








¹ Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa, Wydział Agrobiotechnologii i Nauk o Zwierzętach, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce, Polska

² Wydział Inżynierii i Ekonomii, Państwowa Uczelnia Zawodowa im. Ignacego Mościckiego w Ciechanowie, ul. Narutowicza 9, 06-400 Ciechanów, Polska

³ Zakład Dietetyki, Wydział Nauk o Zdrowiu, Akademia Białka Nauk Stosowanych im. Jana Pawła II, ul. Sidorska 105, 21-500 Biała Podlaska, Polska
*e-mail: ld36@stud.uph.edu.pl

Marek Gugała ¹, Łukasz Domański ^{1*}, Krystyna Zarzecka ¹,
Anna Sikorska ², Iwona Mystkowska ³

Wpływ sposobów odchwaszczania na zawartość azotu ogólnego i białkowego w bulwach ziemniaka

Effect of weed control on total nitrogen and protein nitrogen content in potato tubers

Streszczenie. Celem badań było określenie wpływu herbicydów i biostymulatorów na zawartość azotu ogólnego, białkowego i pobranie azotu ogólnego przez bulwy trzech odmian ziemniaka jadalnego. Wyniki uzyskano z trzyletniego doświadczenia polowego, z następującymi czynnikami: I – trzy odmiany ziemniaka jadalnego – Bartek, Gawin, Honorata; II – pięć sposobów stosowania herbicydów i biostymulatorów: 1 – obiekt kontrolny, 2 – zabiegi mechaniczno-chemiczne i herbicyd Harrier 295 ZC, 3 – zabiegi mechaniczno-chemiczne i herbicyd Harrier 295 ZC + pod koniec wschodów roślin biostymulator Kelpak SL, 4 – zabiegi mechaniczno-chemiczne i herbicyd Sencor 70 WG, 5 – zabiegi mechaniczno-chemiczne i herbicyd Sencor 70 WG + pod koniec wschodów roślin biostymulator Asahi SL. Zawartość azotu ogólnego oznaczono w suchej masie bulw metodą Kjeldahla. Wykazano istotny wpływ czynników na zawartość azotu ogólnego i białkowego w bulwach oraz na pobranie azotu ogólnego przez bulwy ziemniaka. Największą zawartość azotu ogólnego i białkowego odnotowano w bulwach odmiany Bartek, a największe pobieranie azotu z plonem odmiany Honorata.

Słowa kluczowe: *Solanum tuberosum* L., środki ochrony roślin, herbicyd, biostymulator

WSTĘP

Ziemniak, obok pszenicy i ryżu, jest najpopularniejszym źródłem pożywienia ludności świata [Dzwonkowski 2017]. Ze względu na wartość biologiczną i właściwości chemiczne bulw stanowi on ważny składnik pokarmu człowieka [Stanko i Mikula 2021].

Sposób wykorzystania ziemniaka i jego przeznaczenie determinuje głównie jego skład chemiczny, na który wpływa wiele czynników. Na zawartość związków chemicznych w bulwach ziemniaka znacznie wpływają warunki atmosferyczne [Baranowska i in. 2018, Gugala i in. 2018, Barbaś i Sawicka 2020]. Innymi determinantami składu chemicznego ziemniaka są czynniki genetyczne odmian [Kołodziejczyk 2014, Wierzbowska i in. 2015, Barbaś i Sawicka 2017].

W uprawie ziemniaka większość nakładów ponoszonych jest na zwalczanie zarazy ziemniaka i ograniczanie zachwaszczenia [Gugala i in. 2017]. Chwasty można eliminować zabiegami mechanicznymi, mechaniczno-chemicznymi i chemicznymi. Metody mechaniczne nie są w pełni skuteczne i zadowalające, a dodatkowo wymagają dużych nakładów pracy oraz środków finansowych. Stąd efektywnym sposobem ograniczania roślinności segetalnej jest przedwzschodowe i powzschodowe stosowanie środków ochrony roślin [Barbaś i Sawicka 2020]. Definicje naturalnych stymulatorów wzrostu są obszerne i nieprecyzyjne. Głównymi cechami odróżniającymi biostymulatory od nawozów i innych środków ochrony roślin są naturalne pochodzenie mieszanin i substancji oraz poprawa jakości stanu upraw bez jednoczesnego negatywnego wpływu na rośliny [Du Jardin 2015]. Aplikowanie herbicydów, biostymulatorów oraz ich mieszanin wpływa korzystnie na plon i zawartość większości związków chemicznych [Szczepanek i in. 2015, Baranowska i in. 2016, Piotrowski i Romanowska-Duda 2018, Barbaś i Sawicka 2020, Zarzecka i in. 2021]. Podstawowym zadaniem stymulatorów jest łagodzenie wpływu stresów środowiskowych na rośliny [Yakhin i in. 2017].

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu sposobów odchwaszczania z zastosowaniem herbicydów, biostymulatorów i ich mieszanek, na zawartość azotu ogólnego, azotu białkowego oraz pobranie azotu ogólnego przez plon bulw trzech odmian ziemniaka jadalnego. Założono hipotezę, iż stosowane herbicydy nie wpłyną negatywnie na zawartość tych związków w bulwach ziemniaka jadalnego.

MATERIAŁ I METODY

Wyniki badań uzyskano z trzyletniego (2012–2014) eksperymentu polowego, przeprowadzonego w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, zlokalizowanej w Zawadach, w środkowo-wschodniej Polsce. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków, w układzie zależnym split-plot z trzema powtórzeniami. Uwzględniono dwa czynniki: I – trzy średnio wczesne odmiany ziemniaka jadalnego – Bartek, Gawin, Honorata; II – pięć sposobów aplikacji herbicydów i biostymulatorów: (1) obiekt kontrolny – odchwaszczanie mechaniczne – bez herbicydów i biostymulatorów, (2) odchwaszczanie mechaniczno-chemiczne i 7–10 dni po posadzeniu bulw herbicyd Harrier 295 ZC (linuron + clomazon) – $2,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, (3) odchwaszczanie mechaniczno-chemiczne i 7–10 dni po posadzeniu bulw herbicyd Harrier 295 ZC (linuron + clomazon) – $2,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + pod koniec wschodów roślin biostymulator Kelpak SL – $2,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, (4) odchwaszczanie mechaniczno-chemiczne i tuż przed wschodami herbicyd Sencor 70 WG (metrybuzyna) – $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, (5) odchwaszczanie mechaniczno-chemiczne i tuż przed wschodami herbicyd Sencor 70 WG (metrybuzyna) – $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + pod koniec wschodów roślin biostymulator Asahi SL – $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Przed zbiorem pobrano bulwy z 10 roślin ziemniaka, z każdego poletka. W celu oznaczenia suchej masy próbki bulw ziemniaka suszono w temperaturze początkowej 70°C , a następnie w tempe-

raturze 105°C, do stałej masy, przy użyciu suszarki SLW 115 SIMPLE (Merazet, Polska). Zawartość azotu ogólnego oznaczono w suchej masie bulw metodą Kjeldahla, na aparacie 2300 Kjeltec Analyzer Unit [Ostrowska i in. 1991]. Oznaczono także zawartość białka właściwego z zawartości azotu białkowego, stosując współczynnik 6,25. Białko prawdziwe oddzielono od związków niebiałkowych poprzez strącanie 10-procentowym kwasem trójchlorooctowym i oznaczono metodą Bernsteina [Horwitz i Latimer 2006]. Z iloczynu suchej masy bulw i zawartości azotu w bulwach obliczono ilość azotu pobranego przez bulwy. Wyniki trzyletnich badań poddano analizie wariancji, a istotność różnic między średnimi określono testem Tukeya na poziomie istotności $p \leq 0,05$ [Trętowski i Wójcik 1991].

Warunki meteorologiczne w latach badań były zróżnicowane. W sezonie 2012 opady atmosferyczne były niższe i równomiernie rozłożone, co korzystnie wpływa na kumulowanie składników pokarmowych przez rośliny (tab. 1). Temperatura powietrza była zbliżona do średniej wieloletniej (tab. 2). W okresie wegetacji roku 2013 temperatury przewyższały średnie z lat 1980–2009, opady atmosferyczne były wyższe i nierównomiernie rozłożone. Rok 2014 był cieplejszy w porównaniu z okresem wieloletnim, a opady w okresie wegetacyjnym były bardzo zróżnicowane. W miesiącach, w których następuje kumulacja składników pokarmowych oraz wzrost masy bulw ziemniaka zaobserwowa-

Tabela 1. Sumy opadów (mm) podczas wegetacji ziemniaka (2012–2014)
Table 1. Rainfall totals (mm) during potato growing season (2012–2014)

Dekady Decades	Kwiecień April	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August	Wrzesień October	Suma Total
2012							
I	4,6	17,3	26,4	24,2	27,3	3,2	264,9
II	21,1	33,0	37,7	16,0	17,0	2,7	
III	4,2	3,1	12,1	2,8	6,7	5,5	
Suma/Total	29,9	53,4	76,2	43,0	51,0	11,4	–
Suma wieloletnia Multi-year total 1987–2000	38,6	44,1	52,4	49,8	43,0	47,3	–
2013							
I	24,8	14,2	52,6	0,0	0,0	13,7	441,3
II	7,4	2,8	6,4	91,3	1,9	67,3	
III	3,8	88,9	39,8	0,0	13,2	13,3	
Suma/Total	36,0	105,9	98,8	91,3	15,1	94,3	–
Suma wieloletnia Multi-year total 1987–2000	38,6	44,1	52,4	49,8	43,0	47,3	–
2014							
I	4,3	18,2	11,1	9,5	54,8	4,3	335,1
II	15,2	47,9	14,7	0,0	28,2	12,0	
III	25,5	26,6	29,6	0,5	22,7	10,0	
Suma/Total	45,0	92,7	55,4	10,0	105,7	26,3	–
Suma wieloletnia Multi-year total 1987–2000	38,6	44,1	52,4	49,8	43,0	47,3	–

Tabela 2. Średnia temperatura powietrza (°C) podczas wegetacji ziemniaka (2012–2014)
Table 2. Mean air temperature (°C) during potato growing season (2012–2014)

Dekady Decades	Kwiecień April	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August	Wrzesień October	Średnia Mean
2012							
I	3,0	15,1	13,9	24,2	20,1	15,7	15,5
II	8,9	12,2	17,6	17,1	16,4	14,5	
III	14,9	16,4	17,5	20,9	17,7	12,0	
Średnia/Mean	8,9	14,6	16,3	20,7	18,1	14,1	–
Średnia wieloletnia Multi-year mean 1987–2000	7,8	12,5	17,2	19,2	18,5	13,1	–
2013							
I	0,6	15,3	17,2	19,6	22,4	13,9	15,0
II	9,3	17,3	18,7	17,4	18,5	12,4	
III	12,2	13,3	18,1	19,9	15,5	8,9	
Średnia/Mean	7,4	15,3	18,0	19,0	18,8	11,7	–
Średnia wieloletnia Multi-year mean 1987–2000	7,8	12,5	17,2	19,2	18,5	13,1	–
2014							
I	6,9	10,2	16,6	19,8	22,5	15,4	15,3
II	8,4	13,1	15,0	20,0	17,7	16,1	
III	14,0	17,2	14,4	22,7	14,1	10,8	
Średnia/Mean	9,8	13,5	15,3	20,8	18,1	14,1	–
Średnia wieloletnia Multi-year mean 1987–2000	7,8	12,5	17,2	19,2	18,5	13,1	–

no – w sierpniu nadmiar wilgoci, a w lipcu niedostatek. W tabeli numer 3 przedstawiono współczynnik hydrotermiczny Sielianiowa dla lat prowadzonych badań.

We wszystkich latach przedplonem była pszenica ozima. Jesienią stosowano nawożenie obornikiem w dawce $25,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz nawozami mineralnymi (fosfor i potas) w dawkach $44,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ P (46% superfosfat potrójny TSP) i $124,5 \text{ kg}^{-1}$ K (60% sól chlorku potasu). W okresie wiosennym stosowano azot ($100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) w postaci 34-procentowej soli amonowej.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analizy chemiczne wykazały istotny wpływ odmian, herbicydów i biostymulatorów oraz warunków pogodowych w latach prowadzenia badań na zawartość azotu ogólnego i białkowego w bulwach oraz na pobieranie azotu przez bulwy ziemniaka (tab. 4–6). Najwięcej azotu ogólnego stwierdzono w bulwach odmiany Bartek – średnio $23,34 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.,

istotnie mniej w bulwach odmiany Gawin, a najmniej w bulwach odmiany Honorata (tab. 4). Podobne wyniki uzyskali Gugąła i in. [2017], Wierzbowska i in. [2015], Sawicka i in. [2015] oraz Kołodziejczyk [2014]. Zawartość azotu ogólnego determinowały także sposoby stosowania herbicydów i biostymulatorów. Największy wzrost zawartości azotu ogólnego w bulwach, w porównaniu z obiektem kontrolnym, odnotowano po opryskiwaniu poletek herbicydem Sencor 70 WG. Odnotowano zbliżoną zawartość azotu ogólnego w bulwach roślin na poletkach z zastosowaniem herbicydu Harrier 295 ZC oraz biostymulatora Kelpak SL (22,36 g·kg⁻¹ s.m.) do zawartości tego związku w bulwach ziemniaka

Tabela 3. Współczynnik hydrotermiczny Sielianinova* dla lat prowadzonych badań
Table 3. Sielianinov* hydrothermal coefficient for years of researches

Miesiące Months	2012	2013	2014
IV	1,10	1,60	1,50
V	1,20	2,30	2,30
VI	1,60	1,80	1,20
VII	0,70	1,60	0,16
VIII	0,94	0,30	1,90
IX	0,27	2,70	0,62
IV-IX	0,95	1,60	1,20

* Wartość współczynnika [Skowera i Puła 2004]: ≤0,40 – skrajnie suchy; 0,4 < K ≤ 0,7 – bardzo suchy; 0,7 < K ≤ 1,0 – suchy; 1,0 < K ≤ 1,3 – dość suchy; 1,3 < K ≤ 1,6 – optymalny; 1,6 < K ≤ 2,0 – umiarkowanie wilgotny; 2,0 < K ≤ 2,5 – wilgotny; 2,5 < K ≤ 3,0 – bardzo wilgotny; K > 3,0 – skrajnie wilgotny.

* Coefficient value [Skowera and Puła 2004]: ≤0,40 – extremely dry; 0,4 < K ≤ 0,7 – very dry; 0,7 < K ≤ 1,0 – dry; 1,0 < K ≤ 1,3 – fairly dry; 1,3 < K ≤ 1,6 – optimal; 1,6 < K ≤ 2,0 – moderately moist; 2,0 < K ≤ 2,5 – moist; 2,5 < K ≤ 3,0 – very moist; K > 3,0 – extremely moist.

Tabela 4. Zawartość azotu ogólnego w bulwach ziemniaka (g·kg⁻¹ s.m.)
Table 4. Total nitrogen content in potato tubers (g·kg⁻¹ d.m.)

Sposoby stosowania herbicydów i biostymulatorów Application methods of herbicides and biostimulants (B)	Odmiany Cultivars (A)			Lata Years (C)			Średnia Mean
	Bartek	Gawin	Honorata	2012	2013	2014	
Obiekt kontrolny/ Control	22,95	21,55	20,68	20,54	21,72	22,98	21,75
Harrier 295 ZC	23,34	22,00	21,11	20,79	22,00	23,66	22,15
Harrier 295 ZC + Kelpak SL	23,55	22,14	21,36	20,97	22,13	23,99	22,36
Sencor 70 WG	23,52	22,55	21,54	21,29	22,14	24,19	22,54
Sencor 70 WG + Asahi SL	23,35	22,38	21,41	21,34	22,01	23,78	22,38
Średnia/Mean	23,34	22,13	21,22	20,99	22,00	23,71	

NIR_{0,05}/LSD_{0,05}: A – 0,08; B – 0,16; C – 0,08; interakcja (interaction) A × B – 0,29; interakcja (interaction) C × B – 0,25.

Tabela 5. Zawartość azotu białkowego w bulwach ziemniaka ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)
 Table 5. Protein nitrogen content in potato tubers ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m.)

Sposoby stosowania herbicydów i biostymulatorów Application methods for herbicides and biostimulants (B)	Odmiany Cultivars (A)			Lata Years (C)			Średnia Mean
	Bartek	Gawin	Honorata	2012	2013	2014	
Obiekt kontrolny/Control	16,90	15,33	14,66	15,43	15,78	15,68	15,63
Harrier 295 ZC	17,24	15,90	15,20	15,70	16,15	16,49	16,11
Harrier 295 ZC + Kelpak SL	17,37	16,05	15,28	15,91	16,25	16,55	16,24
Sencor 70 WG	17,38	16,44	15,51	16,12	16,27	16,93	16,44
Sencor 70 WG + Asahi SL	17,33	16,45	15,51	16,18	16,23	16,88	16,43
Średnia/Mean	17,24	16,04	15,23	15,87	16,13	16,51	

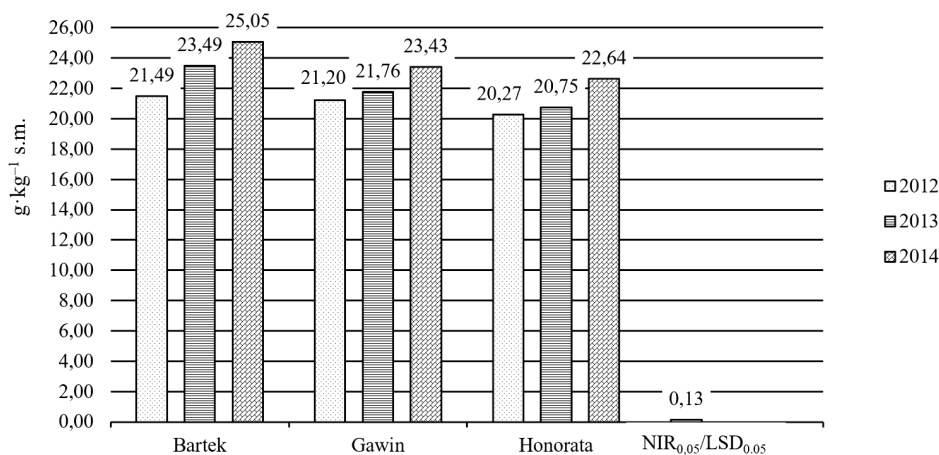
NIR_{0,05}/LSD_{0,05}: A – 0,13; B – 0,16; C – 0,13; interakcja (interaction) A × B – 0,28; interakcja (interaction) B × C – 0,24.

Tabela 6. Ilość azotu pobranego przez bulwy ziemniaka ($\text{N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
 Table 6. Amount of nitrogen taken up by potato tubers ($\text{N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Sposoby stosowania herbicydów i biostymulatorów Application methods for herbicides and biostimulants (B)	Odmiany Cultivars (A)			Lata Years (C)			Średnia Mean
	Bartek	Gawin	Honorata	2012	2013	2014	
Obiekt kontrolny/Control	167,40	172,50	176,70	205,80	156,20	154,60	172,20
Harrier 295 ZC	187,70	197,40	213,50	231,30	190,60	176,70	199,50
Harrier 295 ZC + Kelpak SL	209,20	217,80	226,10	272,10	192,10	188,80	217,70
Sencor 70 WG	217,80	231,80	249,10	277,90	197,70	223,10	232,90
Sencor 70 WG + Asahi SL	228,50	241,80	254,20	287,20	208,20	229,10	241,50
Średnia/Mean	202,12	212,26	223,92	254,86	189,00	194,50	

NIR_{0,05}/LSD_{0,05}: A – 0,13; B – 0,16; C – 0,13; interakcja (interaction) A × B – 21,5; interakcja (interaction) B × C – r.n.

z zastosowaniem herbicydu Sencor 70 WG i biostymulatora Asahi SL ($22,38 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.). Różnica była nieistotna. Na pozostałych obiektach, na których aplikowano środki ochrony roślin oraz stymulatory wzrostu także obserwowano istotne zwiększenie zawartości azotu ogólnego w bulwach ziemniaka. Mechanizm ten spowodowany jest zawartością metrybuzyny w herbicydach, które, przenikając do tkanki roślinnej, mogą przerywać połączenia organiczne i wpływać na przemiany rośliny [Zarzecka i Gugała 2006]. Następują wtedy reakcje obronne przeciw zakłóceniom połączeń organicznych, a w wyniku tego następuje zwiększenie zawartości białka ogólnego, a co za tym idzie azotu ogólnego. W wyniku reakcji obronnych ulegają zmianie zawartości poszczególnych składników – zmniejszenie

Rys. 1. Zawartość azotu ogólnego w bulwach ziemniaka ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)Fig. 1. Total nitrogen content in potato tubers ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)

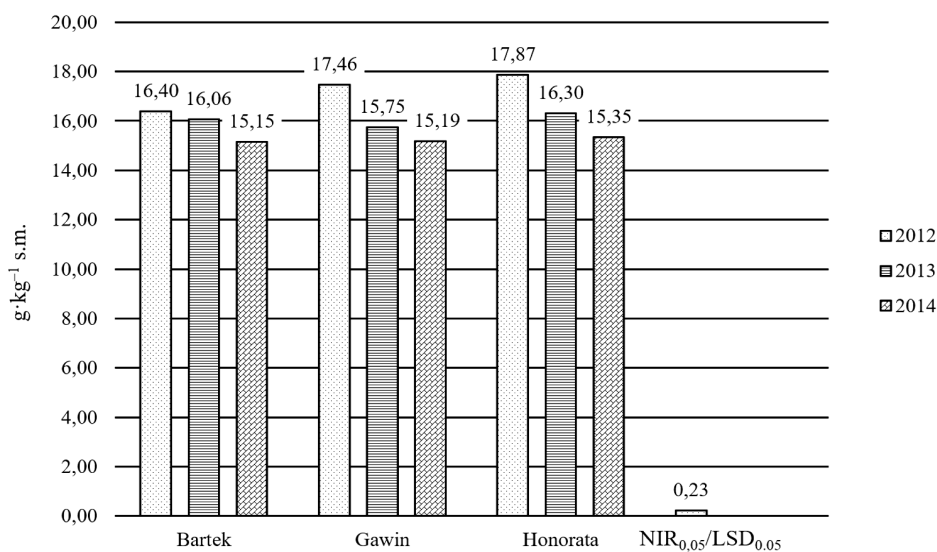
lub zwiększenie ich kumulacji [Aldrich 1997]. Wpływ herbicydów i biostymulatorów na zawartość omawianego składnika w bulwach ziemniaka wykazali także Zarzecka i in. [2021] oraz Barbaś i Sawicka [2020]. Stymulatory wzrostu wpływają korzystnie także na właściwości innych roślin. Piotrowski i Romanowska-Duda [2018] stwierdzili pozytywne oddziaływanie biostymulatorów na plon i zawartość związków chemicznych w wierzbie, Szczepanek i in. [2015] odnotowali wzrost zawartości azotu ogólnego w korzeniach marchwi po aplikacji biostymulatorów Asahi SL i Kelpak SL.

W przeprowadzonym doświadczeniu zawartość azotu ogólnego kształtowały także warunki pogodowe. Największą kumulację omawianego składnika w bulwach ziemniaka odnotowano w 2014 r. (tab. 4), który odznaczał się wysoką sumą opadów (335,1 mm) oraz wysokimi temperaturami w okresie wegetacji ziemniaka. Potwierdzają to badania Mystkowskiej [2018] oraz Barbasia i Sawickiej [2017], natomiast Trawczyński [2016] stwierdził zmniejszenie zawartości azotu w bulwach ziemniaka w sezonach z dużą sumą opadów.

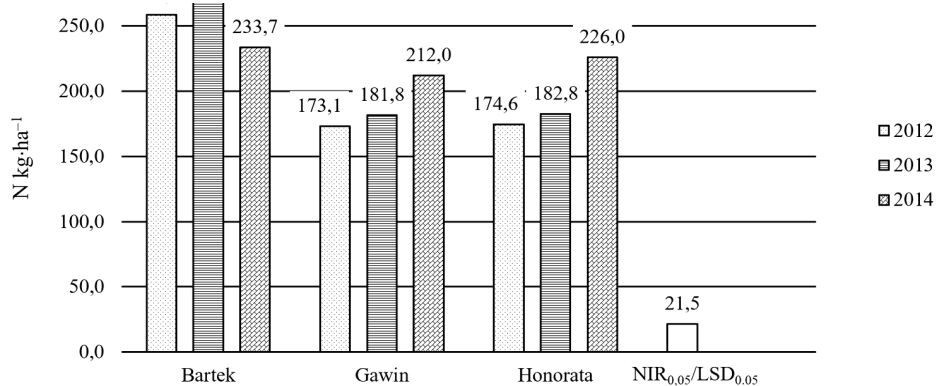
Stwierdzono interakcję pomiędzy odmianami oraz warunkami meteorologicznymi, w trakcie prowadzenia doświadczenia (rys. 1). Największą zawartość azotu ogólnego odnotowano w 2014 r., w bulwach odmiany Bartek, a najmniejszą w bulwach odmiany Honorata, zebranych w 2012 r.

Zawartość azotu białkowego w bulwach badanych odmian ziemniaka wahała się od 14,66 do 17,38 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m (tab. 5). Najwięcej tego składnika oznaczono w bulwach odmiany Bartek, a istotnie mniej w pozostałych odmianach. Herbicydy i herbicydy z biostymulatorami także zwiększały zawartość azotu białkowego w porównaniu do bulw zebranych z obiektu kontrolnego. Gromadzenie tego składnika było zbliżone do mechanizmu gromadzenia azotu ogólnego w wyniku stosowania herbicydów z biostymulatorami. Zaobserwowano wzrost zawartości tych składników. Największą kumulację azotu białkowego stwierdzono po zastosowaniu herbicydu Sencor 70 WG – 16,44 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. oraz wymienionego preparatu z biostymulatorem Asahi SL.

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ warunków pogodowych na zawartość azotu białkowego w bulwach ziemniaka. Największą zawartość tego składnika oznaczono w 2014 r., który charakteryzował się wysokimi temperaturami oraz największą sumą opadów.



Rys. 2. Zawartość azotu białkowego w bulwach ziemniaka ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)
Fig. 2. Protein nitrogen content in potato tubers ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)



Rys. 3. Ilość azotu ogólnego pobranego przez bulwy ziemniaka w latach badań ($\text{N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
Fig. 3. Amount of total nitrogen taken up by potato tubers in the study years ($\text{N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Obliczenia statystyczne potwierdziły zależność pomiędzy odmianami a warunkami meteorologicznymi. W latach suchych nastąpiła kumulacja azotu białkowego (rys. 2). Zawartość azotu białkowego przedstawia się odwrotnie do zawartości azotu ogólnego. Największą zawartość azotu białkowego oznaczono w bulwach odmiany Honorata w roku 2012, a najmniejszą w odmianie Bartek, w 2014 r. Zwiększenie zawartości azotu białkowego w bulwach ziemniaka, w sezonach z mniejszymi opadami odnotował także Trawczyński [2016].

Ilość azotu ogólnego pobranego przez bulwy ziemniaka wahała się od 167,4 do 254,2 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i zależała od odmiany, stosowanych środków ochrony roślin oraz warunków

pogodowych (tab. 6). Pobieraniu azotu z gleby przez bulwy ziemniaka sprzyjały wyższe temperatury powietrza, połączone z niewielkimi opadami. Najwięcej tego pierwiastka pobrały bulwy odmiany Honorata – 223,92 kg·ha⁻¹, istotnie mniej Gawin, a najmniej odmiany Bartek. Pobranie azotu ogólnego było największe po zastosowaniu herbicydu Sencor 70 WG w połączeniu z biostymulatorem Asahi SL. Na pozostałych obiektach chronionych mechaniczno-chemicznie pobranie azotu ogólnego było także istotnie większe w stosunku do obiektu kontrolnego. O pobraniu azotu ogólnego przez bulwy ziemniaka decydowały także warunki pogodowe panujące w latach wegetacji rośliny uprawnej (tab. 6). Najwięcej tego składnika, w porównaniu z obiektem kontrolnym, pobrały bulwy zebrane w 2012 r., który był ciepły i odznaczał się niewielką sumą opadów, zbliżoną do sumy wieloletniej. Podobną zależność wykazali także Barbaś i Sawicka [2020].

Analiza statystyczna potwierdziła interakcję uprawianych odmian z warunkami pogodowymi w latach prowadzenia badań (rys. 3). Pobranie składników pokarmowych, w tym azotu ogólnego, kształtowane jest wielkością plonu i koncentracją azotu w bulwach. Największą ilość azotu ogólnego pobrały bulwy odmiany Bartek w 2013 r., których plon był wyższy od plonu pozostałych odmian, a najmniejszą odmiany Gawin i Honorata w sezonie wegetacyjnym 2012 r. Zbliżone reakcje odmian na warunki pogodowe potwierdzają Baranowska i in. [2018] oraz Wierzbowska i in. [2015].

WNIOSKI

1. Wykazano istotny wpływ odmiany na zawartość oraz pobranie azotu ogólnego i białkowego przez bulwy ziemniaka jadalnego.

2. Analiza statystyczna potwierdziła istotny wpływ stosowania herbicydów i biostymulatorów na zawartość i pobranie azotu ogólnego i białkowego przez bulwy ziemniaka jadalnego.

3. Stwierdzono istotny wpływ warunków meteorologicznych na zawartość i pobranie azotu ogólnego i białkowego przez bulwy ziemniaka.

4. W nowoczesnej uprawie roślin osiągnięcia badań naukowych skierowane są na optymalny plon i wysoką jakość surowców roślinnych. W podjętych badaniach, po aplikacji herbicydów oraz biostymulatorów z herbicydami zaobserwowano zwiększenie zawartości azotu ogólnego i azotu białkowego, co świadczy o korzystnym wpływie aplikowanych preparatów na jakość bulw ziemniaka jadalnego.

PIŚMIENNICTWO

- Aldrich R.J., 1997. Ekologia chwastów w roślinach uprawnych. Podstawy zwalczania chwastów. Wyd. Tow. Chemii i Inżynierii Ekologicznej Opole.
- Baranowska A., Zarzecka K., Mystkowska I.T., Gugała M., Zarzecka M., 2018. Crude and true protein content in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) depending on the ways of application on the microbiological preparation UGmax. *Fressenium Environ. Bull.* 27, 7967–7972.
- Baranowska A., Mystkowska I.T., Zarzecka K., Gugała M., 2016. Efficacy of herbicides in potato crop. *J. Ecol. Eng.* 17(1), 82–88. <http://dx.doi.org/10.12911/22998993/61194>
- Barbaś P., Sawicka B., 2017. Total and true protein content in two varieties of potato tubers depending on methods of weed control. *Fragm. Agron.* 34, 7–18. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081106>

- Barbaś P., Sawicka B., 2020. Effect of herbicides and their application dates on the content of phosphorus, potassium and total nitrogen in potato tubers. *J. Elem.* 25(4), 1517–1530. <http://dx.doi.org/10.5601/jelem.2020.25.2.1993>
- Du Jardin P., 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hortic.* 196, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Dzwonkowski W., 2017. Ewolucja produkcji ziemniaków w Polsce i w UE. *Zesz. Nauk. Szk. Gł. Gospod. Wiej. Warsz., Probl. Rol. Światowego* 17(32), 71–80. <http://dx.doi.org/10.22630/PRS.2017.17.3.54>
- Gugała M., Zarzecka K., Dołęga H., Sikorska A., 2018. Weed infestation and yielding of potato under conditions of varied use of herbicides and bio-stimulants. *J. Ecol. Eng.* 19, 191–196. <https://doi.org/10.12911/22998993/89654>
- Gugała M., Zarzecka K., Sikorska A., 2017. The effect of herbicides on the protein content in tubers of edible potato cultivars. *Acta Sci. Pol. Agric.* 16, 17–23. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081106>
- Horwitz W., Latimer G.W., 2006. Official methods of analysis of AOAC international, 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, MA, USA.
- Kołodziejczyk M., 2014. Wpływ opadowo-termiczny na skład chemiczny oraz wybrane parametry jakości bulw średnio późnych i późnych odmian ziemniaka jadalnego. *Agron. Sci.* 69(3), 1–10. <https://doi.org/10.24326/as.2014.3.1>
- Mystkowska I.T., 2018. Content of total and true protein in potato tubers in changing weather conditions under the influence of biostimulators. *Acta Agrophys.* 25, 475–483. <https://doi.org/10.31545/aagr/102470>
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z., 1991. Methods of analysis and assessment of soil and plant properties. Institute of Environment Protection, 1–334.
- Piotrowski K., Romanowska-Duda Z., 2018. Positive impact of biostimulators on growth and physiological activity of willow in climate change conditions. *Int. Agrophys.* 32, 279–286. <https://doi.org/10.1515/intag-2017-0006>
- Sawicka B., Michałek W., Pszczółkowski P., 2015. Dependence of chemical composition of potato (*Solanum tuberosum* L) tubers on physiological indicators. *Zemdirbyste Agriculture* 102(1), 41–50.
- Skowera B., Puła J., 2004. Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000. *Acta Agrophys.* 3(1), 172.
- Stanko S., Mikula A., 2021. Zmiany w produkcji, handlu zagranicznym i zużyciu krajowym ziemniaków w Polsce w latach 2001–2019. *Zesz. Nauk. SGGW w Warszawie* 21(3). <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.310960>
- Szczepanek M., Wilczewski E., Pobereźny J., Wszelaczyńska E., Keutgen A., Ochmian I., 2015. Effect of biostimulants and storage on macroelement content in storage roots of carrot. *J. Elem.* 20, 1021–1031. <http://dx.doi.org/10.5601/jelem.2015.20.1.768>
- Trawczyński C., 2016. Wpływ odmiany i warunków pogodowych okresu wegetacji na zawartość wybranych składników odżywczych i antyżywniowych w bulwach ziemniaka. *Acta Agrophys.* 23(1), 119–128.
- Trętowski J., Wójcik R., 1991. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Wyd. Wyższa Szkoła Rolniczo-Pedagogiczna, Siedlce, 1–500.
- Wierzbowska J., Cwalina-Ambroziak B., Głosek-Sobieraj M., Sienkiewicz S., 2015. Effect of biostimulators on yield and selected chemical properties of potato tubers. *J. Elem.* 20, 757–768. <http://dx.doi.org/10.5601/jelem.2014.19.4.799>
- Yakhin O.I., Lubyantsev A.A., Yakhin I.A., Brown P.H., 2017. Biostimulants in plant science: A global perspective. *Front. Plant Sci.* 7, 2049.
- Zarzecka K., Gugała M., 2006. Zawartość białka ogólnego i właściwego w bulwach ziemniaka w zależności od sposobów uprawy roli i odchwaszczania. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 5(2), 110–111.
- Zarzecka K., Gugała M., Mystkowska I.T., Sikorska A., 2021. Modifications of vitamin C and total protein content in edible potato tubers under the influence of herbicide and biostimulants.

J. Elem. 26(4), 861–870. <http://dx.doi.org/10.5601/jelem.2021.26.3.2180>

Źródło finansowania: Wyniki badań zrealizowane w ramach zadania badawczego nr 32/20/B zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez Ministerstwo Edukacji i Nauki.

Summary. The aim of this study was to determine the effect of herbicides and biostimulants on total nitrogen, protein nitrogen and total nitrogen uptake by tubers of three edible potato cultivars. Results were obtained from a three-year field experiment with the following factors: I – three edible potato cultivars – Bartek, Gawin, Honorata; II – five ways of herbicide and biostimulant application: 1 – site, 2 – mechanical-chemical treatments and Harrier 295 ZC herbicide, 3 – mechanical-chemical treatments and Harrier 295 ZC herbicide + at the end of plant emergence Kelpak SL biostimulator, 4 – mechanical-chemical treatments and Sencor 70 WG herbicide, 5 – mechanical-chemical treatments and Sencor 70 WG herbicide + at the end of plant emergence Asahi SL biostimulator. Total nitrogen content was determined in tuber dry matter using the Kjeldahl method. A significant effect of the factors on the content of total and protein nitrogen in tubers, and on the total nitrogen uptake by potato tubers was demonstrated. The highest total and protein nitrogen content was recorded in the tubers of Bartek cultivar, and the highest nitrogen uptake with the yield of Honorata cultivar.

Key words: *Solanum tuberosum* L., plant protection product, herbicide, biostimulant

Otrzymano/Received: 31.03.2022
Zaakceptowano/Accepted: 15.06.2022

