

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. I. Cechy morfologiczne soi

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 I. Morphological features of soybean

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; fazy listnienia i pąkowania – BBCH 14–15 i BBCH 51). Zróżnicowana rozstawa rzędów (15 cm, 30 cm) istotnie kształtowała: wysokość osadzenia pierwszego strąka, liczbę rozgałęzień pierwszego rzędu, liczbę nasion z rośliny, masę strączyń, łodyg i całej rośliny. Aplikacja biostymulatora Asahi SL wpłynęła korzystnie, w porównaniu z obiektem kontrolnym, na zwiększenie: wysokości roślin przed zbiorem, liczby i masy nasion z rośliny, masy łodyg i całej nadziemnej części rośliny oraz masy 1000 nasion. Przebieg warunków pogodowych w latach prowadzenia eksperymentu polowego miał istotny wpływ na wszystkie oceniane cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem.

Słowa kluczowe: soja, *Glycine max*, rozstawa rzędów, biostymulator

WSTĘP

W Polsce w ostatnich latach (2023–2025) obserwowany jest stały wzrost zainteresowania produkcją soi na nasiona (44,4 tys. ha, 79,8 tys. ha, 98,8 tys. ha) [ARiMR 2023, 2024, 2025]. Wciąż jednak istotnym zagadnieniem pozostaje optymalizacja agrotechniki, która ma decydujący wpływ na ekonomiczny sukces uprawy. Przyczyn uzyskiwania w praktyce niskich plonów nasion soi upatruje się m.in. w jej nieodpowiedniej pozycji w zmianowaniu, niewłaściwym terminie siewu i zbioru, niezastosowaniu szczepienia nasion kulturami bakterii symbiotycznych, nieterminowym zwalczaniu chwastów, niewłaściwie dobranej architekturze łanu lub braku wiedzy o właściwym doborze odmiany hodowlanej do warunków klimatyczno-glebowych miejsca uprawy [Strażyński i in. 2023].

W agrotechnice soi niezmiernie ważnym elementem jest właściwe rozmieszczenie roślin na jednostce powierzchni, które determinuje architekturę łanu, a przez to umożliwia optymalne wykorzystanie zasobów środowiska [Bellaloui i in. 2015]. Jednocześnie właściwe zagęszczenie roślin na polu w prak-

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>



tyce często wpływa na wzrost roślin, ich cechy morfologiczne, a także plonowanie [De Bruin i Pedersen 2008, Sobko i in. 2019]. Zwiększona obsada roślin na jednostce powierzchni, w porównaniu z mniejszą liczbą roślin, wpływa na zwiększenie konkurencji np. o światło, co powoduje zmniejszenie ilości rozgałęzień, a także liczby strąków na roślinie [Toleikiene i in. 2021]. Optymalna obsada roślin na polu jest jednym z głównych czynników warunkujących plonowanie soi.

Według obowiązującego w Unii Europejskiej rozporządzenia 1009/2019 (Załącznik 1. PFC 6.) biostymulator to produkt nawozowy UE, którego funkcja polega na stymulowaniu procesów odżywiania roślin niezależnie od zawartości składników pokarmowych w produkcie, którego wyłącznym celem jest poprawa co najmniej jednej z następujących cech rośliny lub ryzosfery rośliny: efektywności wykorzystania składników pokarmowych, odporności na stres abiotyczny, cech jakościowych lub przyswajalności składników pokarmowych z form trudnodostępnych w glebie lub ryzosferze.

Biostymulator Asahi SL jest znany na rynkach europejskich i światowych pod nazwą Chaperone (USA) bądź Atonik [Bynum i in. 2007]. Asahi SL jest preparatem, w którego składzie znajdują się substancje aktywne z grupy nitrofenoli, tj. para-nitrofenolan sodu ($3 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$), orto-nitrofenolan sodu ($2 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$), 5-nitrowajakolan sodu ($1 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$). Substancje te po aplikacji preparatu w postaci oprysku dolistnego, w wyniku przebiegu procesów metabolicznych, przekształcają się do substancji naturalnie występujących w roślinach [Przybysz i in. 2014].

Oddziaływanie preparatu Asahi SL jest obserwowane w procesach biochemicznych, molekularnych i fizjologicznych zachodzących w roślinach, po potraktowaniu ich biostymulatorem. Badania dotyczące działania Asahi SL na poziomie molekularnym zostały potwierdzone obserwacją zmian ekspresji genów, które są odpowiedzialne za wzrost wegetatywny i generatywny rośliny, przebieg procesu fotosyntezy, a także stopień odporności na czynniki stresowe (abiotyczne i biotyczne) [Borowski i Blamowski 2009].

Celem prowadzonych w latach 2015–2017 badań polowych była ocena wpływu zróżnicowanej rozstawy rzędów i aplikacji biostymulatora Asahi SL na rozwój i cechy morfologiczne soi uprawianej w warunkach agroekologicznych województwa dolnośląskiego. Przyjęta hipoteza badawcza zakładała, że zróżnicowana rozstawa rzędów i aplikacja biostymulatora wpłyną istotnie na kształtowanie rozwoju i cech morfologicznych roślin soi.

WARUNKI BADAŃ

Lokalizacja, warunki glebowe i klimatyczne

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 ($17^{\circ}02'E$, $51^{\circ}31'N$, 122 m n.p.m.) oddalonym o około 10 km od centrum Wrocławia.

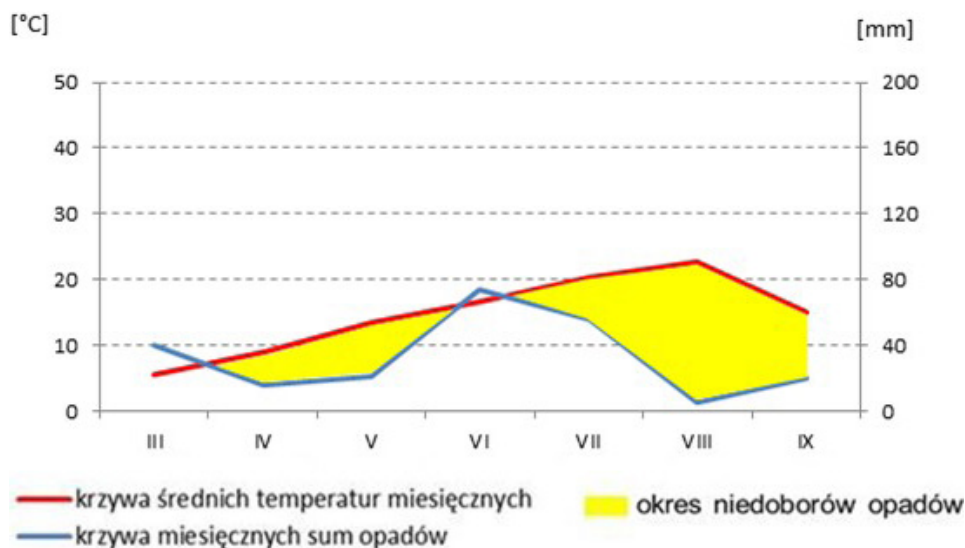
Doświadczenie polowe zakładano na glebie klasyfikowanej jako gleba płowa opadowo-glejowa w rzędzie gleb płowoziemnych [Kabała i in. 2019], wytworzona z gliny piaszczystej na glinie zwykłej, zaliczanej do drugiego kompleksu przydatności rolniczej – pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej III b. Każdego roku, przed założeniem doświadczeń polowych pobierano próbki gleby zgodnie z normą [PN-R-04031:1997] w celu oznaczenia zawartości składników pokarmowych – potasu, magnezu, fosforu i pH gleby w 1 M KCl. Zasobność gleby w 2015 i 2017 roku w fosfor była wysoka, natomiast w 2016 roku bardzo wysoka. Zawartość potasu w glebie w latach 2015 i 2017 kształtowała się na średnim poziomie, a w 2016 roku na wysokim. Zawartość magnezu w glebie zmieniała się od średniej do bardzo wysokiej. Odczyn pH gleby w latach badań był kwaśny (tabela 1).

Tabela 1. Niektóre właściwości chemiczne gleby w latach 2015–2017

Lata	Fosfor ($\text{mg}\cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ gleby)	Potas ($\text{mg}\cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ gleby)	Magnez ($\text{mg}\cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ gleby)	pH (1 M KCl)
2015	78,9	146,1	81,9	5,8
2016	99,4	184,0	64,0	5,7
2017	76,5	134,5	157,0	5,8

Dla zobrazowania wpływu warunków meteorologicznych na rozwój roślin soi przedstawiono zależności średnich temperatur powietrza oraz sum opadów na diagramach klimatycznych (ryciny 1–3) według metody Gaussena-Waltera w modyfikacji Łukasiewicza [Łukasiewicz 2006].

Rycina 1. Diagram klimatyczny Gaussena-Waltera w modyfikacji Łukasiewicza – 2015 rok
[Stacja Meteorologiczna Instytutu Agroekologii i Produkcji Roślinnej UPWr, 2015]

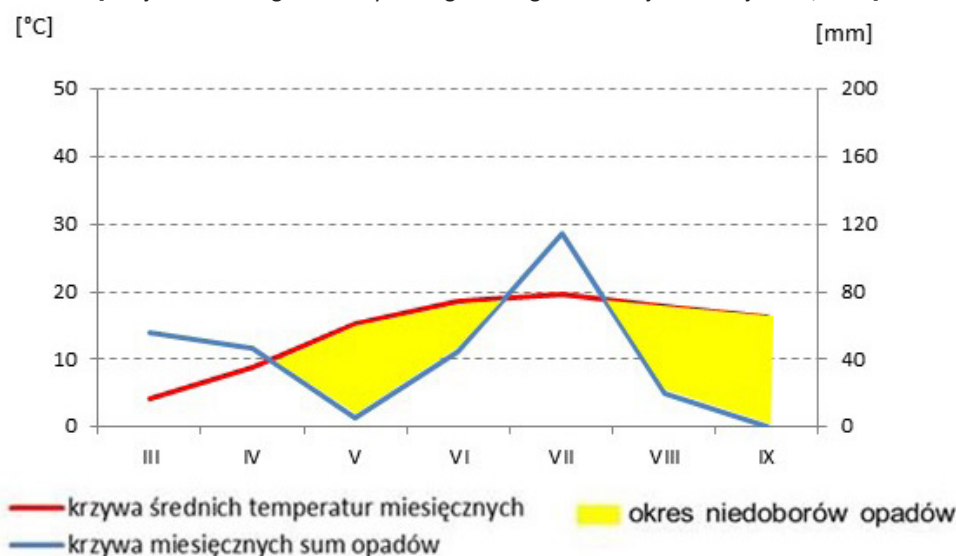


W 2015 roku warunki termiczne były korzystne dla szybkiego kiełkowania nasion i wschodów roślin. Niestety opady w drugiej dekadzie kwietnia kształtowały się na znikomym poziomie 0,4 mm, a w trzeciej dekadzie wyniosły tylko 4,6 mm przy średniej temperaturze powietrza 11,8°C, co spowodowało stopniowe rozpoczęcie długiego okresu niedoboru wilgoci (rycina 1). Dalsze niedobory wilgoci zaobserwowano w drugiej i trzeciej dekadzie maja (opady odpowiednio 5,8 mm i 0,1 mm) przy wartościach temperatury powietrza (13,1°C i 14,0°C). W czerwcu 2015 roku odnotowano zwiększone opady na poziomie 73,3 mm, które przyczyniły się do poprawienia bilansu wodnego w glebie. Z kolei sierpień, który jest miesiącem zawiązywania strąków przez rośliny soi oraz wypełniania ich nasionami, był w 2015 roku okresem znacznych niedoborów wilgoci glebowej – suma opadów w tym okresie wyniosła tylko 5,6 mm. W czasie zbioru obserwowano pękanie strąków, które wywołane było bardzo silną suszą. Pękanie i osypywanie nasion nie jest cechą typową dla roślin soi, które posiadają mocny szew łączący obie strączyny. Podczas udomowienia soja nabyła odporność na pękanie strąków poprzez zagęszczenie czapeczki włókien nad strefą pęknięcia oraz poprzez zmniejszenie skrętu strąka [Dong i in. 2014, Funatsuki i in. 2014]. Właściwość ta w latach o normalnym przebiegu warunków wilgotnościowo-termicznych zapobiega pękaniu i osypywaniu się nasion ze strąków przed zbiorem kombajnowym i w czasie zbioru.

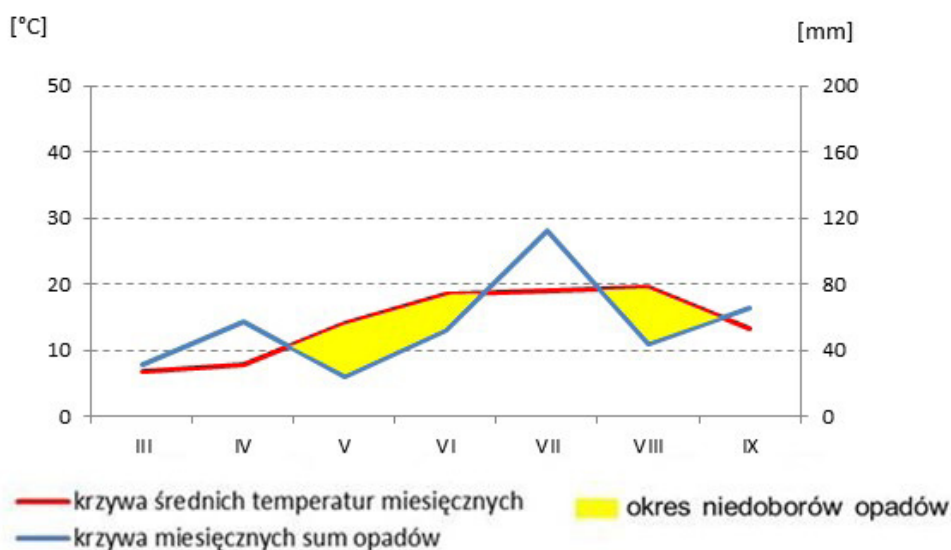
Układ warunków termicznych w okresie wegetacji soi w 2016 roku był korzystny dla wzrostu i rozwoju roślin. Niestety w trzeciej dekadzie kwietnia suma opadów wynosiła 7,9 mm, a w całym miesiącu maja opady wyniosły tylko 5,3 mm. Spowodowało to rozpoczęcie długotrwałego okresu niedoborów opadów, który trwał aż do drugiej dekady czerwca (rycina 2). Deficyt opadów spowodował skrócenie okresu rozwoju wegetatywnego roślin i przyśpieszenie rozwoju generatywnego. Poprawa warunków wilgotnościowych nastąpiła w drugiej i trzeciej dekadzie czerwca (opady odpowiednio 25,5 mm i 18,1 mm) oraz w lipcu (suma opadów wyższa o 35,4 mm niż w wieloleciu). Sierpień 2016 roku charakteryzował się niekorzystnym układem warunków termiczno-wilgotnościowych z uwagi na fakt, że suma opadów z całego miesiąca wyniosła 27,1 mm i była niższa o 34,6 mm od sumy z wielolecia 1985–2014. Spowodowało to rozpoczęcie drugiego okresu niedoborów wilgoci dla soi (rycina 2). Pierwsza dekada września cechowała się wysoką średnią temperaturą powietrza 18,8°C i niską sumą opadów (7,7 mm), co stworzyło dogodne warunki do dojrzewania nasion w strąkach. Nie zaobserwowano jednak, jak w 2015 roku, zjawiska pęknięcia strąków i osypywania się nasion.

Warunki wilgotnościowe w 2017 roku nie były korzystne dla początkowego rozwoju soi (rycina 3). Suma opadów w kwietniu wyniosła 57,0 mm i była wyższa o 27,2 mm od sumy z wielolecia 1985–2014. W trzeciej dekadzie kwietnia średnia temperatura powietrza wynosiła 6,7°C, a w pierwszej dekadzie

Rycina 2. Diagram klimatyczny Gaussena-Waltera w modyfikacji Łukasiewicza – 2016 rok
[Stacja Meteorologiczna Instytutu Agroekologii i Produkcji Roślinnej UPWr, 2016]



Rycina 3. Diagram klimatyczny Gaussena-Waltera w modyfikacji Łukasiewicza – 2017 rok
[Stacja Meteorologiczna Instytutu Agroekologii i Produkcji Roślinnej UPWr, 2017]



maja 9,4°C, co w połączeniu z wysoką sumą opadów opóźniło kiełkowanie nasion i wschody roślin. Postępujący stopniowo niedobór wilgoci glebowej został zniwelowany wysokimi opadami dopiero w trzeciej dekadzie czerwca (51,9 mm) i w lipcu (miesięczna suma opadów wyniosła 112,2 mm). W dniu 7 lipca 2017 roku odnotowano na polu doświadczalnym wystąpienie silnego gradobicia, które w znaczący sposób uszkodziło rośliny. Częściowemu uszkodzeniu uległy wierzchołki pędów, kwiatostany, blaszki liściowe oraz dolne strąki. Sierpień charakteryzował się wysoką średnią temperaturą powietrza (19,4°C) i jednocześnie niższą sumą opadów o 18,1 mm niż w wieloleciu 1985–2014, co spowodowało powstanie kolejnego okresu z niedoborami wilgoci glebowej. Wysokie sumy wartości opadów w pierwszej dekadzie września (35,4 mm) wydłużyły dojrzewanie roślin i opóźniły termin zbioru.

Warunki agrotechniczne

Ramiszów położony jest w zlewni środkowej Odry. Długość okresu wegetacyjnego wynosi średnio 220–237 dni, a jego rozpoczęcie następuje najczęściej w pierwszej dekadzie marca, natomiast zakończenie w pierwszej dekadzie listopada [Tomczyk i Szyga-Pluta 2016]. Soja odmiany Merlin była wysiewana w każdym roku badań po przedplonie zbożowym, którym była pszenica ozima. Liczba wysiewanych na-

sion 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. Szczegółową agrotechnikę soi zestawiono w tabeli 2, a była ona przede wszystkim uzależniona od dopuszczonych do stosowania w Polsce w danym sezonie wegetacyjnym środków 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.

Tabela 2. Agrotechnika soi w latach 2015–2017 (przedplonem była pszenica ozima)

Wyszczególnienie	Terminy		
	2015	2016	2017
uprawa gleby			
Zbiór przedplonu	9.08.2014	4.08.2015	5.08.2016
Gruberowanie	11.08.2014	6–7.08.2015	7.08.2016
Orka zimowa	7.11.2014	17.11.2015	14.11.2016
Bronowanie broną ciężką	16.03.2015	25.03.2016	6.03.2017
Agregat uprawowy (brona wirnikowa + wał ugniatający)	20.04.2015	19.04.2016	25.04.2017
nawożenie przedsiewne i siew			
P ₂ O ₅ 60 kg·ha ⁻¹ (40% superfosfat potrójny)	22.04.2015	25.04.2016	25.04.2017
K ₂ O 120 kg·ha ⁻¹ (60% sól potasowa)	22.04.2015	25.04.2016	25.04.2017
N 30 kg·ha ⁻¹ (34% saletra amonowa)	22.04.2015	25.04.2016	25.04.2017
Siew	22.04.2015	25.04.2016	25.04.2017
środki ochrony roślin			
Sencor Liquid 600 SC (0,55 dm ³ ·ha ⁻¹)	23.04.2015	–	–
Afalon Dyspersyjny 450 SC (1,5 dm ³ ·ha ⁻¹)	–	26.04.2016	–
Corum 502,4 SL (1,5 dm ³ ·ha ⁻¹) + Dash HC (0,6 dm ³ ·ha ⁻¹)	–	19.05.2016	–
Boxer 800 EC (4,0 dm ³ ·ha ⁻¹)	–	–	27.04.2017
Corum 502,4 SL (0,62 dm ³ ·ha ⁻¹) + Dash HC (0,3 dm ³ ·ha ⁻¹)	–	–	25.05.2017 9.06.2017
Zbiór	3.09.2015	13.09.2016	29.09.2017

METODYKA BADAŃ

Trzyletnie doświadczenie polowe założono jako dwuczynnikowe w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach. Czynnikiem 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 siewu wynosiła 16,5 m² (1,5 m × 11 m), a do zbioru odpowiednio 15,0 m² (1,5 m × 10 m). W dojrzałości pełnej nasion (BBCH 89), bezpośrednio przed zbiorem soi na 10 losowo wybranych roślinach z każdego poletka doświadczalnego oceniono następujące cechy: wysokość roślin (cm), wysokość osadzenia pierwszego strąka (cm), liczbę rozgałęzień pierwszego rzędu (szt.), liczbę strąków na roślinie (szt.), liczbę nasion z jednej rośliny (szt.), masę nasion z jednej rośliny (g), masę nasion w jednym strąku (g), masę strączyń z jednej rośliny (g), masę łodyg z jednej rośliny (g). Masę 1000 nasion (g) obliczono z 4 losowo wydzielonych prób nasion (4 × 100 szt.) wg ISTA [2025]. Syntezę wyników przeprowadzono po zakończeniu trzyletnich doświadczeń polowych. 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

Wszystkie oceniane cechy morfologiczne roślin soi nie były istotnie zależne od współdziałania badanych czynników (tabele 3–5). Zróżnicowana rozstawa rzędów kształtowała wysokość osadzenia pierwszego strąka, liczbę rozgałęzień jednego rzędu oraz liczbę nasion z rośliny (tabela 4) oraz masę części nadziemnej soi (tabela 6), które były istotnie wyższe przy wysiewie soi w rozstawie rzędów 30 cm. Strażyński i in. [2023] wskazują, że w polskich warunkach stosowanie szerszej rozstawy rzędów może być korzystniejszym rozwiązaniem w uprawie soi, niż siew wąskorzędowy, szczególnie w aspekcie jej integrowanej produkcji. Aplikacja biostymulatora Asahi SL, w porównaniu z kontrolą (bez aplikacji), wpłynęła na wysokość roślin i liczbę rozgałęzień pierwszego rzędu oraz liczbę i masę nasion z rośliny (tabela 4). Uzyskane wyniki potwierdzają doniesienia Kociry [2017] dotyczące istotnego wpływu aplikacji biostymulatora Asahi SL na większość cech morfologicznych soi. W badaniach własnych zastosowanie preparatu w każdej z wybranych faz rozwojowych istotnie determinowało zwiększenie wysokości roślin w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Z kolei liczba rozgałęzień pierwszego rzędu oraz liczba nasion z rośliny były istotnie najwyższe po aplikacji Asahi SL w fazie BBCH 14–15 oraz w fazach BBCH 14–15 + BBCH 51. Badania własne nie wykazały wpływu zastosowania biostymulatora na wysokość osadzenia pierwszego strąka (tabela 4). Odmienne wyniki dotyczące wysokości osadzenia pierwszego strąka uzyskała Kocira [2017], która odnotowała istotny wpływ wykonanych oprysków różnymi biostymulatorami na ten parametr soi. Z kolei Serafin-Andrzejewska i Kozak [2018] stwierdzili, że zastosowanie biostymulatora Asahi SL w agrotechnice gorczyicy białej wpływało istotnie statystycznie na wszystkie badane parametry morfologiczne roślin. Podwójny zabieg biostymulatorem zwiększał wysokość roślin o 5,1%, a pojedynczy o 3,0% w porównaniu z kontrolą. Wysokość do pierwszego rozgałęzienia była odpowiednio wyższa o 5,7% i 8,5% w odniesieniu do kombinacji bez zastosowania biostymulatora.

Tabela 3. Cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem – średnie dla współdziałania czynników

Rozstawa rzędów	Aplikacja Asahi SL (obiekty)	Wysokość roślin (cm)	Wysokość osadzenia pierwszego strąka (cm)	Liczba rozgałęzień pierwszego rzędu (szt.)	Liczba strąków na roślinie (szt.)	Liczba nasion z rośliny (szt.)	Liczba nasion w strąku (szt.)	Masa nasion w strąku (g)	Masa nasion z rośliny (g)	Masa 1000 nasion (g)
15 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	60	9,8	1,3	20,8	41,8	1,99	0,315	6,75	165
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	65	10,0	1,7	21,7	44,1	2,00	0,338	7,64	165
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	62	9,6	1,5	21,9	42,4	1,92	0,314	7,19	170
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	66	10,0	1,6	22,6	46,1	2,01	0,323	7,62	169
30 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	60	10,0	1,6	21,6	43,7	1,98	0,315	7,14	163
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15),	61	10,5	1,7	22,7	46,8	2,02	0,322	7,64	168
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	64	10,5	1,6	22,3	45,2	1,99	0,326	7,61	169
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	63	10,7	1,7	22,8	45,8	1,96	0,320	7,66	169
NIR ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Przebieg warunków pogodowych w latach prowadzenia badań miał istotny wpływ na wszystkie oceniane cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem (tabele 4 i 6). Najwyższe rośliny przed zbiorem (74 cm), z najwyższym osadzonym pierwszym strąkiem (10,6 cm) zaobserwowano w 2015 roku (tabela 4).

W 2016 roku liczba wykształconych prawidłowo strąków płodnych (tabela 4) była najwyższa (27,4 szt.), co skutkowało uzyskaniem największej liczby nasion z rośliny (61,3 szt.). Dodatkowo w wyżej wymienionym roku liczba nasion w strąku była najwyższa w odniesieniu do pozostałych lat badań. Wartości poszczególnych cech morfologicznych roślin soi w 2015 roku zostały znacząco ograniczone poprzez narastającą suszę, a w 2017 roku przez nagłe wystąpienie gradobicia (7 lipca). Zdaniem Szyrmera i Federowskiej [1978] różnice w liczbie wykształconych strąków w trakcie prowadzonych badań są wynikiem odmiennego rozkładu opadów, temperatury i nasłonecznienia w okresie kwitnienia roślin.

Ponadto masa nasion z rośliny, masa nasion w strąku oraz masa 1000 nasion były istotnie zależne od przebiegu warunków termiczno-wilgotnościowych w latach prowadzenia badań. W 2015 roku z uwagi na niską sumę opadów w okresie wegetacji rośliny soi wykształciły nasiona o istotnie najniższej masie 1000 sztuk (tabela 4). Lata 2016 i 2017 były zbliżone pod względem przebiegu warunków pogodowych w okresie zawiązywania i wypełniania strąków nasionami, co skutkowało uzyskaniem podobnych wartości masy 1000 nasion.

Masa strączyń, łodyg oraz sumaryczna masa rośliny soi nie były istotnie determinowane przez współdziałanie badanych czynników (tabela 5). Masa całej rośliny oraz masa strączyń i łodyg były kształtowane przebiegiem warunków pogodowych w latach badań (tabela 6). Sumaryczna masa całej rośliny była najniższa w 2015 roku z uwagi na występującą w okresie wegetacji suszę, natomiast w 2017 roku występujące gradobicie ograniczyło znacząco masę nadziemnych części rośliny. Uprawa soi w szerszej rozstawie rzędów (30 cm) sprzyjała istotnemu zwiększeniu masy strączyń, łodyg i sumarycznej masy całej rośliny w porównaniu do wysiewu soi w rozstawie 15 cm (tabela 6). Wcześniejsze badania Kozaka i in. [2008] wykazały istotny wpływ aplikacji Asahi SL na stymulowanie wzrostu wegetatywnej części nadziemnej soi. W badaniach własnych stwierdzono, że rośliny soi pozbawione działania biostymulatora Asahi SL cechowały się istotnie niższą masą łodyg oraz całej rośliny w porównaniu z roślinami stymulowanymi tym preparatem w wybranych fazach rozwojowych (tabela 6).

Tabela 4. Cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem – średnie dla czynników i lat

Wyszczególnienie		Wysokość roślin (cm)	Wysokość osadzenia pierwszego strąka (cm)	Liczba rozgałęzień pierwszego rzędu (szt.)	Liczba strąków na roślinie (szt.)	Liczba nasion z rośliny (szt.)	Liczba nasion w strąku (szt.)	Masa nasion w strąku (g)	Masa nasion z rośliny (g)	Masa 1000 nasion (g)
Rozstawa rzędów	15 cm	63	9,9	1,5	21,8	43,6	1,98	0,323	7,30	167
	30 cm	62	10,4	1,7	22,4	45,4	1,99	0,321	7,51	167
NIR ($\alpha = 0,05$)		r.n.	0,43	0,11	r.n.	1,25	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Aplikacja Asahi SL (obiekty)	1 – kontrola (bez aplikacji)	60	9,9	1,5	21,2	42,7	1,98	0,315	6,94	164
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	63	10,3	1,7	22,2	45,5	2,01	0,330	7,64	167
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	63	10,1	1,5	22,1	43,8	1,95	0,320	7,40	170
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	64	10,4	1,7	22,7	45,9	1,99	0,322	7,64	169
NIR ($\alpha = 0,05$)		1,9	r.n.	0,15	r.n.	2,00	r.n.	r.n.	0,357	3,0
Lata	2015	74	10,6	1,6	18,6	32,1	1,73	0,227	4,46	137
	2016	58	9,4	2,0	27,4	61,3	2,24	0,399	10,90	183
	2017	55	10,3	1,2	20,2	40,0	1,98	0,341	6,88	182
NIR ($\alpha = 0,05$)		1,8	0,52	0,10	0,82	1,53	0,045	0,0082	0,282	3,4

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 5. Masa strączyń, łodyg i sumaryczna masa nadziemnej części rośliny soi – średnie dla współdziałania czynników

Rozstawa rzędów	Aplikacja Asahi SL (obiekty)	Strączyń (g)	Łodygi (g)	Roślina (g)*
15 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	3,26	3,73	13,7
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	3,30	3,91	14,8
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	3,26	3,81	14,3
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	3,36	4,03	15,0
30 cm	1 – kontrola (bez aplikacji)	3,63	3,84	14,6
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	3,63	4,12	15,4
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	3,66	4,06	15,3
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	3,72	4,13	15,5
NIR ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.

* Roślina – masa nasion + masa strączyń + masa łodyg (g)

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 6. Masa strączyń, łodyg i sumaryczna masa nadziemnej części rośliny soi – średnie dla czynników i lat

Wyszczególnienie		Strączyń	Łodygi	Roślina*
Rozstawa rzędów	15 cm	3,29	3,87	14,5
	30 cm	3,66	4,04	15,2
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,079	0,148	0,29
Aplikacja Asahi SL (obiekty)	1 – kontrola (bez aplikacji)	3,44	3,78	14,2
	2 – faza listnienia (BBCH 14–15)	3,46	4,01	15,1
	3 – faza pąkowania (BBCH 51)	3,46	3,93	14,8
	4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 14–15 + BBCH 51)	3,54	4,08	15,3
NIR ($\alpha = 0,05$)		r.n.	0,194	0,43
Lata	2015	2,42	4,36	11,2
	2016	4,92	3,96	19,8
	2017	3,09	3,54	13,5
NIR ($\alpha = 0,05$)		0,097	0,181	0,35

* Roślina – masa nasion + masa strączyń + masa łodyg (g)

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

WNIOSKI

1. Przebieg warunków pogodowych w latach prowadzenia eksperymentu polowego miał istotny wpływ na wszystkie oceniane cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem. W sezonie wegetacyjnym 2016 roku rośliny soi charakteryzowały się przed zbiorem największą: liczbą rozgałęzień pierwszego rzędu, liczbą strąków płodnych, liczbą i masą nasion z rośliny, liczbą nasion w strąku oraz masą strączyń z rośliny, a także masą 1000 nasion.

2. Czynniki zróżnicowanej rozstawy rzędów (15 cm, 30 cm) istotnie kształtował: wysokość osadzenia pierwszego strąka, liczbę rozgałęzień pierwszego rzędu, liczbę nasion z rośliny, masę strączyń, łodyg i całej rośliny.

3. Aplikacja biostymulatora Asahi SL wpłynęła korzystnie, w porównaniu z obiektem kontrolnego pozbawionego działania preparatu, na zwiększenie: wysokości roślin przed zbiorem, liczby i masy nasion z rośliny, masy łodyg i całej nadziemnej części rośliny oraz masy 1000 nasion.

4. Aplikowanie biostymulatora w technologii uprawy soi może być dla polskich rolników cennym uzupełnieniem dotychczas stosowanych standardowych zabiegów agrotechnicznych.

PIŚMIENNICTWO

- ARiMR 2023. <https://rejestrupraw.arimr.gov.pl/#> [dostęp 18.02.2026].
- ARiMR 2024. <https://rejestrupraw.arimr.gov.pl/#> [dostęp 18.02.2026].
- ARiMR 2025. <https://rejestrupraw.arimr.gov.pl/#> [dostęp 18.02.2026].
- 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.
- Bellaloui N., Bruns H.A., Abbas H.K. i in., 2015. Effects of row-type, row-spacing, seeding rate, soil-type, and cultivar differences on soybean seed nutrition under US Mississippi Delta conditions. PLOS ONE 10(6), e0129913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129913>
- Borowski E., Blamowski Z.K., 2009. The effects of triacontanol TRIA and Asahi SL on the development and metabolic activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants treated with chilling. Folia Hort. 21(1), 39–48. <https://doi.org/10.2478/fhort-2013-0124>
- Bynum J.B., Cothren J.T., Lemon R.G. i in., 2007. Field evaluation of nitrophenolate plant growth regulator (Chaperone) for the effect on cotton lint yield. J. Cotton Sci. 25, 20–25.
- De Bruin J.L., Pedersen P., 2008. Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield. Agron. J. 100(3), 704–710. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0106>.
- Dong Y., Yang X., Liu J. i in., 2014. Pod shattering resistance associated with domestication is mediated by a NAC gene in soybean. Nat. Commun. United Kingdom 5, 3352. <https://doi.org/10.1038/ncomms4352>
- Elandt R., 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego. PWN, Warszawa.
- Funatsuki H., Suzuki M., Hirose A. i in., 2014. Molecular basis of a shattering resistance boosting global dissemination of soybean. Proc. Nat. Acad. Sci. 111(50), 17797–17802. <https://doi.org/10.1073/pnas.1417282111>
- ISTA, 2025. Międzynarodowe przepisy oceny nasion 2025, tłum. i oprac. mer. E. Małuszyńska, B. Wiewióra, T. Oleksiak i in. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy.
- Kabała C., Charzyński P., Chodorowski J., Drewnik M., Głina B., Greinert A., Hulisz P., Jankowski M., Jonczak J., Łabaz B., Łachacz A., Marzec M., Mendyk Ł., Musiał P., Musielok Ł., Smreczak B., Sowiński P., Świtoniak M., Uzarowicz Ł., Waroszewski J., 2019. Polish Soil Classification, 6th edition – principles, classification scheme and correlations. Soil Science Annual, 70(2), 71–97.
- Kocira A., 2017. Biostymulatory w uprawie soi jako czynnik determinujący cechy biometryczne, plon i skład chemiczny nasion. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – PIB w Puławach, Monografie i rozprawy naukowe 54, ss. 135.
- Kozak M., Malarz W., Serafin-Andrzejewska M., Kotecki A., 2008. The effects of sowing rate and Asahi SL biostimulator on soybean growth and yield. Ed. Zbigniew T. Dąbrowski: Biostimulators in modern agriculture. Part: Field Crops. s. 77–84.
- 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, PTPN. Poznań, 95–99. PN-R-04031:1997, 1997. Analiza chemiczno-rolnicza gleby - Pobieranie próbek.
- Przybysz A., Gawrońska H., Gajc-Wolska J., 2014. Biological mode of action of a nitrophenolates-based biostimulant: case study. Front. Plant Sci., 5, 713. doi: 10.3389/fpls.2014.00713.
- Serafin-Andrzejewska M., Kozak M., 2018. Reakcja gorczyca 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.
- Sichilima I., Mataa M., Mweetwa A.M., 2018. Morpho-physiological and yield responses associated with plant density variation in soybean (*Glycine max* L. (Merrill)). IJEAB 3(1), 274–285. doi: 10.22161/ijeab/3.1.35.
- Sobko O., Hartung J., Zikeli S., Claupein W., Gruber S., 2019. Effect of sowing density on grain yield, protein and oil content and plant morphology of soybean (*Glycine max* L. Merrill). Plant, Soil Environ. 65(12), 594–601. doi: 10.17221/346/2019-PSE.
- Strażyński P., Kardasz P., Mrówczyński M., 2023. Metodyka integrowanej produkcji soi. Instytut Ochrony Roślin – PIB, Warszawa, ss. 73.
- Szyrmer J., Federowska B., 1978. Badania odmian i form soi ze światowej kolekcji. Biul. IHAR, 134, 123–144.
- Toleikiene M., Slepetytys J., Sarunaite L., Lazauskas S., Deveikyte I., Kadziulienė Z., 2021. Soybean development and productivity in response to organic management above the northern boundary of soybean distribution in Europe. Agronomy 11(2), 214. doi: 10.3390/agronomy11020214.
- Tomczyk A., Szyga-Pluta K., 2016. Okres wegetacyjny w Polsce w latach 1971–2010 – Growing seasons in Poland in the period 1971–2010. Przegląd Geograficzny 88(1), 75–86. doi: 10.7163/PrzG.2016.1.4.

Źródło finansowania: Projekt wewnętrzny B/010/2026 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: Factor I – varying row spacing (15 and 30 cm); Factor II – 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). Varying row spacing significantly affected: first pod height, number of first-order branches, number of seeds per plant, pod, stem, and whole plant weight. Application of the Asahi SL biostimulant, compared to the control treatment, had a positive effect on increasing the following: plant height before harvest, seed number and weight per plant, stem and above-ground plant weight, and 1000-seed weight. Weather conditions during the years of the field experiment had a significant impact on all assessed morphological traits of soybean plants before harvest.

Keywords: soybean, *Glycine max*, row spacing, biostimulant

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

Cytowanie: Gniadzik-Zasańska M., Kozak M., Wondołowska-Grabowska A., 2026. Wpływ zróżnicowanej rozstawy rzędów i aplikacji biostymulatora Asahi SL na cechy morfologiczne i plonowanie soi (*Glycine max* (L.) Merrill). Cz. I. Cechy morfologiczne soi. *Agron. Sci.* 81(2), 29–38. <https://doi.org/10.24326/as.2026.5671>