

MAŁGORZATA GNIADZIK-ZASAŃSKA¹, MARCIN KOZAK²,
ANNA WONDOŁOWSKA-GRABOWSKA³

**Wpływ zróżnicowanej rozstawy rzędów i aplikacji
biostymulatora Asahi SL na cechy morfologiczne i plonowanie
soi (*Glycine max* (L.) Merrill). Cz. II. Plony nasion,
resztek pozbiorowych i ich skład chemiczny**

The effect of different row spacing and the application of Asahi SL biostimulant on the morphological features and yielding of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). Part II. Yields and chemical composition of seeds and harvest residues

Abstrakt. W latach 2015–2017 na polach doświadczalnych Instytutu Agroekologii i Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przeprowadzone zostały badania dotyczące wpływu rozstawy rzędów i aplikacji biostymulatora Asahi SL na rozwój i plonowanie soi. Badania polowe założono w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach, z dwoma czynnikami zmiennymi. Pierwszy czynnik – rozstawa rzędów (15 cm, 30 cm), drugi czynnik – aplikacja biostymulatora Asahi SL (kontrola – bez aplikacji; faza listnienia – BBCH 14–15; faza pąkowania – BBCH 51; listnienia i pąkowania – BBCH 14–15 i BBCH 51). Zróżnicowana rozstawa rzędów (15 cm, 30 cm) istotnie kształtowała plon resztek pozbiorowych soi, nie wpływając jednocześnie na zebrany plon nasion i wydajności składników pokarmowych. Szersza rozstawa rzędów (30 cm) sprzyjała wzrostowi plonu resztek pozbiorowych, zwiększonej zawartości Ca w nasionach oraz Mg w łodygach. Stosowanie biostymulatora Asahi SL wpłynęło korzystnie, w porównaniu z obiektem kontrolnym, na zwiększenie plonów nasion i resztek pozbiorowych soi, a także wydajności tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 hektara.

Słowa kluczowe: soja, *Glycine max*, rozstawa rzędów, biostymulator, plon, skład chemiczny

WSTĘP

Zainteresowanie uprawą i przerobem soi na różne cele spowodowane jest unikalnym składem chemicznym nasion, w tym m.in. zawartością 35–45% białka oraz 18–22% tłuszczu [Medic i in. 2014, Natarajan 2014]. Białko soi zawiera wszystkie egzogenne aminokwasy, w przeważającej ilości lizynę, i posiada znaczącą wartość biologiczną [Young i Pellett 1994, Popovic i in. 2012, Lee i in. 2013]. Zawartość tłuszczu w nasionach soi uzależniona jest przede wszystkim od cech genetycznych odmiany i przebiegu warunków wilgonościowo-termicznych w okresie jej wzrostu [Hou i in. 2006, Abdelghany i in. 2020]. Należy zauważyć, że soja zajmuje drugie miejsce na światowym rynku surowców wykorzystywanych do produkcji oleju, ustępując miejsca jedynie olejowcowi gwinejskiemu, zwanemu popularnie palmą olejową [Clemente i Cahoon 2009, Sultan i in. 2015, Taheripour i in. 2019, Murphy 2025]. Wyniki badań nad gęstością siewu soi wskazują na potrzebę optymalnego zagęszczenia roślin na jednostce

¹ Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24A, 50-365 Wrocław, Polska, <https://orcid.org/0009-0002-3248-7936>

² Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24A, 50-365 Wrocław, Polska, <https://orcid.org/0000-0003-0715-6844>; autor korespondencyjny: marcin.kozak@upwr.edu.pl

³ Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24A, 50-365 Wrocław, Polska, <https://orcid.org/0000-0002-6180-4593>

powierzchni, przy zachowaniu odpowiedniej rozstawy rzędów, dostosowanej do właściwości odmian i warunków uprawy [Pyzik 1982]. W przeszłości wielu autorów zalecało stosowanie siewu gniazdowego 60 cm × 60 cm, 45 cm × 45 cm po 6–10 nasion w gnieździe lub rzędowego i punktowego 50 cm × 20 cm, 40 cm × 20 cm, 35 cm × 10–15 cm, 70 cm × 10 cm przy wysiewie przeważnie 15–50 roślin na 1 m² [Bielików 1954, 1959, Babic 1975, Crookston 1976]. Aktualnie stosowana rozstawa rzędów w uprawie soi waha się w szerokich granicach od 15 cm do 75 cm i jest najczęściej uwarunkowana parametrami roboczymi używanych siewników (rzędowych, punktowych) [Strażyński i in. 2023].

Biostymulator Asahi SL był w Polsce dotychczas oceniany pod kątem wpływu na poziom plonowania wybranych gatunków roślin polowych. Przykładowo badania Czecko i Mikos-Bielak [2004] wykazały, że zastosowanie preparatu Asahi SL zwiększało plon bulw ziemniaka średnio o ok. 14% (jednokrotny oprysk), korzenia selera w zakresie od 17% do 35%, a cebul pora od 22% do 34%. Serafin-Andrzejewska i Kozak [2018] obserwowali, że w uprawie gorczycy białej najniższy plon nasion (1,39 t·ha⁻¹) zebrano z obiektu kontrolnego (bez aplikacji Asahi SL). Z kolei jednokrotny zabieg biostymulatorem zwiększał uzyskany plon o 6,5% i 8,6% (oprysk w fazie listnienia, pąkowania) w odniesieniu do obiektu kontrolnego, a podwójny oprysk (w fazie listnienia i pąkowania) zwiększył uzyskany plon nasion o 10,1%. Ponadto aplikacja preparatu Asahi SL korzystnie wpłynęła na zwiększenie koncentracji tłuszczu surowego w nasionach gorczycy białej oraz obniżenie zawartości popiołu surowego i włókna surowego. Składniki mineralne w nasionach gorczycy białej, takie jak fosfor, wapń i potas odnotowane zostały na niższym, a magnez i sód na wyższym poziomie, w kombinacjach z użyciem biostymulatora, w porównaniu do kontroli. Dla praktyki rolniczej konieczny jest stały dostęp do nowych informacji dotyczących technologii produkcji soi, pod kątem optymalizacji poziomu plonowania tego gatunku.

Stąd celem prowadzonych w latach 2015–2017 badań polowych i laboratoryjnych była ocena wpływu zróżnicowanej rozstawy rzędów i aplikacji biostymulatora Asahi SL, na plon nasion i resztek pozbiorowych soi oraz ich skład chemiczny. Przyjęta hipoteza robocza zakładała, że zróżnicowana rozstawa rzędów i/lub aplikacja Asahi SL wpłyną istotnie na wielkość uzyskanych plonów nasion i resztek pozbiorowych oraz ich jakość.

WARUNKI BADAŃ

Trzyletnie doświadczenie polowe zostało przeprowadzone na polach doświadczalnych Instytutu Agroekologii i Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, w latach 2015–2017. Pola doświadczalne zlokalizowane są w Ramiszowie (17°02'E, 51°31'N, 122 m n.p.m.) oddalonym o około 10 km od centrum Wrocławia.

Warunki meteorologiczne podczas prowadzenia doświadczenia przedstawiono na diagramach klimatycznych [vidi Gniadzik-Zasańska i in. 2026] według metody Gaussena-Waltera w modyfikacji Łukasiewicza [Łukasiewicz 2006].

Soja odmiany Merlin była wysiewana w każdym roku badań po przedplonie zbożowym, którym była pszenica ozima. Liczba wysiewanych nasion o pełnej wartości użytkowej wynosiła 70 szt. na 1 m² i była zgodna z zaleceniami agrotechnicznymi hodowcy tej odmiany. Siew soi został wykonany 22.04.2015 r., 25.04.2016 r. i 25.04.2017 r., siewnikiem poletkowym Tool Carrier 2700 firmy Wintersteiger na głębokość 3–4 cm. Pielęgnację soi wykonywano zgodnie z aktualnymi w danym roku badawczym zaleceniami integrowanej ochrony roślin. Zbiór soi wykonano jednoetapowo kombajnem poletkowym Wintersteiger w fazie dojrzałości pełnej nasion (BBCH 89) odpowiednio 3.09.2015 r., 13.09.2016 r. i 29.09.2017 r.

METODYKA BADAŃ

Trzyletnie doświadczenie polowe założono jako dwuczynnikowe w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach. Czynniki badawczymi były: pierwszy czynnik – rozstawa rzędów (15 cm, 30 cm), drugi czynnik – aplikacja biostymulatora Asahi SL (1 – kontrola (bez aplikacji); 2 – faza listnienia (BBCH 14–15); 3 – faza pąkowania (BBCH 51); 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51). Powierzchnia pojedynczego poletka do zbioru wynosiła 15 m² (1,5 m × 10 m). Plon nasion i resztek pozbiorowych (strączyzny, łodygi) określono z powierzchni 15 m², a następnie przeliczono na 1 hektar wraz z sprowadzeniem wilgotności materiału roślinnego do stałej wartości wynoszącej 15%.

Ocenę jakościową materiału roślinnego przeprowadzono w Laboratorium Instytutu Agroekologii i Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu metodami: białko ogółem – nasiona (metoda Kjeldahla), tłuszcz surowy – nasiona (metoda odtłuszczonej reszty w aparacie Soxhleta), popiół surowy – nasiona (spalanie w piecu elektrycznym w temp. 600°C), sucha masa – nasiona, strączy ny, łodygi (metoda suszarkowa poprzez suszenie rozdrobnionego materiału roślinnego przez 4 godz. w temperaturze 105°C, włókno surowe – nasiona (metoda Henneberga-Stohmanna), zawartość makroskładników w nasionach, strączynach, łodygach: K, Ca – metoda fotometrii płomieniowej, P, Mg – metoda kolorymetryczna. Zawartość bezazotowych związków wyciągowych (BZW) w nasionach została obliczona na podstawie następującej zależności: $BZW = 1000 - (\text{zawartość białka ogółem} + \text{zawartość tłuszczu surowego} + \text{zawartość popiołu surowego} + \text{zawartość włókna surowego})$.

Analizę wariancji (ANOVA) wykonano zgodnie z metodyką doświadczeń polowych w układzie split-plot [Elandt 1964]. Uzyskane wyniki oceniono testem t-Studenta za pomocą NIR (najmniejsza istotna różnica) przy poziomie ufności $P = 0,05$. Do obliczeń statystycznych wykorzystano programy: AWA [Bartkowiak 1978], Statistica 13.3 PL oraz Microsoft Excel.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W odniesieniu do plonu nasion i resztek pozbiorowych soi oraz wydajności tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 hektara nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu współdziałania badanych czynników (tabela 1). Zastosowana zróżnicowana rozstawa rzędów miała istotny wpływ jedynie na uzyskany plon resztek pozbiorowych, który przy rozstawie rzędów 30 cm był o 5,8% wyższy niż przy rozstawie rzędów 15 cm. Wykazano, że plony nasion soi i resztek pozbiorowych oraz wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem były istotnie kształtowane przez termin aplikacji biostymulatora Asahi SL oraz przebieg warunków pogodowych (tabela 2). Udowodniono statystycznie, że zastosowanie biostymulatora zwiększa uzyskany plon nasion od 5,93% (obiekt 2, aplikacja w fazie BBCH 15) do 7,64% (obiekt 4, aplikacja w fazach BBCH 14–15 + BBCH 51) w porównaniu z kombinacją kontrolną (bez aplikacji). Ponadto odnotowano, że plon resztek pozbiorowych, wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 ha była na najniższym poziomie w przypadku braku stosowania biostymulatora Asahi SL (tabela 2). Dla uzyskania najwyższego plonu nasion soi oraz wydajności białka ogółem i tłuszczu surowego z 1 hektara najbardziej korzystny okazał się przebieg warunków termiczno-wilgotnościowych w 2016 roku. Z kolei gradobicie, które wystąpiło w sezonie wegetacyjnym 2017 roku spowodowało istotne obniżenie zarówno plonów nasion, jak i resztek pozbiorowych soi (tabela 2). Podobne zależności dla soi w odniesieniu do plonowania i wydajności składników pokarmowych odnotowali Kozak i in. [2008].

Reszki pozbiorowe stanowią podstawowe źródło zaopatrzenia gleby w składniki organiczne [Lal 2005]. Badania Cox i Jolliff [1986] wykazały, że w przypadku lekkiego niedoboru wody plon suchej masy ulega redukcji o 18%, a w warunkach silnej suszy o 70%. Z kolei według powyższych autorów plon nasion w warunkach niewielkich niedoborów wilgoci został zmniejszony o 27%, a w przypadku znaczących niedoborów wody (susza) wykazano redukcję na poziomie 87%. Nieco odmienne spostrzeżenia wykazano w przeprowadzonym doświadczeniu. Plon resztek pozbiowych był najniższy w ciepłym i wilgotnym roku (2017). Z kolei w ciepłym 2015 roku, o suchym pod względem ilości opadów przebiegu okresu wegetacyjnego, uzyskano najwyższy plon resztek pozbiorowych. W roku 2016, o normalnym przebiegu średnich dobowych temperatur powietrza i dość wilgotnym, w którym wegetacja przebiegała w warunkach umiarkowanie suchych, uzyskano najwyższy plon nasion, wyższy o 40,7% w porównaniu z 2017 rokiem (tabela 2).

Interakcja badanych czynników nie modyfikowała istotnie składu chemicznego nasion soi (tabela 3). Przy określeniu wartości odżywczej nasion soi istotnymi parametrami są: tłuszcz surowy, białko ogółem i włókno surowe, których zawartości były istotnie zróżnicowane przez warunki pogodowe w latach badań (tabela 4). W badaniach własnych najwyższą zawartość tłuszczu surowego (253,6 g·kg⁻¹) w nasionach stwierdzono w 2015 roku, a BZW (333,5 g·kg⁻¹ i 331,6 g·kg⁻¹) odpowiednio w latach 2015 i 2016. Z kolei najwyższą zawartością białka ogółem (330,8 g·kg⁻¹) charakteryzowały się nasiona zebrane w 2016 roku, a włókna surowego (65,9 g·kg⁻¹) w 2017 roku. Wyniki Biel i in. [2017] wykazały zawartość białka w nasionach soi na poziomie 375,9 g·kg⁻¹, natomiast Redondo-Cuenca i in. [2008] w uprawie konwencjonalnej soi uzyskali zawartość białka od 404 g·kg⁻¹ do 418 g·kg⁻¹. Według Szejnkowskiej [2005] na zawartość

białka ogółem w nasionach roślin strączkowych wpływają przede wszystkim: czynnik odmianowy oraz warunki klimatyczne w czasie prowadzenia uprawy, co również potwierdziły wyniki badań własnych.

Tabela 1. Plony nasion i resztek pozbiorowych soi oraz plony tłuszczu surowego i białka ogółem z nasion – średnie dla współdziałania czynników

Rozstawa rzędów	Aplikacja Asahi SL (obiekty)	Plon nasion (t·ha ⁻¹)	Plon resztek pozbiorowych (fodygi + strączyny) (t·ha ⁻¹)	Plon tłuszczu surowego (kg·ha ⁻¹)	Plon białka ogółem (kg·ha ⁻¹)
15 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	2,51	2,70	512	689
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	2,68	2,68	547	738
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	2,71	2,83	560	774
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	2,73	2,83	563	766
30 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	2,58	2,84	529	718
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	2,73	2,95	561	760
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	2,72	2,91	565	765
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	2,77	3,04	570	775
NIR ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 2. Plony nasion i resztek pozbiorowych soi oraz plony tłuszczu surowego i białka ogółem z nasion – średnie dla czynników i lat

Wyszczególnienie		Plon nasion (t·ha ⁻¹)	Plon resztek pozbiorowych (fodygi + strączyny) (t·ha ⁻¹)	Plon tłuszczu surowego (kg·ha ⁻¹)	Plon białka ogółem (kg·ha ⁻¹)
Rozstawa rzędów	15 cm	2,66	2,76	545	742
	30 cm	2,70	2,93	556	754
NIR ($\alpha = 0,05$)		r.n.	0,139	r.n.	r.n.
Aplikacja Asahi SL (obiekty)	1 – kontrola (bez aplikacji)	2,54	2,77	521	704
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	2,70	2,81	554	749
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	2,71	2,87	562	769
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	2,75	2,93	567	771
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,071	0,173	14,1	18,8
Lata	2015	2,30	3,50	507	601
	2016	3,61	2,95	713	1038
	2017	2,14	2,10	433	605
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,090	0,169	17,8	24,4

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Zawartość tłuszczu surowego w nasionach w poszczególnych latach badań mieściła się w zakresie 227,1–253,6 g·kg⁻¹, co jest zbliżone do wyników otrzymanych przez Biel i in. [2017], która dla odmiany Merlin wyniosła 228,31 g·kg⁻¹ (tabela 4).

Jedynie zawartość popiołu surowego w nasionach soi była istotnie różnicowana przez zastosowaną rozstawę rzędów i aplikację biostymulatora Asahi SL. Zawartość popiołu surowego w nasionach była niejednoznacznie kształtowana przez wzajemne współdziałanie badanych czynników. Uprawa soi w szerszej rozstawie rzędów (30 cm) sprzyjała wyższej koncentracji popiołu surowego w nasionach, w porównaniu z rozstawą 15 cm. Ponadto aplikacja Asahi SL w uprawie soi w niejednoznaczny sposób wpływała na zawartość popiołu surowego w nasionach soi (tabela 4).

Tabela 3. Skład chemiczny nasion soi (g·kg⁻¹) – średnie dla współdziałania czynników

Rozstawa rzędów	Aplikacja Asahi SL (obiekty)	Tłuszcz surowy	Białko ogółem	Włókno surowe	Popiół surowy	Bezazotowe związki wyciągowe
15 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	236,1	313,0	59,6	53,8	337,5
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	237,1	314,5	64,0	55,2	329,2
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	236,2	323,0	57,6	53,2	330,0
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	237,9	319,0	59,7	56,8	326,6
30 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	237,3	319,6	58,1	55,7	329,3
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	238,6	319,6	58,5	55,9	327,4
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	241,3	322,3	60,0	56,0	320,4
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	238,3	320,2	57,7	55,6	328,2
NIR ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 4. Skład chemiczny nasion soi (g·kg⁻¹) – średnie dla czynników i lat

Wyszczególnienie		Tłuszcz surowy	Białko ogółem	Włókno surowe	Popiół surowy	Bezazotowe związki wyciągowe
Rozstawa rzędów	15 cm	236,8	317,4	60,3	54,7	330,8
	30 cm	238,9	320,4	58,5	55,8	326,4
NIR ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	0,77	r.n.
Aplikacja Asahi SL (obiekty)	1 – kontrola (bez aplikacji)	236,6	316,3	58,9	54,8	333,4
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	237,9	317,1	61,2	55,6	328,2
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	238,7	322,7	58,8	54,6	325,2
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	238,1	319,6	58,7	56,2	327,4
NIR ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	1,09	r.n.
Lata	2015	253,6	300,6	57,3	55,0	333,5
	2016	227,1	330,8	55,0	55,5	331,6
	2017	232,8	325,3	65,9	55,3	320,7
NIR ($\alpha = 0,05$)		5,77	5,00	4,75	r.n.	5,99

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Interakcja badanych czynników nie miała statystycznie istotnego wpływu na zawartość w nasionach wszystkich analizowanych makroskładników (tabela 5). Zróżnicowana rozstawa rzędów wpłynęła istotnie na zawartość fosforu (wyższa przy 15 cm) i wapnia (wyższa przy 30 cm) w nasionach soi. Zawartość składników mineralnych takich jak fosfor, potas, wapń i magnez była różnicowana przez aplikację biostymulatora Asahi SL oraz warunki wilgotnościowo-termiczne w latach badań (tabela 6). Zabieg tym preparatem zwiększał zawartość fosforu średnio od 1,6% do 9,5%, potasu od 1,1% do 3,3%, a wapnia od 23,5% do 41,2% w nasionach soi. Magnez przy jednorazowym zabiegu biostymulatorem w fazie listnienia (BBCH 14–15) był na tym samym poziomie zawartości, jak w kombinacji kontrolnej (3,4 g·kg⁻¹), natomiast aplikacja Asahi SL w fazach BBCH 15 + BBCH 51 istotnie zwiększyła koncentrację tego makroskładnika w nasionach soi. Zawartość fosforu w latach badań mieściła się w zakresie 5,6–8,2 g·kg⁻¹, potasu 18,1–18,7 g·kg⁻¹, wapnia 0,96–3,6 g·kg⁻¹, a magnezu 3,3–3,6 g·kg⁻¹.

Tabela 5. Zawartość składników mineralnych (g·kg⁻¹) w nasionach soi – średnie dla współdziałania czynników

Rozstawa rzędów	Aplikacja Asahi SL (obiekty)	Fosfor	Potas	Wapń	Magnez
15 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	6,3	18,2	1,7	3,4
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	6,4	18,4	1,9	3,4
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	6,9	18,6	2,1	3,4
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	7,1	18,6	2,3	3,7
30 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	6,3	18,2	1,8	3,4
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	6,3	18,4	2,2	3,4
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	6,5	18,6	2,2	3,5
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	6,7	19,0	2,4	3,7
NIR ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 6. Zawartość składników mineralnych (g·kg⁻¹) w nasionach soi – średnie dla czynników i lat

Wyszczególnienie		Fosfor	Potas	Wapń	Magnez
Rozstawa rzędów	15 cm	6,7	18,4	2,0	3,5
	30 cm	6,5	18,5	2,1	3,5
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,19	r.n.	0,09	r.n.
Aplikacja Asahi SL (obiekty)	1 – kontrola (bez aplikacji)	6,3	18,2	1,7	3,4
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	6,4	18,4	2,1	3,4
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	6,7	18,6	2,1	3,5
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	6,9	18,8	2,4	3,7
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,27	0,29	0,14	0,18
Lata	2015	5,6	18,7	1,6	3,3
	2016	6,0	18,1	0,96	3,6
	2017	8,2	18,7	3,6	3,6
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,23	0,25	0,12	0,16

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała wpływu współdziałania badanych czynników na zawartość azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu w strączynach soi (tabela 7). Zastosowana rozstawa rzędów istotnie różnicowała jedynie zawartość Ca w strączynach, natomiast nie miała istotnego wpływu na koncentrację pozostałych składników mineralnych (tabela 8). Stwierdzono, że wysiew soi w węższej rozstawie rzędów (15 cm) skutkował wyższą o 11,8% zawartością wapnia w strączynach. Zróżnicowane terminy aplikacji biostymulatora Asahi SL miały istotny wpływ na zawartość badanych składników mineralnych w strączynach soi. Istotnie najniższą zawartością wszystkich składników mineralnych w strączynach, charakteryzowała się soja uprawiana bez aplikacji biostymulatora Asahi SL, a jego aplikacja w fazie listnienia i fazie pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51) pozwoliła na najwyższą akumulację azotu, potasu, wapnia i magnezu (tabela 8).

Tabela 7. Zawartość składników mineralnych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w strączynach soi – średnie dla współdziałania czynników

Rozstawa rzędów	Aplikacja Asahi SL (obiekty)	Azot	Fosfor	Potas	Wapń	Magnez
15 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	7,2	1,2	25,3	14,6	4,9
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	8,5	1,6	29,2	17,4	6,0
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	7,9	2,1	30,0	18,0	5,7
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	9,4	1,6	31,3	17,8	6,4
30 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	7,4	1,4	25,4	13,7	5,1
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	8,2	1,4	28,7	15,7	5,6
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	8,3	1,8	29,8	16,7	5,6
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	8,6	1,7	30,4	17,4	5,9

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 8. Zawartość składników mineralnych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w strączynach soi – średnie dla czynników i lat

Wyszczególnienie		Azot	Fosfor	Potas	Wapń	Magnez
Rozstawa rzędów	15 cm	8,23	1,6	28,9	17,0	5,7
	30 cm	8,13	1,6	28,6	15,9	5,6
NIR ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	0,79	r.n.
Aplikacja Asahi SL (obiekty)	1 – kontrola (bez aplikacji)	7,3	1,3	25,4	14,1	5,0
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	8,3	1,5	29,0	16,6	5,8
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	8,1	1,9	29,9	17,4	5,7
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	9,0	1,7	30,8	17,6	6,2
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,82	0,25	1,11	1,12	0,77
Lata	2015	7,2	1,4	32,4	17,6	3,6
	2016	7,3	2,0	29,7	17,7	7,9
	2017	10,0	1,4	24,2	13,9	5,4
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,71	0,21	0,96	0,97	0,67

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Zmienny układ warunków wilgotnościowo-termicznych w latach badań kształtował istotnie zawartość wszystkich badanych składników mineralnych w strączynach soi. Najwyższe zawartości fosforu i magnezu stwierdzono w strączynach soi pochodzących z uprawy w dość wilgotnym, z normalnym przebiegiem średniej dobowej temperatury powietrza 2016 roku, azotu w ciepłym i wilgotnym 2017 roku, a potasu – w ciepłym i dość wilgotnym 2015 roku (tabela 8).

Tabela 9. Zawartość składników mineralnych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w łodygach soi – średnie dla współdziałania czynników

Rozstawa rzędów	Aplikacja Asahi SL (obiekty)	Azot	Fosfor	Potas	Wapń	Magnez
15 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	6,0	2,0	15,4	7,4	2,4
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	6,8	2,3	16,7	7,7	3,1
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	7,8	2,3	17,7	8,2	3,5
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	7,5	2,7	17,9	8,6	3,9
30 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	5,8	2,2	15,5	7,1	4,0
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	6,4	2,2	16,4	7,5	4,4
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	7,3	2,2	17,2	8,0	4,7
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	7,4	2,7	17,3	8,5	4,9
NIR ($\alpha = 0,05$)		1,06	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 10. Zawartość składników mineralnych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w łodygach soi – średnie dla czynników i lat

Wyszczególnienie		Azot	Fosfor	Potas	Wapń	Magnez
Rozstawa rzędów	15 cm	7,0	2,3	16,9	8,0	3,2
	30 cm	6,7	2,3	16,6	7,8	4,5
NIR ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,42
Aplikacja Asahi SL (obiekty)	1 – kontrola (bez aplikacji)	5,9	2,0	15,5	7,3	3,2
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15),	6,6	2,2	16,6	7,6	3,7
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	7,5	2,2	17,4	8,1	4,1
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	7,5	2,7	17,6	8,6	4,4
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,74	r.n.	r.n.	0,85	0,60
Lata	2015	4,5	2,2	17,5	7,3	4,1
	2016	7,2	2,2	15,4	7,7	4,4
	2017	8,9	2,6	17,4	8,6	3,1
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,64	r.n.	1,44	0,74	0,52

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Współdziałanie badanych czynników kształtowało zawartość azotu w łodygach soi, natomiast nie wpłynęło istotnie na koncentrację pozostałych ocenianych makroskładników (tabela 9). Zróżnicowana rozstawa rzędów determinowała istotnie tylko zawartość magnezu w łodygach, a na pozostałe badane makroskładniki nie miała wpływu (tabela 10). Uprawa soi w szerszej rozstawie (30 cm) skutkowała wyższą zawartością magnezu w łodygach. Aplikacja biostymulatora Asahi SL wpływała na zwiększenie koncentracji azotu, wapnia i magnezu w łodygach soi w porównaniu z kontrolą. Zawartość fosforu w ło-

dygach nie była determinowana terminem aplikacji biostymulatora ani przebiegiem warunków termiczno-wilgotnościowych w latach prowadzenia badań. Zmienny układ warunków pogodowych wpływał istotnie statystycznie na zawartość azotu, potasu, wapnia i magnezu. W 2017 roku zawartość azotu ($8,9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w łodygach soi była niemal dwukrotnie wyższa niż w 2015 roku ($4,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), w którym występowały znaczne niedobory wilgoci w okresie wegetacji. W ciepłym i wilgotnym 2017 roku, w którym okres wegetacji roślin przebiegał w chłodnych warunkach o optymalnej ilości opadów, sprzyjał gromadzeniu wapnia w łodygach soi (tabela 10).

WNIOSKI

1. Zmienne warunki wilgotnościowo-termiczne w latach prowadzenia doświadczeń polowych miały istotny wpływ na skład chemiczny nasion soi z wyjątkiem koncentracji popiołu surowego oraz poziom uzyskiwanych plonów nasion i resztek pozbiorowych. W sezonie wegetacyjnym 2016 roku rośliny soi charakteryzowały się najwyższym plonem nasion ($3,61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), a także wydajnością białka ogółem ($713 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) oraz tłuszczu surowego ($1038 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

2. Zróżnicowana rozstawa rzędów (15 cm, 30 cm) istotnie kształtowała plon resztek pozbiorowych soi, nie wpływając jednocześnie na zebrany plon nasion i wydajności składników pokarmowych. Szersza rozstawa rzędów (30 cm) sprzyjała wzrostowi plonu resztek pozbiorowych, zwiększonej zawartości Ca w nasionach oraz Mg w łodygach.

3. Stosowanie biostymulatora Asahi SL wpłynęło korzystnie w porównaniu z obiektem kontrolnym, na zwiększenie plonów nasion i resztek pozbiorowych soi, a także wydajności tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 hektara. W tym zakresie potwierdzono założenia przyjęte w hipotezie roboczej.

4. Skład chemiczny nasion soi nie ulegał istotnym zmianom pod wpływem zastosowania biostymulatora, za wyjątkiem popiołu surowego, którego koncentracja w nasionach była zależna od fazy rozwojowej roślin, w której aplikowano preparat Asahi SL. Zastosowanie biostymulatora wpłynęło korzystnie na zawartość i nagromadzenie P, K, Ca i Mg w nasionach, strączynach oraz łodygach soi.

PIŚMIENNICTWO

- Abdelghany A.M., Zhang S., Azam M. i in., 2020. Profiling of seed fatty acid composition in 1025 Chinese soybean accessions from diverse ecoregions. *Crop J.* 8(4), 635–644. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.11.002>
- Babic A.A., 1975. Wliwanie gęstości stojania roślin i krupności siemion soi na urodzaj. *Sel. Semen.* 6, 70–71.
- Bartkowiak A., 1978. Analiza wariancji dla układów ortogonalnych. Program AWA. W: Opis merytoryczny programów statystycznych opracowanych w Instytucie Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, 43–60.
- Bielikóv J.P., 1954. O niekotorych biologicznych osobiennostach soi w swiazi s gustotoj jejo posiewa. *Dokł. Akad. Nauk SSSR* 96(4), 829–831.
- Biel W., Gawęda D., Łysoń E. i in., 2017. Wpływ czynników genetycznych i agrotechnicznych na wartość odżywczą nasion soi. *Acta Agroph.* 24(3), 395–404.
- Bielikóv J.P., 1959. Woprosy o biologiczskom obosnowanji kwadratno-gniezdowowo sposoba posiewa soi. *Dokł. Akad. Nauk SSSR* 2, 93–95.
- Clemente T.E., Cahoon E.B., 2009. Soybean oil: genetic approaches for modification of functionality and total content. *Plant Physiol.* 151(3), 1030–1040. <https://doi.org/10.1104/pp.109.146282>
- Crookston K.R., 1976. Intercropping a new version of an old idea. *Crops and Soils.* American Society Agronomy. Wisconsin, 7–9.
- Cox W.J., Jolliff G.D., 1986. Growth and yield of Sunflower and Soybean under soil water deficits. *Agron. J.* 78(2), 226–230. <https://doi.org/10.2134/agronj1986.00021962007800020002x>
- Czczeko R., Mikos-Bielak M., 2004. Efekty stosowania biostymulatora Asahi w uprawie różnych gatunków warzyw. *Annales UMCS sec. E, Agricultura*, 59(3), 1073–1079.
- Elandt R., 1964. *Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego.* Warszawa, PWN, Warszawa.
- Hou G., Gary R., Ablett K. i in., 2006. Environmental effects on fatty acid levels in soybean seed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 83(9), 759–763. <https://doi.org/10.1007/s11746-006-5011-4>
- Kozak M., Malarz W., Kotecki A. i in., 2008. Wpływ zróżnicowanej ilości wysiewu i biostymulatora Asahi SL na skład chemiczny nasion i resztek pozbiorowych soi uprawnej. *Rośl. Oleiste* 29, 217–230.
- Lal R., 2005. World crop residues production and implications of its use as a biofuel. *Environ. Int.* 31(4), 575–584. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.09.005>
- Lee H., Cho B-K., Kim M.S., Lee W-H., Tewari J., Bae H., Sohn S-I, Chi H-Y., 2013. Prediction of crude protein and oil con-

- tent of soybeans using Raman spectroscopy. *Sens. Actuators B: Chem.* 185, 694–700. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.04.103>.
- Łukasiewicz S., 2006. Propozycja modyfikacji metody wykreślenia okresu wilgotnego, humidowego, w diagramie klimatycznym Gaussena-Waltera. W: *Badania fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria A – Geografia Fizyczna*. Poznań, 95–99.
- Medic J., Atkinson C., Hurburgh, C.R., 2014. Current knowledge in soybean composition. *JAOCS* 91(3), 363–384. <https://doi.org/10.1007/s11746-013-2407-9>
- Murphy D.J., 2025. Agronomy and environmental sustainability of the four major global vegetable oil crops. Oil palm, soybean, rapeseed, and sunflower. *Agronomy* 15(6), 1465. <https://doi.org/10.3390/agronomy15061465>
- Natarajan S., 2014. Analysis of soybean seed proteins using proteomics. *J. Data Min. Genom. Proteom.* 05(01), 10–12. <https://doi.org/10.4172/2153-0602.1000e113>
- Popovic V., Malesevic M., Miladinovic J. i in., 2012. Effect of agroecological factors on variations in yield, protein and oil contents in soybean grain. *Rom. Agric. Res.* 30, 241–247.
- Pyzik J., 1982. Wpływ warunków przyrodniczych i czynników agrotechnicznych na plon i skład chemiczny nasion oraz niektóre cechy morfologiczne nowych form soi. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Krak. Rozprawa habilitacyjna* 87, 1–33.
- Redondo-Cuenca A., Villanueva-Suárez M. J., Mateos-Aparicio I., 2008. Soybean seeds and its by-product okara as sources of dietary fibre. Measurement by AOAC and Englyst methods, *Food Chem.* 108(3), 1099–1105. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.061>
- Serafin-Andrzejewska M., Kozak M., 2018. Reakcja gorczycy białej uprawianej na nasiona na włączenie biostymulatora Asahi SL do technologii uprawy Cz. I Cechy morfologiczne roślin przed zbiorem i plon nasion. *Fragm. Agron.* 35(3), 89–98.
- Strażyński P., Kardasz P., Mrówczyński M., 2023. *Metodyka integrowanej produkcji soi*. Instytut Ochrony Roślin – PIB, Warszawa, ss. 73.
- Sultan S.M., Dikshit N., Vaidya U.J., 2015. Oil content and fatty acid composition of soybean (*Glycine max* L.) genotypes evaluated under rainfed conditions of Kashmir Himalayas in India. *J. Appl. Nat. Sci.* 7(2), 910–915. <https://doi.org/10.31018/jans.v7i2.706>
- Szejnkowska B., 2005. Wpływ intensywności uprawy grochu siewnego na zawartość i plon białka. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 4(1), 153–161.
- Taheripour F., Hertel T.W., Ramankutty N., 2019. Market-mediated responses confound policies to limit deforestation from oil palm expansion in Malaysia and Indonesia. *Proc. Nat. Acad. Sci. Nat. Acad. Sci.* 116(38), 19193–19199. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1903476116>
- Young V., Pellett P., 1994. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *Ame. J. Clin. Nutr.* 59(5), 1203–1212.

Źródło finansowania: Projekt wewnętrzny B/O10/2026 Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Wkład autorów: Wkład autorów w powstawanie pracy: opracowanie koncepcji i założeń – M.G.-Z., M.K.; opracowanie metod – M.K., A.W.-G.; przeprowadzenie badań – M.G.-Z., M.K., A.W.-G.; pozostały wkład – M.G.-Z., M.K., A.W.-G.

Abstract. In 2015–2017, in the proving grounds of the Institute of Agroecology and Plant Production of Wrocław University of Environmental and Life Sciences, field studies were carried out on the different row spacing and the application of the Asahi SL biostimulant on soybean development and yield. The field study employed a split-plot method, with four replications, and two variable factors: First factor – varying row spacing (15 cm and 30 cm); second factor – the application of the Asahi SL biostimulant (control – no application, foliage stage – BBCH 14–15, budding stage – BBCH 51, foliage and budding stage – BBCH 14–15 and BBCH 51). The variable row spacing factor (15 cm, 30 cm) significantly influenced soybean post-harvest residue yield, while not affecting the harvested seed yield or nutrient efficiency. Wider row spacing (30 cm) favored increased post-harvest residue yield, increased Ca content in seeds and Mg content in stems. The use of the Asahi SL biostimulant had a positive effect on increased seed and post-harvest residue yield, as well as crude fat and total protein yield per hectare, compared to the untreated control.

Keywords: soybean, *Glycine max*, row spacing, biostimulant, yield, chemical content

Otrzymano/Received: 20.02.2026
Zaakceptowano/Accepted: 8.05.2026
Opublikowano/Published: 3.07.2026

Cytowanie: Gniadzik-Zasańska M., Kozak M., Wondolowska-Grabowska A., 2026. Wpływ zróżnicowanej rozstawy rzędów i aplikacji biostymulatora Asahi SL na cechy morfologiczne i plonowanie soi (*Glycine max* (L.) Merrill). *Cz. II. Plony nasion, resztek pozbiorowych i ich skład chemiczny*. *Agron. Sci.* 81(2), 39–48. <https://doi.org/10.24326/as.2026.5672>