

Cechy morfologiczne bulw ziemniaka ważne dla konsumenta i przemysłu

Morphological features of the potato tubers important for the consumer and industry

Krystyna Zarzecka^{1*}, Agnieszka Ginter¹, Magdalena Zawodniak²,
Iwona Mystkowska³

¹ Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa, Uniwersytet w Siedlcach, ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce

² Mazowiecki Szpital Wojewódzki im. św. Jana Pawła II w Siedlcach, ul. Ks. J. Poniatowskiego 26, 08-110 Siedlce

³ Katedra Dietetyki, Akademia Białska Nauk Stosowanych im. Jana Pawła II, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Biała Podlaska

*e-mail: krystyna.zarzecka@uws.edu.pl

Słowa kluczowe: wielkość bulwy, kształt bulwy, głębokość oczek, wygląd skórki

Keywords: tuber size, tuber shape, depth of eyes, skin appearance

Streszczenie

W pracy, na podstawie analizy dostępnego piśmiennictwa, dokonano charakterystyki najważniejszych cech morfologicznych bulw ziemniaka przeznaczonych do konsumpcji, przetwórstwa spożywczego, przemysłowego oraz produkcji sadzeniaków. Cechy morfologiczne, zaliczane do tzw. cech zewnętrznych bulw, w istotnym stopniu determinują ich wartość użytkową w zależności od kierunku zagospodarowania. Przedstawiono i omówiono kluczowe parametry jakościowe, takie jak wielkość bulw, kształt i regularność ich kształtu, głębokość oczek, wygląd oraz barwę skórki, a także barwę miąższu, z uwzględnieniem odmian zarejestrowanych w Polsce w 2024 roku.

Summary

This study, based on an analysis of the available literature, presents a characterization of the most important morphological traits of potato tubers intended for table consumption, food processing, industrial processing, and seed potato production. Morphological traits, classified as the so-called external characteristics of tubers, significantly determine their utility value depending on the intended direction of use. The key quality parameters discussed include tuber size, shape and shape regularity, eye depth, skin appearance and color, as well as flesh color, taking into account cultivars registered in Poland in 2024.

Wstęp

Ziemniak (*Solanum tuberosum* L.) jest istotną czwartą rośliną spożywczą na świecie, po pszenicy, kukurydzy i ryżu [1–3]. W latach 2012–2016 ziemniak awansował z czwartej na trzecią pozycję, stając się najważniejszą rośliną żywnościową po ryżu i pszenicy [4]. Jest on jedną z priorytetowych upraw ze względu na wartość odżywczą bulw, potencjał plonowania oraz wartość ekonomiczną, zapewniającą bezpieczeństwo żywnościowe [5]. Bulwa ziemniaka jest cennym źródłem energii i związków ważnych w diecie człowieka, takich jak węglowodany, białko, witaminy, błonnik pokarmowy, oraz liczne składniki mineralne i prozdrowotne [6–7]. Stąd ziemniak jako podstawowy produkt żywnościowy jest doceniany przez człowieka od dawna bywa określany „chlebem ubogich” [8], a obecnie coraz częściej „drugim chlebem”, gdyż – podobnie jak chleb – nigdy się nie znudzi [6, 9], lub „królem warzyw” [10]. Bulwy ziemniaka mają wielostronne wykorzystanie: jako podstawowe źródło pożywienia (bezpośrednie spożycie), w przetwórstwie spożywczym, przetwórstwie przemysłowym [11–13], na paszę oraz do rozmnażania jako sadzeniaki [14]. Wymagania jakościowe bulw są ściśle związane z kierunkiem ich użytkowania. Kupując ziemniaki do bezpośredniej konsumpcji, szczególną uwagę zwraca się na wygląd zewnętrzny bulw i cenę.

Przemysł natomiast stawia dość rygorystyczne wymagania wobec cech morfologicznych, a zależą one od wytwarzanego produktu [15]. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie znaczenia i wymagań jakościowych cech morfologicznych (zewnętrznych) w różnych kierunkach produkcji ziemniaka – bulw jadalnych, do przetwórstwa spożywczego i przemysłu skrobiowego – ważnych z punktu widzenia producenta, konsumenta i handlowca. Należy też nadmienić, że większość badań i analiz prezentowanych w literaturze skupia się na wydajności plonu *Solanum tuberosum* L., cechach składu chemicznego i właściwościach sensorycznych bulw, natomiast badania dotyczące cech morfologicznych bulw są nieliczne i często fragmentaryczne.

Cechy jakościowe bulw ziemniaka decydujące o wartości użytkowej

W ocenie jakości bulw ziemniaka występują dwie grupy określeń:

I grupa, w której wyróżnia się:

- 1) **cechy zewnętrzne**, inaczej morfologiczne, obejmujące: wielkość bulw, kształt bulw, regularność kształtu, głębokość oczek, wygląd skórki i jej barwę, barwę miąższu;

- 2) **cechy wewnętrzne**, do których należą głównie: zawartość suchej masy, zawartość skrobi, suma cukrów, cukrów redukujących, witamin, makro- i mikroelementów, smakowość, typ kulinarny, podatność miąższu na ciemnienie bulw surowych i po ugotowaniu, miąższ bez wad wewnętrznych, takich jak rdzawa plamistość i pustowatość [16–18].

II grupa, którą stanowią:

- 1) **cechy morfologiczne**, inaczej wygląd bulw: wielkość i kształt bulw, regularność kształtu, głębokość oczek, deformacje, typ skórki, choroby skórki, zazielenienia oraz wady miąższu, takie jak rdzawa plamistość i pustowatość;
- 2) **cechy sensoryczne i technologiczne**, to głównie: smak, typ kulinarny, ciemnienie miąższu surowego i po ugotowaniu, ciemnienie produktów smażonych, jednorodność miąższu oraz szklistość;
- 3) **skład chemiczny bulw**: zawartość suchej masy, skrobi, cukrów ogółem i redukujących, zawartość witamin, w tym szczególnie witaminy C, zawartość makro- i mikroelementów, zawartość antyutleniaczy itp. [6, 15].

Na wymienione cechy w różnym stopniu wpływa wiele czynników – główne z nich to: właściwości genetyczne odmian, zabiegi agrotechniczne wykonywane na plantacji, warunki klimatyczne i glebowe w okresie wegetacji roślin oraz system gospodarowania [13, 19–22].

Cechy morfologiczne bulw ziemniaka

Wielkość bulw ziemniaka

Wielkość bulw w zakresie jakości handlowej ziemniaka wczesnego i ziemniaka jadalnego określa rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [23]. Wielkość bulw dla ziemniaków wczesnych (młodych) wynosi minimum 28 mm średnicy poprzecznej dla bulw okrągłych, okrągło-owalnych i podłużnych, natomiast dla ziemniaków jadalnych – minimum 35 mm średnicy dla bulw okrągłych i okrągło-owalnych, a dla bulw podłużnych średnica poprzeczna wynosi 30 mm, a podłużna dwukrotnie większa od poprzecznej. Przywołane rozporządzenie [23] podaje także, że maksymalny łączny udział wagowy bulw niehandlowych w ziemniakach jadalnych powinien wynosić do 8%. Obejmuje on bulwy zazieleniałe, z wadami wewnętrznymi, drobne, czyli o mniejszej średnicy niż określona powyżej, uszkodzone, niekształtne, porażone zgnilizną i parchem zwykłym.

Wielkość bulw przeznaczonych do produkcji frytek, określona poprzeczną średnicą, wynosi minimum 50 mm, a udział bulw wadliwych powinien być jak najmniejszy; do produkcji chipsów optymalna wielkość to 40–80 mm, a udział bulw

mniejszych niż 35 mm wynosi maksymalnie 4%, a bulw uszkodzonych i z wadami – do 6%. Wymagana wielkość bulw stanowiących surowiec do produkcji suszu oraz udział bulw wadliwych są takie same jak dla ziemniaków jadalnych [15, 25]. Minimalna średnica bulw, według zakładów przemysłowych, dla przemysłu skrobiowego wynosi powyżej 28 mm; bulwy nadmarznięte i porażone chorobami powinny stanowić do 3%, a bulwy silnie uszkodzone – do 15%. Bulwy drobne, czyli poniżej 28 mm, gdy stanowią 25–30%, powodują zmniejszenie ciężaru netto surowca o 10%, a gdy stanowią ponad 50%, partie nie są przyjmowane [24].

Niektóre cechy morfologiczne bulw przeznaczonych na sadzeniaki odgrywają istotną rolę w agrotechnice ziemniaka. Do tych cech należą: wymiary bulw ich kształt oraz liczba oczek [25–26]. Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi [27] optymalna wielkość sadzeniaków wynosi 35–50 mm, a w jednej partii różnica między najmniejszym i największym wymiarem bulw nie może być większa niż 25 mm. Suma wad, w zależności od kategorii sadzeniaków (elitarne i kwalifikowane), waha się od 0,0 do 8%.

Wielkość bulw ziemniaka znajdująca się w wykazie odmian zarejestrowanych w liście opisowej odmian roślin rolniczych z 2024 roku [28] przedstawiona jest w skali 9-stopniowej. Zarejestrowane w 2024 roku odmiany, w liczbie 117, mają wartości: 5, 6, 7, 8, 9, a dominują odmiany o wartościach 7, 8 i 9. Skala 5-stopniowa oznacza, że 31–40% stanowi frakcja bulw powyżej 50 mm, natomiast skala 9-stopniowa oznacza, że frakcja bulw powyżej 50 mm stanowi ponad 70%. Takie dane o wielkości bulw danej odmiany stanowią ważną i praktyczną informację dla producentów, konsumentów oraz przetwórców, zainteresowanych danym kierunkiem uprawy i użytkowania ziemniaka.

Kształt bulw i regularność kształtu

Kształt bulw i regularność kształtu są kolejnymi ważnymi cechami przy wykorzystaniu do bezpośredniego spożycia i podejmowaniu decyzji w przemyśle przetwórczym (chipsy, frytki, produkty mrożone, ziemniaki potrawowe) [9, 13]. Kształt określa wskaźnik stosunku długości do największej szerokości bulwy, a regularność kształtu podaje się w skali 9-stopniowej, w której 9 oznacza kształt idealny, 5 – średni, a 1 – wybitnie zdeformowany [28–29]. Ziemniaki jadalne powinny posiadać kształt okrągły, owalny lub okrągło-owalny; bulwy przeznaczone na frytki powinny być podługne i owalne; na chipsy – okrągłe do okrągło-owalnych; na susze i produkty konserwowane – okrągłe do owalnych, a regularność kształtu – od bardzo regularnego do regularnego [15, 18]. Odmiany wpisane do krajowego rejestru w Polsce w 2024 roku mają zróżnicowany kształt: okrągły, owalny, okrągło-owalny, podłużno-owalny, podłużny; przy czym dominują bulwy owalne i okrągło-owalne,

a regularność kształtu oceniana w skali 9-stopniowej kształtuje się od 5 do 8, a przeważają bulwy bardzo regularne w skali 7–8 [28]. Lutomirska i Jankowska [30] stwierdziły, że obecność bulw z defektami kształtu (deformacje i spękania) wśród ziemniaków przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji utrudnia obróbkę i zwiększa ubytki w trakcie przygotowywania do spożycia, w przypadku partii ziemniaków przetwarzanych na cele spożywcze bulwy wadliwe ograniczają możliwość uzyskania produktu finalnego wysokiej jakości oraz pogarszają wykorzystanie surowca. Zdaniem wielu autorów występowanie w plonie bulw z wadami kształtu stanowi cechę odmianową, ale właściwość ta podlega wyraźnej zmienności środowiskowej [31–33] oraz zabiegom agrotechnicznym [34].

Kształty bulw zgodne z wymaganiami jakościowymi oraz ich bardzo dobra i dobra regularność są cechami bardzo pożądanymi, gdyż decydują one o wielkości strat masy bulw powstających przy obieraniu. Ponadto bulwy o regularnych kształtach są mniej podatne na uszkodzenia podczas zbioru, konfekcjonowania oraz przerobu [2, 10, 13, 18, 35].

Głębokość oczek

Głębokość oczek jest cechą odmianową, a w mniejszym stopniu zależną od środowiska [36]. U ziemniaka jadalnego i do przetwórstwa spożywczego pożądane są oczka płytke ze względu na mniejsze straty i łatwość obierania [29, 36–37]. Obecnie zdecydowana większość odmian, które zostały wprowadzone do obrotu w ostatnim dziesięcioleciu, cechuje się płytkimi lub bardzo płytkimi oczkami [38]. Odmiany wpisane do krajowego rejestru w 2024 roku posiadają głębokość oczek 6–8 w skali 9-stopniowej, a zdecydowana większość odmian wyróżnia się oczkami płytkimi oraz płytkimi, ale wyczuwalnymi [28]. Prabawardani i wsp. [36] oraz Zarzyńska [25, 39] podkreślają, że w agrotechnice i obróbce ziemniaka – zwłaszcza uprawianego na sadzeniaki – ważną cechą jest nie tylko głębokość oczek, ale także ich liczba na bulwie. Zarzyńska [39] wykazała, że liczba oczek na bulwie zależy w sposób istotny od wielkości bulwy oraz udowodniła liniową zależność dotyczącą tych cech, co stanowi ważną informację dla hodowcy i producenta.

Wygląd skórki, barwa skórki i barwa miąższu

Barwa skórki i barwa miąższu (choć ta druga cecha jest najczęściej zaliczana do właściwości wewnętrznych) to cechy odmianowe o dużej stabilności, w małym stopniu modyfikowane przez środowisko. Określane są też jako stałe cechy genetyczne [9]. Odmiany ziemniaka zarejestrowane w 2024 roku mają różne barwy skórki: żółtą, fioletową, różową, jasnoczerwoną, jasnobezową, czerwoną, jednak dominują

odmiany o barwie żółtej [28]. Wygląd skórki oceniany jest w skali 9-stopniowej, gdzie 9 oznacza skórkę bardzo cienką, gładką i błyszczącą, natomiast 3–2–1 – skórkę grubą, szorstką, lekko do mocno spękaną [29, 40–41]. Wygląd skórki, jej barwa, grubość, szorstkość, popękania oraz uszkodzenia mechaniczne mają dla kupujących głównie znaczenie wizualne i estetyczne. Jednak kupujący chętniej wybierają odmiany o skórcie niepopękanej, gładkiej, cienkiej, a nawet lśniącej, o apetycznym wyglądzie; ponadto skórka ta łatwiej daje się oddzielić po ugotowaniu i stanowi dużą zaletę ziemniaka jadalnego. Należy jednak pamiętać, że bulwy o cienkiej skórcie są bardziej wrażliwe na zazielenienie podczas ekspozycji na światło w dużych marketach [13, 37–38]. Kolory skórki i miąższu bulw są powiązane z niektórymi składnikami, określanymi jako fitoskładniki [2, 42]. Barwa miąższu odmian wpisanych do krajowego rejestru obejmuje: białą, kremową, jasnobeżową, jasnożółtą, żółtą, fioletową i niebieską [28]. Miąższ większości odmian bulw ziemniaka jest zabarwiony na jasnożółto i żółto, co jest wskaźnikiem obecności karotenoidów [43]. Ziemniaki o czerwonej i fioletowej skórcie mają dwukrotnie więcej kwasów fenolowych niż ziemniaki o białej skórcie, podczas gdy ziemniaki o czerwonym i fioletowym miąższu mają trzy do czterech razy więcej kwasów fenolowych niż ziemniaki o białej skórcie oraz zawierają antocyjany [42, 44–45].

Zgórska i Grudzińska [16], a także Zgórska [46] podkreślają, że bulwy przeznaczone do przerobu na produkty spożywcze powinny charakteryzować się takimi samymi cechami zewnętrznymi, jak bulwy do bezpośredniego spożycia. Cechy te mają duże znaczenie, ponieważ decydują o wydajności produkcji, co ma związek ze stratami powstającymi podczas obróbki wstępnej – obierania i krojenia.

Podsumowanie

Ziemniak jest jednym z czterech głównych źródeł pożywienia na świecie. Jednocześnie wyróżnia się wszechstronnym wykorzystaniem bulw na cele jadalne oraz w przetwórstwie spożywczym i przemysłowym, obejmującym szeroką gamę różnorodnych produktów. Stąd cechy jakościowe bulw ziemniaka, zarówno zewnętrzne, jak i wewnętrzne, decydują o wartości użytkowej bulw konsumpcyjnych i wytwarzanych produktów. Szczególną uwagę poświęca się plonowaniu i składowi chemicznemu bulw, co ma zasadnicze znaczenie w hodowli i produkcji. Istotne są także parametry morfologiczne ziemniaków, takie jak wielkość bulw, kształt bulw, regularność kształtu, głębokość oczek oraz wygląd skórki i jej barwa, gdyż decydują one o wielkości plonu użytkowego, stratach podczas zbioru, obróbki wstępnej bulw i procesów przetwórczych. Nowe odmiany ziemniaka powinny spełniać rygorystyczne wymagania dotyczące plonu, cech odpornościowych oraz cech jakościowych – zewnętrznych i wewnętrznych.

Literatura

- [1] De Haan S., Rodriguez F., Potato origin and production, advances in potato chemistry and technology, Cambridge Academic Press, Cambridge 2016, s. 1–32.
- [2] Ndungutse V., Ngoda P. M. N., Vasanthakaalam H., Shakala E. K., Faraj A. K., Morphological and phytochemical composition of selected potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars grown in Rwanda, *Annals. Food Science and Technology*, 2019, 20(1), s. 393–401.
- [3] Monneveux P., Ramírez D. A., Pino M. T., Drought tolerance in potato (*S. tuberosum* L.). Can we learn from drought tolerance research in cereals? *Plant Science*, 2013, s. 76–86.
- [4] Aliche E. B., Oortwijn M., Theeuwen T. P. J. M., Bachem C. W. B., Visser R. G. F., van der Linden C. G., Drought response in field grown potatoes and the interactions between canopy growth and yield, *Agricultural Water Management*, 2018, 206, s. 20–30.
- [5] Wang Z., Liu H., Zeng F., Yang Y., Xu D., Zhao Y., Liu X., Kaur L., Liu G., Singh J., Potato processing industry in China: Current scenario, future trends and global impact, *Potato Research*, 2023, 66, s. 543–562.
- [6] Leszczyński W., Żywieniowa wartość ziemniaka i przetworów ziemniaczanych (Przeгляд literatury), *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 2012, 266, s. 5–20.
- [7] Kaplan M., Ulger I., Kokten K., Uzun S., Oral E. V., Ozaktan H., Temizgu R., Kale H., Nutritional composition of potato (*Solanum tuberosum* L.) haulms, *Progress in Nutrition*, 2018, 20, Supplement 1, s. 90–95.
- [8] Pilana M., Merovci N., Jashari M., Tmava A., Shaqiri F., Potato market and consumption, *International Journal of Sustainable Economies Management*, 2018, 7(3), s. 19–30.
- [9] Stypa I., Zgórska K., Ziemniak nasz powszedni, Wyd. IHAR-PIB, Bonin 2010, s. 1–24.
- [10] Kosariya Y. K., Jogdand S. V., Victor V. M., Study on the physico-engineering and morphological characteristics of different seed potato tubers, *The Pharma Innovation Journal*, 2021, 10(7), s. 1661–1666.
- [11] Bienia B., Sawicka B., Krochmal-Marczak B., Czynniki biotyczne kształtujące plon i jakość bulw ziemniaka, *Herbalism*, 2017, 1(3), s. 125–136.
- [12] Zaheer K., Akhtar M. H., Potato production, usage, and nutrition: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2016, 56(5), s. 711–721.
- [13] Zarzecka K., Gugala M., Mystkowska I., Zarzecka M., Ocena jakości morfologicznej i kulinarnej bulw ziemniaka jadalnego pochodzącego z regionu środkowo-wschodniej Polski, *Proceeding of ECOpole*, 2014, 8(1), s. 325–330.
- [14] Gonzales I. C., Kiswa C. G., Bautista A. B., Sustainable potato production in the Philippine Cordillera Region, *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2016, 3(6), s. 29–37.
- [15] Nowacki W., Profesjonalna produkcja ziemniaka, Wyd. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Brwinów 2020, s. 1–86.
- [16] Zgórska K., Grudzińska M., Jakość ziemniaków pasteryzowanych pakowanych próżniowo, *Ziemniak Polski*, 2011, 2, s. 1–5.

- [17] Michałowska D., Zasady identyfikacji botanicznej, charakterystyki morfologicznej oraz oceny wartości użytkowej odmian ziemniaka, *Ziemniak Polski*, 2022, 1, s. 19–23.
- [18] Felczak A., Wymagania jakościowe stawiane ziemniakom przeznaczonym do produkcji frytek, *Ziemniak Polski*, 2021, 1, s. 42–48.
- [19] Das S., Mitra B., Luthra S. K., Saha A., Hassan M. M., Hossain A., Study on morphological, physiological characteristics and yields of twenty-one potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars grown in eastern Sub-Himalayan Plains of India, *Agronomy*, 2021, 11, 335.
- [20] Krochmal-Marczak B., Sawicka B., Zabiegi agrotechniczne stosowane w uprawie ziemniaka w opinii właścicieli gospodarstw ekologicznych na Podkarpaciu, *Polish Journal of Agronomy*, 2016, 26, s. 56–65.
- [21] Hill D., Nelson D., Hammond J., Bell L., Morphophysiology of potato (*Solanum tuberosum*) in response to drought stress: Paving the way forward, *Frontiers in Plant Science*, 2021, 11, 597554.
- [22] Zarzyńska K., Wierzbicka A., Grudzińska M., Ekologiczna produkcja ziemniaka gwarancją jego cech prozdrowotnych, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 2016, 279, s. 77–87.
- [23] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej ziemniaków, 2003, Dz.U. Nr 194, poz. 1900 z 2003 roku.
- [24] Stowarzyszenie Polski Ziemniak, Jakość ziemniaka, 2026, <https://polski ziemniak.pl/jakosc-ziemniaka/wymagania-jakosciowe> (stan na dzień 28 listopada 2024).
- [25] Zarzyńska K., Wpływ wielkości sadzeniaka i gęstości sadzenia na liczbę pędów i plony ziemniaków, *Ziemniak Polski*, 2012, 3, s. 19–22.
- [26] Krzysztofik B., Wpływ wielkości sadzeniaków ziemniaka i gęstości sadzenia na plon bulw i jego jakość, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 2012, 266, s. 215–223.
- [27] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 27 maja 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie terminów składania wniosków o dokonanie oceny połowej materiału siewnego poszczególnych grup roślin lub gatunków roślin rolniczych i warzywnych oraz szczegółowych wymagań w zakresie wytwarzania i jakości materiału siewnego tych roślin, 2020, Dz.U., dnia 2 czerwca 2020 r., poz. 975.
- [28] Paczocha J., Lenartowicz T., Lista opisowa odmian roślin rolniczych. *Ziemniak*, Wyd. COBORU, Słupia Wielka 2024, s. 1–40.
- [29] Hara-Skrzypiec A., Śliwka J., Jakuczun H., Zimnoch-Guzowska E., QTL for tuber morphology traits in diploid potato, *Journal of Applied Genetics*, 2018, 59, s. 123–132.
- [30] Lutomirska B., Jankowska J., Występowanie deformacji i spękań bulw ziemniaka w zależności od warunków meteorologicznych i odmiany, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 2012, 266, s. 131–142.
- [31] Lutomirska B., Szutkowska M., Nowacki W., Pietraszko M., Jankowska J., Występowanie wad kształtu bulw w plonie odmian i zaawansowanych materiałów hodowlanych ziemniaka, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 2013, 267, s. 121–130.

- [32] Hill D., Nelson D., Hammond J., Bell L., Morphophysiology of potato (*Solanum tuberosum*) in response to drought stress: Paving the way forward, *Frontiers in Plant Science*, 2021, 11 597554.
- [33] Boguszewska-Mańkowska D., Odporność ziemniaka na suszę glebową i metody oceny, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 2016, 279, s. 65–75.
- [34] Ginter A., Zarzecka K., Gugąła M., Mystkowska I., The impact of the use of biostimulants and herbicide on reducing the occurrence of defects and small tubers in the potato yield, *Journal of Plant Protection Research*, 2024, 64(3), s. 298–306.
- [35] Marwaha R. S., Pandey S. K., Dinesh K., Singh S. V., Parveen K., Potato processing scenario in India: Industrial constraints, future projections, challenges ahead and remedies – A review, *Journal of Food Science and Technology*, 2010, 47(2), s. 137–156.
- [36] Prabawardani S., Yogi D. J., Mawikere N. L., Gari N. M., Noya A. I., Taberima, S., Djuna I. A. F., Luhulima F. D. N., The identification of potato genotype diversity based on morpho-agronomy and nutritional traits in the highland areas of Papua, Indonesia, *Biodiversitas*, 2023, 24(9), s. 5634–5642.
- [37] Lenartowicz T., Odmiany jadalne do różnych zastosowań i terminów nasadzeń, [w:] *Ziemniak jadalny, Zeszyt uprawowy*, Wyd. Plantpress, Kraków 2023, s. 14–20.
- [38] *Metodyka Integrowanej Produkcji Ziemniaka*, (red.) A. Wójtowicz, P. Strażyński, M. Mrówczyński, Wyd. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań–Warszawa 2023.
- [39] Zarzyńska K., Znaczenie cech morfologicznych sadzeniaków w agrotechnice ziemniaka, *Ziemniak Polski*, 2003, 3, s. 2–7.
- [40] Stypa I., Michałowska D., Charakterystyka odmian ziemniaka i cech zewnętrznych bulw po zbiorze, Wyd. Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Bonin 2015, s. 1–51.
- [41] *Charakterystyka Krajowego Rejestru Odmian Ziemniaka*, Wyd. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Jadwisin 2022, s. 1–44.
- [42] Ezekiel R., Singh N., Sharma S., Kaur A., Beneficial phytochemicals in potato: A review, *Food Research International*, 2013, 50, s. 487–496.
- [43] Lachman J., Hamouz K., Orsak M., Kotikova Z., Carotenoids in potatoes: A short overview, *Plant, Soil and Environment*, 2016, 62(10), s. 474–481.
- [44] Zarzecka K., Ginter A., Gugąła M., Mystkowska I., Ziemniak kolorowy – uprawiany wczoraj, dziś i jutro, *Herbalism*, 2022, 1(8), s. 130–139.
- [45] Hamouz K., Lachman J., Pazderů K., Tomášek J., Hejtmánková K., Pivec V., Differences in anthocyanin content and antioxidant activity of potato tubers with different flesh colour, *Plant, Soil and Environment*, 2011, 57(10), s. 478–485.
- [46] Zgórska K., Wykorzystanie ziemniaka do celów spożywczych i przemysłowych, *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego*, 2013, 3/4(7), s. 5–9.