznie obornikiem, nawozami zielonymi i mikroorganizmami glebowymi. W świeżej masie zawartość tego pierwiastka wynosiła średnio 0,26%, co w przeliczeniu daje 1,63% białka. Zawartość białka ogółem wahała się granicach od 1,06 do 2,38%. Wyniki zawartości azotu ogółem w bulwach z upraw ekologicznych oscylują w zakresie 8,0-17,0 g·kg⁻¹ s.m. W doświadczeniach nawozowych polskich i zagranicznych [4, 15, 16, 20, 25, 26] wartości średnie azotu były o ok. 20-30% większe. Dienne zapotrzebowanie na białko u dorosłego człowieka wynosi 1 gram na kilogram masy ciała, np. gdy masa ciała wynosi 68 kg należałoby spożywać 68 g białka dziennie (w tym 34 g pochodzenia zwierzęcego i 34 g pochodzenia roślinnego) [30]. Białko ziemniaka jest cenne, pomimo że jego zawartość w ziemniaku jest znikoma. O jakości białka decydują zawarte w nim aminokwasy egzogenne, których organizm nie może syntetyzować samodzielnie, więc muszą być dostarczane w pożywieniu [11]. Z ośmiu aminokwasów niezbędnych dla człowieka białko ziemniaka zawiera siedem: leucynę, lizynę, izoleucynę, fenyloalaninę, treoninę, metioninę i walinę [1].

4.2. Potas i fosfor (K i P)

Z badanych makroelementów bulwy ziemniaka zawierały najwięcej potasu (tab. 1). Potas ma duże znaczenie gdyż odpowiedzialny jest za utrzymanie gospodarki wodno-elektrolitowej. Potas i wapń w ziemniakach działają zasadotwórczo, dlatego ziemniaki poleca się przy nadkwasocie oraz osobom jedzącym mięso, które ma właściwości zakwaszające [10, 11, 30]. Zawartość K w bulwach z upraw ekologicznych wynosiła średnio 410 mg·100g⁻¹ św.m. i wahała się w granicach od 280 do 580 mg·100g⁻¹. Dzienna norma tego pierwiastka wynosi 3500 mg [30]. Spożycie 100 gramów ziemniaków pokrywa dienne zapotrzebowanie w K w ok. 12%. Zawartość potasu w bulwach z upraw ekologicznych (13,1-25,9 g·kg⁻¹ s.m.) była zbliżona do zawartości potasu w doświadczeniach nawozowych [16, 17]. Badania hiszpańskich autorów [6, 24], którzy prowadzili porównanie m.in. wartości odżywczej marchwi, ziemniaków, pomidorów i truskawek, pokazują różne trendy w zawartości potasu i fosforu w zależności od systemu uprawy. Stwierdzili, oni większą zawartość potasu w marchwi i po-

midorach z upraw ekologicznych, a mniejszą w ziemniakach i papryce. Jest to spowodowane wieloma czynnikami takimi jak: właściwości gleby, nawożenie, rodzaje i odmiany upraw, które mogą prowadzić do nadmiaru lub niedoboru tego składnika. Większą zawartość potasu w uprawach ekologicznych tłumaczą min. tym, że potas charakteryzuje się dużą rozpuszczalnością i w związku z tym jest pobierany w większych ilościach, niż wymagane do optymalnego plonu, co prowadzi do większej koncentracji w tkankach roślinnych i bulwach. W badaniach gleby Jadwisina po 5-letnim okresie prowadzenia doświadczenia ekologicznego nie stwierdzono istotnych zmian w zmniejszaniu się zawartości potasu w glebie [22].

Ważnym pierwiastkiem decydującym o wartości przetworczej ziemniaka jest fosfor, którego zawartość w bulwach wynosiła średnio 57 mg·100g⁻¹, a wahała się od 19 do 74 mg św.m. Po wapniu fosfor jest minerałem występującym w największym stężeniu w organizmie człowieka [30]. Z 0,7 kg fosforu u dorosłej osoby około 85% znajduje się w kościach. Przy zalecanej normie fosforu 700 mg na dzień [30], 100 g ziemniaków z upraw ekologicznych pokrywa zapotrzebowanie człowieka na ten składnik w 8%. W badanych bulwach zawartość fosforu kształtowała się na poziomie zbliżonym do danych literaturowych [20, 28], w których autorzy nie zaobserwowali wpływu nawożenia i ochrony roślin na zawartość tego składnika w bulwach. Niektórzy autorzy zagraniczni nie wykazali różnic w zawartości P w zależności od systemu uprawy [7, 14]. Niektórzy zaś udowodnili większą zawartość fosforu w uprawach ekologicznych [27], a niektórzy większą zawartość fosforu w uprawach konwencjonalnych [24]. Większą lub taką samą zawartość P i K w bulwach z upraw ekologicznych, co z konwencjonalnych można tłumaczyć tym, że mikroorganizmy rozpuszczają minerały w skale stopniowo i dostarczają P i K dla wzrostu roślin, co udowodniono już wcześniej [6, 12, 24, 27], a bieżące wyniki są tego potwierdzeniem.

4.3. Magnez i wapń (Mg i Ca)

Zawartość magnezu w bulwach z upraw ekologicznych mieściła się w przedziale 16-28 mg·100g⁻¹, a wapnia nie przekraczała 13 mg·100g⁻¹ św. m. (tab. 1). Zawartość Mg w prowadzonych badaniach w porównaniu do danych literaturowych dotyczących systemów uprawy stosujących nawożenie i ochronę roślin [15, 19, 28, 29] kształtowała się na zbliżonym poziomie. Zapotrzebowanie na magnez wynosi od 300 mg/dzień dla kobiet do 400 mg/dzień dla mężczyzn. Spożycie 100 g ziemniaków pokrywa dienne zapo-

trzebowanie na ten składnik od 6 do 7%. Zawartość wapnia w bulwach z upraw ekologicznych wystąpiła w śladowych ilościach.

4.4. Żelazo i mangan (Fe i Mn)

Z badanych mikroelementów bulwy z upraw ekologicznych zawierały najwięcej żelaza (tab. 1). Systematyczne spożywanie ziemniaków, przyczynia się do uzupełnienia niedoborów w ten składnik. Żelazo wpływa na prawidłowe funkcjonowanie układu krwiotwórczego, uczestniczy w syntezie hemoglobiny oraz w procesie utleniania i dostarczaniu tlenu do tkanek [3, 30]. Wchodzi w skład enzymów oksydazy cytochromowej, peroksydazy i katalazy [5]. Zawartość Fe w bulwach z upraw ekologicznych wynosiła średnio $0,97 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ i wahała się w granicach od $0,65$ do $1,49 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ św.m. Dzienna norma tego pierwiastka wynosi 8 mg [30]. Spożycie 100 gramów ziemniaków pokrywa dzienne zapotrzebowanie na żelazo w ok. 12% dziennego zapotrzebowania. Oznaczone w niniejszej pracy poziomy żelaza są zbliżone do poziomów literaturowych traktujących o uprawach konwencjonalnych [17, 18]. Za prawidłowy stosunek żelaza do manganu w paszach przyjmuje się $2,5:1$ [18]. Jeżeli jest większy, prawdopodobnie występuje niedobór manganu. W prowadzonych badaniach stosunek ten wynosił $6,5:1$, co mogłoby wskazywać na niedobór manganu. Mangan spełnia bardzo ważne funkcje w roślinie. Bierze udział w procesie fotosyntezy, przemianach związków azotowych w roślinie oraz w biosyntezie witaminy C [5]. Wpływa na pobieranie fosforu i żelaza z gleby. Niedobór manganu w ziemniaku znacznie opóźnia rozwój rośliny. U człowieka jest on odpowiedzialny za przyswajanie witamin, tworzenie i reprodukcję tkanki łącznej i kości, metabolizm węglowodanów, lipidów i prawidłową pracę mózgu [30]. Zawartość Mn w bulwach z upraw ekologicznych wynosiła średnio $0,15 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ św.m., co przy zapotrzebowaniu $1,8-2,3$ na 100 gramów bulw realizuje zaopatrzenie w ten składnik w zakresie $7-8\%$.

4.5. Miedź, cynk i bor (Cu, Zn i B)

W niewielkich ilościach w bulwach ziemniaka obecne są: miedź (Cu), cynk (Zn) i bor (B). Rozporządzenie Komisji Europejskiej z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych nie reguluje dopuszczalnych zawartości miedzi i cynku. Limit zawartości tych składników został określony w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach [8]. Dopuszczalne zawartości miedzi to: $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.; cynku: $50-100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. w ziarnie pszenicy, ziemniakach i trawie. Zawartość Cu i Zn była znacznie poniżej tych wartości. W św. masie zawartość Cu w bulwach z upraw ekologicznych wynosiła średnio $0,095 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ św. m. i wahała się w granicach od $0,062$ do $1,49 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, co dawało 11% realizacji normy na ten pierwiastek. Zawartość Zn natomiast wynosiła średnio $0,26 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ św.m. Przy zalecanej normie Zn, $8-11 \text{ mg}$ na dzień, 100 g ziemniaków z upraw ekologicznych pokrywa zapotrzebowanie człowieka na ten składnik w zaledwie $2-3\%$. Na podstawie danych literaturowych [2, 9] można stwierdzić, że bulwy z upraw ekologicznych zawierają niewiele cynku i miedzi. Zawartość boru w bulwach wynosiła średnio $0,10 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ św.m., co dawało średnio 7% normy zapotrzebowania.

4.6. Wzajemne oddziaływanie biopierwiastków w bulwach ziemniaków z upraw ekologicznych

Wyniki przeprowadzonej regresji liniowej wielokrotnej, a następnie korelacji, wykazały interakcje pomiędzy niektórymi makro- i mikroelementami występującymi w bulwach ziemniaka. O stopniu zależności informują wartości standaryzowanych współczynników regresji (tab. 2). Im większa wartość współczynników regresji tym większa zależność pierwiastków. Dla zależności określonych współczynnikiem regresji $>0,5$ wykonano analizę korelacji. Najmocniejszą korelację pomiędzy pierwiastkami obliczono dla zawartości żelaza i manganu w bulwach. Zależność tę opisuje równanie regresji (tab. 3): $\text{Fe} = 1,1461 + 6,2747 \text{ Mn}$ o współczynniku korelacji liniowej Pearsona $r = 0,864$. Oznacza to, że jeżeli zawartość Fe wzrośnie o $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. to zawartość Mn wzrośnie o $6,27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s. m. W organizmie człowieka istnieje odwrotna zależność żelaza do manganu. Niedobór żelaza powoduje podwyższenie poziomu manganu i odwrotnie [5]. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona obliczony dla zależności między średnią zawartością fosforu a zawartością potasu wynosił $r = 0,740$. Zależność tę opisuje równanie: $\text{P} = 0,4422 + 0,1213 \text{ K}$. Dodatni średni współczynnik korelacji potwierdza zależność w nagromadzeniu większych ilości fosforu w bulwach wraz ze zwiększaniem się zawartości potasu (tab. 3). Analiza regresji liniowej wykazała istnienie zależności między zawartością fosforu i miedzi, która kształtowała się podobnie jak zależność fosforu od potasu. Współczynnik korelacji wynosił $r = 0,750$.

Zależność tę opisuje równanie: $\text{P} = 0,8224 + 0,4417 \text{ Cu}$.

Udowodniono również istotne korelacje pomiędzy zawartością potasu, miedzi i żelaza.

5. Podsumowanie i wnioski

Uzyskane wyniki badań pozwalają stwierdzić, że bulwy z produkcji ekologicznej odznaczały się korzystną zawartością potasu, fosforu, żelaza i miedzi. Ważnym pierwiastkiem będącym głównym składnikiem białka jest azot, którego zawartość w bulwach wynosiła średnio $0,26 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$, co daje około $1,63\%$ białka. Wapń w ziemniakach z upraw ekologicznych wystąpił w śladowych ilościach – $11 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ świeżej masy.

1. Spożycie 100 g ziemniaków pozwala na realizację normy dziennej na K, Fe i Cu odpowiednio w 12 , 12 i 11% , natomiast fosfor i magnez po spożyciu 100 g ziemniaków pokrywają dzienne zapotrzebowanie na te składniki odpowiednio w ok. 8 i 7% .

2. Średnia zawartość manganu, cynku i boru wynosiła: $0,15$, $0,26$ i $0,10 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ świeżej masy, co pokrywa zapotrzebowanie dzienne na te pierwiastki odpowiednio w $8-6$, $3-2$, $10-5\%$.

3. Analiza regresji i korelacji wykazały wysoką zależność pomiędzy niektórymi pierwiastkami występującymi w bulwach ziemniaka wyrażoną współczynnikiem korelacji Pearsona. Najmocniejszą korelację pomiędzy pierwiastkami obliczono dla zawartości żelaza i manganu. Zależność tę opisuje równanie regresji: $\text{Fe} = 1,1461 + 6,2747 \text{ Mn}$ o współczynniku korelacji liniowej Pearsona $r = 0,864$.

4. Największą korelację stwierdzono w zależnościach zawartości: P i K, P i Cu, K i Fe, K i Cu. Współczynniki korelacji Pearsona wynosiły $r = 0,740$ dla P i K; $r = 0,750$ dla P i Cu; $r = 0,750$ dla K i Fe = $0,428$; r oraz dla K i Cu = $0,504$.

6. Bibliografia

- [1] Ahmed E. Elfaki, Afaf M. Abbsher: Nutritional situation of potato subjected to Sudanese cooking methods. *J. Appl. Sci. Res.*, 2010, 6(8), 980-924.
- [2] Bednarek W., Tkaczyk P., Dresler S.: Zawartość metali ciężkich, jako kryterium oceny jakości bulw ziemniaka. *Ann. UMCS, Sec. E*, 2006, 61, 121-131.
- [3] Błoniarz J., Zareba S., Rahnama M.: Żelazo i Mangan w wybranych ziołach i herbatach ziołowo-owocowych. *RPZHAW*, 2005, T. 56 (2), 179-188.
- [4] Gianquinto G., Bona S.: The significance of trends in concentrations of total nitrogen and nitrogenous compounds. In: Management of nitrogen and water in potato production. Haverkort a. MacKerron (eds). Wageningen Pers, Wageningen, 2000, 35-54.
- [5] Jędrzejczak R.: Żelazo i mangan w żywności. *Rocz. Państ. Zakł. Hig.*, 2004, 55 (supplement), 13-20.
- [6] Hargreaves J.C., Adl M.S., Warman P.R., Rupasinghe H.P.V.: The effects of organic and conventional nutrient amendments on strawberry cultivation: fruit yield and quality. *J. Sci. Food Agric.* 2008, 88, 2669-2675.
- [7] Herencia J.F., García-Galavís P.A., Ruiz Dorado J.A., Maqueda C.: Comparison of nutritional quality of the crops grown in an organic and conventional fertilized soil. *Scientia Horticulturae*, 2011, 129, 882-888.
- [8] Kabata-Pendias A., Motowiecka-Trelak T., Piotrowska M., Trelak H., Witek T.: Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką - ramowe wytyczne dla rolnictwa. *Wyd. IUNG*. 1993, 1-20.
- [9] Kaniuczak J., Hajduk E., Właśniewski S.: Wpływ wapnowania i nawożenia mineralnego na zawartość manganu i cynku w bulwach ziemniaków i zielonej masie słonecznika pastewnego uprawianych na glebie lessowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2009, 541, 199-206.
- [10] Leszczyński W.: Ziemniak jako produkt spożywczy. *Post. Nauk Rol.*, 1994, 1, s. 15-29.
- [11] Mazurczyk W., Lis B.: Skład chemiczny a wartość odżywcza ziemniaka. *Poradnik producentów ziemniaka*, 2000, 89-92.
- [12] Melero S., Madejón E., Herencia J.F., Ruiz J.C.: Long-term study of properties of a xerofluent of the Guadalquivir River Valley under organic fertilization. *Agron. J.*, 2008, 100, 611-617.
- [13] Nowacki W.: Nawadnianie plantacji ziemniaka w różnych systemach produkcji. *Wyd. IHAR-PIB*. 2010, 56 ss.
- [14] Phillips, S.B., Mullins, G.L., Donohue, S.J.: Changes in snap bean yield, nutrient composition, and soil chemical characteristics when using broiler litter as fertilizer source. *J. Plant Nutr.*, 2002, 25 (8), 1607-1620.
- [15] Piikki K., Vorne V., Ojanperä K., Pleijel H.: Impact of elevated O₃ and CO₂ exposure on potato (*Solanum tuberosum L. cv. Bintje*) tuber macronutrients (N, P, K, Mg, Ca). *Agric. Ecosyst. Environ.*, 2007, 118, 55-64.
- [16] Płaza A.: Skład chemiczny bulw ziemniaka jadalnego w warunkach zróżnicowanego nawożenia organicznego. *Ann. UMCS, Sec. E.*, 2004, 59(3), 1327-1334.
- [17] Prośba-Białczyk U., Mydlarski M.: Wpływ warunków siedliska i właściwości odmian na zawartość pierwiastków śladowych w bulwach ziemniaka. *Biul. IHAR* 2000, 213, 45-53.
- [18] Rogóż A.: Zawartość pierwiastków śladowych w glebach i wybranych roślinach okopowych. Cz. II. Zawartość manganu i żelaza. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2009, 541/2, 365-373.
- [19] Rogóż A., Trąbczyńska K.: Zawartość pierwiastków śladowych w glebach i wybranych roślinach okopowych. Zawartość miedzi i cynku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2009, 541/2, 353-363.
- [20] Różyło K., Pałys E.: Wpływ nawożenia i warunków glebowych na skład chemiczny bulw ziemniaka oraz ich stan zdrowotny. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2006, 511, s. 279-286.
- [21] Trawczyński T., Bogdanowicz P.: Wykorzystanie użyźniacza glebowego w aspekcie ekologicznej uprawy ziemniaka. *J. Res. Appl. Agric. Engng.*, 2007, 52(4), 94-97.
- [22] Trawczyński T.: Ocena zmian właściwości chemicznych gleby lekkiej w ekologicznym systemie uprawy roślin z nawadnianiem. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 2011, 56(4), 171-177.
- [23] Ustawa o bezpieczeństwie żywności i żywienia. *Dz. U.* 2009, 98, poz. 817.
- [24] Warman P.R.: Soil fertility, yield a nutrient contents of vegetable crops after 12 years of compost or fertilizer amendments. *Biol. Agric. Hort.*, 2005, 23, 85-9.
- [25] Wierzbicka A.: Zmienność wybranych cech jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem i terminu zbioru. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2006, 511, 175-187.
- [26] Wierzbicka A., Mazurczyk W., Wroniak J.: Wpływ nawożenia azotem i terminu zbioru na plon i wybrane cechy jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 2008, 530, 207-216.
- [27] Wszelaki A.L., Delwiche J.F., Walker S.D., Liggett R.E., Scheerens J.C., Kleinhenz M.D.: Sensory quality and mineral and glycoalkaloid concentrations in organically and conventionally grown redskin potatoes (*Solanum tuberosum*). *J. Sci. Food Agric.*, 2005, 85, 720-726.
- [28] Zarzecka K., Gugąła B.: Content and uptake of phosphorus and calcium with the yield of potato tubers. *J. Elementol.*, 2010, 15(1), 385-392.
- [29] Zarzecka K., Gugąła B., Zadrożniak B.: Impact of insecticides on Magnesium and Calcium contents in potato tubers. *J. Elementol.*, 2009, 14(1), 189-195.
- [30] zdrowezywienie.w.interia.pl/mineraly.html