

ZAWARTOŚĆ POLIFENOLI W DWÓCH ODMIANACH TOPINAMBURU (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.) W ZALEŻNOŚCI OD STOSOWANYCH BIOSTYMULATORÓW

IWONA MYSTKOWSKA¹, BARBARA KROCHMAL-MARCZAK²

¹Wydział Nauk o Zdrowiu, Zakład Dietetyki, Akademia Bialska im. Jana Pawła II,
ul. Sidorska 75/78, 21-500 Biała Podlaska

²Instytut Gospodarki, Zakład Produkcji i Bezpieczeństwa Żywności,
Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie, ul Rynek 1, 38-400 Krosno

Synopsis. Celem badań było określenie zawartości polifenoli ogółem (TP) w bulwach topinamburu uzyskanych z trzyletniego doświadczenia polowego założonego w układzie split-plot w trzech powtórzeniach. Badano wpływ dwóch odmian topinamburu ('Albik' i 'Rubik') oraz czterech biostymulatorów (Kaishi, Maral, Nutrigreen AD i Vanadoo) na zawartość polifenoli w bulwach. Zawartość polifenoli ogółem oznaczono metodą spektrofotometryczną z zastosowaniem odczynnika Folina-Ciocalteu. Wykazano, że zawartość polifenoli w bulwach topinamburu była istotnie determinowana przez odmianę, zastosowane biostymulatory oraz warunki meteorologiczne w latach badań. Większą zawartość tych związków stwierdzono w bulwach odmiany 'Rubik' niż 'Albik'. Zastosowanie biostymulatorów zwiększało akumulację polifenoli w porównaniu z obiektem kontrolnym, przy czym najkorzystniejsze działanie wykazał biostymulator Vanadoo.

Słowa kluczowe: *Helianthus tuberosus* L., polifenole, biostymulatory, odmiany

WSTĘP

Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.), znany również jako karczoch jerozolimski, jest wieloletnią rośliną bulwiastą należącą do rodziny *Asteraceae*. Gatunek ten wyróżnia się szerokim spektrum zastosowań, wynikającym z bogatego składu chemicznego bulw, wysokiej odporności na czynniki biotyczne i abiotyczne oraz niewielkich wymagań glebowych i uprawowych. Dzięki tym właściwościom znajduje zastosowanie w przemyśle spożywczym, paszowym i farmaceutycznym, a także w produkcji bioenergii oraz rekultywacji terenów zdegradowanych [Sawicka i in. 2000]. Wysoka tolerancja na niekorzystne warunki środowiskowe sprawia ponadto, że topinambur jest gatunkiem o rosnącym znaczeniu w zrównoważonym rolnictwie. Bulwy topinamburu stanowią cenne źródło związków bioaktywnych, w tym inuliny, witamin, składników mineralnych oraz związków fenolowych [Rolnik i Olas 2021]. Szczególne znaczenie przypisuje się kwasom fenolowym, które należą do wtórnych metabolitów roślinnych i są jedną z głównych grup związków fenolowych występujących w bulwach topinamburu [Chen i in. 2014]. Związki te wykazują silne właściwości przeciwutleniające, dzięki czemu odgrywają istotną rolę w ochronie komórek przed stresem oksydacyjnym oraz wpływają na wartość prozdrowotną bulw. Zawartość związków fenolowych w bulwach topinamburu była przedmiotem wcześniejszych badań [Afoakwa i in. 2023]. Tchone i in. [2006] zidentyfikowali w metanolowych ekstraktach z bulw tego gatunku 22 związki fenolowe, co potwierdza ich bogaty skład pod względem substancji bioaktywnych. Związki fenolowe pełnią istotną funkcję w mechanizmach obronnych roślin przed

¹Adres do korespondencji – *Corresponding address:* i.mystkowska@dya.akademiabialska.pl

stresem biotycznym i abiotycznym, a jednocześnie wpływają na wartość biologiczną i prozdrowotną surowca. Najliczniejszą i najbardziej zróżnicowaną grupę stanowią polifenole wtórne metabolity roślinne o silnych właściwościach przeciwutleniających [Szczepanek i in. 2020]. Wśród nich szczególne znaczenie mają kwasy fenolowe, które wykazują aktywność przeciwutleniającą, przeciwzapalną, przeciwbakteryjną, przeciwwirusową i przeciwnowotworową [Kapusta i in. 2013, Sun i in. 2015, Amarowicz i in. 2020]. Dzięki zdolności do neutralizowania reaktywnych form tlenu ograniczają stres oksydacyjny, uznawany za jeden z głównych czynników rozwoju wielu chorób cywilizacyjnych. Z tego względu zwiększenie zawartości związków fenolowych w bulwach topinamburu jest istotnym celem badań ukierunkowanych na poprawę jakości surowca oraz jego wartości żywieniowej i prozdrowotnej. Jednym z działań agrotechnicznych mogących wpływać na zawartość związków bioaktywnych w roślinach jest stosowanie biostymulatorów. Są to preparaty zawierające substancje pochodzenia naturalnego lub mikroorganizmy, które stymulują procesy fizjologiczne roślin, zwiększają efektywność wykorzystania składników pokarmowych oraz poprawiają tolerancję na stres środowiskowy [Calvo i in. 2014, Sun i in. 2024]. Coraz więcej badań wskazuje, że biostymulatory mogą również modulować metabolizm wtórny roślin, prowadząc do zwiększenia syntezy związków fenolowych. Skuteczność ich działania zależy jednak od gatunku i odmiany rośliny, rodzaju zastosowanego preparatu oraz warunków środowiskowych i agrotechnicznych. W konsekwencji mogą one wpływać zarówno na całkowitą zawartość, jak i skład jakościowy związków fenolowych w surowcach roślinnych. W warunkach postępujących zmian klimatu biostymulatory są postrzegane jako obiecujące narzędzie wspomagające utrzymanie wysokiej produktywności upraw oraz poprawę jakości biologicznej plonów [Franzoni i in. 2022]. Pomimo rosnącego zainteresowania wykorzystaniem biostymulatorów w produkcji roślinnej, liczba badań dotyczących ich wpływu na zawartość polifenoli w bulwach topinamburu jest nadal niewielka.

Celem badań była ocena wpływu stosowania biostymulatorów na zawartość polifenoli w bulwach dwóch odmian topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) uprawianych w warunkach polowych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy pochodził z trzyletniego doświadczenia polowego zlokalizowanego w środkowo-wschodniej Polsce, w Międzyrzeczu Podlaskim (51°59' N, 22°47' E). Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach, w układzie dwuczynnikowym (split-plot). Pierwszym czynnikiem były odmiany topinamburu 'Albik' i 'Rubik', natomiast drugim warianty dolistnej aplikacji biostymulatorów (Kaishi, Maral, Nutrigreen AD, VANADOO), stosowanych trzykrotnie w dawce 2,0 dm³·ha⁻¹, oraz obiekt kontrolny (tab. 1). Wszystkie zabiegi uprawowe wykonano zgodnie z zasadami zalecanej agrotechniki. Przedplonem dla topinamburu było pszenżyto ozime. Przed założeniem doświadczenia pobierano próby glebowe i analizowano je w Regionalnym Centrum Badań Środowiska rolnictwa i technologii innowacyjnych EKO-AGRO-TECH. Glebę określono, jako glebę płową (LV-ha) o strukturze piaszczysto-gliniastej. Odczyn gleby był kwaśny (pH oznaczone w 1 M KCl wynosiło 5,7–6,5). Zawartość próchnicy mieściła się w zakresie 15,0–17,7 g·kg⁻¹, natomiast zawartość przyswajalnych form fosforu (P), potasu (K) i magnezu (Mg) wynosiła odpowiednio 75,4–125,0; 98,0–138,3 oraz 48,0–54,0 mg·kg⁻¹. Jesienią zastosowano nawożenie naturalne obornikiem w dawce 25 t·ha⁻¹, który następnie przykryto orką przedzimową. Bulwy topinamburu sadzono wiosną, w drugiej dekadzie kwietnia. Powierzchnia poletka doświadczalnego wynosiła 18 m². Przed sadzeniem wykonano bronowanie oraz zastosowano nawożenie mineralne. Azot podano w postaci mocznika

Tabela 1. Czynniki doświadczenia
Table 1. The factor of the experiment

Odmiany/ Cultivar (I)	Charakterystyka i pochodzenie/Characteristics and origin
Albik	Odmiana wyhodowana przez prof. S. Górala w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie, zarejestrowana w 1997 r. Odmiana późna. Bulwy mają kulisty kształt, biały miąższ i kremową skórkę. Plon tej odmiany wynosi 24–34 t·ha ⁻¹ . Bulwy trudno jest oddzielić od łodygi, ponieważ osadzone są na krótkich, bezwęzłowych łodygach [Gacek 1998, Góral 1998]. Bred by Prof. S. Góral at the Plant Breeding and Acclimatization Institute in Radzików i registration in 1997. The cultivar late. Tubers are spherical in shape with white flesh, cream skin. The cultivar yields 24–34 t·ha ⁻¹ . Tubers are difficult to separate from the root, as they are set on short, nodeless stalks [Gacek 1998, Góral 1998].
Rubik	Odmiana wyhodowana przez prof. S. Górala w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie, zarejestrowana w 1997 r. Jest to odmiana późna o kształcie machy, czerwono-fioletowej skórcie i białym miąższu. Plony tej odmiany wynoszą 23–30 t·ha ⁻¹ . Plon w masie zielonej jest dwukrotnie wyższy niż plon bulw [Gacek 1998, Góral 1998]. Bred by Prof. S. Góral at the Plant Breeding and Acclimatization Institute in Radzików i registration in 1997. The cultivar late has a machete shape, red-purple skin and white flesh. The cultivar yields 23–30 t·ha ⁻¹ . Green weight yield is twice that of tubers [Gacek 1998, Góral 1998].
Biostymulatory/ Biostimulans (II)	Działanie i skład/Operation and composition
Kaishi	Wolne aminokwasy – 12%, azot ogółem – 2%, azot organiczny – 2%, zawiera aminokwasy powstałe w wyniku hydrolizy enzymatycznej białek pochodzenia roślinnego, stymuluje wzrost i rozwój roślin oraz wspomaga rozwój systemu korzeniowego. Free amino acids – 12%, total N – 2%, organic N – 2%, contains amino acids produced by enzymatic hydrolysis of plant-derived proteins, stimulates plant growth and development and promotes root system development.
Maral	NPK+Zn (6-6-5+1% Zn). Skład: azot ogółem N – 6%, w tym azot organiczny – 0,7%, azot amonowy – 1%, azot mocznikowy – 4,3%, P ₂ O ₅ – 5%, K ₂ O – 5%, Zn – 1%, węgiel organiczny – 7,5%; ponadto zawiera ekstrakt z alg morskich: <i>Acophyllum nodosum</i> , <i>Laminaria digitata</i> , Fucus, fitohormony: gibereliny, cytokiny, auksyny, betainę, aminokwasy, witaminy: B1, B3, B6, kwas alginowy, jod, mannitol. Stymuluje naturalną zdolność roślin do obrony przed stresem, poprawia wydajność aparatów szparkowych i ułatwia pyłku, zwiększa ilość i poprawia jakość plonów. NPK+Zn (6-6-5+1% Zn). Composition: total nitrogen N – 6%, including organic N – 0.7%, ammonium N – 1%, urea N – 4.3%, P ₂ O ₅ – 5%, K ₂ O – 5%, Zn – 1%, organic carbon – 7.5%, in addition, it contains extract of marine algae: <i>Acophyllum nodosum</i> , <i>Laminaria digitata</i> , Fucus, phytohormones: gibberellins, cytokines, auxins, betaine, amino acids, vitamins: B1, B3, B6, alginic acid, iodine, manitol. It stimulates the natural ability of plants to defend themselves against stress, improves the efficiency of stomata and pollen volatility, improves the quantity and quality of the crop.
Nutrigreen AD	Azot ogółem – 8%, azot organiczny – 8%, węgiel organiczny – 23,5%. Zawiera aminokwasy pochodzenia zwierzęcego, powstałe w procesie enzymatycznym, stymuluje wzrost wegetatywny roślin oraz zwiększa plony. Total N – 8%, organic N – 8%, organic C – 23.5%. Contains amino acids of animal origin which are formed by enzymatic process, stimulates vegetative growth of plants, stimulates yield.
Vanadoo	Wanad (1,8%) wpływa na plon i jakość bulw oraz zwiększa syntezę cukru 2,5-krotnie. Vanadium (1.8%), affects tuber yield and quality, increases sugar synthesis 2.5 times.

(46% N) w dawce 80 kg·ha⁻¹, fosfor w postaci superfosfatu potrójnego (48% P₂O₅) w dawce 70 kg P₂O₅·ha⁻¹, a potas w postaci soli potasowej (60% K₂O) w dawce odpowiadającej 124 kg K₂O·ha⁻¹. Zbiór przeprowadzono w drugiej dekadzie listopada. Podczas zbioru określono plon świeżej masy bulw, a do badań laboratoryjnych pobrano próby o masie około 5 kg. Całkowitą zawartość polifenoli (TP) w bulwach oznaczono metodą spektrofotometryczną z zastosowaniem odczynnika Folina–Ciocalteu [Singleton i Rossi 1965]. Próby 20 g świeżych bulw topinamburu homogenizowano z 35 ml 80% metanolu. Następnie 0,5 ml rozcieńczonego ekstraktu przeniesiono do kolby miarowej o pojemności 50 ml, dodano 7 ml wody destylowanej oraz 0,5 ml odczynnika Folina–Ciocalteu, po czym całość dokładnie wymieszano. Po 3 minutach do mieszaniny dodano 1 ml roztworu Na₂CO₃. Po inkubacji trwającej 1 godzinę w temperaturze pokojowej zmierzono absorbancję przy długości fali 725 nm względem próby ślepej, wykorzystując spektrofotometr Shimadzu (Japonia). Zawartość polifenoli wyrażono jako ekwiwalent kwasu galusowego (GAE), w g·kg⁻¹ świeżej masy bulw.

W badaniu analizowano warunki pogodowe na podstawie miesięcznych sum opadów atmosferycznych oraz średnich temperatur powietrza. Na ich podstawie obliczono wskaźnik hydrotermalny Sielianinowa (K) (tab. 2). Ze względu na intensywny przyrost bulw topinamburu analizę wskaźnika K przeprowadzono dla sierpnia i września. W 2021 roku wartości wskaźnika K wynosiły odpowiednio 1,86 i 1,09, co odpowiadało warunkom dość wilgotnym i dość suchym. W 2022 roku wartości K wynosiły 0,62 i 1,84, wskazując odpowiednio na warunki suche i dość wilgotne. W 2023 roku wartości wskaźnika wynosiły 0,38 i 0,31; w obu miesiącach odpowiadało to warunkom skrajnie suchym według klasyfikacji Skowery i in. [2014]. Wyniki wykonanych oznaczeń stanowią średnią z trzech lat badań. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą analizy wariancji (ANOVA). W celu oceny różnic badanych parametrów przeprowadzono test F Fishera–Snedecora, natomiast istotność różnic między średnimi oceniono za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności $p \leq 0,05$ [Trętowski i Wójcik 1991].

Tabela 2. Wartość wskaźnika termiczno-opadowego K

Table 2. Hydrothermal index value K

Lata/Year	Wskaźnik hydrotermiczny Sielianinowa/Selianinov hydrothermal index							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2021	2,13	0,79	0,55	0,73	1,86	1,09	0,22	0,56
2022	1,51	0,76	0,44	1,66	0,62	1,84	0,42	1,84
2023	0,48	1,16	0,99	0,52	0,39	0,31	1,02	3,26

K: $\leq 0,40$ – skrajnie suchy/extremal dry; 0,41–0,70 – bardzo suchy/very dry; 0,71–1,00 – suchy/dry; 1,01–1,30 – dość suchy/relatively dry; 1,31–1,60 – optymalny/optimal; 1,61–2,00 – dość wilgotny/relatively humid; 2,01–2,50 – wilgotny/humid; 2,51–3,00 – bardzo wilgotny/very humid; $> 3,00$ – silnie wilgotny/veryhumid [Skowera i in. 2014]

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość polifenoli w bulwach zależała od odmian, stosowanych biostymulatorów oraz od warunków pogodowych panujących podczas wegetacji. Zastosowane w doświadczeniu biostymulatory istotnie zwiększały zawartość polifenoli w bulwach topinamburu w porównaniu z obiektem kontrolnym opryskiwanym wodą destylowaną. We wszystkich badanych odmianach najkorzystniejszy wpływ wykazał biostymulator Vanadoo. Chociaż wpływ biostymulatorów na

jakość plonu wielu gatunków roślin został dobrze udokumentowany, nadal brakuje kompleksowych badań dotyczących ich oddziaływania na zawartość polifenoli w bulwach topinamburu, zwłaszcza z uwzględnieniem zróżnicowania odmianowego oraz zmiennych warunków środowiskowych. Największą zawartość polifenoli stwierdzono w bulwach odmiany Rubik, wynosiła ona $197 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy (tab. 3). Uzyskane wyniki są częściowo zgodne z doniesieniami Showkat i in. [2019], którzy wykazali zróżnicowaną zawartość polifenoli w bulwach topinamburu w zależności od odmiany. W części badanych odmian odnotowali wzrost zawartości tych związków, natomiast w pozostałych jej spadek. Autorzy sugerują, że obserwowane różnice mogły wynikać z odpowiedzi roślin na czynniki stresowe, takie jak uszkodzenia liści oraz porażenie przez *Phytophthora infestans*. Koncentracja polifenoli w bulwach topinamburu była istotnie zróżnicowana w zależności od warunków pogodowych panujących w okresie wegetacji. Największą zawartość tych związków stwierdzono w 2023 roku (średnio $201 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy). Sezon ten charakteryzował się najmniejszą sumą opadów, ich nierównomiernym rozkładem oraz średnią temperaturą powietrza wyższą o $0,8^\circ\text{C}$ od średniej wieloletniej. Natomiast najmniejszą zawartość polifenoli odnotowano w 2022 roku (średnio $177 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy), który był jednocześnie najchłodniejszym i najbardziej wilgotnym spośród analizowanych sezonów (tab. 2). Stwierdzono istotną interakcję pomiędzy zastosowanymi biostymulatorami a warunkami pogodowymi w latach badań, co wskazuje, że akumulacja związków fenolowych była wynikiem współdziałania czynników genetycznych, środowiskowych i agrotechnicznych. Istotny wpływ warunków meteorologicznych na zawartość polifenoli wykazali również Siatka i in. [2010]. W przeprowadzonych badaniach zawartość polifenoli w bulwach topinamburu mieściła się w zakresie $172\text{--}197 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy i była istotnie determinowana przez odmianę, zastosowane biostymulatory oraz warunki atmosferyczne w latach badań (tab. 3–5). Spośród badanych odmian największą zawartość polifenoli stwierdzono w bulwach odmiany ‘Rubik’ (średnio $195 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy), natomiast mniejszą w odmianie ‘Albik’ (średnio $177 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy) (tab. 3). Otrzymane wyniki wskazują na istotny wpływ czynnika odmianowego na akumulację związków fenolowych w bulwach topinamburu. Większa zawartość polifenoli w odmianie

Tabela 3. Zawartość polifenoli w świeżej masie bulw topinamburu w zależności od uprawianych odmian ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Table 3. Polyphenol content in the fresh weight of Jerusalem artichoke tubers by cultivar ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Warianty/Variants (II)	Odmiany/Cultivars (I)		Średnio/Mean
	Albik	Rubik	
Kontrola/Control	172B	193A	182b
Kaishi®	179A	194A	186a
Maral®	176A	194A	185a
Nutrgreen AD®	177A	195A	186a
Vanadoo®	180A	197A	188a
Średnio/Mean	177b	195a	—

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie przy poziomie istotności $p \leq 0,05$; średnie w kolumnach oznaczone wielkimi literami odnoszą się do interakcji między czynnikami; średnie w ostatnim wierszu (oznaczone małymi literami) dotyczą wariantów i odmian hodowlanych
Means followed by the same letters do not differ significantly at $p \leq 0.05$; means in columns marked with capital letters refer to interactions between the factors; means in the last row (followed by lowercase) are for variants and cultivars

Tabela 4. Zawartość polifenoli w świeżej masie bulw topinamburu w zależności od warunków klimatycznych w latach badań (III) (mg·kg⁻¹)Table 4. Polyphenol content in the fresh weight of Jerusalem artichoke tubers as a function of climatic conditions during the study years (III) (mg·kg⁻¹)

Warianty/Variants (II)	Lata/Years (III)			Średnio/Mean
	2021	2022	2023	
Kontrola/Control	172C	177A	197B	182c
Kaishi®	182B	177A	199B	186b
Maral®	177B	179A	199B	185b
Nutrgreen AD®	179B	176A	204A	186b
Vanado®	186A	174A	205A	188a
Średnio/Mean	179a	177b	201a	–

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie przy poziomie istotności $p \leq 0,05$; średnie w kolumnach oznaczone wielkimi literami odnoszą się do interakcji między czynnikami; średnie w ostatnim wierszu (oznaczone małymi literami) dotyczą odmian i lat

Means followed by the same letters do not differ significantly at $p \leq 0.05$; means in columns marked with capital letters refer to interactions between the factors; means in the last row (followed by lowercase) are for variants and years

Tabela 5. Zawartość polifenoli w bulwach topinamburu w zależności od odmian (I) i lat badań (III) (mg·kg⁻¹)Table 5. Polyphenol content in Jerusalem artichoke tubers by cultivars (I) and year of study (III) (mg·kg⁻¹)

Lata/Years (III)	Odmiany/Cultivars (I)		Średnio/Mean
	Albik	Rubik	
2021	179A	179B	179b
2022	177A	177B	177b
2023	177A	228A	201a
Średnio/Mean	177b	195a	–

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie statystycznie przy poziomie istotności $p \leq 0,05$; średnie w kolumnach oznaczone wielkimi literami odnoszą się do interakcji między czynnikami; średnie w ostatnim wierszu (oznaczone małymi literami) dotyczą odmian i lat

Means followed by the same letters do not differ significantly at $p \leq 0.05$; means in columns marked with capital letters refer to interactions between the factors; means in the last row (followed by lowercase) are for cultivars and years

‘Rubik’ może być związana z jej uwarunkowaniami genetycznymi oraz fioletowym zabarwieniem skórki, podczas gdy odmiana ‘Albik’ charakteryzuje się skórką białą (tab. 1). Uzyskane wyniki są zgodne z doniesieniami innych autorów, którzy wskazują, że zawartość związków fenolowych w bulwach topinamburu jest w znacznym stopniu determinowana przez genotyp odmiany [Kapusta i in. 2013, Sanchez-Rangel i in. 2019]. Kapusta i in. [2013] wykazali, że bulwy odmiany ‘Albik’ zawierały o 18% mniej polifenoli niż bulwy odmiany ‘Rubik’, co znajduje potwierdzenie w wynikach badań własnych. Z kolei Bach i in. [2019] wykazali, że zawartość kwasów fenolowych w skórce bulw jest od 2 do 12 razy większa niż w miąższu, co może częściowo wyjaśniać większą akumulację tych związków w odmianach o intensywniejszym zabarwieniu skórki. Według Bożac i in. [2025] oraz Mohamed i in. [2021] skład i zawartość związków fenolowych w roślinach

zależą nie tylko od genotypu, lecz także od stadium rozwojowego, rodzaju analizowanej tkanki, warunków środowiskowych, pochodzenia geograficznego oraz zastosowanej metody ekstrakcji. Na podstawie wyników badań własnych oraz danych literaturowych można stwierdzić, że zawartość polifenoli w bulwach topinamburu jest cechą uwarunkowaną genetycznie, której poziom podlega modyfikacji pod wpływem warunków środowiskowych oraz stosowanych praktyk agrotechnicznych. Ze względu na właściwości przeciwutleniające związki fenolowe stanowią istotny składnik bulw topinamburu, decydujący o ich wartości prozdrowotnej i przydatności zarówno do bezpośredniego spożycia, jak i przetwórstwa spożywczego. Uzyskane wyniki wskazują na zasadność kontynuowania badań obejmujących szerszy zakres materiału odmianowego oraz wpływ różnych biostymulatorów w kształtowaniu składu bioaktywnych związków bulw topinamburu.

WNIOSKI

1. Zawartość polifenoli w bulwach topinamburu była istotnie zróżnicowana w zależności od odmiany. Większą zawartość tych związków stwierdzono w bulwach odmiany 'Rubik', niż w odmianie 'Albik', co wskazuje na istotny wpływ czynnika genetycznego na ich akumulację.
2. Zastosowanie biostymulatorów istotnie zwiększało zawartość polifenoli w bulwach topinamburu, przy czym najkorzystniejsze działanie wykazał biostymulator Vanadoo.
3. Warunki pogodowe w latach badań istotnie wpływały na zawartość polifenoli w bulwach topinamburu. Największą zawartość tych związków odnotowano w sezonie charakteryzującym się najmniejszą sumą opadów i wyższą temperaturą powietrza.
4. Stwierdzona interakcja pomiędzy odmianą, zastosowanymi biostymulatorami i warunkami pogodowymi wskazuje, że akumulacja polifenoli w bulwach topinamburu jest wynikiem współdziałania czynników genetycznych, środowiskowych i agrotechnicznych.

PIŚMIENICTWO

- Afoakwah N.A., Zhao Y., Tchabo W., Dong Y., Owusu J., Mahunu G.K. 2023. Studies on the extraction of Jerusalem artichoke tuber phenolics using microwave-assisted extraction optimized conditions. *Food Chemistry Advances* 3, art. no. 100507.
- Amarowicz R., Cwalina-Ambroziak B., Janiak M.A., Bogucka B. 2020. Effect of N fertilization on the content of phenolic compounds in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers and their antioxidant capacity. *Agronomy* 10(8), art. no. 1215. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081215>.
- Bach V., Clausen M.R., Edelenbos M. 2015. Production of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) and impact on inulin and phenolic compounds. In: *Processing and Impact on Active Components in Food*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 97–102.
- Božac M.U., Poljuha D., Dudaš S., Bilić J., Šola I., Mikulić-Petkovšek M., Sladonja B. 2025. Phytochemical profile and antioxidant properties of invasive plants *Ailanthus altissima* (Mill.) swingle and *Helianthus tuberosus* L. in Istria Region, Croatia. *Antioxidants* 14(6), art. no. 677. <https://doi.org/10.3390/antiox14060677>.
- Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil* 383: 3–41.
- Chen F., Long X., Liu Z., Shao H., Liu L. 2014. Analysis of phenolic acids of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) responding to salt-stress by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Scientific World Journal*, art. no. 568043. doi: 10.1155/2014/568043.
- Franzoni G., Cocetta G., Prinsi B., Ferrante A., Espen L. 2022. Biostimulants on crops: Their impact under abiotic stress conditions. *Horticulturae* 8(3), art. no. 89. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>.

- Gacek E. 1998. (ed.) Lista odmian roślin rolniczych. Wyd. COBORU Słupia Wielka.
- Góral S. 1998. Morphological variability and yielding of selected clones of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). Hod. Rośl. Nasiennictwo 2: 6–10.
- Kapusta I., Krok E.S., Jamro D.B., Cebulak T., Kaszuba J., Salach R.T. 2013. Identification and quantification of phenolic compounds from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. J. Food Agric. Environ. 11: 601–606.
- Mohamed H.R., El-Wakil E.A., Abdel-Hameed E.S.S., El-Hashash M.M., Shemi M. 2021. Evaluation of total phenolics, flavonoids, and antioxidant and cytotoxic potential of *Ailanthus altissima* (Mill.) swingle leaves. J. Rep. Pharmaceutical Sci. 10(1): 130–136.
- Rolnik A., Olas B. 2021. The plants of the *Asteraceae* family as agents in the protection of human health. Int. J. Mol. Sci. 22(6), art. no. 3009. <https://doi.org/10.3390/ijms22063009>.
- Sánchez-Rangel J.C., Benavides J., Heredia J.B., Cisneros-Zevallos L., Jacobo-Velázquez D.A. 2013. The Folin-Ciocalteu assay revisited: Improvement of its specificity for total phenolic content determination. Anal. Methods 5: 5990–5999.
- Sawicka B., Skiba D., Pszczółkowski P., Aslan I., Sharifi-Rad J., Krochmal-Marczak B. 2020. Karczochka jerozolimska (*Helianthus tuberosus* L.) jako roślina lecznicza i jej produkty naturalne. Biologia Komórkowa i Molekularna 66(4): 160–177. <https://doi.org/10.14715/cmb/2020.66.4.20>.
- Showkat M.M., Falck-Ytter A.B., Strætkvern K.O. 2019. Phenolic acids in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): Plant organ dependent antioxidant activity and optimized extraction from leaves. Molecules 24(18), art. no. 3296. doi: 10.3390/molecules24183296.
- Siatka T., Kašparová M. 2010. Seasonal variation in total phenolic and flavonoid contents and DPPH scavenging activity of *Bellis perennis* L. flowers. Molecules 15(12): 9450–9461. <https://doi.org/10.3390/molecules15129450>.
- Singleton V.L., Rossi Jr J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enology Viticulture 16(3): 144–158.
- Sun P.C., Liu Y., Yi Y.T., Li H.J., Fan P., Xia C.H. 2015. Preliminary enrichment and separation of chlorogenic acid from *Helianthus tuberosus* L. leaves extract by macroporous resins. Food Chemistry 168: 55–62.
- Sun W., Shahrajabian M.H., Kuang Y., Wang N. 2024. Amino acids biostimulants and protein hydrolysates in agricultural sciences. Plants 13(2), art. no. 210. <https://doi.org/10.3390/plants13020210>.
- Skowera B., Jędruszczak E.S., Kopcińska J., Ambroszczyk A.M., Kołton A. 2014. The effects of hydrothermal conditions during vegetation period on fruit quality of processing tomatoes. Pol. J. Environ. Stud. 23: 195–202.
- Szczepanek M., Pobereźny J., Wszelaczyńska E., Gościńska K. 2020. Effect of biostimulants and storage on discoloration potential of carrot. Agronomy 10(12), art. no. 1894. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121894>.
- Tchoué M., Bärwald G., Annemüller G., Fleischer L.G. 2006. Separation and identification of phenolic compounds in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Sci. Aliments 26: 394–408. doi: 10.3166/sda.26.394–408.
- Trętowski J., Wójcik R. 1991. Metodyka doświadczeń rolniczych. Wyd. WSRP, Siedlce: 31–334.

I. MYSTKOWSKA, B. KROCHMAL-MARCZAK

**POLYPHENOL CONTENT IN TWO CULTIVARS OF JERUSALEM ARTICHOKE
(*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.) AS A FUNCTION OF THE BIOSTIMULANTS USED**

Summary

A study was conducted to determine the total polyphenol (TP) content in Jerusalem artichoke tubers obtained from a three-year field experiment designed as a split-plot design with three replicates. The first experimental factor was two Jerusalem artichoke cultivars Albik and Rubik – while the second was the application of biostimulants: Kaishi, Maral, Nutrigreen AD, and Vanadoo. The total polyphenol content in the fresh weight of the tubers was determined spectrophotometrically using the Folin–Ciocalteu reagent. It was demonstrated that the total polyphenol content in Jerusalem artichoke tubers was significantly influenced

by the variety, the biostimulants applied, and the meteorological conditions prevailing during the years of the study. A higher polyphenol content was found in tubers of the Rubik cultivar than in those of the Albik cultivar. The use of biostimulants promoted increased accumulation of polyphenolic compounds compared to tubers from the control plot, where the tested preparations were not applied.

Key words: *Helianthus tuberosus* L., polyphenols, biostimulants, cultivars

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 6.08.2026

Do cytowania – *For citation*:

Mystkowska I., Krochmal-Marczak B. 2026. Zawartość polifenoli w dwóch odmianach topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) w zależności od stosowanych biostymulatorów. *Fragm. Agron.* 43(2): 12–20.