

**Zawartość wybranych pierwiastków śladowych w bulwach
słodkiego ziemniaka (*Ipomoea batatas* L. (Lam))**
**The content of selected trace elements in sweet potato
(*Ipomoea batatas* L. (Lam)) tubers**

Barbara Krochmal-Marczak, Marta Pisarek, Bernadetta Bienia,
Magdalena Dykiel, Elżbieta Brągiel

Zakład Produkcji i Bezpieczeństwa Żywności, Karpacka Państwowa Uczelnia w Krośnie,
ul. Dmochowskiego 12, 38-400 Krosno, e-mail: barbara.marczak@kpu.krosno.pl

Słowa kluczowe: słodki ziemniak, mikroelementy, odmiany, technologie uprawy
Key words: sweet potato, microelements, varieties, cultivation technologies

Streszczenie

Celem pracy było określenie akumulacji wybranych mikropierwiastków w bulwach słodkiego ziemniaka w zależności od ich genotypu i technologii uprawy. Eksperyment polowy przeprowadzono w 2019 roku w Żyznowie, woj. podkarpackie (49°49'01"N 21°50'21"E), na glebie brunatnej, kompleksu pszennego wadliwego. Założono go metodą bloków zrandomizowanych, w 3 powtórzeniach. Czynnikiem eksperymentu były odmiany (Carmen Rubin, Goldstar i White Triumph) o zróżnicowanym typie morfologiczno-fizjologicznym, a także technologie uprawy (Tradycyjna – jako kontrola, PE-folia, PP-włóknina). Nawożenie było na stałym poziomie (organiczne w formie obornika w ilości 25 t ha⁻¹ jesienią, a mineralne wiosną, przed sadzeniem w ilości: 80 kg N; 34,9 kg P; 99,6 kg K ha⁻¹). W okresie wegetacji prowadzono zabiegi uprawowe zgodnie z zasadami Dobrej Praktyki Rolniczej. W czasie zbiorów pobrano próby bulw średniej wielkości do analiz chemicznych, które pochodziły z 10 roślin każdego poletka. Zawartość mikropierwiastków (mangan, żelazo, miedź, cynk) oznaczono metodą spektrometrii absorpcji atomowej. Wyniki badań opracowano statystycznie, stosując jednoczynnikową analizę wariancji przy poziomie istotności $p = 0,05$. Akumulacja mikropierwiastków w bulwach słodkiego ziemniaka była związana zarówno z właściwościami odmianowymi, jak i ich reakcją na technologie uprawy pod osłonami. Z badanych mikropierwiastków bulwy słodkiego ziemniaka zawierały najwięcej żelaza, najmniej zaś miedzi. Największą zawartością miedzi odznaczała się odmiana White Triumph, zaś w mangan, żelazo i cynk najbardziej zasobna była odmiana Goldstar.

Summary

The aim of this study was to determine the accumulation of selected micro-elements in sweet potato tubers depending on their genotype and cultivation method. The field experiment was conducted in 2019 in Żyżnów, Podkarpackie Province (49°49'01"N 21°50'21"E), in brown earth, on defective wheat complex. It was based on a randomized block design in three replicates. The experimental factors were cultivars (Carmen Rubin, Goldstar and White Triumph) of various morphological and physiological types, as well as cultivation methods (traditional – as control, PE – polyester film, PP – nonwoven). The fertilisation was maintained on a fixed level (organic – manure in the amount of 25 t ha⁻¹ in autumn, and mineral in spring, prior to planting, in the amount of: 80 kg N; 34.9 kg P; 99.6 kg K ha⁻¹). During vegetation, cultivation was carried out in accordance with normal agricultural practice. During harvest, medium-sized tuber samples were collected for chemical analyses, all sourced from 10 plants from each crop plot. The content of micro-elements (manganese, iron, copper, zinc) was determined with the use of atomic absorption spectroscopy. The research results were analysed statistically using one-way analysis of variance at a significance level $p=0.05$. The accumulation of micro-elements in sweet potato tubers was connected both to cultivar properties and to their reaction to under-cover cultivation methods. Of the micronutrients tested, sweet potato tubers contained the most iron, and the least copper. The highest content of copper was White Triumph, while the most abundant in manganese, iron and zinc was the Goldstar variety.

Wstęp

W ostatnim czasie obserwuje się dynamiczny rozwój nowego rynku żywności, będącego odpowiedzią na wymagania i potrzeby współczesnego konsumenta. Wzrastająca świadomość zdrowotna konsumentów przyczynia się do wzrostu popytu na surowce i produkty spożywcze zawierające w swym składzie cenne składniki odżywcze, do których należą między innymi mikropierwiastki. Zalecane dzienne dawki spożycia przez człowieka – ustalone przez WHO – nie przekraczają 100mg/dobę, wynosząc dla: manganu 2,5–6 mg, żelaza 10–15 mg, miedzi 1,5–4 mg, cynku 15 mg/dobę [1]. W organizmie człowieka pełnią wiele funkcji, m.in. stanowią materiał budulcowy kości, skóry i włosów, regulują gospodarkę wodno-elektrolitową i utrzymują równowagę kwasowo-zasadową. Organizm ludzki nie potrafi ich syntetyzować i dlatego powinny być dostarczane w odpowiednich ilościach i w proporcjach wraz z pożywieniem [2]. Rośliną, która może być źródłem tych pierwiastków jest słodki ziemniak (*Ipo-*

moea batatas L.) zwany batatem, patatem lub wilcem ziemniaczanym. Jest on gatunkiem wieloletnim w strefie klimatu ciepłego i rośliną jednoroczną, jarą – w strefie umiarkowanej. Jest to siódma najważniejsza roślina na świecie po pszenicy, ryżu, kukurydzy, ziemniakach, jęczmieniu i manioku [3]. Użytkową częścią tego gatunku są bulwy, o wysokiej wartości odżywczej, a zwłaszcza wysokiej zawartości mikropierwiastków [4]. Zawartość mikropierwiastków w bulwach batata jest uwarunkowana głównie cechami genetycznymi odmiany, które jednak mogą być modyfikowane przez zabiegi agrotechniczne [5]. Według badań Zarzeckiej i in. [6] zawartość mikropierwiastków w plonach roślin uprawnych jest ważnym zagadnieniem agrotechnicznym, a także istotną cechą odmianową według kryteriów konsumpcyjnych i paszowych. Zdaniem tej autorki, liczne przypadki zmian zawartości mikropierwiastków w roślinach powodowane są przez zastosowaną agrotechnikę. Dlatego też celem niniejszej pracy było określenie akumulacji mikropierwiastków w bulwach słodkiego ziemniaka w zależności od ich genotypu i technologii uprawy.

Materiał i metody

Eksperyment polowy przeprowadzono w 2019 roku w Żywnowie, woj. podkarpackie (49°49' 01 "N 21°50'21 "E), na glebie brunatnej, kompleksu pszenego wadliwego. Doświadczenie założono metodą bloków zrandomizowanych, w 3 powtórzeniach. Czynnikiem eksperymentu były odmiany (Carmen Rubin, Goldstar i White Triumph), o zróżnicowanym typie morfologiczno-fizjologicznym, a także technologie uprawy (Tradycyjna – jako kontrola, PE-folia, PP-włóknina). Sadzonki słodkiego ziemniaka wysadzano w rozstawie 40 × 75 cm w drugiej połowie maja. Wielkość poletek do zbioru wynosiła 15 m². Nawożenie było na stałym poziomie (organiczne w formie obornika w ilości 25 t ha⁻¹ jesienią, a mineralne wiosną, przed sadzeniem w ilości: 80 kg N; 34,9 kg P; 99,6 kg K ha⁻¹). W okresie wegetacji prowadzono zabiegi uprawowe zgodnie z zasadami Dobrej Praktyki Rolniczej. W czasie zbiorów pobrano próby bulw średniej wielkości do analiz chemicznych, które pochodziły z 10 roślin każdego poletka. Zawartość mikropierwiastków (mangan, żelazo, miedź, cynk) oznaczono metodą spektrometrii absorpcji atomowej [7]. Próby bulw wysuszono do stałej masy w 70°C, a następnie w temperaturze 105°C. Suszone próbki (1 g) były rozpuszczane w mieszaninie HNO₃ (7 mL) + H₂O₂ (1mL). Otrzymany materiał zmineralizowano w laboratoryjnym piecu mikrofalowym Ethos przez jeden cykl. Wyniki badań opracowano statystycznie, stosując jednoczynnikową analizę wariancji przy poziomie istotności $p = 0,05$.

Wyniki badań i ich omówienie

Z badanych mikropierwiastków bulwy batata zawierały najwięcej żelaza, najmniej zaś miedzi (Tabela 1).

Tabela 1. Zawartość pierwiastków śladowych w suchej masie bulw *Ipomoea batatas*.

Table 1. The content of trace elements in the dry mass of *Ipomoea batatas* tubers.

Czynniki eksperymentu		Zawartość w suchej masie bulw [mg·kg ⁻¹ s.m.]			
		Miedź	Mangan	Żelazo	Cynk
Technologia uprawy	Tradycyjna	1,06	9,20	49,42	9,55
	PE-folia	1,08	9,60	51,73	13,45
	PP-włóknina	1,13	11,47	32,58	9,68
	NIR _{0,05}	0,04	0,79	2,80	0,19
Odmiany	Goldstar	1,12	11,68	63,91	15,16
	Carmen Rubin	0,98	8,64	25,29	9,08
	White Triumph	1,33	10,92	48,86	9,77
	NIR _{0,05}	0,03	0,77	2,70	0,18
Średnia		1,12	10,25	45,30	11,12

* nieistotne przy poziomie α 0,05

Miedź (Cu)

Miedź jest mikropierwiastkiem występującym w centrach aktywnych wielu enzymów. Znajduje się tam ze względu na łatwość pobierania i oddawania elektronu w czasie zmiany stopnia utlenienia. Potrzebna jest m.in. do tworzenia się krwinek czerwonych, wchodzi w skład hemocyjaniny, wpływa pozytywnie na błonę otaczającą komórki nerwowe, bierze udział w przesyłaniu impulsów nerwowych. Wchodzi także w skład enzymu o działaniu przeciwutleniającym, zwanego dysmutazą ponadtlenkową, chroniącego błony komórkowe przed wolnymi rodnikami. Ponadto bierze udział w tworzeniu tkanki łącznej i syntezie prostaglandyn, wpływających m.in. na czynność serca i ciśnienie tętnicze krwi [8, 9]. Średnia zawartość tego pierwiastka w bulwach batata wynosiła przeciętnie 1,12 mg·kg⁻¹, z wahaniami od 0,98 do 1,33 mg·kg⁻¹ s.m. (Tabela 1).

Technologie uprawy różnicowały istotnie zawartość miedzi w suchej masie bulw batata. Najwyższą zawartość tego mikropierwiastka stwierdzono

w bulwach pochodzących z uprawy pod osłoną z włókniny polipropylenowej, najniższą zaś – w uprawie z zastosowaniem folii polietylenowej. Należy też zaznaczyć, że różnica w zawartości tego pierwiastka w bulwach między tą ostatnią technologią a obiektem kontrolnym była na korzyść technologii tradycyjnej, bez osłon. Z kolei zawartość miedzi w bulwach, pochodzących z technologii tradycyjnej i z zastosowaniem włókniny polipropylenowej była zbliżona (Tabela 1).

Cechy odmianowe w największym stopniu różnicowały zawartość miedzi w suchej masie bulw. Najwyższą zawartością tego mikropierwiastka w bulwach charakteryzowała się odmiana White Triumph, najniższą zaś – Carmen Rubin. Z kolei odmiana Goldstar odznaczała się istotnie wyższą koncentracją miedzi w bulwach niż odmiana Carmen Rubin, ale znacząco niższą od odmiany White Triumph (Tabela 1). Zawartość miedzi nie stanowiła zagrożenia przekroczeniem tymczasowej tolerowanej tygodniowej dawki pobrania (PTWI). Norma PTWI dla miedzi, w przypadku osób o masie 60 kg, wynosi 3–30 mg [3]. Podstawową rolą tego biopierwiastka jest udział w procesach oksydacyjno-redukcyjnych w postaci enzymów. Zdaniem Makary-Studzińskiej i in. [10] niedobór miedzi przejawia się w różnych zespołach chorobowych: anemii, zahamowaniu wzrostu i płodności, zaburzeniach nerwowych i chorobach układu krążenia. Zalecane dzienne spożycie tego pierwiastka wynosi 2–2,5 mg dla dorosłego człowieka [2, 11]. Głównym źródłem tego mikropierwiastka są produkty zbożowe, ziemniak, mięso, wędliny i ryby [10], zaś źródłem dodatkowym, jak wynika z badań własnych, może być również batat.

Mangan (Mn)

Średnia zawartość manganu, mikropierwiastka obecnego w centrach reaktywności wielu enzymów i niezbędnego do życia [9], wynosiła przeciętnie $10,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, z wahaniami od $8,64$ do $11,68 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ suchej masy bulw batata (Tabela 1).

Technologie uprawy różnicowały istotnie zawartość manganu w bulwach. Najmniejszą ilość tego pierwiastka stwierdzono w bulwach pochodzących z tradycyjnej technologii uprawy, największą zaś – w technologii uprawy z zastosowaniem włókniny. Zawartość manganu w bulwach pochodzących z uprawy pod włókniną polipropylenową nie różniła się istotnie od obiektu kontrolnego, bez osłon, ale była istotnie wyższa niż w obiekcie z folią polietylenową (Tabela 1). Stężenie manganu w bulwach batata wynosiło przeciętnie $10,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ suchej masy bulw. Jest on naturalnym antyoksydantem (przeci-

wutleniaczem). Chroni komórki przed niszczącym działaniem utleniaczy. Jest składnikiem wielu enzymów (karboksylaza pirogronianowa, polimeraza DNA i RNA, polimeraza polisacharydowa, arginaza, kofaktor dla kinazy mewalanianowej). Uczestniczy więc w syntezie kwasów nukleinowych, wielocukrów (mukopolisacharydów), cholesterolu i białek [14]. Według Gilbowskiego [12] mangan obecny jest w centrach reaktywności wielu enzymów i jest niezbędnym do życia mikroelementem. Jego minimalne, dzienne spożycie powinno wynosić ok. 1 mg. Niedobór tego pierwiastka powoduje opóźnienie w rozwoju fizycznym. Mangan zapobiega osteoporozie i chroni przed zapaleniem stawów. Stanowi też tarczę obronną organizmu przed wolnymi rodnikami (jako składnik dysmutazy nadtlenkowej), wpływa na prawidłowe funkcjonowanie mózgu.

Najbardziej zasobne w mangan okazały się bulwy odmiany Goldstar, najmniej zaś – bulwy odmiany Carmen Rubin. Bulwy odmiany White Triumph zawierały istotnie więcej tego składnika niż bulwy odmiany Carmen Rubin, ale nie różniły się pod względem tej cechy od odmiany Goldstar (Tabela 1).

Żelazo (Fe)

Żelazo jest niezbędne przede wszystkim do syntezy hemoglobiny, mioglobiny i cytochromów oraz uczestniczy w procesie utleniania i dostarczania tlenu do tkanek. Wchodzi w skład enzymów: oksydazy, peroksydazy i katalazy. Zawartość żelaza w badaniach własnych wynosiła przeciętnie $45,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, z wahaniami od $25,29$ do $63,91 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy bulw (Tabela 1).

Technologie uprawy batata różnicowały istotnie zawartość tego pierwiastka w bulwach. Największą ilość żelaza stwierdzono w bulwach pochodzących z uprawy pod folią polietylenową, zaś najniższą – w uprawie z zastosowaniem włókniny polipropylenowej. Należy zaznaczyć również, że zawartość tego mikropierwiastka w bulwach pochodzących z uprawy pod folią, jak i z tradycyjnej uprawy, bez osłon, była zbliżona (Tabela 1).

Najwyższą zawartością żelaza w bulwach odznaczała się odmiana Goldstar, zaś ponad 2,5-krotnie niższą – odmiana Carmen Rubin. Należy dodać, że bulwy odmiany White Triumph wyróżniały się prawie 2-krotnie wyższym stężeniem tego składnika niż u odmiany Carmen Rubin, ale istotnie niższym od odmiany Goldstar (Tabela 1). W przeprowadzonych badaniach bulwy batata – spośród mikropierwiastków – zakumulowały najwięcej żelaza ($45,30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.), najmniej zaś – miedzi. Krochmal-Marczak i Sawicka [13] wykazały, że zawartość żelaza w bulwach batata kształtuje się na poziomie $10,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.

bulw i znajduje się znacznie poniżej dopuszczalnej, maksymalnej zawartości dla produktów spożywczych o zawartości suchej masy <50% [11]. Zdaniem Śmigielskiej i in. [14] pierwiastek ten w bulwach batata występuje w dwóch formach, istotnie różniących się przyswajalnością, a mianowicie w postaci żelaza hemowego, które wchodzi w skład hemoglobiny i mioglobiny oraz żelaza niehemowego, czyli jego związków nieorganicznych, głównie w postaci Fe^{+3} . Problemem jest przyswajalność tego pierwiastka przez organizm ludzki lub zwierzęcy. Kwas fitynowy, występujący w produktach spożywczych oraz polifenole, występujące w warzywach, kawie i herbacie, zmniejszają jego absorpcję. Obniżenie przyswajalności żelaza występuje też w przypadku wysokiego poziomu białka i tłuszczów oraz nadmiaru wapnia, fosforu, cynku i manganu w diecie.

Cynk (Zn)

Średnia zawartość cynku, jednego z niezbędnych mikropierwiastków, obecnego w centrach aktywnych ok. 200 enzymów uczestniczących w różnych procesach, m.in. w przemianach metabolicznych [13], wynosiła $11,12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, z wahaniami od $9,08$ do $15,16 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, suchej masy bulw batata (Tabela 1).

Technologie uprawy różnicowały istotnie zawartość cynku w suchej masie bulw batata. Najwyższą zawartość tego mikropierwiastka stwierdzono w bulwach pochodzących z uprawy pod folią polietylenową, zaś najniższą – w bulwach z uprawy tradycyjnej. Należy przy tym zaznaczyć, że stężenie cynku w bulwach pochodzących z uprawy tradycyjnej, jak i pod osłoną z włókniny, nie różniło się istotnie między sobą.

Najwyższą zawartością cynku w bulwach wyróżniała się odmiana Goldstar, najniższą zaś – odmiana Carmen Rubin. Odmiana White Triumph zgromadziła istotnie więcej tego składnika niż odmiana Carmen Rubin, ale znacząco mniej niż odmiana Goldstar (Tabela 1). Należy zaznaczyć, że pierwiastek ten jest bardzo ważny w metabolizmie człowieka, bowiem wchodzi w skład ok. 200 enzymów, biorących udział w różnych przemianach ustrojowych. Jak wskazują wyniki badań Makary-Studzińskiej i in. [10], jest on niezbędny do syntezy białek ustrojowych i kwasów nukleinowych. Obecnie mówi się powszechnie o konieczności suplementacji tego pierwiastka w diecie, gdyż stwierdzono zbyt małe jego spożycie [12].

Przeprowadzone badania wskazują na wpływ cech genetycznych odmian na gromadzenie mikropierwiastków w bulwach batata. Navas i in. [15] porównywali zdolność akumulacji metali w bulwach różnych odmian *Ipomoea batatas*, nie

stwierdzili jednak żadnego zagrożenia dla zdrowia ludzi. Należy jednak dodać, że w Indiach bulwy batata uzyskiwano w zupełnie odmiennych niż w Polsce warunkach klimatycznych i przy stosowaniu nawadniania. Według USDA [16] w 100 g świeżych bulw batata występuje ok. 0,30 mg cynku, 0,151 mg miedzi, 0,258 mg manganu, z błędem standardowym na poziomie 0,015–0,033. Wpływ właściwości odmianowych na zawartość żelaza, manganu i cynku w bulwach batata, podkreślają także Picha [17], An [18], Zannou i in. [5].

Zastosowanie osłon, w uprawie *Ipomoea batatas*, wywarło zróżnicowany wpływ na zawartość mikropierwiastków w bulwach. Uprawa pod folią polietylenową przyczyniła się z jednej strony do zwiększenia zawartości żelaza i cynku, z drugiej zaś – do zmniejszenia koncentracji miedzi i manganu w suchej ich masie, w porównaniu do obiektu z włókniną. Z kolei użycie włókniny polipropylenowej spowodowało zmniejszenie koncentracji żelaza w bulwach. To zróżnicowane oddziaływanie technologii uprawy pod osłonami na poziom badanych mikropierwiastków mogło wynikać z odmiennego wpływu stresowych warunków wysokiej temperatury, w warunkach uprawy pod osłonami, na metabolizm roślin.

Wnioski

1. Akumulacja mikropierwiastków w bulwach słodkiego ziemniaka była związana zarówno z właściwościami odmianowymi, jak również z ich reakcją na technologie uprawy.
2. Z badanych mikropierwiastków bulwy słodkiego ziemniaka zawierały najwięcej żelaza, najmniej zaś miedzi.
3. Największą zawartością miedzi odznaczała się odmiana White Triumph, zaś w mangan, żelazo i cynk najbardziej zasobna była odmiana Goldstar.

Literatura

- [1] Mozolewski W., Radzymińska M., Łazicki T., Jakość ziemniaka spożywczego w opinii konsumentów, Biuletyn Instytutu Hodowli Aklimatyzacji Roślin, 2014, 272, s. 5–16.
- [2] Kłosiewicz-Latoszek L., Zalecenia żywieniowe w prewencji chorób przewlekłych, Problemy Higieniczno-Epidemiologiczne, 2009, 90(4), s. 44–450.
- [3] Yan L., Gu YH., Tao X., Lai XJ, Zhang YZ., Tan XM., Wang H., Scanning of transposable elements and analysing expression of transposase genes of sweet potato (*Ipomoea batatas*), PLoS One, 2014, 79(3), s. 890–895.
- [4] Krochmal-Marczak B., Sawicka B., Słupski J., Cebulak T., Paradowska K., Nutrition value of the sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivated in south-eastern Polish conditions, International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR), 2014, 4(4), 169–178.

- [5] Zannou A., Gbaguidi M., Ahoussi-Dahouenon E., Synthesis of research on sweet potato (*Ipomoea batatas*) with a view to its valorization: A review, *International Journal of Chemical Science*, 2017, 1(2), s. 84–89.
- [6] Zarzecka K., Gugęła M., Mystkowska I., Baranowska A., Ocena zawartości azotanów (V) i mikroelementów w bulwach ziemniaka jadalnego, *Problemy Higieniczno-Epidemiologiczne*, 2016, 9(3), s. 29–283.
- [7] Ostrowska A., Gawliński s., Szczubiałkowska Z., *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*, IOŚ, Warszawa 1991.
- [8] Szajkowski Z., Badania nad zawartością i wzajemnymi relacjami wybranych składników mineralnych w całodziennych racjach pokarmowych wytypowanych populacji z regionu Wielkopolski. Cz. IV. Wzajemne relacje między Fe i Cu, *Nowiny Lekarskie*, 2000, (69), s. 24–37.
- [9] Szpetnar M. i wsp., Wpływ manganu (Mn), miedzi (Cu) i glutaminy na stężenie wybranych elementów w skórkach szczurów, X Naukowa Lubelska Konferencja Magnezologiczna nt.: Aktualne kierunki badań nad pierwiastkami, 26 maja Lublin 2007, s. 51.
- [10] Makara-Studzińska M., Moryłowska J., Rudnicka-Drożak E., The role of Copper, Magnesium and Zinc in Depression – State of Research, *Polish Journal Environmental Studies*, 2006, 15 (3a), s. 104–106.
- [11] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą się znajdować w żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności (Dz.U.2003, nr 37, poz.325 i 326).
- [12] Glibowski P., Zawartości wybranych metali w owocach i warzywach w latach 2001–2005, *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 2006, 12, s. 36–37.
- [13] Krochmal-Marczak B., Sawicka B., Zmienność wybranych cech *batata Ipomoea batatas* (L.) LAM. w warunkach Polski, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2007, 517 (2), s. 447–457.
- [14] Śmigielska H., Lewandowicz G., Gawędzki J., Biopierwiastki w żywności, *Przemysł Spożywczy*, 2005, 7, s. 28–32.
- [15] Navas P.B., Carrasquero A., Mantilla J., Chemical characteristics of sweet potato (*Ipomoea batatas*) var. Carolina flour. *Revista de la Facul. de Agronomia Universidad del Zulia*, 1999, 16 (1), s. 11–18.
- [16] USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 20, 2018, <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search> (data dostępu: 14.01.2020).
- [17] Picha D. H., Crude protein, minerals and total carotenoid in sweet potatoes. *Journal Food Science*, 1985–50, s. 1768–1769.
- [18] An L.V., Sweet potato leaves for growing pigs. Biomass yield, digestion and nutritive value, Doctor's thesis, Swedish University of Agriculture Sciences, 2004, s. 1–46.

Do cytowania:

Krochmal-Marczak B., Pisarek M., Bienia B., Dykiel M., Brągiel E., Zawartość wybranych pierwiastków śladowych w bulwach słodkiego ziemniaka (*Ipomoea batatas* L. (Lam)), *Herbalism*, 2020, 1 (6), s. 44–52.