

BIOSTYMULANTY Z HERBICYDEM DETERMINOWAŁY ZAWARTOŚĆ GŁÓWNYCH SKŁADNIKÓW W BULWACH ZIEMNIAKA JADALNEGO*

KRYSZYNA ZARZECKA¹, MAGDALENA ZAWODNIAK², MAREK GUGAŁA¹, EMILIA RZĄŻEWSKA¹

¹*Institut Rolnictwa i Ogródnictwa, Uniwersytet w Siedlcach, ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce,*

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

Synopsis. We współczesnym rolnictwie obiecującą i przyjazną dla środowiska innowacją jest stosowanie biostymulatorów, które stymulują i wspomagają procesy życiowe roślin. Celem badań była ocena czy zabiegi z zastosowaniem biostymulatorów i herbicydu wpłyną korzystnie na gromadzenie głównych składników w bulwach ziemniaka jadalnego. W trzyletnim doświadczeniu polowym badano wpływ trzech biostymulatorów PlonoStart, Aminoplant, Agro-Sorb Folium i herbicydu Avatar 293 ZC oraz tylko herbicydu Avatar 293 ZC na tle obiektu kontrolnego (bez herbicydu i biostymulatorów) na zawartość suchej masy, skrobi i cukrów redukujących w bulwach dwóch odmian ziemniaka jadalnego Oberon i Malaga. Biostymulatory i herbicyd zwiększały gromadzenie suchej masy i skrobi, a biostymulatory PlonoStart i Agro-Sorb Folium zmniejszyły zawartość cukrów redukujących w porównaniu do bulw z obiektu kontrolnego. Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że zastosowane w doświadczeniu preparaty decydowały o koncentracji głównych składników bulwy i oddziaływały korzystnie na ich zawartość.

Słowa kluczowe: *Solanum tuberosum* L., skrobia, sucha masa bulw, cukry redukujące

WSTĘP

Ziemniak (*Solanum tuberosum* L.) ze względu na wartość odżywczą, potencjał plonowania oraz możliwość uprawy w różnych szerokościach geograficznych, jest określany jako roślina globalna, która przyczynia się do zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego na świecie [Sharma i in. 2019, Wijesinha-Bettoni i Mouillé 2019, Devaux i in. 2021]. Bulwa ziemniaka jest bogata w węglowodany i inne związki ważne w diecie człowieka, takie jak: białko, witaminy, błonnik pokarmowy, liczne składniki mineralne i prozdrowotne oraz wyróżnia się niską zawartością tłuszczu. Do głównych składników ziemniaka jadalnego należą skrobia, cukry redukujące, które równocześnie są ważnymi cechami technologicznymi w przetwórstwie spożywczym i przemysłowym [Naumann i in. 2019]. Składniki te decydują o przydatności bulw do bezpośredniego spożycia, do przetwórstwa spożywczego na frytki, chipsy, susze i przemysłu skrobiowego. Zawartość suchej masy w bulwach jest ważną cechą determinującą jakość i plon produktów smażonych i suszonych. Większa zawartość suchej masy przyczynia się do mniejszej absorpcji oleju, lepszej jakości przetworzonego produktu, większej wydajności oraz wpływa na koszty przetwarzania [Leonel i in. 2017, Naumann i in. 2019, Sharma i in. 2019]. Bulwy ziemniaka jadalnego mają najszersze zastosowanie w konsumpcji bezpośredniej – tradycyjnie gotowane w wodzie. Wówczas skrobia pod wpływem enzymów trawiennych (amylaz) rozkładana jest w przewodzie pokarmowym do glukozy, a następnie wchłaniana w dwunastnicy i jelicie cienkim. Glukoza jest podstawową substancją energetyczną niezbędną do życia [Umadevi

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* krystyna.zarzecka@uws.edu.pl

*Badania wykonano w ramach projektu nr 248/26/B Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego

i in. 2013]. Kowalska i Gurkova [2019] stwierdziły, że w polskiej tradycji trudno wyobrazić sobie prawdziwy obiad bez ziemniaka. W przetwórstwie spożywczym zawartość skrobi jest jedną z najważniejszych cech, gdyż decyduje ona o konsystencji i teksturze produktu finalnego [Sharma i in. 2019]. Naumann i in. [2019] podkreślają, że gdy ziemniak stanowi surowiec dla przemysłu skrobiowego to zawartość skrobi jest najważniejszym parametrem jakości. Ponadto ma ona wiele zastosowań spożywczych i niespożywczych [Dupuis i Liu 2019]. Zawartość skrobi i suchej masy w zarejestrowanych w Polsce odmianach jadalnych wynoszą odpowiednio: 98–183 g·kg⁻¹ i 153–256 g·kg⁻¹, a w bulwach odmian skrobiowych odpowiednio: 165–224 i 230–325 g·kg⁻¹ [Nowacki 2022]. Wielu badaczy dostrzega możliwość zwiększenia plonowania i poprawę składu chemicznego bulw w warunkach stosowania biostymulatorów czy łącznego stosowania biostymulatorów z herbicydami [Pavlista 2011, Trawczyński 2020, Zarzecka i in. 2021]. Biostymulatory są preparatami, które w naturalny i bezpieczny dla środowiska sposób wspomagają procesy życiowe roślin i są coraz częściej stosowane we współczesnym rolnictwie [Van Oosten 2017, Golin i in. 2024, Tshuma i in. 2025]. Należy zaznaczyć, że nieliczne są eksperymenty oceniające wpływ biostymulatorów oraz biostymulatorów ze środkami ochrony roślin na skład chemiczny ziemniaka. Przeprowadzone badania miały na celu określenie, czy zabiegi z zastosowaniem biostymulatorów i herbicydu wpłyną korzystnie na gromadzenie suchej masy, skrobi i cukrów redukujących w bulwach ziemniaka. Postawiono hipotezę, że stosowanie biostymulatorów w połączeniu z herbicydem doprowadzi do większej kumulacji głównych składników w bulwach ziemniaka jadalnego.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe prowadzono przez trzy lata (2018–2020) w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady (52°03' N, 22°33' E) należącej do Uniwersytetu w Siedlcach. We wszystkich latach badań przedplonem było pszenżyto ozime. Każdego roku przed założeniem doświadczenia pobierano próby glebowe i analizowano je w certyfikowanym laboratorium Stacji Chemiczno-Rolniczej w Wesolej koło Warszawy. Glebę sklasyfikowano według Światowej Referencyjnej Bazy Zasobów Glebowych [IUSS Working Group WRB 2015] jako glebę płową (LV-ha) o strukturze piaszczysto-gliniastej. Odczyn gleby był kwaśny (pH w 1 M KCl 5,25–5,42), zawartość próchnicy wynosiła 20,9–22,3 g·kg⁻¹, a zawartość przyswajalnych form składników mineralnych P, K i Mg wynosiła odpowiednio 35,2–61,0; 102,1–141,0 i 36,6–61,0 mg·kg⁻¹.

Doświadczenie przeprowadzono w układzie split-plot w trzech powtórzeniach, jako dwuczynnikowe. Pierwszym czynnikiem były dwie odmiany ziemniaka: Oberon i Malaga. Były to średnio wczesne odmiany jadalne, wpisane do Krajowego Rejestru w latach 2012 i 2013. Drugim czynnikiem było pięć metod stosowania biostymulatorów i herbicydu: 1. obiekt kontrolny – bez herbicydu i biostymulatorów, 2. herbicyd Avatar 293 ZC, 3. herbicyd Avatar 293 ZC + biostymulator PlonoStart, 4. herbicyd Avatar 293 ZC + biostymulator Aminoplant, 5. herbicyd Avatar 293 ZC + biostymulator Agro-Sorb Folium. Dawki i terminy stosowania herbicydów i biostymulatorów, a także innych zabiegów agrotechnicznych, przedstawiono w tabeli 1. Producentów i skład chemiczny zastosowanych preparatów podano zgodnie z Wykazem nawozów i środków wspomagających uprawę roślin MRiRW [www.gov.pl_web_rolnictwo_wykaz_nawozow Rejestr_NAWOZY_18_12_25] i zaleceniami Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB Puławy [www.ipm.iung.pulawy.pl.fert wyszukiwarka-nawozow-wyszukiwanie-IUNG]. Zawartość składników w biostymulatorach była następująca: PlonoStart – N – 16,4%, K₂O – 0,75%, CaO – 0,07%, MgO – 0,02%, SO₃ – 0,24%, bakterie kwaśne typu mlekowego, promieniowce, Aminoplant – N – 9,48%, N_{org} – 9,2%, N-NH₄ – 0,88%, C_{org} –

Tabela 1. Zabiegi agrotechniczne wykonane w doświadczeniu polowym
 Table 1. Agrotechnical treatments performed in the field experiment

Zabiegi/Treatments	Ilość/Quantity	Termin/Date	Informacje/Information
Nawóz naturalny – obornik Natural fertilizer – manure	25 t·ha ⁻¹	Październik/ October	
Nawozy fosforowe (P) Phosphorus (P) fertilizers	44,0 kg P·ha ⁻¹	Październik/ October	46% P ₂ O ₅ superfosfat potrójny/ triple superphosphate
Nawozy potasowe (K) Potassium (K) fertilizers	124,5 kg K·ha ⁻¹	Październik/ October	60% K ₂ O sól potasowa/ potassium salt
Orka przedzimowa Pre-winter plowing		Październik/ October	przykrycie obornika i nawozów mineralnych/ covering manure and mineral fertilizers
Nawozy azotowe (N) Nitrogen (N) fertilizers	100 kg·ha ⁻¹	Kwiecień/April	34% saletra amonowa przed sadzeniem/ ammonium salt before planting
Sadzenie bulw Planting tubers	2500 kg·ha ⁻¹	2–3 dekada kwietnia/ 2–3 decade April	materiał nasienny w klasie E zgodnie z normami UE/ seed material was classified as E, according to EU standards
Herbicyd/Herbicide Avatar 293 ZC (clomazon + metrybuzyna)	1,5 dm ³ ·ha ⁻¹	Skala/scale BBCH 00-08	przed wschodami/ before emergence
Herbicyd Avatar 293 ZC i dwa razy biostymulant PlonoStart Herbicide Avatar 293 ZC and twice biostimulant PlonoStart	1,5 dm ³ ·ha ⁻¹ i 1,0 +1,0 dm ³ ·ha ⁻¹	Skala/scale BBCH 13-19 + BBCH 31-35	herbicyd w skali/ herbicide in scale BBCH 00-08
Herbicyd Avatar 293 ZC i dwa razy biostymulant Aminoplant Herbicide Avatar 293 ZC and twice biostimulant Aminoplant	1,5 dm ³ ·ha ⁻¹ i 1,0 +0,5 dm ³ ·ha ⁻¹	Skala/scale BBCH 13-19 + BBCH 31-35	herbicyd w skali/ herbicide in scale BBCH 00-08
Herbicyd Avatar 293 ZC i dwa razy biostymulant Agro-Sorb Folium Herbicide Avatar 293 ZC and twice biostimulant Agro-Sorb Folium	1,5 dm ³ ·ha ⁻¹ i 2,0 +2,0 dm ³ ·ha ⁻¹	Skala/scale BBCH 13-19 + BBCH 31-35	herbicyd w skali/ herbicide in scale BBCH 00-08
Zbiór ziemniaka Harvesting of potato		1–2 dekada września/ 1–2 decade September	pełna dojrzałość fizjologiczna/ full physiological maturity

25%, wolne aminokwasy – 11,57%, zaw. substancji organicznej – 87,7%, Agro-Sorb Folium – N – 2,2%, B – 0,02%, Mn – 0,05%, Zn – 0,09%, aminokwasy ogółem – 13,11%, wolne aminokwasy – 10,66%.

Tuż przed zbiorem ziemniaków, z każdego poletka wykopano bulwy z 10 losowo wybranych roślin. Zawartość skrobi w bulwach oznaczono za pomocą hydrostatycznej, elektronicznej wagi Reimann WPT 3CA (Radom, Polska). Następnie oznaczono zawartość cukrów redukujących w świeżej masie bulw metodą Schoorla-Luffa [Krełowska-Kułas 1993]. Zawartość suchej masy oznaczono zgodnie z Polską Normą podczas dwuetapowego suszenia, początkowo w temperaturze 60–70°C, a następnie w temperaturze 105°C do uzyskania stałej masy [Polska Norma 2001]. Analizy składników bulw ziemniaka wykonano w trzech powtórzeniach. Wszystkie dane poddano analizie wariancji. Istotność różnic pomiędzy obiektami weryfikowano testem Tukeya przy poziomie istotności $p \leq 0,05$ [Trętowski i Wójcik 1991].

Dane o warunkach wilgotnościowo-termicznych w latach prowadzenia badań (2018–2020) pochodziły ze Stacji Meteorologicznej Zawady (tab. 2 i 3). Średnia temperatura powietrza od kwietnia do września w 2018 r. wynosiła 17,6°C i była wyższa od temperatury z okresu wieloletniego o 22,2%. Jednakże opady były niższe o 4% w porównaniu z latami 1980–2009. Miesiące od kwietnia do sierpnia były suche, bardzo suche i dość suche, a cały sezon według współczynnika Sielionowa suchy (tab. 3) [Skowera i in. 2014]. Warunki wilgotnościowo-termiczne w 2019 r. były bardziej zmienne. Opady były niższe o 37,4% w porównaniu z okresem

Tabela 2. Warunki meteorologiczne od kwietnia do września w latach 2018–2020

Table 2. Meteorological conditions from April to September in 2018–2020

Lata/Years	Średnia temperatura Mean temperature [°]	W porównaniu do okresu wieloletniego In comparison to multi-year	Suma opadów Precipitation sum [mm]	W porównaniu do okresu wieloletniego In comparison to multi-year
2018	17,6	22,20%	295,7	–4,00%
2019	15,6	8,30%	192,6	–37,40%
2020	15,7	9,00%	312,4	1,50%
1980–2009	14,4	–	307,9	–

Tabela 3. Wskaźnik hydrotermiczny Sielionowa w latach 2018–2020

Table 3. Seliionov hydrothermal index in the 2018–2020

Miesiące/ Months	Okresy wegetacji/Growing seasons		
	2018	2019	2020
IV	0,88 suchy/dry	0,20 skrajnie suchy/ extremely dry	0,23 skrajnie suchy/ extremely dry
V	0,52 bardzo suchy/very dry	1,44 optymalny/optimal	1,74 dość wilgotny/relatively humid
VI	0,57 bardzo suchy/very dry	0,67 bardzo suchy/very dry	2,05 wilgotny/humid
VII	1,06 dość suchy/relatively dry	0,51 bardzo suchy/very dry	1,15 dość suchy/relatively dry
VIII	0,86 suchy/dry	0,71 suchy/dry	0,29 skrajnie suchy/extremely dry
IX	1,69 dość wilgotny/ relatively humid	0,41 bardzo suchy/very dry	0,83 suchy/dry
Średnio/ Mean IV–IX	0,93 suchy/dry	0,66 bardzo suchy/very dry	1,05 dość suchy/relatively dry

wieloletnim, a wszystkie miesiące wegetacyjne, z wyjątkiem maja, były suche, bardzo suche i skrajnie suche. Rok 2019 był bardzo suchy. Warunki pogodowe w 2020 r. były najbardziej zbliżone do warunków z lat 1980–2009, ze średnią temperaturą powietrza 15,7°C i opadami tylko o 1,5% wyższymi od średniej z okresu wieloletniego. Był to rok dość suchy.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość suchej masy, skrobi, cukrów ogółem i cukrów redukujących stanowią najważniejsze parametry jakościowe ziemniaka przeznaczonego do konsumpcji bezpośredniej oraz do przetwórstwa spożywczego, gdyż wpływają na chrupkość, twardość, smak, kolor i wydajność przetwarzania [Ndungutse i in. 2019, Das i in. 2021]. W prowadzonych badaniach zawartość suchej masy wahała się od 181,7 do 224,9 g·kg⁻¹ w zależności od uprawianej odmiany, stosowanych biostymulatorów i herbicydu oraz warunków pogodowych w latach badań (tab. 4 i 5). Odmiana Oberon wyróżniała się istotnie większą zawartością suchej masy (średnio 213,0 g·kg⁻¹) niż odmiana Malaga (średnio 184,2 g·kg⁻¹). Wpływ odmiany na gromadzenie suchej masy w bulwach wykazali również inni autorzy [Das i in. 2021, Zarzecka i in. 2021, Prysiazhniuk i in. 2023]. Aplikacja biostymulatorów i herbicydu istotnie zwiększała zawartość suchej masy w porównaniu do obiektu kontrolnego, a największe ilości odnotowano po zastosowaniu biostymulatora Agro-Sorb Folium z herbicydem Avatar 293 ZC. Trawczyński [2020] także wykazał, że zabiegi z zastosowaniem biostymulatorów pozytywnie wpływały na zawartość suchej masy w porównaniu do roślin kontrolnych. Na zawartość omawianego składnika istotnie oddziaływały warunki pogodowe w latach badań (tab. 5). Najwięcej gromadziły go bulwy w suchym 2018 roku, natomiast najmniej w 2020 roku, w którym opady były największe. Ponadto u odmiany Oberon wykazano interakcję odmiany z warunkami pogodowymi. W badaniach Prysiazhniuk i in. [2023] interakcja między genotypem a warunkami pogodowymi roku miała także istotny wpływ na zawartość suchej masy. Escuredo i in. [2018] i Trawczyński [2020] wykazali, że najwięcej suchej masy i skrobi gromadziły bulwy zebrane w sezonie ciepłym, o najmniejszej ilości opadów podczas wegetacji. Według Nowackiego [2020] zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka przeznaczonego do bezpośredniej konsumpcji, ziemniakach suszonych, chipsach powinna wynosić 200–230 g·kg⁻¹, do produkcji frytek 190–200 g·kg⁻¹, do produktów konserwowanych (sałatki, mrożonki) – 180–200 g·kg⁻¹. Także Marwaha i in. [2010] podają, że ziemniaki przeznaczone na produkty odwodnione, frytki i chipsy powinny mieć 20% i więcej suchej masy, podczas gdy ziemniaki przeznaczone do konserw powinny mieć mniej niż 18% suchej masy. Prowadzone badania wykazały, że zawartość skrobi kształtowała się od 102,5 do 125,6 g·kg⁻¹ i zależała istotnie od odmiany, aplikacji biostymulatorów i herbicydu oraz warunków klimatycznych podczas prowadzenia doświadczenia (tab. 4 i 5). Istotnie więcej skrobi gromadziła odmiana Oberon niż odmiana Malaga. Zaobserwowano także, że wszystkie zastosowane biostymulatory i herbicyd Avatar 293 ZC istotnie zwiększały ilość omawianego składnika w porównaniu do bulw zebranych z obiektu kontrolnego. Korzystne oddziaływanie biostymulatorów obserwowali także inni autorzy – Trawczyński [2020] po aplikacji biostymulatorów: Krzemian, Naturamin Plus i Naturamin WSP, Zarzecka i in. [2021] po aplikacji herbicydu Harrier 295 ZC + biostymulator Kelpak SL i herbicyd Sencor 70 WG + biostymulator Asahi SL. Uprawiane odmiany odmiennie reagowały na warunki pogodowe w latach badań, co potwierdza udowodniona interakcja odmian z latami (tab. 5). Odmiana Oberon najwięcej skrobi kumulowała w suchym 2018 roku, a najmniej w dość suchym 2020 roku. Natomiast odmiana Malaga odwrotnie, najwięcej skrobi zgromadziła w sezonie 2020 roku. Wpływ odmiany i warunków pogodowych podczas wzrostu roślin na zawartość skrobi potwierdzają badania innych autorów

Tabela 4. Zawartość suchej masy, skrobi i cukrów redukujących w bulwach ziemniaka
Table 4. Content of dry matter, starch and reducing sugars in potato tubers

Obiekty/Objects	Odmiany/Cultivars		Średnio/Mean
	Oberon	Malaga	
Sucha masa/Dry matter [g·kg ⁻¹]			
CO*	209 A	182 A	195 e
A	212 A	184 A	198 d
A+PlonoStart	214 A	184 A	199 c
A+Aminoplant	214 A	185 A	200 b
A+Agro-Sorb Folium	216 A	187 A	201 a
Średnio/Mean	213 a	184 b	199
Skrobia/Starch [g·kg ⁻¹]			
CO	116 A	103 A	109 d
A	119 A	106 A	112 c
A+PlonoStart	121 A	107 A	114 b
A+Aminoplant	125 A	108 A	116 a
A+Agro-Sorb Folium	126 A	108 A	117 a
Średnio/Mean	121 a	106 b	114
Cukry redukujące/Reducing sugars [g·kg ⁻¹]			
CO	11,5 A	15,5 A	13,5 a
A	11,7 A	15,6 A	13,6 a
A+PlonoStart	10,5 A	13,5 A	12,0 b
A+Aminoplant	10,9 A	14,3 A	12,6 ab
A+Agro-Sorb Folium	10,9 A	13,2 A	12,0 b
Średnio/Mean	11,1 b	14,4 a	12,8

*CO – obiekt kontrolny/control object, A – herbicyd/herbicide Avatar 293 ZC, A+PlonoStart – herbicyd/herbicide Avatar 293 ZC + biostymulator/biostimulant PlonoStart, A+Aminoplant – herbicyd/herbicide Avatar 293 ZC + biostymulator/biostimulant Aminoplant, A+Agro-Sorb Folium – herbicyd/herbicide Avatar 293 ZC + biostymulator/biostimulant Agro-Sorb Folium

Te same litery w tabeli oznaczają brak istotnych różnic między wynikami na poziomie $p \leq 0,05$. Średnie w kolumnach oznaczonych wielkimi literami (A, B) odnoszą się do interakcji między czynnikami. Średnie w ostatniej kolumnie i średnie w ostatnim wierszu (po których następują małe litery a, b, c) dotyczą obiektów i odmian

The same letters in Table indicate no significant differences between the results at the $p \leq 0.05$ level. Means in columns marked with capital letters (A, B) refer to interactions between the factors. Means in the last column and means in the last row (followed by lowercase a, b, c) are for objects and cultivars

[Trawczyński 2020, Prysiazniuk i in. 2023]. Nowacki [2020] podaje, że zawartość skrobi w bulwach ziemniaka przeznaczonego do konsumpcji bezpośredniej powinna wynosić 120–160 g·kg⁻¹, w suszonych ziemniakach 150–190 g·kg⁻¹, chipsach 160–200 g·kg⁻¹, do produkcji frytek 140–170 g·kg⁻¹, a do produktów konserwowych (sałatki, mrożonki) – 120–140 g·kg⁻¹.

Tabela 5. Zawartość suchej masy, skrobi i cukrów redukujących w bulwach w latach badań
 Table 5. Content of dry matter, starch and reducing sugars in tubers in study years

Lata/Years	Odmiany/Cultivars		Średnio/Mean
	Oberon	Malaga	
Sucha masa/Dry matter [g·kg ⁻¹]			
2018	225 A	184 A	204 a
2019	209 B	184 A	196 b
2020	205 B	186 A	196 c
Skrobia/Starch [g·kg ⁻¹]			
2018	124 A	104 B	114 b
2019	120 B	103 B	112 c
2020	120 B	112 A	116 a
Cukry redukujące/Reducing sugars [g·kg ⁻¹]			
2018	9,0 B	14,3 A	11,7 b
2019	11,4 A	15,0 A	13,2 a
2020	13,0 A	13,9 A	13,5 a

Te same litery w tabeli oznaczają brak istotnych różnic między wynikami na poziomie $p \leq 0,05$. Średnie w kolumnach oznaczonych wielkimi literami (A, B) odnoszą się do interakcji między czynnikami. Średnie w ostatniej kolumnie (po których następują małe litery a, b, c) dotyczą odmian i lat

The same letters in Table indicate no significant differences between the results at the $p \leq 0.05$ level. Means in columns marked with capital letters (A, B) refer to interactions between the factors. Means in the last column (followed by lowercase a, b, c) are for cultivars and years

Zawartość cukrów redukujących (glukoza + fruktoza) jest cechą bardzo ważną zarówno dla ziemniaka jadalnego jak i przeznaczonego do przetwórstwa. Przy podwyższonej zawartości tych cukrów bulwy konsumpcyjne nabierają słodkiego smaku. Natomiast dla bulw przeznaczonych do przetwórstwa duża ilość cukrów redukujących jest niedopuszczalna, ponieważ podczas smażenia cukry te reagują z wolnymi aminokwasami, co prowadzi do powstawania akrylamidu, który jest produktem ubocznym reakcji Maillarda i jest uważany za potencjalny czynnik rakotwórczy (Zhu i in. 2010, Leszczyński 2012). Stąd ustalane są określone normy dla cukrów redukujących, które obejmują wymagania: dla konsumpcji bezpośredniej, frytek i produktów konserwowych (sałatki, mrożonki) do 5 g·kg⁻¹ świeżej masy, dla ziemniaków suszonych do 2,5 g·kg⁻¹ i dla chipsów poniżej 1.5 g·kg⁻¹ [Leonel i in. 2017, Nowacki 2020]. W naszych badaniach zawartość cukrów redukujących była dość wysoka i mieściła się w granicach 9,01–15,58 g·kg⁻¹ (tab. 4 i 5). Koncentracja tych cukrów zależała istotnie od odmiany, aplikacji biostymulatorów i herbicydu oraz lat badań. Biostymulatory PlonoStart and Agro-Sorb Folium zmniejszyły zawartość cukrów redukujących w porównaniu do obiektu kontrolnego. Głosek i in. [2022] stwierdzili istotny wpływ odmiany oraz, że po zastosowaniu biostymulatorów Bio-Algen, Kelpak SL i Trifender ilość cukrów redukujących uległa zwiększeniu, a tylko po opryskiwaniu preparatem Asahi SL nie zmieniła się w porównaniu do obiektu kontrolnego. Wpływ odmiany i warunków pogodowych na zawartość cukrów redukujących odnotowali także Leonel i in. [2017] i Ndungutse i in. [2019].

WNIOSKI

1. Przedstawione badania wskazują na możliwość korzystnego oddziaływania biostymulatorów i herbicydu na główne składniki występujące w bulwach ziemniaka jadalnego.
2. Analizy laboratoryjne wykazały, a obliczenia statystyczne potwierdziły istotny wpływ stosowanych biostymulatorów PlonoStart, Aminoplant, Agro-Sorb Folium i herbicydu Avatar 293 ZC na zawartość suchej masy – zwiększenie, skrobi – zwiększenie i cukrów redukujących – zmniejszenie w bulwach uprawianych odmian.
3. Uprawiane odmiany odmiennie reagowały na panujące warunki pogodowe. Odmiana Oberon najwięcej suchej masy i skrobi oraz najmniej cukrów redukujących gromadziła w suchym 2018 roku, a kumulacji wymienionych składników w odmianie Malaga najbardziej sprzyjał sezon 2020 roku, który był korzystniejszy pod względem warunków hydrotermicznych.
4. Analizowane związki należą do głównych składników bulwy i mają duże znaczenie przy wykorzystaniu *Solanum tuberosum* zarówno w konsumpcji bezpośredniej jak i przetwórstwie spożywczym. Przyszłe badania mogłyby rozważyć większą gamę odmian i inne biostymulatory zalecane w uprawie ziemniaka.

PIŚMIENNICTWO

- Das S., Mitra B., Saha A., Mandal S., Paul P.K., El-Sharnouby M., Hassan M.M., Maitra S., Hossain A. 2021. Evaluation of quality parameters of seven processing type potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in the Eastern Sub-Himalayan Plains. *Foods* 10, art. no. 1138. <https://doi.org/10.3390/foods10051138>.
- Devaux A., Goffart J.P., Kromann P., Hareau G. 2021. The Potato of the future: Opportunities and challenges in sustainable agri-food systems. *Potato Res.* 64: 681–720. <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09501-4>.
- Dupuis J.H., Liu Q. 2019. Potato starch: A review of physicochemical, functional and nutritional properties. *Am. J. Potato Res.* 96(2): 127–138. <https://doi.org/10.1007/s12230-018-09696-2>.
- Escuredo O., Seijo-Rodríguez A., Rodríguez-Flores M.S., Míguez M., Seijo M.C. 2018. Influence of weather conditions on the physicochemical characteristics of potato tubers. *Plant Soil Environ.* 64: 317–323. <https://doi.org/10.17221/144/2018-PSE>.
- Głosek-Sobieraj M., Wierzbowska J., Cwalina-Ambroziak B., Waśkiewicz A. 2022. Protein and sugar content of tubers in potato plants treated with biostimulants. *J. Plant Prot. Res.* 62(4): 370–384. DOI: 10.24425/jppr.2022.143227.
- Golin M.F., Giannini V., Bagarello M., Vernaza Cartagena W.C., Giordano M., Maucieri C. 2024. Processing tomato and potato response to biostimulant application in open field: An overview. *Agronomy* 14, art. no. 2699. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112699>.
- IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for soil resources 2014, update 2015 international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. FAO.
- Kowalska A.S., Gorkowa K. 2019. Changes in potato production and consumption in Poland in 2001–2019. *Probl. World Agric.* 19(3): 46–56. DOI: 10.22630/PRS.2019.19.3.45.
- Krełowska-Kułas M. 1993. Badanie jakości produktów spożywczych. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 53–55.
- Leonel M., Carmo E.L., Fernandes A.M., Soratto R.P., Eburneo J.M., Garcia E.L., Santos T.P.R. 2017. Chemical composition of potato tubers: the effect of cultivars and growth condition. *J. Food Sci. Technol.* 54(8): 2372–2378. DOI 10.1007/s13197-017-2677-6.
- Leszczyński W. 2012. Żywieniowa wartość ziemniaka i przetworów ziemniaczanych (Przegląd literatury). *Biul. IHAR* 266: 5–20. DOI: 10.37317/biul-2012-0001.
- Marwaha R.S., Pandey S.K., Dinesh K., Singh S.V., Parveen K. 2010. Potato processing scenario in India: Industrial constraints, future projections, challenges ahead and remedies – A review. *J. Food Sci. Technol.* 47(2): 137–156. DOI: 10.1007/s13197-010-0026-0.

- Naumann M., Koch M., Thiel H., Gransee A., Pawelzik E. 2019. The importance of nutrient management for potato production. Part II: Plant nutrition and tuber quality. *Potato Res.* 63: 121–137. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-09430-3>.
- Ndungutse V., Ngoda P.M.N., Vasanthakaalam H., Shakala E.K., Faraj A.K. 2019. Processing quality of selected potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars grown in Rwanda. *Potato J.* 46(1): 48–55.
- Nowacki W. 2020. Profesjonalna produkcja ziemniaka. Wyd. Centrum Doradztwa Rolniczego, Brwinów, ss. 90.
- Nowacki W. 2022. Charakterystyka krajowego rejestru odmian ziemniaka. Wyd. IHAR-PIB Jadwisin 25, ss. 44.
- Pavlista A.D. 2011. Growth regulators increased yield of Atlantic potato. *Am. J. Potato Res.* 88: 479–484. DOI 10.1007/s12230-011-9214-3.
- Polska Norma PN-EN 12145: 2001P. Soki owocowe i warzywne – Oznaczanie całkowitej suchej substancji – Metoda grawimetryczna oznaczania ubytku masy w wyniku suszenia. Polski Komitet Standaryzacji, Warszawa.
- Prysiazhniuk L., Sonets T., Shytikova Y., Melnyk S., Dikhtiar I., Mazhuha K., Sorochinsky B. 2023. The environmental and genetic factors affect the productivity and quality of potato cultivars. *Zemdirbyste-Agriculture* 110(4): 319–328. DOI 10.13080/z-a.2023.110.036.
- Sharma K., Singh S.P., Rawat G.S., Gaur D., Dhakad H., Sharma S.K., Joshi E. 2019. Effect of different cropping systems and fertility levels on quality and physiological parameters of potato. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 8(6): 2294–2299.
- Skowera B., Jędrzczyk 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.
- Trawczyński C. 2020. Wpływ biostymulatorów na plon i jakość bulw ziemniaka uprawianego w warunkach suszy i wysokiej temperatury. *Biul. IHAR* 289: 11–19.
- Trętowski J., Wójcik R. 1991. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Wyd. WSRP, Siedlce: 31–334.
- Tshuma F., Bennett J., Swanepoel P. A., Labuschagne J., van der Westhuizen S., Rayns F. 2025. Can biostimulants and tillage rotations improve dryland crop productivity and soil microbes? *Agron. J.* 117, art. no. e21738. <https://doi.org/10.1002/agj2.21738>.
- Umadevi M., Sampath Kumar P.K., Bhowmik D., Duraivel S. 2013. Health benefits and cons of *Solanum tuberosum*. *J. Medic. Plants Stud.* 1: 16–25.
- Van Oosten M.J., Pepe O., De Pascale S., Silletti S., Maggio A. 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4, art. no. 5. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>.
- Wijesinha-Bettoni R., Mouillé B. 2019. The contribution of potatoes to global food security, nutrition and healthy diets. *Am. J. Potato Res.* 96: 139–149. <https://doi.org/10.1007/s12230-018-09697-1>.
- www.gov.pl/web/rolnictwo_wykaz_nawozow_Rejestr_NAWOZY_18_12_25.xlsx (dostęp 20 grudnia 2025).
- www.ipm.iung.pulawy.pl/fert_wyszukiwarka-nawozow-wyszukiwanie-IUNG (dostęp 20 grudnia 2025).
- Zarzecka K., Gugąła M., Mystkowska I., Sikorska A. 2021. Changes in dry weight and starch content in potato under the effect of herbicides and biostimulants. *Plant Soil Environ.* 67(4): 202–207. <https://doi.org/10.17221/622/2020-PSE>.
- Zhu F., Cai Y., Ke J., Corke H. 2010. Compositions of phenolic compounds, amino acids and reducing sugars in commercial potato varieties and their effects on acrylamide formation. *J. Sci. Food Agric.* 90: 2254–2262. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4079>.

K. ZARZECKA, M. ZAWODNIAK, M. GUGAŁA, E. RZĄŻEWSKA
**BIOSTIMULANTS WITH HERBICIDE DETERMINED THE CONCENTRATION OF MAIN
 COMPONENTS IN EDIBLE POTATO TUBERS**

Summary

In modern agriculture, a promising and environmentally friendly innovation is the use of biostimulants which stimulate and support the life processes of plants. The aim of the study reported here was to assess whether treatments involving an application of biostimulants and a herbicide would positively affect an accumulation of the main nutrients in table potato tubers. A three-year field experiment was conducted

to examine the impact of three biostimulants, PlonoStart, Aminoplant and Agro-Sorb Folium, and the herbicide Avatar 293 ZC, as well as the herbicide Avatar 293 ZC alone, compared to a control plot (without the herbicide and biostimulants), on dry matter and starch contents, and reducing sugars in the tubers of two table potato cultivars, Oberon and Malaga. The biostimulants and the herbicide increased the accumulation of dry matter and starch, while PlonoStart and Agro-Sorb Folium decreased reducing sugars compared to control tubers. Based on the obtained results it can be inferred that the products used in the experiment affected the concentration of the main tuber components, and had a beneficial effect on their content.

Key words: *Solanum tuberosum* L., starch, dry matter of tubers, reducing sugars

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 9.05.2026

Do cytowania – *For citation*:

Zarzecka K., Zawodniak M., Gugąła M., Rzążewska E. 2026. Biostymulanty z herbicydem determinowały zawartość głównych składników w bulwach ziemniaka jadalnego. *Fragm. Agron.* 43(1): 14–23.