



¹Katedra Herbologii i Technik Uprawy Roślin, Wydział Agrobiotechnologii,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Akademicka 13, 20-950 Lublin, Polska

²Zakład Produkcji Roślinnej, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska,
Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski,
A. Zelwerowicza 4, Poland

* e-mail: dorota.gaweda@up.lublin.pl

DOROTA GAWĘDA ^{1*}, JAN BUCZEK ²

Produkcyjność soi uprawianej metodami proekologiczną i konwencjonalną w zależności od rozstawy rzędów

Productivity of soybean cultivated using pro-ecological and conventional methods
depending on row spacing

Streszczenie. Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) jest rośliną bobowatą cenioną m.in. za dużą wartość odżywczą nasion. Odgrywa ważną rolę w płodozmianie, poprawiając żyzność i strukturę gleby. Dlatego kluczowe znaczenie mają badania ukierunkowane na wyznaczenie optymalnych warunków agrotechnicznych dla uzyskania wysokich plonów tej rośliny. Celem przeprowadzonych badań była ocena plonowania dwóch odmian soi wysiewanych w zróżnicowanej rozstawie rzędów w warunkach uprawy metodami proekologiczną i konwencjonalną. Czteroletnie badania polowe udowodniły, że uprawa metodą konwencjonalną oddziaływała korzystniej niż proekologiczną na wielkość plonu nasion, obsadę roślin po wschodach, liczbę strąków z rośliny oraz liczbę i masę nasion z rośliny. W uprawie proekologicznej soja znacznie wyżej zawiązywała strąki. Lepiej plonującą okazała się odmiana Merlin niż Aldana (o 43,4%), u której korzystniej kształtowały się również elementy struktury plonu i łanu, z wyjątkiem masy 1000 nasion. Istotnie większy plon nasion soi uzyskano w rozstawie rzędów 22,5 cm niż 35 cm.

Słowa kluczowe: plonowanie soi, uprawa konwencjonalna i proekologiczna, odmiana, rozstawa rzędów

Cytowanie: Gawęda D., Buczek J., 2023. Produkcyjność soi uprawianej metodami proekologiczną i konwencjonalną w zależności od rozstawy rzędów. *Agron. Sci.* 78(3), 33–45. <https://doi.org/10.24326/as.2023.5155>

WSTĘP

Soja (*Glycine max* (L.) Merr.) jest jednym z najstarszych oraz najbardziej wartościowych gatunków roślin uprawnych. Uprawiana jest na największej powierzchni zasiewów wśród roślin bobowatych i jest głównym źródłem oleju jadalnego, wysokiej jakości białka roślinnego oraz dostarcza cennego surowca do produkcji paszy dla zwierząt gospodarskich [Harada i Kaga 2019, Adamič i Leskovšek 2021].

W 2021 r. na świecie soja uprawiana była na powierzchni prawie 130 mln ha, a produkcja wyniosła 372 mln ton. Głównymi producentami soi są: Brazylia, USA i Argentyna. Kraje te zapewniają 82% światowej produkcji nasion, natomiast w Polsce areał upraw soi jest wciąż niewielki, ale skala jego wzrostu jest zauważalna [Staniak 2023]. Według statystyk ARiMR, w 2021 r. powierzchnia upraw soi wynosiła ok. 25 tys. ha, a w 2022 już ok. 47 tys. ha [<https://rejestrupraw.arimr.gov.pl/#>].

Kluczowe znaczenie dla rolnictwa ma obecnie produkcja żywności i pasz z zachowaniem bioróżnorodności biologicznej oraz ograniczeniem wypłukiwania składników pokarmowych z gleby i emisji gazów cieplarnianych [Stagnari i in. 2017]. Rozwiązaniem może być uprawa roślin metodami ekologicznymi (bez stosowania nawozów syntetycznych i pestycydów), uważana za alternatywę dla konwencjonalnych systemów rolniczych ze względu na pozytywny wpływ na środowisko naturalne, co z kolei przyczynia się do osiągnięcia szeroko rozumianych korzyści rolnośrodowiskowych.

Z uwagi na duże zainteresowanie konsumentów zdrową żywnością, soja coraz częściej uprawiana jest w systemie ekologicznym, w którym, jak wykazują badania, może plonować na zadowalającym poziomie [Vincent-Caboud i in. 2019]. Za uprawą soi metodami proekologicznymi przemawia m.in. jej duża odporność na choroby i szkodniki. W warunkach Polski wymienione agrofagi nie stanowią obecnie większego zagrożenia dla tego gatunku [Praczyk 2017]. Ponadto uprawa soi jest zalecana w płodozmianie ze względu na jej korzystny wpływ na żyzność gleby. Pozostawia bowiem dużo resztek poźniwnych bogatych w azot, a w związku z tym doskonale stanowisko dla gatunków następczych. Dzieje się tak dzięki współżyciu roślin bobowatych z bakteriami brodawkowymi z rodzaju *Bradyrhizobium*, które wiążą azot atmosferyczny. Dzięki temu nawożenie azotem soi może być ograniczone, a w dobrych warunkach glebowych nawet zbędne [Ohyama i in. 2017, Praczyk 2017, Saranraj i in. 2021].

O wysokości uzyskiwanych plonów soi w dużej mierze decydują warunki środowiskowe, czynniki agrotechniczne oraz produkcyjność odmian [Gawęda i in. 2017, Daramola i in. 2019, Kraska i in. 2022]. Jednym z czynników kształtujących plonowanie roślin bobowatych jest również rozstawa rzędów. Czynnikiem ten ma duży wpływ na międzygatunkową i wewnątrzgatunkową rywalizację roślin o wodę i składniki pokarmowe oraz wpływa na wysokość roślin i liczbę strąków, które w znacznym stopniu decydują o wielkości uzyskiwanego plonu [Soares i in. 2015, Jańczak-Pieniążek i in. 2021]. Dotychczasowe badania dotyczące wpływu rozstawy rzędów na plonowanie roślin nie są jednoznaczne. Znaczna część autorów wskazuje na korzystny wpływ węższej rozstawy na plonowanie roślin bobowatych [Adigun i in. 2020, Nater i in. 2021, Daramola i in. 2022], inni nie udowadniają wpływu szerokości międzyrzędzi na wydajność roślin [Kraska i in. 2020].

Celem badań była ocena plonowania dwóch odmian soi wysiewanych w różnicowanej rozstawie rzędów w warunkach uprawy metodą proekologiczną i konwencjonalną. W hipotezie badawczej założono, że plon nasion obu odmian soi w warunkach uprawy metodą proekologiczną będzie zbliżony do uzyskanego w metodzie konwencjonalnej,

dzięki współzyciu tej rośliny z bakteriami wiążącymi azot atmosferyczny i w związku z tym mniejszymi potrzebami nawozowym. Założono ponadto, że węższa rozstawa rzędów będzie korzystniejsza dla plonowania soi, ze względu na m.in. mniejszą konkurencję ze strony chwastów, co jest szczególnie ważne w warunkach uprawy metodami proekologicznymi.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe prowadzono w latach 2017–2020 w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie (51°18'23"N, 22°16'2"E), na glebie płowej wytworzonej z lessu (kompleks pszeniny dobry, II klasa bonitacyjna). Gleba, na której zlokalizowano doświadczenie, charakteryzowała się wysoką zasobnością w potas (177,6 mg K·kg⁻¹ gleby) i fosfor (129,5 mg P·kg⁻¹ gleby), bardzo wysoką w magnez (68,6 mg·kg⁻¹ gleby), niską zawartością próchnicy (11,0 g·kg⁻¹) oraz odczynem obojętnym (pH w 1 mol KCl = 7,1).

Czteroletni eksperyment polowy założono w układzie split-plot, w trzech powtórzeniach. Wielkość każdego poletka wynosiła 21,6 m². W doświadczeniu uprawiano soję w stanowisku po pszenicy jarej (uprawianej metodą konwencjonalną i proekologiczną).

Czynnikami doświadczenia były: I. metoda uprawy (konwencjonalna i proekologiczna), II. odmiana soi (Aldana – odmiana wczesna – okres wegetacji ok. 120 dni i Merlin – odmiana średniowczesna – okres wegetacji 130–135 dni), III. rozstawa rzędów (22,5 cm i 35 cm).

Soję wysiewano corocznie w 1. dekadzie maja, w obsadzie 80 nasion na 1 m², na głębokość 3 cm, siewnikiem Poznaniak 2,7.

W uprawie konwencjonalnej stosowano nawożenie fosforowo-potasowe oraz pierwszą dawkę azotu zastosowano przedsięwzięcie, odpowiednio w ilości: N – 30 kg·ha⁻¹ (saletra amonowa 34,5%), P – 40 kg·ha⁻¹ (superfosfat 40%), K – 80 kg·ha⁻¹ (sól potasowa 60%). W początkach kwitnienia (BBCH 51) zastosowano drugą dawkę nawozu azotowego w ilości 20 kg·ha⁻¹. W uprawie metodą proekologiczną nawożenie polegało na dwukrotnym zastosowaniu nawozu organicznego Bio-algeen S90 – jednorazowa dawka 200 ml na 100 l wody. Pierwszą dawkę tego nawozu zastosowano w fazie wschodów soi (BBCH 09), a drugą dawkę w fazie rozwoju pędów bocznych (BBCH 21). Preparat Bio-algeen S90 to naturalny nawóz z alg morskich. Preparat ten zawiera 90 grup związków chemicznych, w tym aminokwasy, witaminy, kwas alginowy oraz inne niezbadane składniki aktywne glonów morskich.

W metodzie konwencjonalnej nasiona soi zaprawiano przed siewem Nitraginą (bakterie *Bradyrhizobium japonicum*) oraz preparatem Vitavax 200 FS (karboksyna, tiuram), w ilości 400 ml·100 kg⁻¹ nasion z dodatkiem wody w proporcji 1 : 1. Następnie, w celu ograniczenia zachwaszczenia stosowano bezpośrednio po siewie Afalon Dyspersyjny 450 SC (linuron) + Dual Gold 960 EC (S-metolachlor), w ilości 1 dm³ + 1,25 dm³·ha⁻¹. W uprawie metodą proekologiczną materiał siewny soi zaprawiano wyłącznie Nitraginą, a chwasty zwalczano poprzez trzykrotne bronowanie: 3 dni po siewie, w fazie rozwiniętego trójlistkowego liścia na drugim węźle (BBCH 12) i w fazie rozwiniętego trójlistkowego liścia na trzecim węźle (BBCH 13).

Zbioru odmiany Aldana dokonywano w 1. dekadzie września, natomiast odmiany Merlin – w 2. dekadzie września.

Cechy struktury plonu i ładu (MTN, wysokość roślin, wysokość osadzenia pierwszego strąka, liczba strąków z rośliny, liczba i masa nasion z rośliny) określono na podstawie próby składającej się z 30 losowo pobranych z każdego poletka roślin. Oceny obsady roślin po wschodach i przed zbiorem dokonano w dwóch rzędach na długości 2,5 m.

Uzyskane wyniki badań poddano analizie wariancji (ANOVA), a istotność różnic oszacowano testem Tukeya na poziomie istotności $p \leq 0,05$. Określono wpływ metody uprawy, odmiany soi, rozstawy rzędów i lat badań oraz ich wzajemnych oddziaływań na plon nasion oraz elementy struktury ładu i plonu. Do obliczeń użyto programu Statistica 13.1.

W tabeli 1 przedstawiono sumę opadów i średnią miesięczną temperaturę powietrza w poszczególnych sezonach wegetacyjnych soi.

Tabela 1. Suma opadów i średnia miesięczna temperatura powietrza w okresie wegetacji soi, wg Stacji Meteorologicznej w Czesławicach

Table 1. Total precipitations and mean monthly air temperature in the growing season of soybean, according to the Meteorological Station in Czesławice

Miesiąc/Month	2017	2018	2019	2020	LTA 1963–2010
suma opadów/ total precipitation (mm)					
Maj/May	33,7	59,1	87,0	111,4	63,5
Czerwiec/June	43,2	74,8	11,2	170,3	72,7
Lipiec/July	147,7	91,2	46,3	67,8	80,0
Sierpień/August	75,1	55,5	52,0	59,3	69,5
Wrzesień/September	103,3	54,7	33,5	128,5	59,5
Suma/Sum	403,0	335,3	230,0	537,3	345,2
średnia miesięczna temperatura powietrza/ mean monthly air temperature (°C)					
Maj/May	12,8	15,5	14,4	11,2	13,6
Czerwiec/June	17,6	16,3	22,9	17,4	16,5
Lipiec/July	18,7	16,8	20,0	18,8	18,3
Sierpień/August	19,7	20,1	21,9	20,4	17,7
Wrzesień/September	13,3	14,7	16,3	15,7	13,1
Średnia/Mean	16,4	16,7	19,1	16,7	15,8

LTA – średnia długoterminowa/ long-term average

WYNIKI BADAŃ

Wszystkie czynniki doświadczenia różnicowały istotnie plonowanie soi (tab. 2). Średnio za cztery lata badań w warunkach uprawy metodą konwencjonalną uzyskano o 10,9% większy plon nasion niż w uprawie proekologicznej. W uprawie konwencjonalnej zanotowano większą obsadę roślin po wschodach, liczbę strąków z rośliny oraz liczbę i masę nasion z rośliny. Natomiast soja uprawiana metodą proekologiczną znacznie wyżej zawiązywała strąki niż w metodzie konwencjonalnej. Spośród porównywanych odmian lepiej plonującą okazała się odmiana Merlin niż Aldana (o 43,4%), u której stwierdzono większą wartość niemal wszystkich elementów struktury plonu i ładu. Jedynie masa

Tabela 2. Plon nasion oraz struktura plonu i łanu soi w zależności od metody uprawy, odmiany i rozstawy rzędów (średnio dla 2017–2020)
 Table 2. Soybean seed yield and crop components depending on cultivation method, cultivar and row spacing (mean for 2017–2020)

Wyszczególnienie Specification	Metoda uprawy Cultivation method		Odmiana Cultivar		Rozstawa rzędów Row spacing
	konwencjonalna conventional	proekologiczna proecological	Aldana	Merlin	35 cm 22,5 cm
Plon nasion/ Seeds yield (t·ha ⁻¹)	3,57 ^a	3,22 ^b	2,79 ^b	4,00 ^a	3,31 ^b 3,48 ^a
<i>p</i>	***	***	***	***	**
Obsada roślin po wschodach (szt.·m ⁻²) Plant density after emergence (pcs.·m ⁻²)	50,6 ^a	48,5 ^b	44,6 ^b	54,6 ^a	47,0 ^b 52,1 ^a
<i>p</i>	***	***	***	***	***
Obsada roślin przed zbiorem (szt.·m ⁻²) Plant density before harvest (pcs.·m ⁻²)	45,6 ^a	44,7 ^a	39,8 ^b	50,4 ^a	42,8 ^b 47,4 ^a
<i>p</i>	*	*	***	***	***
Wysokość roślin/ Plant height (cm)	70,9 ^a	69,4 ^a	65,4 ^b	74,9 ^b	70,1 ^a 70,2 ^a
<i>p</i>	ns	ns	***	***	ns
Wysokość osadzenia pierwszego strąka/ First pod height (cm)	5,9 ^b	6,5 ^a	5,8 ^b	6,6 ^a	6,5 ^a 5,9 ^b
<i>p</i>	*	*	**	**	*
Liczba strąków z rośliny (szt.)/ Number of pods per plant (pcs.)	24,3 ^a	22,4 ^b	22,1 ^b	24,6 ^a	24,2 ^a 22,5 ^b
<i>p</i>	***	***	***	***	***
Liczba nasion z rośliny (szt.)/ Number of seeds per plant (pcs.)	45,3 ^a	42,8 ^b	40,4 ^b	47,7 ^a	45,9 ^a 42,2 ^b
<i>p</i>	***	***	***	***	***
Masa nasion z rośliny/ Seed weight per plant (g)	8,51 ^a	7,84 ^b	7,71 ^b	8,64 ^a	8,48 ^a 7,87 ^b
<i>p</i>	***	***	***	***	***
Masa 1000 nasion/ 1000 seed weight (g)	184,3 ^a	182,0 ^b	188,2 ^a	178,1 ^b	182,1 ^a 184,2 ^a
<i>p</i>	ns	ns	***	***	ns

Różne litery oznaczają istotne różnice ($p \leq 0,05$); ta sama litera oznacza wartości nieróżniące się istotnie ($p \leq 0,05$); ns – różnica nieistotna; * poziom istotności $p \leq 0,05$; ** poziom istotności $p \leq 0,01$; *** poziom istotności $p \leq 0,001$
 Different letters denote significant differences ($p < 0,05$); the same letter means not significantly different values ($p \leq 0,05$); ns – not significant difference; * significance level $p \leq 0,05$; ** significance level $p \leq 0,01$; *** significance level $p \leq 0,001$

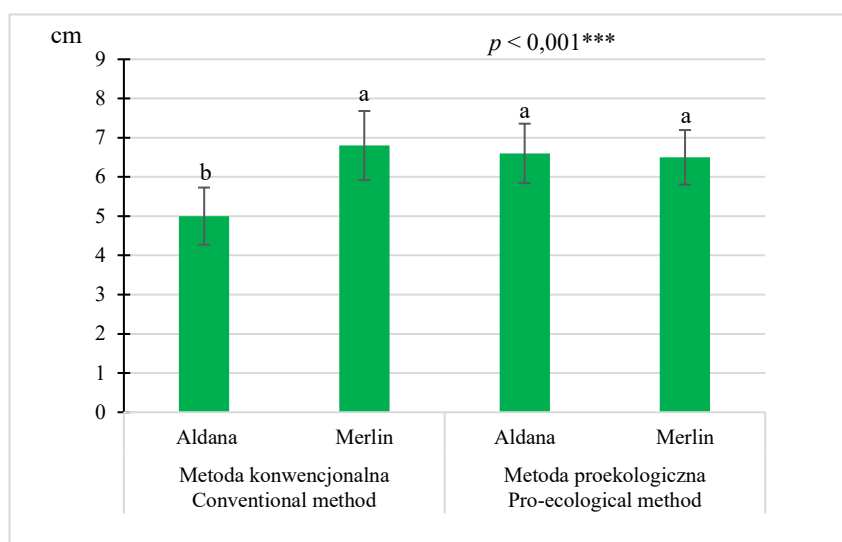
Tabela 3. Plon nasion oraz struktura plonu i łanu soi w zależności od lat badań
Table 3. Soybean seed yield and crop components depending on the years of research

Wyszczególnienie/Specification	2017	2018	2019	2020
Plon nasion/ Seeds yield ($t \cdot ha^{-1}$)	3,17 ^b	3,83 ^a	2,93 ^c	3,66 ^a
<i>p</i>	***			
Obsada roślin po wschodach (szt. $\cdot m^{-2}$) Plant density after emergence (pcs. $\cdot m^{-2}$)	39,7 ^d	44,4 ^c	55,1 ^b	59,3 ^a
<i>p</i>	***			
Obsada roślin przed zbiorem (szt. $\cdot m^{-2}$) Plant density before harvest (pcs. $\cdot m^{-2}$)	36,6 ^d	41,6 ^c	48,3 ^b	54,0 ^a
<i>p</i>	***			
Wysokość roślin/ Plant height (cm)	76,7 ^b	86,9 ^a	48,6 ^d	68,7 ^c
<i>p</i>	***			
Wysokość osadzenia pierwszego strąka First pod height (cm)	5,2 ^c	8,1 ^a	6,4 ^b	5,3 ^c
<i>p</i>	***			
Liczba strąków z rośliny (szt.) Number of pods per plant (pcs.)	25,1 ^b	27,0 ^a	20,5 ^c	20,9 ^c
<i>p</i>	***			
Liczba nasion z rośliny (szt.) Number of seeds per plant (pcs.)	47,6 ^b	51,3 ^a	38,1 ^c	39,4 ^c
<i>p</i>	***			
Masa nasion z rośliny (g) Seed weight per plant	9,17 ^b	9,78 ^a	6,57 ^d	7,20 ^c
<i>p</i>	***			
Masa tysiąca nasion (g) 1000-seed weight	192,0 ^a	188,0 ^{ab}	169,4 ^c	183,2 ^b
<i>p</i>	***			

Objaśnienia jak w tabeli 2./Explanation as in table 2.

1000 nasion była większa o 5,7% u odmiany Aldana w porównaniu z odmianą Merlin. Średnio za cztery lata badań istotnie większy plon nasion (o 5,1%) oraz obsadę roślin po wschodach (o 10,9%) i przed zbiorem soi (o 10,7%) uzyskano w rozstawie rzędów 22,5 cm niż 35 cm. Natomiast szersza rozstawa rzędów wpływała korzystniej na wysokość pierwszego strąka, liczbę strąków z rośliny oraz liczbę i masę nasion z rośliny.

Przebieg warunków pogodowych w poszczególnych latach doświadczenia modyfikował istotnie plonowanie soi (tab. 3). Największy plon nasion uzyskano w 2018 r. i zbliżony w 2020 r., a najmniejszy w 2019 r. W 2018 r. najwyższe wartości stwierdzono również w przypadku wysokości roślin, wysokości osadzenia pierwszego strąka, liczby strąków z rośliny, liczby i masy nasion z rośliny, a w 2020 r. obsady roślin po wschodach i przed zbiorem. Korzystną dla rozwoju i plonowania soi temperaturę powietrza odnotowano we wszystkich jej sezonach wegetacyjnych (tab. 1). Na najniższe plonowanie soi w 2019 r. wpływ miały warunki wilgotnościowe. W sezonie tym odnotowano mniejszą sumę opadów niż w pozostałych latach doświadczenia i w wieloleciu. Niedostateczna



Objaśnienia jak w tabeli 2./ Explanations as in table 2.

Ryc. 1. Wysokość osadzenia pierwszego strąka soi w zależności od współdziałania metody uprawy i odmiany (średnio z lat 2017–2020)

Fig. 1. First pod height depending on the interaction of the cultivation method and cultivar (mean for 2017–2020)

ilość opadów wystąpiła zwłaszcza w czerwcu, gdy odnotowano znacznie wyższą temperaturę niż w pozostałych latach eksperymentu (tab. 1).

Nie wykazano istotnego wpływu współdziałania czynników doświadczenia i warunków pogodowych w poszczególnych sezonach wegetacyjnych na plon i elementy struktury plonu i łanu soi. Natomiast współdziałanie czynników doświadczenia modyfikowało istotnie jedynie niektóre elementy struktury plonu i łanu, co zostało przedstawione w tabeli 4 i na rycinach 1–3.

Wysokość osadzenia pierwszego strąka zależała znacznie od współdziałania metody uprawy i odmiany. Istotnie niżej zawiązywała strąki odmiana Aldana uprawiana metodą konwencjonalną. Na pozostałych obiektach wartość omawianej cechy kształtowała się na zbliżonym poziomie (ryc. 1).

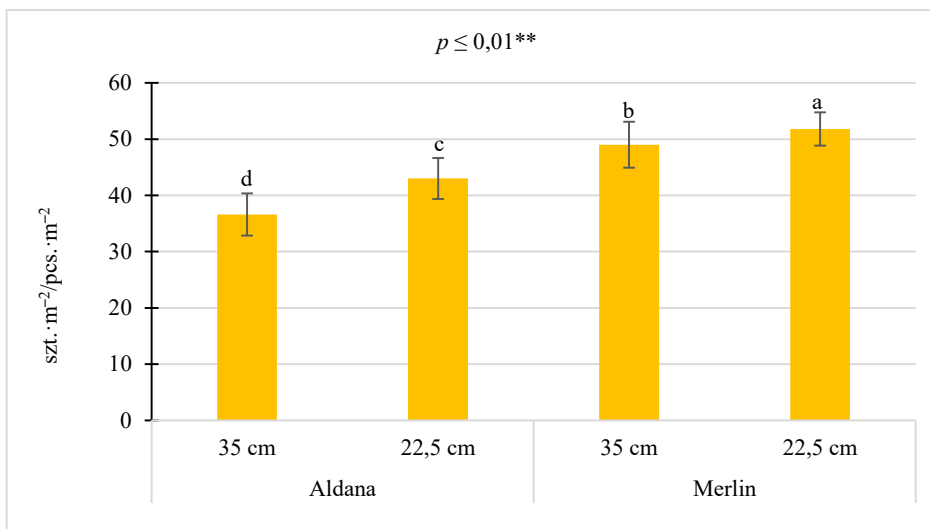
Spśród elementów struktury plonu i łanu współdziałanie metody uprawy i rozstawy rzędów znacznie modyfikowało obsadę roślin po wschodach i przed zbiorem, liczbę nasion z rośliny i masę 1000 nasion soi (tab. 4). Obsada roślin po wschodach i przed zbiorem była istotnie większa w soi uprawianej w rozstawie rzędów 22,5 cm, niezależnie od zastosowanej metody uprawy. Istotnie najmniejszą obsadę roślin po wschodach stwierdzono w soi uprawianej metodą proekologiczną w szerszej rozstawie rzędów. Liczba nasion była najmniejsza na roślinach uprawianych metodą proekologiczną w mniejszej rozstawie rzędów (22,5 cm). Natomiast istotnie większą liczbę nasion z rośliny stwierdzono na soi uprawianej metodą proekologiczną w rozstawie rzędów 35 cm (o 14,8%) oraz metodą konwencjonalną w rozstawie rzędów 35 cm i 22,5 cm, odpowiednio o 15,0% i 11,8%. W warunkach uprawy soi metodą proekologiczną większą masę 1000 nasion stwierdzono w rozstawie rzędów 22,5 cm niż 35 cm. Natomiast w uprawie konwencjonalnej wartość omawianej cechy nie różniła się istotnie w zależności od zastosowanej rozstawy rzędów.

Tabela 4. Obsada roślin po wschodach i przed zbiorem, liczba nasion z rośliny oraz masa 1000 nasion soi w zależności od współdziałania metody uprawy i rozstawy rzędów (średnio z lat 2017–2020)

Table 4. Plant density after emergence and before harvest, number of seeds per plant and 1000 seed weight depending on the interaction of the cultivation method and row spacing (mean for 2017–2020)

Wyszczególnienie Specification	Metoda konwencjonalna Conventional method		Metoda proekologiczna Pro-ecological method	
	rozstawa rzędów/ row spacing			
	35 cm	22,5 cm	35 cm	22,5 cm
Obsada po wschodach (szt. · m ⁻²) Plant density after emergence (pcs. · m ⁻²)	48,8 ^b	52,5 ^a	45,3 ^c	51,8 ^a
<i>p</i>	*			
Obsada roślin przed zbiorem (szt. · m ⁻²) Plant density before harvest (pcs. · m ⁻²)	43,9 ^b	47,3 ^a	41,7 ^c	47,6 ^a
<i>p</i>	*			
Liczba nasion z rośliny (szt.) Number of seeds per plant (pcs.)	45,9 ^a	44,6 ^a	45,8 ^a	39,9 ^b
<i>p</i>	***			
Masa tysiąca nasion (g) 1000 seed weight	185,6 ^a	183,0 ^{ab}	178,6 ^b	185,3 ^a
<i>p</i>	**			

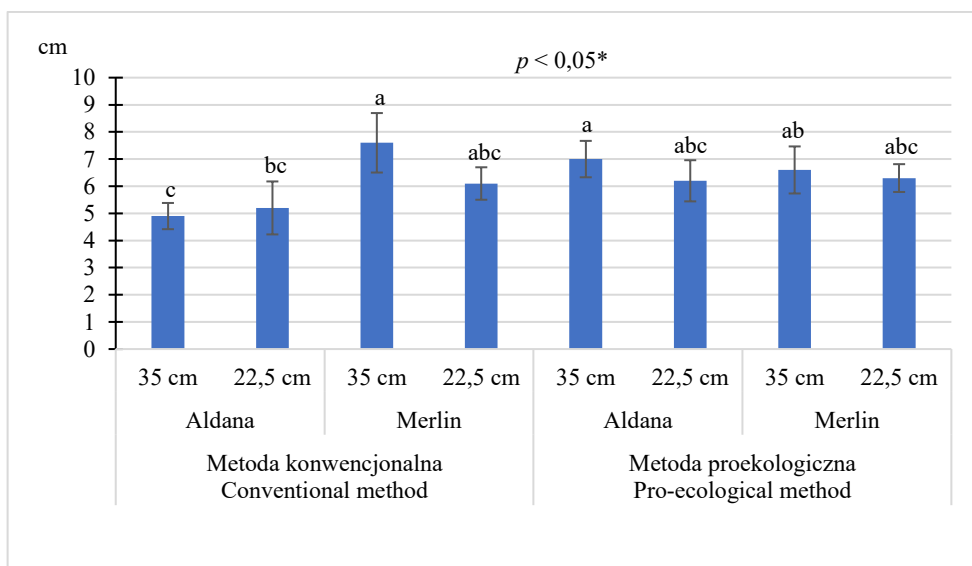
Objaśnienia jak w tabeli 2./ Explanation as in table 2.



Objaśnienia jak w tabeli 2./ Explanations as in table 2.

Ryc. 2. Obsada roślin soi przed zbiorem w zależności od współdziałania odmiany i rozstawy rzędów (średnio z lat 2017–2020)

Fig. 2. Plant density before harvest depending on the interaction of the cultivar and row spacing (mean for 2017–2020)



Objaśnienia jak w tabeli 2./ Explanations as in table 2.

Ryc. 3. Wysokość osadzenia pierwszego strąka soi w zależności od współdziałania metody uprawy, odmiany i rozstawy rzędów (średnio z lat 2017–2020)

Fig. 3. First pod height depending on the interaction of the cultivation method cultivar and row spacing (mean for 2017–2020)

Współdziałanie odmiany i rozstawy rzędów różnicowało istotnie jedynie obsadę roślin przed zbiorem (rys. 2). Obie odmiany soi reagowały korzystniej na wysiew w mniejszej rozstawie rzędów (22,5 cm). Istotnie większą obsadę roślin stwierdzono u odmiany Merlin w rozstawie rzędów 22,5 cm (51,8 szt. · m⁻²), a najmniejszą (36,6 szt. · m⁻²) u odmiany Aldana w wysiewnej w szerszej rozstawie rzędów.

Współdziałanie metody uprawy, odmiany i rozstawy rzędów wpływało istotnie na wysokość osadzenia pierwszego strąka soi (rys. 3). Najwyżej zawiązywała strąki odmiana Merlin w uprawie konwencjonalnej w rozstawie rzędów 35 cm. W porównaniu z tym obiektem istotnie niżej osadzone strąki stwierdzono u odmiany Aldana uprawianej metodą konwencjonalną niezależnie od rozstawy rzędów.

DYSKUSJA

Badania własne wykazały, że plon nasion soi w warunkach uprawy metodą proekologiczną jest istotnie mniejszy niż w uprawie konwencjonalnej. Niższe plony nasion w uprawie ekologicznej niż konwencjonalnej uzyskali również Wortman i in. [2013], co ich zadaniem może być związane z większą konkurencją roślin soi z chwastami o zasoby siedliska, wodę i składniki odżywcze. Cytowani autorzy donoszą, że średnie plony w uprawie ekologicznej wynosiły od 1,5 do 3,0 t · ha⁻¹, a tradycyjnej od 2,4 do 3,5 t · ha⁻¹. Ponisio i in. [2015] wskazują na różnice w plonach (średnio dla różnych grup roślin uprawnych) między uprawą ekologiczną a konwencjonalną na poziomie między 15,5% a 22,9%. Natomiast Neto i in. [2019] stwierdzili większą masę 1000 nasion soi w systemie konwencjonalnym niż ekologicznym, jednak wyniki własne nie potwierdziły wpływu

uprawy proekologicznej i konwencjonalnej na tę cechę. W doświadczeniu Cox i in. [2019] soja w systemie ekologicznym plonowała słabiej niż konwencjonalnym oraz miała przeważnie mniej strąków na roślinie i większą masę nasion oraz podobnie jak w naszych badaniach mniejszą obsadę roślin po wschodach. Odmiennie rezultaty niż w badaniach własnych wykazał Seufert i in. [2012]. Autorzy ci donoszą, że rośliny bobowate wykazują statystycznie nieistotne różnice w plonach między uprawą ekologiczną a konwencjonalną, co może wynikać ze zdolności tych roślin do wiązania azotu atmosferycznego i uniezależnienia się od zewnętrznych źródeł N. Jednak badania Panasiewicz i in. [2023] wykazały, że nawożenie mineralne azotem wpływa korzystnie na plonowanie soi odmiany Aldana, m.in. dzięki zwiększeniu suchej masy brodawek korzeniowych, co wpływa na lepsze wiązanie azotu atmosferycznego i wykorzystanie potencjału plonotwórczego rośliny. Zdaniem Schrama i in. [2018] początkowo plony roślin w systemie ekologicznym są niższe, ale po 10–13 latach zbliżone do tych wykazanych w systemie konwencjonalnym, przy jednoczesnym wymaganiu niższych dawek azotu. Rolnictwo ekologiczne może bowiem skutkować większą stabilnością właściwości biotycznych i abiotycznych gleby oraz procesów zachodzących w glebie. Różnice w plonach między rolnictwem ekologicznym a konwencjonalnym są zatem kwestią czasu. Za ekologiczną uprawą soi mogą przemawiać względy ekonomiczne. Mimo mniejszego plonu nasion uprawa soi tą metodą może być opłacalna, ze względu na często większą cenę sprzedaży nasion w porównaniu z uzyskiwaną z uprawy konwencjonalnej [Karydogianni i in. 2019].

Badania własne udowodniły korzystny wpływ węższej rozstawy rzędów na plonowanie soi. Nieco inne rezultaty uzyskali Jańczak-Pieniążek i in. [2021], wykazując, że plon nasion oraz elementy struktury plonu soi nie były zróżnicowane w zależności od rozstawy rzędów, z wyjątkiem masy nasion z rośliny, która przy węższej rozstawie (15 cm) była o 8,0% większa niż przy rozstawie 30 cm. Natomiast zbliżone rezultaty jak w badaniach własnych uzyskali Smith i in. [2019]. W doświadczeniu tych autorów plon nasion był o 12% większy przy węższej rozstawie rzędów oraz zapewniał większe korzyści ekonomiczne uprawy soi. Również Daramola i in. [2022] udowodnili najlepszą produktywność soi w węższej rozstawie rzędów. Wykazali ponadto, że węższy odstęp między rzędami i zintegrowane zwalczanie chwastów za pomocą herbicydu i odchwaszczania ręcznego są najbardziej skuteczne w ograniczeniu zachwaszczenia, co skutkuje wzrostem plonu soi. Korzystne plonowanie soi w uprawie w wąskich rzędach może wynikać z większej ilości promieniowania przechwyconego przez rośliny. Zdaniem Andrade i in. [2019] zawężająca się szerokość rzędów prowadzi do wcześniejszego zamykania korony, co może zwiększyć wychwytywanie docierającego promieniowania słonecznego podczas krytycznych etapów rozwoju soi. Teoretycznie wysiew soi w węższej rozstawie powinien zatem zwiększać plon nasion. Również w badaniach Ulafić i in. [2020], w których soję wysiewano w różnych rozstawach rzędów: 12,5 cm, 25 cm, 50 cm i 70 cm, wykazano, że plony nasion z jednostki powierzchni były najwyższe (średnio $1,90 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) przy rozstawie rzędów 25 cm zbliżonej do zastosowanej w badanych własnych. Natomiast Nater i in. [2021] wykazali, że obok wzrostu plonu węższa rozstawa rzędów zwiększa wysokość roślin, lecz zmniejsza liczbę rozgałęzień na roślinie i liczbę strąków z rośliny (z 55,90 do 49,69 strąków). Rezultaty badań własnych wykazały podobną zależność w kształtowaniu liczby strąków z rośliny, która była większa na obiektach z szerszą rozstawą rzędów. Wyniki, które uzyskali Epler i Staggenborg [2008] wskazują, że plony i korzyści ekonomiczne są wystarczające, aby wspierać produkcję soi w wąskich rzędach, jednak przy dawkach siewu poniżej aktualnych zaleceń. Zdaniem tych autorów

wzrost plonów w wąskiej rozstawie rzędów może nie być obserwowany w latach o skrajnym niedoborze wody. W badaniach własnych sezon 2019 był znacznie suchszy niż w pozostałych latach doświadczenia, jednak nie udowodniono różnicy w plonach soi w zależności od współdziałania rozstawy rzędów i warunków pogodowych w poszczególnych latach. Analiza danych przedstawionych przez Andrade i in. [2019] wskazuje, że chociaż plony uzyskiwane w węższej rozstawie rzędów są na ogół większe, to jednak różnica ta jest odmienna w zależności od regionu. Różnica wysokości plonów na korzyść węższej rozstawy zwiększa się, gdy skraca się długość cyklu wegetacyjnego na skutek późniejszego terminu siewu lub wcześniejszej dojrzałości odmiany. W badaniach własnych, w których odmiany różniły się długością okresu wegetacyjnego nie udowodniono jednak wpływu współdziałania odmiany i rozstawy rzędów na plonowanie soi.

WNIOSKI

1. Soja uprawiana metodą konwencjonalną uzyskała istotnie większy plon nasion niż w uprawie proekologicznej.
2. W uprawie konwencjonalnej stwierdzono znacznie większą obsadę roślin po wschodach, liczbę strąków z rośliny oraz liczbę i masę nasion z rośliny. Natomiast w uprawie proekologicznej soja znacznie wyżej zawiązywała strąki.
2. Istotnie większy plon nasion (o 43,4%) zapewnia uprawa odmiany Merlin niż Aldana, u której korzystniej kształtują się również elementy struktury plonu i łanu.
3. Znacznie większy plon nasion oraz obsadę roślin po wschodach i przed zbiorem soi uzyskano w rozstawie rzędów 22,5 cm niż 35 cm. Natomiast większa rozstawa rzędów (35 cm) wpływała dodatkowo na wysokość osadzenia pierwszego strąka, liczbę strąków z rośliny oraz liczbę i masę nasion z rośliny.

PIŚMIENNICTWO

- Adamič S., Leskovšek R., 2021. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) growth, yield, and nodulation in the early transition period from conventional tillage to conservation and no-tillage systems. *Agronomy* 11(12), 2477. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122477>
- Adigun J.A., Adeyemi O.R., Daramola O.S., Olorunmaiye P.M., 2020. Response of cowpea to inter-row spacing and weed competition. *Agric. Trop. Subtrop.* 53(2), 73–79. <https://doi.org/10.2478/ats-2020-0008>
- Andrade J.F., Edreira J.I.R., Mourtzinis S., Conley S.P., Ciampitti I.A., Dunphy J.E., Gaska J.M., Glewen K., Holshouser D.L., Kandel H.J., Kyveryga P., Lee C.D., Licht M.A., Lindsey L.E., Mc Clure M.A., Naeve S., Nafziger E.D., Orłowski J.M., Ross J., Staton M.J., Grassini P., 2019. Assessing the influence of row spacing on soybean yield using experimental and producer survey data. *Field Crops Res.* 230, 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.10.014>
- Cox W., Hanchar J.J., Cherney J., Sorrells M., 2019. Agronomic comparisons of organic and conventional soybean with recommended and high inputs during the first 4 years of organic management. *Agronomy* 9(10), 602. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100602>
- Daramola O.S., Adeyemi O.R., Adigun J.A., Adejuyigbe C.O., 2019. Row spacing and weed management methods influences growth and yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Agric. Trop. Subtrop.* 52(2), 59–71. <https://doi.org/10.2478/ats-2019-0007>

- Daramola O.S., Adeyemi O.R., Adigun J.A., Adejuyigbe C.O., 2022. Influence of row spacing and weed control methods on weed population dynamics in soybean (*Glycine max* L.). *Int. J. Pest Manag.* 68(1), 43–58. <https://doi.org/10.1080/09670874.2020.1795300>
- Epler M., Staggenborg S., 2008. Soybean yield and yield component response to plant density in narrow row systems. *Crop Manag.* 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.1094/CM-2008-0925-01-RS>
- Gawęda D., Haliniarz M., Cierpiała R., Klusek I., 2017. Yield, weed infestation and seed quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under different tillage systems. *J. Agric. Sci.* 23(2), 268–275.
- Harada K., Kaga A., 2019. Recent genetic research on Japanese soybeans in response to the escalation of food use worldwide. *Euphytica* 215(4), 70. <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2396-3>
<https://rejestrupraw.arimr.gov.pl/#> [dostęp: 10.07.2023]
- Jańczak-Pieniążek M., Buczek J., Bobrecka-Jamro D., Szpunar-Krok E., Renata Tobiasz-Salach R., Jarecki W., 2021. Morphophysiology, productivity and quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cv. Merlin in response to row spacing and seeding systems. *Agronomy* 11(2), 403. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020403>
- Karydogianni S., Roussis I., Tsimpukas K., Papastylianou P., Bilalis D., 2019. Comparative technical and economic analysis of organic and conventional soybean production in Greece. *Bull. Univ. Agric. Sci. Vet. Med. Cluj-Napoca, Hortic.* 76(1), 79–82. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:2019.0005>
- Kraska P., Andruszczak S., Gierasimiuk P., Chojnacka S., 2022. Wpływ podpowierzchniowego wnoszenia nawozu mineralnego na plon i jakość nasion soi w warunkach uprawy bezpłużnej. *Agron. Sci.* 77(4), 109–131. <http://doi.org/10.24326/as.2022.4.8>
- Kraska P., Andruszczak S., Kwicińska-Poppe E., Staniak M., Różyło K., Rusecki H., 2020. Supporting crop and different row spacing as factors influencing weed infestation in lentil crop and seed yield under organic farming conditions. *Agronomy* 10(1), 9. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010009>
- Nater I., Osabuohein O.L., Sesugh U.M., Chibuiki E.G., Peter O., 2021. Effects of inter-row spacing on growth, seed yield and yield components of Soybean (*Glycine max*) in Makurdi, Benue State-Nigeria. *Int. J. Agric. Vet. Sci.* 9(2), 18–24.
- Neto H.F.I., Freiria G.H., Costa D.S., Prete C.E.C., Takahashi L.S.A., 2019. Physiological potential and health of soybean seeds obtained from organic and conventional systems. *J. Seed Sci.* 41(2), 213–223. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v41n2214881>
- Ohyama T., Tewari, K., Ishikawa S., Tanaka K., Kamiyama S., Ono Y., Hatano S., Ohtake N., Sueyoshi K., Hasegawa H., 2017. Role of nitrogen on growth and seed yield of soybean and a new fertilization technique to promote nitrogen fixation and seed yield. W: M. Kasai (red.), *Soybean: the basis of yield, biomass and productivity*, 153–185. <http://dx.doi.org/10.5772/66743>
- Panasiewicz K., Faligowska A., Szymańska G., Ratajczak K., Sulewska H., 2023. Optimizing the amount of nitrogen and seed inoculation to improve the quality and yield of soybean grown in the southeastern Baltic region. *Agriculture* 13(4), 798. <https://doi.org/10.3390/agriculture13040798>
- Ponisio L.C., M’Gonigle L.K., Mace K.C., Palomino J., de Valpine P., Kremen C., 2015. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proc. – Royal Soc., Biol. Sci.* 282(1799). <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1396>
- Praczyk T. (red.), 2017. Instrukcja uprawy soi. Wyd. IOR-PIB w Poznaniu, 4–6.
- Saranraj P., Sivasakthivelan P., Al-Tawaha A.R.M., Bright R., Amanullah I., Al-Tawaha A.R., Thangadurai D., Sangeetha J., Rauf A., Khalid S., Al Sultan W., Safari Z.S., Qazizadah A.Z., Zahid N.A., Sirajuddin S.N., 2021. Macronutrient management for the cultivation of Soybean (*Glycine max* L.): A review. *IOP Conf. Ser., Earth Environ. Sci.* 788. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/788/1/012055>
- Schrama M., de Haan J.J., Kroonen M., Verstegen H., Van der Putten W.H., 2018. Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. *Agr. Ecosyst. Environ.* 256, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.023>

- Seufert V., Ramankutty N., Foley J.A., 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485, 229–232. <https://doi.org/10.1038/nature11069>
- Smith R.M., Kaur G., Orłowski J.M., Singh G., Chastain D., Irby T., Krutz L.J., Falconer L., Cook D.R., 2019. Narrow-row production system for soybeans in Mississippi Delta., *Crop Forage Turf-grass Manag.* 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.2134/cftm2019.02.0015>
- Soares I.O., de Rezende P.M., Bruzi A.T., Zuffo A.M., Zambiazzi E.V., Fronza V., Teixeira C.M., 2015. Interaction between soybean cultivars and seed density. *Am. J. Plant Sci.* 6(9), 1425–1434. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.69142>
- Stagnari F., Maggio A., Galieni A. Pisante M., 2017. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4(2). <https://doi.org/10.1186/s40538-016-0085-1>
- Staniak M., 2023. Postęp odmianowy w soi. <https://www.agropolska.pl/uprawa/straczkowe/postep-odmianowy-w-soi,153.html> [dostęp: 10.07.2023].
- Ulačić A., Varga I., Stošić M., Iljkić D., Antunović M., 2020. Analysis of soybean growth in regard to different row-spacing. *Bulg. J. Agric. Sci.* 26(3), 533–539.
- Wortman S.E., Francis C.A., Galusha T.D., Hoagland C., Wart J.V., Baenziger P.S., Hoegemeyer T., Johnson M., 2013. evaluating cultivars for organic farming: maize, soybean, and wheat genotype by system interactions in eastern Nebraska. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 37(8), 915–932. <https://doi.org/10.1080/21683565.2013.764956>
- Vincent-Caboud L., Vereecke L., Silva E., Peigne J., 2019. Cover crop effectiveness varies in cover crop-based rotational tillage organic soybean systems depending on species and environment. *Agronomy* 9(6), 319. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060319>

Źródło finansowania: Badania finansowane z dotacji Ministerstwa Edukacji i Nauki RP.

Summary. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) is a legume valued, among other things, for the high nutritional value of its seeds. It plays an important role in crop rotation, improving soil fertility and structure. Therefore, research aimed at determining the optimal agrotechnical conditions for obtaining high yields of this plant is crucial. The purpose of this research was to evaluate the yield of two soybean cultivars sown at varying row spacing under pro-ecological and conventional methods. A four-year field study proved that conventional cultivation had a more favorable effect than pro-ecological cultivation on seed yield, plant density after emergence, number of pods per plant and number and weight of seeds per plant. In pro-ecological cultivation, soybeans set pods significantly higher. The Merlin cultivar turned out to be a better yielder than Aldana (by 43.4%), in which the elements of crop and yield components were also more favorable. Significantly higher soybean seed yield was obtained at a row spacing of 22.5 cm than 35 cm.

Key words: soybean yield, conventional and pro-ecological cultivation, cultivar, row spacing

Otrzymano/Received: 19.04.2023

Zaakceptowano/Accepted: 25.09.2023

Online first: 9.11.2023

Opublikowano/Published: 22.01.2023