




Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
pl. Grunwaldzki 24A, 50-365 Wrocław, Polska
*e-mail: marcin.kozak@upwr.edu.pl

MAŁGORZATA GNIADZIK-ZASAŃSKA , MARCIN KOZAK *,
ANNA WONDOŁOWSKA-GRABOWSKA 

Wpływ zróżnicowanej rozstawy rzędów i ilości wysiewu na rozwój i plonowanie soi (*Glycine max* (L.) Merrill). Cz. II. Plony nasion, resztek pozbiorowych i ich skład chemiczny

The effect of different row spacing and sowing amount on the development
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 zróżnicowanej rozstawy rzędów i ilości wysiewu na plonowanie i skład chemiczny soi uprawnej. Badania założono jako dwuczynnikowe w układzie split-plot, w czterech powtórzeniach, z dwoma czynnikami zmiennymi: zróżnicowaniem rozstawy rzędów (15 cm, 30 cm) oraz zróżnicowaną liczbą wysiewanych nasion (50, 75, 90 nasion na 1 m²). Wielkość i jakość zebranych plonów nasion i resztek pozbiorowych były silnie uzależnione od warunków pogodowych w poszczególnych latach prowadzenia doświadczeń polowych. Czynnikiem zróżnicowanej rozstawy rzędów (15 cm, 30 cm) nie determinował uzyskanych plonów nasion i resztek pozbiorowych oraz wydajności tłuszczu surowego i białka ogółem z hektara. Nie odnotowano istotnego wpływu zróżnicowanej rozstawy rzędów i liczby wysiewanych nasion na jednostce powierzchni na skład chemiczny nasion soi, z wyjątkiem zawartości tłuszczu surowego.

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

Cytowanie: Gniadzik-Zasańska M., Kozak M., Wondołowska-Grabowska A., 2024. Wpływ zróżnicowanej rozstawy rzędów i ilości wysiewu na rozwój i plonowanie soi (*Glycine max* (L.) Merrill). Cz. II. Plony nasion, resztek pozbiorowych i ich skład chemiczny. *Agron. Sci.* 79(1), 61–73. <https://doi.org/10.24326/as.2024.5260>

WSTĘP

Unikalny skład chemiczny nasion soi związany z dużą zawartością białka i tłuszczu oraz małą zawartością włókna sprawia, że soi jest wszechstronnie wykorzystywana. Wartość biologiczna białka soi jest bardzo wysoka, gdyż jest zbliżona do mięsa wołowego. Współcześnie potrzeby paszowe Polski są zaspokajane przede wszystkim importem poekstrakcyjnej śruty sojowej, w której skład wchodzi ok. 48,1% białka ogółem i 1,2% tłuszczu surowego [Dei 2011, Harlioglu 2012, Skoufos 2014]. Z uwagi na bogaty skład chemiczny stanowi ona cenny komponent pasz treściwych. Nasiona soi są bogate w potas, zawierają go aż $1593 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Ponadto w soi znajdziemy $262 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ wapnia, $570 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ fosforu, $280 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ magnezu i $29 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ sodu [Van Eys i in. 2005]. Plon nasion, a także jego jakość, podlegają istotnym wahaniom pod wpływem warunków środowiskowych i agrotechnicznych [Clawson i in. 2006, Rahman i in. 2011, Worku i Astatkie 2011]. Z tych ostatnich największy wpływ na plon wywiera termin i gęstość siewu oraz nawożenie i pielęgnacja [Pyzik 1982, Jasińska i in. 1987, Pyzik i in. 1987, Bobrecka-Jamro i in. 1995]. Celem prowadzonych w latach 2015–2017 badań była ocena wpływu zmiennej architektury ładu soi, kształtowanej przez zróżnicowaną rozstawę rzędów i liczbę wysianych nasion na 1 m^2 na plon nasion i resztek pozbiorowych oraz ich skład chemiczny. Przyjęta hipoteza robocza zakładała, że zróżnicowana architektura ładu oraz zmienne warunki wilgotnościowo-termiczne w latach badań wpłyną istotnie na wielkość plonu nasion i jego jakość.

WARUNKI BADAŃ

Lokalizacja doświadczeń polowych, warunki termiczno-wilgotnościowe oraz glebowe zostały przedstawione w części I [Gniadzik-Zasańska i in. 2024].

METODYKA BADAŃ

W badaniach polowych zastosowano metodę split-plot, w czterech powtórzeniach, z dwoma czynnikami zmiennymi, którymi były: zróżnicowana rozstawa rzędów (15 cm, 30 cm) oraz wzrastająca liczba wysiewanych nasion na 1 m^2 (50, 70, 90 szt.). Powierzchnia pojedynczego poletka do zbioru wynosiła 15 m^2 ($1,5 \text{ m} \times 10 \text{ m}$). Plon nasion i resztek pozbiorowych (strączyzny, łodygi) określono z powierzchni 15 m^2 , a następnie przeliczono na 1 ha wraz ze 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 następującymi 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, strączyzny, łodygi (metoda suszarkowa poprzez suszenie rozdrobnionego materiału roślinnego przez 4 h w temperaturze 105°C , włókno surowe – nasiona (metoda Henneberga-Stohmanna),

zawartość makroskładników w nasionach, strączynach, łądygach: K, Ca (metoda fotometrii płomieniowej), P, Mg (metoda kolorymetryczna).

Syntezę wyników przeprowadzono po zakończeniu trzyletnich eksperymentów 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

Warunki pluwio-termiczne wywierają zasadniczy wpływ na zawartość tłuszczu surowego i białka ogółem w nasionach soi. Szyrmer [1969, 1971] na podstawie badań przeprowadzonych w środkowej i południowo-wschodniej Polsce stwierdził, że zawartość tłuszczu surowego wzrastała przy niższej temperaturze powietrza i wyższej wilgotności powietrza, a zawartość białka ogółem była ujemnie skorelowana z wysokością plonu. Pasternakiewicz i Dżugan [2009] twierdzą, że zawartość tłuszczu surowego w nasionach soi mieści się w przedziale 18,2%–19,7%. Kozak i in. [2008a, 2008b, 2008c] dodają, że skład chemiczny nasion soi w największym stopniu zależy od warunków pogodowych w latach badań, a w dalszej kolejności od czynnika odmianowego i ilości wysiewu. Potwierdzają to również badania Michałka i Borowskiego [2006], podczas których okresowa susza i czynnik odmianowy wpłynęły na zawartość białka ogółem w nasionach soi.

W badaniach własnych zawartość tłuszczu surowego w nasionach była istotnie zależna od liczby wysianych nasion na 1 m^2 . Koncentracja tłuszczu surowego w nasionach soi wzrastała wraz ze zwiększaniem gęstości siewu z 50 do 90 szt. nasion na 1 m^2 , przy której osiągnęła najwyższą wartość ($240,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) – tabela 1. Odwrotną zależność dotyczącą zmian zawartości tłuszczu surowego w nasionach soi wykazali Kozak i in. [2008a] w badaniach, w których koncentracja tego składnika zmniejszała się wraz ze zwiększaniem gęstości siewu. W doświadczeniu własnym nie wykazano wpływu rozstawy rzędów na skład chemiczny nasion soi. Interakcja między czynnikami doświadczenia wystąpiła jedynie w odniesieniu do zawartości włókna surowego w nasionach soi. Badania własne wykazały także wpływ zróżnicowanej liczby wysianych nasion na 1 m^2 na zawartość włókna surowego. Według Batista i in. [2015] istotnym składnikiem poza zawartością tłuszczu surowego w nasionach jest zawartość białka ogółem. W badaniach własnych zawartość w nasionach soi białka ogółem, ale również włókna surowego, popiołu surowego oraz BZW (bezażotowych związków wyciągowych) była istotnie zróżnicowana w latach badań. Najniższa koncentracja białka ogółem w nasionach, niższa o 20,2% w porównaniu z 2016 r. i o 15,9% w odniesieniu do 2017 r., została odnotowana w 2015 r., w którym występowały deficyty wilgoci w okresie wegetacji roślin (tab. 1). Rośliny soi pod wpływem niedoboru wody wykształcają nasiona charakteryzujące się mniejszą zawartością białka [Boydak i in. 2002]. Badania Szwejkowskiej [2005] wykazują, iż zawartość białka ogółem w nasionach roślin bobowatych grubonasiennych (strączkowych) determinują nie tylko cechy genetyczne odmian, ale również warunki wilgotnościowo-termiczne w okresie badań i czynniki agrotechniczne, tj. nawożenie azotem.

Tabela 1. Skład chemiczny nasion soi (średnie dla współdziałania, czynników i lat)
 Table 1. Chemical content of soybean seeds (means for factors interaction, means for factors and years)

Czynniki doświadczenia Experiment factors		Tłuszcz surowy Crude fat (g·kg ⁻¹)	Białko ogółem Total protein (g·kg ⁻¹)	Włókno surowe Crude fibre (g·kg ⁻¹)	Popiół surowy Crude ash (g·kg ⁻¹)	BZW (g·kg ⁻¹)
rozstawa rzędów row spacing	liczba nasion na 1 m ² (szt.) number of seeds per 1 m ² (pcs.)					
15 cm	50	227,7	326,3	56,3	54,0	335,7
	70	239,2	319,0	56,1	54,0	331,7
	90	244,0	326,0	60,7	53,3	316,0
30 cm	50	229,7	330,8	60,3	53,7	325,5
	70	235,1	339,0	54,1	53,3	318,5
	90	236,7	328,3	56,0	52,7	326,3
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	2,61	r.n.	r.n.
Średnie dla czynników i lat doświadczenia/ Means for experiment factors and years						
Rozstawa rzędów Row spacing	15 cm	237,0	323,8	57,9	54,0	327,3
	30 cm	233,9	332,6	56,9	53,2	323,4
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Liczba nasion na 1 m ² Number of seeds per 1 m ²	50	228,7	328,3	58,3	54,2	330,5
	70	237,1	329,0	55,5	53,2	325,2
	90	240,3	327,2	58,2	53,0	321,3
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		7,5	r.n.	1,8	r.n.	r.n.
Lata Years	2015	235,3	297,7	58,7	55,3	353,0
	2016	234,5	373,0	57,1	49,2	286,2
	2017	236,5	313,8	55,8	56,2	337,7
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	11,1	1,93	2,4	15,5

BZW – bezazotowe związki wyciągowe/ Nitrogen free extract

r.n. – różnica nieistotna statystycznie/ no significant difference

W badaniach własnych plony nasion, resztek pozbiorowych soi oraz plony tłuszczu surowego i białka ogółem nie zależały od współdziałania badanych czynników (tab. 2). Niektóre badania donoszą o interakcji między rozstawą rzędów a ilością wysiewu w kształtowaniu plonu nasion, który wzrastał przy wyższej ilości wysiewu i uprawie w wąskich rzędach w porównaniu z uprawą w szerokich rzędach [Weber i in. 1966, Oplinger i Philbrook 1992, Cox i in. 2012]. Zastosowana w badaniach własnych zróżnicowana rozstawa rzędów (15 cm, 30 cm) nie wpływała istotnie na powyższe parametry plonowania soi. Z kolei według Board i Kahlon [2013] optymalna architektura ładu

stanowi beznakładowy czynnik wpływający na zwiększenie uzyskanego plonu nasion soi. Taylor i in. [1982] podkreślają, iż soja uprawiana przy rozstawie 25 cm, w porównaniu z uprawą przy rozstawie 100 cm, plonowała o 17% lepiej. Beatty i in. [1982] wykazali w stanie Arkansas 15-procentowy wzrost plonu nasion soi uprawianej w rozstawie 18 cm lub 48 cm w porównaniu z rozstawą 96 cm.

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

Table 2. Seed yield, crude fat and total protein yields of soybean seeds (means for factors interaction, means for factors and years)

Czynniki doświadczenia Experiment factors		Plon nasion Seed yield (t·ha ⁻¹)	Plon resztek pozbiorowych (łodygi + strączyzny) Harvest residues yield (stems + stripped pods) (t·ha ⁻¹)	Plon tłuszczu surowego Crude fat yield (kg·ha ⁻¹)	Plon białka ogółem Total protein yield (kg·ha ⁻¹)
Rozstawa rzędów row spacing	liczba nasion na 1 m ² (szt.) number of seeds per 1 m ² (pcs.)				
15 cm	50	2,70	3,26	530	797
	70	2,85	3,76	595	821
	90	2,97	3,45	636	867
30 cm	50	2,70	3,32	536	801
	70	2,77	3,69	565	839
	90	2,91	3,92	598	849
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnie dla czynników i lat doświadczenia/ Means for experiment factors and years					
Rozstawa rzędów Row spacing (cm)	15	2,84	3,49	587	828
	30	2,79	3,64	566	830
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Liczba nasion na 1 m ² (szt.) Number of seeds per 1 m ² (pcs.)	50	2,70	3,29	533	799
	70	2,81	3,72	580	830
	90	2,94	3,69	617	858
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		0,115	0,288	23,4	35,5
Lata Years	2015	2,05	4,05	420	531
	2016	4,09	3,56	834	1326
	2017	2,31	3,09	476	631
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		0,164	0,282	33,8	50,4

r.n. – różnica nieistotna statystycznie/ no significant difference

Uzyskany plon i jakość nasion soi jest iloczynem genotypu, agrotechniki i oddziaływania środowiska [Dardanelli i in. 2006, Assefa i in. 2019]. W porównaniu z innymi gatunkami roślin uprawnych (ryż, bawełna, sorgo) zdecydowanie wyższe plony nasion soi otrzymuje się przy niższej obsadzie roślin [Jost i Cothorn 2000, Balcom i in. 2010]. Skład jakościowy nasion soi wynika z właściwości genetycznych odmiany, wpływu czynników biotycznych i abiotycznych [Bellaloui i in. 2015]. Abiotyczne czynniki stresowe redukują plony gatunków uprawnych o ok. 50% i są uznawane za główną przyczynę powstawania strat w uprawie roślin w ujęciu globalnym [Rodríguez i in. 2006]. Stresy abiotyczne odpowiadają za szereg zmian morfologicznych, fizjologicznych i biochemicznych, które negatywnie oddziałują na rozwój roślin i uzyskany plon [Bitá i Gerats 2013]. Temperatura powietrza jest głównym czynnikiem wpływającym na jakość i wielkość plonu roślin bobowatych grubonasiennych [Christophe i in. 2011]. W badaniach własnych plon nasion soi istotnie zależał od przebiegu warunków wilgotnościowo-termicznych w poszczególnych okresach wegetacyjnych roślin (tab. 2). Najwyższy plon nasion ($4,09 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) uzyskano w najkorzystniejszym pod względem pogodowym 2016 r. i był on dwukrotnie wyższy niż w ciepłym 2015 r., w którym występowała susza. Z badań Kozaka i in. [2008a, 2008b, 2008c] wynika, iż zarówno wegetatywny, jak i generatywny rozwój roślin, a także plonowanie soi zależały przede wszystkim od warunków pogodowych, mniej zaś od odmiany czy gęstości siewu. Soja jest szczególnie wrażliwa na niedobór wody w okresie kwitnienia i wypełniania strąków nasionami [Nowak i Wróbel 2010]. O istotnym wpływie warunków wilgotnościowo-termicznych na plon soi donoszą również Kołodziej i Pisulewska [2000], Bury i Nawracała [2004] oraz Zanon i in. [2016].

Plony tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 ha są iloczynem zawartości tych składników w nasionach i uzyskanego plonu. W badaniach własnych plony tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 ha zależały głównie od zastosowanej gęstości siewu (tab. 2). W miarę zwiększania liczby wysiewanych nasion na 1 m^2 zwiększeniu ulegał plon tłuszczu surowego i białka ogółem. Plon tłuszczu surowego z 1 ha przy wysiewie 90 szt. nasion na 1 m^2 był o 13,6% wyższy, a plon białka ogółem o 6,9% wyższy w porównaniu z wartościami otrzymanymi przy najmniejszym zastosowanym wysiewie (50 szt. na 1 m^2). Dość wilgotny 2016 r., z normalnym przebiegiem średniej dobowej temperatury powietrza sprzyjał zwiększeniu plonów tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 ha (tab. 2).

W badaniach własnych nie wykazano interakcji między czynnikami doświadczenia w odniesieniu do zawartości wszystkich analizowanych składników mineralnych w nasionach soi (tab. 3). Podobnie zawartość składników mineralnych w nasionach nie była istotnie zależna od zastosowanej rozstawy rzędów oraz liczby wysianych nasion na 1 m^2 . Badania Biel i in. [2018] wykazały brak wpływu rozstawy rzędów na statystycznie istotny efekt koncentracji makroelementów w nasionach soi. W badaniach własnych zmienny układ warunków wilgotnościowo-termicznych w latach badań wpływał na zróżnicowanie zawartości fosforu, potasu i wapnia w nasionach soi, nie miał natomiast wpływu na zawartość magnezu. Istotnie najniższą koncentrację fosforu i potasu w nasionach soi odnotowano w 2016 r., a wapnia w 2016 r. i 2017 r. (tab. 3). Vargas i in. [2018], badając 2543 partie próbek nasion soi pozyskanych w latach 2009–2011 z różnych regionów Brazylii, oznaczyli w nasionach soi maksymalną zawartość fosforu na poziomie $10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, potasu – $52 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, magnezu – $24 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, wapnia – $32 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Tabela 3. Zawartość składników mineralnych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w nasionach soi
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)Table 3. Content of mineral components ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) in soybean seeds
(means for factors interaction, means for factors and years)

Czynniki doświadczenia Experiment factors		P	K	Ca	Mg
rozstawa rzędów row spacing	liczba nasion na 1 m ² (szt.) number of seeds per 1 m ² (pcs.)				
15 cm	50	6,9	17,1	1,2	4,3
	70	6,7	17,5	1,2	3,7
	90	6,4	16,5	1,3	3,8
30 cm	50	6,9	17,7	1,2	3,6
	70	7,1	16,8	1,1	3,6
	90	7,1	17,0	1,2	3,8
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnie dla czynników i lat doświadczenia/ Means for experiment factors and years					
Rozstawa rzędów Row spacing	15 cm	6,7	17,1	1,2	3,9
	30 cm	7,0	17,2	1,1	3,7
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Liczba nasion na 1 m ² (szt.) Number of seeds per 1 m ² (pcs.)	50	6,9	17,4	1,2	4,0
	70	6,9	17,2	1,1	3,7
	90	6,8	16,8	1,2	3,8
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Lata Years	2015	7,3	17,9	1,6	4,0
	2016	5,8	16,1	0,96	3,7
	2017	7,4	17,4	0,97	3,6
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		0,48	1,02	0,128	r.n.

r.n. – różnica nieistotna statystycznie/ no significant difference

Tabela 4. Zawartość składników mineralnych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w strączynach soi (średnie dla współdziałania, czynników i lat)
 Table 4. Content of mineral components ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) in soybean stripped pods (means for factors interaction, means for factors and years)

Czynniki doświadczenia Experiment factors		N	P	K	Ca	Mg
rozstawa rzędów row spacing	liczba nasion na 1 m ² (szt.) number of seeds per 1 m ² (pcs.)					
15 cm	50	7,8	1,2	29,3	15,7	5,7
	70	7,8	1,3	28,8	14,7	6,1
	90	8,7	0,97	28,3	13,5	5,8
30 cm	50	7,3	0,98	28,6	13,7	5,6
	70	7,5	1,1	28,8	15,1	5,7
	90	8,9	1,3	29,1	14,3	4,9
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnie dla czynników i lat doświadczenia/ Means for experiment factors and years						
Rozstawa rzędów Row spacing	15 cm	8,1	1,2	28,7	14,7	5,9
	30 cm	7,9	1,1	28,8	14,4	5,4
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,41
Liczba nasion na 1 m ² (szt.) Number of seeds per 1 m ² (pcs.)	50	7,5	1,1	28,9	14,7	5,7
	70	7,6	1,2	28,8	14,9	5,9
	90	8,8	1,1	28,7	13,9	5,4
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Lata Years	2015	6,4	0,9	32,6	17,4	3,4
	2016	7,6	1,4	28,1	11,9	6,2
	2017	9,9	1,1	25,7	14,3	7,3
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		1,88	r.n.	3,38	1,96	0,50

r.n. – różnica nieistotna statystycznie – no significant difference

Ponadto w badaniach własnych nie wykazano interakcji badanych czynników w relacji do analizowanych składników mineralnych strączyn i łądy soi (tab. 4 i 5). Rozstawa rzędów i liczba nasion na 1 m² nie determinowały składu mineralnego strączyn, za wyjątkiem magnezu, którego koncentracja w strączynach była wyższa w uprawie soi w rozstawie 15 cm. W odniesieniu do drugiego czynnika doświadczenia wykazano jego wpływ na zawartość azotu i magnezu w łądych soi. Zróżnicowanie składu mineralnego strączyn zaobserwowano jedynie w poszczególnych latach badań w odniesieniu do azotu, potasu, wapnia i magnezu (tab. 4). Zawartość składników mineralnych N i Mg była najwyższa w suchym i o normalnym przebiegu temperatury w okresie wegetacji roślin, natomiast najwyższa koncentracja K i Ca przypadała na suchy i ciepły 2015 r. Warunki pogodowe wpływały także na zawartość azotu, fosforu i magnezu w łądych soi (tab. 5). Najwyższą koncentrację azotu i potasu odnotowano w 2017 r., a magnezu w 2015 r.

Tabela 5. Zawartość składników mineralnych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w łodygach soi (średnie dla współdziałania, czynników i lat)Table 5. Content of mineral components ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) in soybean stems (means for factors interaction, means for factors and years)

Czynniki doświadczenia Experiment factors		N	P	K	Ca	Mg
rozstawa rzędów row spacing	liczba nasion na 1 m ² (szt.) number of seeds per 1 m ² (pcs.)					
15 cm	50	5,8	5,3	15,4	7,3	2,7
	70	6,4	4,5	16,2	8,6	3,6
	90	7,1	4,3	13,4	7,6	3,1
30 cm	50	6,4	7,2	15,3	7,4	2,9
	70	6,0	7,3	15,6	7,2	3,7
	90	6,8	7,8	15,7	8,7	3,4
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnie dla czynników i lat doświadczenia/ Means for experiment factors and years						
Rozstawa rzędów Row spacing	15 cm	6,4	5,5	15,0	7,8	3,1
	30 cm	6,4	6,1	15,5	7,7	3,3
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Liczba nasion na 1m ² (szt.) Number of seeds per 1 m ² (pcs.)	50	6,1	5,8	15,4	7,3	2,8
	70	6,2	5,7	15,9	7,9	3,6
	90	7,0	6,0	14,5	8,1	3,2
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		0,69	r.n.	r.n.	r.n.	0,46
Lata Years	2015	4,3	5,5	17,0	7,1	3,7
	2016	5,8	4,6	13,1	8,5	3,6
	2017	9,2	7,4	15,7	7,7	2,5
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)		0,70	0,71	r.n.	r.n.	0,46

r.n. – różnica nieistotna statystycznie/ no significant difference

WNIOSKI

1. Wielkość i jakość zebranego plonu nasion i resztek pozbiorowych była silnie uzależniona od przebiegu pogody w poszczególnych latach prowadzenia doświadczeń polowych. Najkorzystniejszy układ warunków wilgotnościowo-termicznych dla uzyskania największej zawartości białka ogółem w nasionach wystąpił w 2016 r., co następnie znalazło swoje odzwierciedlenie w uzyskaniu najwyższego, w całym cyklu badawczym, plonu nasion ($4,09 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) oraz plonów tłuszczu surowego ($834 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i białka ogółem ($1,326 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

2. Rozstawa rzędów (15 cm, 30 cm) nie determinowała uzyskanego plonu nasion i resztek pozbiorowych oraz wydajności tłuszczu surowego i białka ogółem z hektara. Nie potwierdzono zatem hipotezy roboczej dotyczącej istotnego wpływu tego czynnika na kształtowanie plonów oraz jakości nasion i resztek pozbiorowych soi.

3. Nie odnotowano istotnego wpływu zróżnicowanej rozstawy rzędów i liczby wysiewanych nasion na jednostce powierzchni na skład chemiczny nasion soi, za wyjątkiem zawartości tłuszczu surowego, którego najwyższa koncentracja wystąpiła przy

największym zagęszczeniu roślin oraz włókna surowego determinowanego najniższą liczbą wysiewanych nasion na jednostce powierzchni, a także interakcją badanych czynników. Jednocześnie nie potwierdzono wpływu badanych czynników i ich współdziałania na zawartość składników mineralnych w nasionach i strączykach soi.

PIŚMIENNICTWO

- Assefa Y., Purcell L.C., Salmeron M., Naeve S., Casteel S.N., Kovács P., Archontoulis S., Licht M., Below F., Kandel H., Lindsey L.E., Gaska J., Conley S., Shapiro C., Orlowski J.M., Golden B.R., Kaur G., Singh M., Thelen K., Laurenz R., Davidson D., Ciampitti I.A., 2019. Assessing variation in US soybean seed composition (protein and oil). *Front. Plant Sci.* 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00298>
- Balcom K.S., Price A.J., Van Santen E., Delaney D.P., Boykin D.L., Arriaga F.J., Bergtold J.S., Kornecki T.S., Raper R.L., 2010. Row spacing, tillage system, and herbicide technology affects plant growth yield. *Field Crops Res.* 117 (2–3), 219–225.
- 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.
- Batista R.O., Hamawaki R.L., Sousa L.B., Nogueira A.P.O., Hamawaki O.T., 2015. Adaptability and stability of soybean genotypes in off-season cultivation. *Gen. Mol. Res.* 14(3), 9633–9645. <https://doi.org/10.4238/2015.August.14.26>
- Beatty K.D., Eldridge I.L., Simpson A.M. Jr., 1982. Soybean response to different planting patterns and dates. *Agron. J.* 74, 859–862.
- Bellaloui H., Bruns H.A., Abbas H.K., Mengistu A., Fisher D.K., Reddy N.K., 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, 1–23.
- Biel W., Gawęda D., Jaroszewska A., Hury G., 2018. Content of minerals in soybean seeds as influenced by farming system, variety and row spacing. *J. Elementol.* 23(3), 863–873. <https://doi.org/10.5601/jelem.2017.22.3.1483>
- Bitá C.E., Gerats T., 2013. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. *Front. Plant Sci.* 4. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00273>
- Board J.E., Kahlon C.S., 2013. Morphological responses to low plant population differ between soybean genotypes. *Crop Sci.* 53, 1109–1119.
- Bobrecka-Jamro D., Pałka M., Sierpińska W., 1995. Wpływ gęstości siewu i przedplonów na cechy morfologiczne nowych odmian soi. *Zesz. Nauk. Akad. Rol. Krak., Rol.* 32, 5–17.
- Boydak E., Alpaslan M., Hayta M., Gerçek S., Simsek M., 2002. Seed composition of soybeans grown in the Harran region of Turkey as affected by row spacing and irrigation. *J. Agric. Food Chem.* 50(16), 4718–4720.
- Bury M., Nawracała J., 2004. Wstępna ocena potencjału plonowania odmian soi (*Glycine max* (L.) Merrill) uprawianych w rejonie Szczecina. *Rośl. Oleiste* 25, 415–422.
- Clawson E.L., Cothren J.T., Blouin D.C., 2006. Nitrogen fertilization and yield of cotton in ultra-narrow and conventional row spacing. *Agron. J.* 98, 72–79.
- Cox W.J., Orlowski J., Ditommaso A., Knoblauch W., 2012. Planting soybean with a grain drill inconsistently increases yield and profit. *Agron. J.* 104, 1065–1073.

- Dardanelli J.L., Balzarini M., Martínez M.J., Cuniberti M., Resnik S., Ramunda S.F., Herrero R., 2006. Soybean maturity groups, environments, and their interaction define mega-environments for seed composition in Argentina. *Crop Sci.* 46(5), 1939–1947. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.12-0480>
- Dei H.K., 2011. Soybean as a feed ingredient for livestock and poultry, recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products. W: D. Krezhova, Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products. InTech. <https://doi.org/10.5772/17601>
- Elandt R., 1964. *Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczego*. PWN, Warszawa.
- Gniadzik-Zasańska M., Kozak M., Wondolowska-Grabowska A., 2024. Wpływ zróżnicowanej rozstawy rzędów i ilości wysiewu na rozwój i plonowanie soi (*Glycine max* (L.) Merrill). Cz. I. Rozwój i cechy morfologiczne soi. *Agron. Sci.* 79(1), 41–59. <https://doi.org/10.24326/as.2024.5259>
- Harlioğlu A.G., 2012. Effect of solvent extracted soybean meal and full-fat soya on the protein and amino acid digestibility and body amino acid composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iran. J. Fish. Sci.* 11(3), 504–517.
- Jasińska Z., Kotecki A., Malarz W., 1987. Wpływ rozstawy rzędów i ilości wysiewu na plonowanie soi na glebie brunatniej – średniej. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 167, 117–124.
- Jost P.H., Cothorn J.T., 2000. Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacings. *Crop Sci.* 40(2), 430–435.
- Kołodziej J., Pisulewska E., 2000. Wpływ czynników meteorologicznych na plon nasion i tłuszczu oraz zawartość tłuszczu w nasionach dwóch odmian soi, *Rośl. Oleiste* 21, 759–773.
- Kozak M., Malarz W., Kotecki A., Černý I., Serafin-Andrzejewska M., 2008a. Wpływ zróżnicowanej ilości wysiewu i biostymulatora Asahi SL na skład chemiczny nasion i resztek pozbiornych soi uprawnej. *Rośl. Oleiste* 29, 217–230.
- Kozak M., Malarz W., Serafin-Andrzejewska M., Kotecki A., 2008b. The effects of sowing rate and Asahi SL biostimulator on soybean growth and yield. *Biostimulators in modern agriculture – Field Crops*, Warsaw, 77–84.
- Kozak M., Malarz W., Serafin-Andrzejewska M., Kotecki A., 2008c. The effects of different sowing rate and Asahi SL treatments on soybean seed sowing value. *Biostimulators in modern agriculture – Field Crops*, Warsaw, 85–91.
- Michałek S., Borowski E., 2006. Plonowanie oraz zawartość tłuszczu, kwasów tłuszczowych i białka w nasionach krajowych odmian soi w warunkach suszy. *Acta Agrophys.* 8(2), 459–471.
- Nowak A., Wróbel J., 2010. Wpływ wybranych regulatorów wzrostu na plonowanie soi (*Glycine Max* L. Merr) w warunkach kontrolowanego uwilgotnienia podłoża. *Rośl. Oleiste* 31(1), 125–132.
- Oplinger E.S., Philbrook B.D., 1992. Soybean plantin g date, row width, and seeding rate response in three tillage systems. *J. Prod. Agric.* 5, 94–99.
- Pasternakiewicz A., Dżugan M., 2009. Ocena zawartości podstawowych makroskładników w nasionach soi. *Zesz. Nauk. – Płd.-Wschod. Oddz. Tow. Inż. Ekol. Siedzibą Rzesz.* 1, 217–222.
- 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., Rozpr. Habilit.* 87, 1–33.

- Pyzik J., Bobrecka-Jamro D., Rząsa B., 1987. Wpływ gęstości siewu na cechy morfologiczne wczesnych odmian i rodów soi w południowo-wschodnim rejonie Polski. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 164, 71–82.
- Rahman M., Hossain M., Anwar P., Juraimi A.S., 2011. Plant density influence on yield and nutritional quality of soybean seed. *Asian J. Plant Sci.* 10(2), 125–132.
- Rodríguez M., Canales E., Borroto C.J., Carmona E, López J., Pujol M., Borrás-Hidalgo O., 2006. Identification of genes induced upon water-deficit stress in a drought-tolerant rice cultivar. *J. Plant Physiol.* 163(5), 577–584. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.07.005>
- Salon C., Avice J.C., Larmure A., Ourry A., Prudent M., Voisin A.S., 2011. Plant N fluxes and modulation by nitrogen, heat and water stresses. A review based on comparison of legumes and non legume plants. W: A. Shanker, B. Venkateswarlu (red.), *Abiotic stress in plants – mechanisms and adaptations*. InTech. <https://doi.org/10.5772/23474>
- Skoufos I., 2014. Alternative protein sources to soybean meal in pig diets. *J. Food Agric. Environ.* 12, 655–666.
- Szwejkowska B., 2005. Wpływ intensywności uprawy grochu siewnego na zawartość i plon białka, *Acta Sci. Pol., Agric.* 4(1), 153–161.
- Szyrmer J., 1969. Vlijanie srokov siewa na uroжайnost i chemiczeskij sostav semjon różnych sortov soi. *Izv. Timir. Seichoz. Akadem.* 5, Moskwa, 73–79.
- Szyrmer J., 1971. Wpływ niektórych czynników środowiska i agrotechniki, na plon nasion soi oraz zawartość tłuszczu i jego jakość. *Zesz. Nauk. Szk. Gł. Gosp. Wiej. Warsz., Rozpr. Nauk.* 15, 99.
- Taylor H.M., Mason W.K., Bennie A.T.P., Rowse H.R., 1982. Responses of soybeans to two row spacings and two soil water levels. I. An analysis of biomass accumulation, canopy development. Solar radiation, interception and components of seed yield. *Field Crop Res.* 5, 1–14.
- Van Eys J., Offner A., Bach A., 2005. *Manual of quality analyses for soybean products in the feed industry, USA.* Am. Soybean Assoc. St. Louis, MO, 18, 47.
- Vargas R.L. de, Schuch L.O.B., Barros W.S., Tiago P., 2018. Macronutrients and micronutrients variability in soybean seeds. *J. Agric. Sci.* 10(4), 209. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n4p209>
- Weber C.R., Shibles R.M., Byth D.F., 1966. Effect of plant population and row spacing on soybean development and production. *Agron. J.* 58, 99–102.
- Worku M., Astatkie T., 2011. Row and plant spacing effects on yield and yield components of soybean cultivar under hot humid tropical environment of Ethiopia. *J. Agron. Crop Sci.* 197, 67–74.
- Zanon A.J., Streck N.A., Grassini P., 2016. Climate and management factors influence soybean yield potential in a subtropical environment. *Agron. J.* 108(4), 1447–1454. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0535>

Źródło finansowania: Projekt wewnętrzny UP we Wrocławiu.

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 sowing amount on the yielding and chemical content of soybean. The test included the assessment of the impact of the varied spacing of rows (15 cm, 30 cm) and the number of sown seeds (50, 75, 90) per unit area. In both of test, the “split-plot” method was used, four repetitions, with two variable factors. The seed yield and post-harvest residues were

strongly dependent on the course of weather in particular years of field experiments. The factor of differentiated row spacing (15 cm, 30 cm) did not determine the yields of seeds and harvest residues and the yields of crude fat and total protein per hectare. No significant effect of differentiated row spacing and the number of sown seeds per 1 m² on the chemical composition of soybean seeds was noted, except for the content of crude fat.

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

Otrzymano/Received: 22.08.2023

Zaakceptowano/Accepted: 16.04.2024

Opublikowano/Published: 07.08.2024