



Zakład Uprawy Roślin Pastewnych, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
ul. Czartoryskich 8 24-100 Puławy, Polska
* e-mail: jbojarszczuk@iung.pulawy.pl

JERZY KSIĘŻAK , JOLANTA BOJARSZCZUK *

Ocena efektów produkcyjnych uprawy soi [*Glycine max* (L.) Merr.] w zależności od sposobu przygotowania roli do siewu

The evaluation of productivity effects of soybean cultivation
[*Glycine max* (L.) Merr.] depending on soil tillage method

Streszczenie. Badania przeprowadzono w latach 2016–2017 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Kępa-Puławy (woj. lubelskie) należącym do IUNG – PIB w Puławach. Celem badań była ocena efektów produkcyjnych dwóch odmian soi o różnej klasie wczesności w zależności od sposobu przygotowania gleby do siewu (uprawa pełna, uprawa uproszczona, uprawa pasowa). Produkcyjność obu uwzględnionych w badaniach odmian soi była różnicowana przebiegiem warunków atmosferycznych w okresie wegetacji oraz zastosowanym sposobem uprawy roli. Większy plon nasion soi (o 7%) zanotowano w 2017 r., co było spowodowane bardziej korzystnymi warunkami wilgotnościowymi. Zastosowanie sposobu strip till w uprawie soi powodowało istotne zwiększenie plonu nasion w porównaniu z plonem uzyskanym z uprawy uproszczonej i pełnej uprawy płużnej. Różnica w wielkości uzyskanych plonów wynosiła 13% dla uprawy uproszczonej i 16% dla pełnej uprawy płużnej. Zastosowane sposoby uprawy soi nie miały istotnego wpływu na koncentrację składników pokarmowych. Nasiona odmiany Merlin zawierały więcej białka (o około 6%) niż odmiany Aldana, a obie odmiany gromadziły podobną ilość tłuszczu i włókna. Obie oceniane odmiany charakteryzowały się podobną strukturą plonu (liczba strąków, liczba nasion, masa nasion na roślinie, liczba nasion w strąku).

Słowa kluczowe: soja, sposób uprawy, produkcyjność, struktura plonu, uprawa pasowa

Cytowanie: Książak J., Bojarszczuk J. 2023. Ocena efektów produkcyjnych uprawy soi [*Glycine max* (L.) Merr.] w zależności od sposobu przygotowania roli do siewu. *Agron. Sci.* 78(2), 99–112. <https://doi.org/10.24326/as.2023.5081>

WSTĘP

Uprawa soi na świecie w 2020 r. zajmowała powierzchnię 127 mln ha, zaś produkcja nasion wynosiła 353,5 mln ton [FAOSTAT 2022]. W krajach UE27 + Wielka Brytania produkcja nasion tego gatunku wynosiła 2,7 mln ton. Natomiast całkowita wykorzystana ilość soi, w tym import netto, wyniosła 30,3 mln ton śruty sojowej, 1,8 mln ton soi i 2,7 mln ton oleju sojowego [EUROStat 2022, FAOSTAT 2022]. Spożycie soi w tych państwach wynosiło w tym okresie około 61 kg na osobę rocznie [FAOSTAT 2022].

Soja stała się ważnym źródłem białka paszowego – 85% produkcji jest przeznaczone na paszę dla zwierząt. Pozostała część wykorzystywana jest do bezpośredniego spożycia przez ludzi [Thrane i in. 2017]. Nasiona soi zawierają około 40% białka, charakteryzującego się wartościowym składem aminokwasowym, 20% tłuszczu, z czego połowę stanowią nienasycone kwasy tłuszczowe, i tylko 5–8% włókna [Patil i in. 2017, Kotecki i Lewandowska 2020]. Ponadto nasiona są również źródłem wartościowych składników, takich jak: witaminy, składniki mineralne oraz antyoksydanty [Święcicki i in. 2007].

Uprawa soi, gatunku z rodziny roślin bobowatych, przynosi dodatkowe korzyści ekonomiczne i ekologiczne ze względu na zdolność bakterii symbiotycznych *Bradyrhizobium japonicum* do biologicznego wiązania azotu. Ilość symbiotycznie asymilowanego azotu zależy od właściwości genetycznych rośliny strączkowej, jej symbiontów, a także szeregu czynników środowiskowych i zabiegów agronomicznych [Martyniuk 2012, Kocira i in. 2020]. Bethlenfalvai i in. [1990] podają, że soja w symbiozie z *B. japonicum* może wiązać od 40 do 300 kg N·ha⁻¹ rocznie. W rezultacie ma małe zapotrzebowanie na azot mineralny, a jej uprawa jest korzystna dla środowiska glebowego i zwiększa plonowanie zbóż, okopowych i innych gatunków roślin uprawianych w następstwie [Śliwa i in. 2015]. Soja poprawia również właściwości fizyczne i chemiczne gleby. Dzięki silnemu, dobrze rozwiniętemu systemowi korzeniowemu pozytywnie wpływa na strukturę i żyzność gleby poprzez wydzieliny korzeni, które aktywują mobilność i mineralizację składników pokarmowych [Kotecki i Lewandowska 2020].

Właściwa uprawa roli ma zapewnić optymalne warunki do siewu i kiełkowania nasion oraz zapewnić prawidłowy wzrost i rozwój roślin w okresie wegetacji. Obecnie w uprawie wielu gatunków, w tym soi, stosowana jest pełna uprawa płużna z wykorzystaniem orki głębokiej, wspomaganej innymi narzędziami przygotowującymi glebę do siewu [Małecka i in. 2012]. Ta uprawa jest stopniowo zastępowana nowymi metodami, które skracają czas prac uprawowych. Uproszczenia w uprawie roli stosuje coraz więcej gospodarstw, zwłaszcza wielkoobszarowych. Głównym powodem są względy ekonomiczne ograniczające przede wszystkim nakłady energetyczne na paliwo, a także nakład pracy [Kordas 2005]. Wprowadzenie uproszczonych sposobów uprawy roli ma sens, gdy prowadzi do obniżenia kosztów produkcji bez spadku wydajności [Faligowska i Szukała 2015].

Uproszczone sposoby uprawy roli charakteryzują się wieloma zaletami. Zmniejszenie intensywności uprawy powoduje spowolnienie procesu rozkładu materii organicznej oraz ograniczenie wydzielania CO₂ do atmosfery. Ograniczenie ilości, głębokości i intensywności wykonywania zabiegów uprawowych powoduje istotne zmniejszenie jednostkowych kosztów produkcji (mniejsze zużycie paliwa i nakłady robocizny), jak również może prowadzić do eliminowania procesów degradacji gleby, poprawiać biologiczną aktywność i sprzyjać gromadzeniu się próchnicy [Smagacz 2015].

Ponieważ istnieje potrzeba wdrożenia do szerokiej praktyki rolniczej wyników badań naukowych oraz prac badawczo-rozwojowych nad produkcyjno-ekonomicznymi konsekwencjami uproszczeń w uprawie roli, podjęto badania mające na celu określenie efektów produkcyjnych wybranych odmian soi o różnej klasie wczesności w zależności od sposobu przygotowania gleby do siewu.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe – lokalizacja i warunki glebowe

Badania przeprowadzono w oparciu o doświadczenia polowe realizowane w latach 2016–2017 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Kępa-Puławy, w gospodarstwie w Osinach [51°27'53"N 22°03'52"E] (woj. lubelskie, powiat puławski), należącym do IUNG – PIB w Puławach. Doświadczenie przeprowadzono metodą podbloków skrzyżowanych, w 4 powtórzeniach. W schemacie doświadczenia czynnikiem I rzędu były sposoby uprawy roli: UP – uprawa płuzna (orka zimowa pługiem obracalnym na głębokość 25 cm, NH 150), UU – uprawa uproszczona (uprawa agregatem uprawowym przedsięwziętym Becker), ST – uprawa pasowa (strip tillage) (wysiew nasion siewnikiem C MZURI Valtra); czynnikiem II rzędu były odmiany soi: Aldana – hodowca: Hodowla Roślin Strzelce sp. z o.o. Grupa IHAR, rok wpisania do krajowego rejestru 1992 (do 2020), wczesna (000) – oraz Merlin – hodowca: Saatbau Linz, Centrala Nasienna sp. z o.o. Środa Śląska, odmiana z katalogu wspólnotowego CCA, średnio wczesna (00).

Doświadczenie przeprowadzono na glebie kompleksu pszennego dobrego, kl. IIIa. Zawartość przyswajalnych form makroskładników mieściła się w zakresie (mg·kg⁻¹ gleby): P – 52,0–97,0; K – 139,0–267,0; Mg – 137,0–150,0. Zawartość azotu mineralnego w warstwie gleby 0–60 cm wynosiła od 44 do 66 kg·ha⁻¹. Odczyn gleby oznaczony w KCL wynosił 5,44–5,80. Wielkość poletka do siewu wynosiła 20,0 m², a do zbioru 15,0 m². Zastosowano nawożenie mineralne w dawce: 50 kg·ha⁻¹ P₂O₅ oraz 90 kg·ha⁻¹ K₂O. Nawożenia azotem nie stosowano. Przedplonem była pszenica jara. Wysiewano 80 nasion na m², w rozstawie 24 cm, na głębokość 3–4 cm. W roku 2016 soję wysiewano w II dekadzie maja, a w roku 2017 na początku III dekady maja. Jesienią w celu odchwaszczenia w technologii strip tillage stosowano Klinik 360 SL w dawce 5 dm³·ha⁻¹, natomiast wiosną Vival 360 SL – 4 dm³·ha⁻¹. W okresie wegetacji soi zastosowano dwukrotnie Corum 502,4 SL w dawce 0,6 dm³·ha⁻¹ + Dash – 1 dm³·ha⁻¹ oraz Targa Super 05 EC w dawce 1 dm³·ha⁻¹. Ponadto w roku 2017 (w drugim roku badań) wykonywano oprysk Dithane NeoTec 75 WG w dawce 2 kg ha⁻¹. Dojrzałość techniczną do zbioru w roku 2016 odmiana Aldana uzyskała 30 sierpnia, a odmian Merlin 6 września, natomiast w roku następnym obie odmiany dojrzały w jednym terminie (10 października). Przed zbiorem na 10 wybranych roślinach z każdego poletka określono: liczbę strąków, liczbę nasion i masę nasion z rośliny oraz liczbę nasion w strąku, suchą masę łodygi jednej rośliny i masę strączyn. Po zbiorze określono plon nasion, białka i masę tysiąca nasion w przeliczeniu na 14% wilgotności. W nasionach określono zawartość azotu ogólnego (analiza przepływowa CFA z detekcją spektrofotometryczną), zawartość tłuszczu surowego, włókna surowego. Plon białka ogólnego obliczono jako iloczyn plonu ogólnego i zawartości białka w nasionach soi. Istotność wpływu badanych czynników doświadczenia na obserwowane cechy oceniano za pomocą analizy wariancji, wyznaczając półprzedziały ufności testem Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Warunki meteorologiczne w latach prowadzenia badań

W latach prowadzenia doświadczenia zanotowano zróżnicowaną sumę opadów atmosferycznych w okresie wegetacji soi (ryc. 1). W 2017 r. suma opadów była większa o 59% niż w 2016 r. i o około 23% niż średnia z wielolecia (1871–2000). W 2016 r. w II połowie maja oraz I połowie czerwca wystąpiła niewielka ilość opadów, co silnie zahamowało wzrost roślin soi. W 2017 r. w II połowie kwietnia wystąpiło silne ochłodzenie, a w nocy występowały przymrozki, co spowodowało opóźnienie wysiewu soi. W czerwcu i na początku lipca zanotowano małą ilość opadów atmosferycznych w porównaniu ze średnią z wielolecia, co miało niekorzystny wpływ na wzrost i rozwój roślin soi. Ponadto w obu latach prowadzenia doświadczeń w lipcu i sierpniu panowały wysokie temperatury powietrza, co dodatkowo pogarszało warunki dla plonowania roślin.

WYNIKI I DYSKUSJA

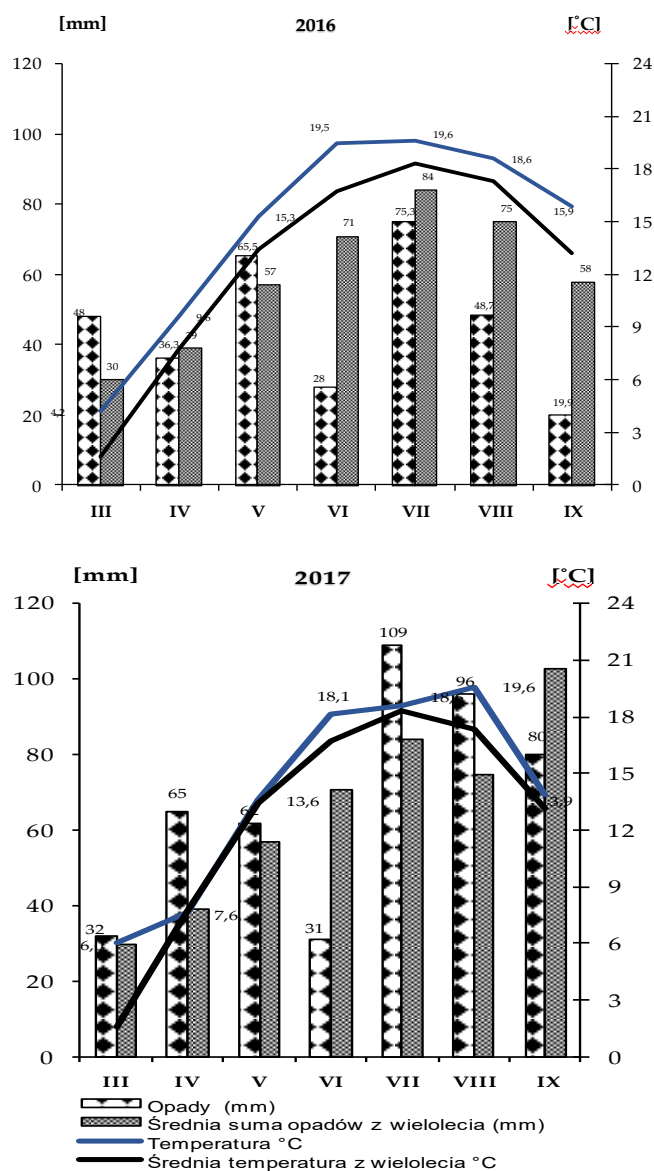
Produkcyjność obu uwzględnionych w badaniach odmian soi była różnicowana przebiegiem warunków termiczno-wilgotnościowych w okresie wegetacji oraz zastosowanym sposobem uprawy roli. Wpływ warunków wilgotnościowo-termicznych na plonowanie soi potwierdzają Fecák i in. [2010], Gawęda i in. [2020], Chełtan i in. [2022], Księżak i Bojarszczuk [2022]. Istotnym elementem powodzenia uprawy roślin bobowatych jest dostosowanie agrotechniki do warunków klimatyczno-glebowych z uwagi na niską stabilność plonowania tej grupy roślin [Adamič i Leskovšek 2021]. Czynnikiem ograniczającym plonowanie soi jest dostępność wody. Uzyskanie satysfakcjonujących plonów wymaga optymalnego rozkładu opadów przynajmniej na poziomie 500 mm w okresie wegetacji roślin soi [Chełtan i in. 2021].

Większy plon nasion soi (o 7%) zanotowano w 2017 r., co było spowodowane bardziej korzystnymi warunkami wilgotnościowymi (ryc. 1, tab. 1). Na niższy poziom plonowania w 2016 r. znaczący wpływ miała mniejsza suma opadów w okresie wegetacji oraz wystąpienie okresowej suszy w czerwcu.

Średnio dla okresu prowadzenia doświadczeń korzystniejszy wpływ na produkcyjność obu odmian miała uprawa pasowa (strip till) (ST) niż dwa pozostałe sposoby uprawy (UP i UU). Zastosowanie uprawy pasowej w uprawie soi w obu latach badań powodowało istotne zwiększenie plonu nasion w porównaniu z plonem uzyskanym z uprawy uproszczonej i pełnej uprawy płużnej. Różnica (średnio dla obu lat badań) wielkości uzyskanych plonów wynosiła 13% w uprawie uproszczonej i 16% w pełnej uprawie płużnej. Korzystny wpływ uprawy strip till na plon nasion soi wykazali Potratz i in. [2020].

Chełtan i in. [2022], porównując różne sposoby przygotowania roli do siewu, wykazali negatywny wpływ uprawy uproszczonej na plon nasion soi. Uprawa tego gatunku w tym wariantcie uprawowym przyczyniła się do obniżenia plonu o 243–675 kg·ha⁻¹ w porównaniu z tradycyjną uprawą płużną. Stipešević i in. [2009] oraz Gawęda i in. [2020] potwierdzili pozytywny wpływ uprawy płużnej na plon nasion soi. Badania tych autorów wykazały większy o 10,3% plon nasion soi w uprawie płużnej niż w uprawie zerowej. Fecák i in. [2010] potwierdzili, że tradycyjna uprawa płużna zapewniła największy plon nasion soi (2,60 t·ha⁻¹), zaś uprawa uproszczona mniejszy o 8% (2,39 t·ha⁻¹). Badania Gawędy i in. [2014] potwierdziły, że uzyskanie satysfakcjonujących plonów możliwe jest tylko przy uprawie płużnej. W badaniach tych autorów niezależnie od odmiany soi i roku badań większy o 14,7% plon nasion uzyskano

z uprawy płużnej. Zdaniem Pikul i in. [2001] w warunkach uproszczonej uprawy i siewu bezpośredniego plon nasion soi zostaje istotnie organiczny (o 17%), zwłaszcza w roku o mniejszej ilości opadów. Amini [2005] wykazał spadek plonu nasion soi o 24% w uprawie z wykorzystaniem siewu bezpośredniego w porównaniu z uprawą płużną.



Ryc. 1. Miesięczne sumy opadów i temperatura powietrza w okresie wegetacji w latach 2016–2017 i w średniej z wielolecia (1871–2000)

Fig. 1. Monthly rainfall and temperature during the growing period in 2016 and 2017, and the long-term (1871–2000) average

Tabela 1. Plon nasion i białka soi w zależności od odmiany i sposobu uprawy roli
 Table 1. Seed and protein yield of soybean depending on cultivar and soil tillage method

Sposób uprawy Tillage method	Odmiana Cultivar	Plon nasion (t·ha ⁻¹) Seed yield (t ha ⁻¹)			Plon białka (kg·ha ⁻¹) Protein yield (kg ha ⁻¹)		
		2016	2017	średnia mean	2016	2017	średnia mean
Uprawa płużna (UP) Plough tillage	Aldana	1,68 ±0,19*	2,05 ±0,36	1,86	546	615	580
	Merlin	2,13 ±0,03	1,91 ±0,02	2,02	692	644	668
	średnia/mean	1,90	1,98	–	619	629	–
Uprawa uproszczona (UU) Reduced tillage	Aldana	1,84 ±0,54	2,01 ±0,06	1,93	598	579	588
	Merlin	2,06 ±0,43	2,04 ±0,18	2,05	682	675	678
	średnia/mean	1,95	2,02	–	640	627	–
Uprawa pasowa (ST) Strip tillage	Aldana	2,07 ±0,53	2,49 ±0,41	2,28	685	732	708
	Merlin	2,16 ±0,58	2,27 ±0,46	2,21	717	724	720
	średnia/mean	2,11	2,38	–	701	728	–
Średnia/Mean	–	1,99	2,13	–	653	661	–
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$) Sposób uprawy Tillage method (A) Odmiana/Cultivar (B) B/A A/B		0,210 n.i. ** n.i. n.i.	0,321 n.i. n.i. n.i.		36,3 23,5 40,7 51,1	48,8 n.i. n.i. n.i.	

* Średnia ± odchylenie standardowe; ** n.i. – różnice nieistotne
 * Mean ± standard deviation; ** n.i. – non-significant differences

Skład chemiczny nasion był różnicowany zastosowanym sposobem uprawy oraz przebiegiem warunków pogodowych w okresie wegetacji roślin. Najwyższą wydajność białka zapewniała uprawa płużna, co wynikało z największego plonu nasion na tym obiekcie. Mniejsza suma opadów w 2016 r., niezależnie od sposobu uprawy roli, wpłynęła korzystnie na zawartość białka w nasionach ocenianych odmian soi, natomiast nie miała wpływu na gromadzenie tłuszczu i włókna (tab. 2). Nasiona odmiany Merlin charakteryzowała większa zawartość białka niż nasiona odmiany Aldana, natomiast nasiona obu odmian zawierały podobną ilość tłuszczu i włókna. Badania Książaka i Bojarszczuk [2022] wykazały, że nasiona badanych odmian soi uprawianej w warunkach ograniczonej ilości opadów gromadziły o 9% więcej białka niż w bardziej korzystnych warunkach opadowych.

Tabela 2. Zawartość białka, tłuszczu surowego i włókna surowego w nasionach soi w zależności od odmiany i sposobu uprawy roli

Table 2. Content of protein, crude fat and crude fibre in soybean seeds depending on cultivar and soil tillage method

Sposób uprawy Tillage method	Odmiana Cultivar	Białko (g·kg ⁻¹) Protein (g kg ⁻¹)			Tłuszcz surowy (g·kg ⁻¹) Crude fat (g kg ⁻¹)			Włókno surowe (g·kg ⁻¹) Crude fibre (g kg ⁻¹)		
		2016	2017	średnia mean	2016	2017	średnia mean	2016	2017	średnia mean
Uprawa płużna (UP) Plough tillage	Aldana	325	300	312	242	242	242	77,2	76,5	76,8
	Merlin	325	337	331	246	239	242	74,1	74,0	74,1
	średnia mean	325	318	–	244	240	–	75,6	75,3	–
Uprawa uproszczona (UU) Reduced tillage	Aldana	325	288	306	236	241	238	77,4	78,1	77,7
	Merlin	331	331	331	245	237	241	73,3	77,2	75,3
	średnia mean	328	309	–	240	239	–	75,4	77,6	–
Uprawa pasowa (ST) Strip tillage	Aldana	331	294	312	234	243	238	80,3	76,4	78,4
	Merlin	332	319	325	240	241	240	78,5	75,6	77,1
	średnia mean	331	306	–	237	242	–	79,4	75,6	–
Średnia /Mean	–	328	311	–	240	240	–	76,8	76,3	–
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$) Sposób uprawy Tillage method (A) Odmiana/Cultivar (B) B/A A/B		n.i.**	4,5		2,9	1,5		1,79	0,40	
		5,2	3,1		1,6	2,2		0,46	0,25	
		n.i.	5,3		2,7	3,8		1,06	0,44	
		n.i.	6,5		3,8	3,7		1,15	0,55	

**n.i. – różnice nieistotne

** n.i. – non-significant differences

Zdaniem Bertheau i Davison [2011] najwyższa zawartość włókna jest notowana w latach z wysoką temperaturą i korzystnym rozkładem opadów w okresie wegetacji. Pozytywny wpływ uprawy strip till na jakość nasion soi wykazali Farmaha i in. [2012]. W badaniach tych autorów więcej białka zawierały nasiona soi uprawianej w strip till niż w uprawie zerowej. Również w badaniach Fecáca i in. [2010] sposób uprawy miał istotny wpływ na zawartość białka w nasionach soi. W badaniach własnych największą zawartość tłuszczu w pierwszym roku badań zanotowano w nasionach soi uprawianej z wykorzystaniem uprawy płużnej, natomiast w drugim roku badań w uprawie strip till. Małecka-Jankowiak i in. [2016] oraz Woźniak i in. [2014] dowiedli, że sposób uprawy ma również wpływ na skład chemiczny nasion grochu. Autorzy wykazali bowiem najmniejszą zawartość białka w nasionach roślin z zastosowaniem uprawy uproszczonej, zaś uprawa tradycyjna powodowała obniżenie jego zawartości średnio o 5,6%, a siew bezpośredni o 10,2%. Adamič i Leskovšek [2021] stwierdzili mniejszą zawartość białka w nasionach pochodzących z uprawy zerowej. W badaniach własnych zawartość włókna surowego i popiołu nie była różnicowana sposobami uprawy. Zdaniem Szwejkowskiej [2012] zawartość białka w nasionach roślin strączkowych zależy od kilku czynników, m.in. od odmiany, warunków pogodowych, nawożenia azotem.

Kształtowanie cech morfologicznych i elementów struktury plonu odmian soi było różnicowane zmiennymi warunkami pogodowymi oraz zastosowanymi sposobami uprawy roli. Większą masę 1000 nasion i liczbę nasion w strąku oraz suchą masę łodygi i masę strączyn obie oceniane odmiany wytwarzały w roku 2017 – o korzystniejszej ilości opadów atmosferycznych w okresie wegetacji soi (tab. 3, 5). Natomiast większą liczbę strąków, liczbę nasion i masę nasion z rośliny wytwarzały w 2016 r. (tab. 4). Zastosowane sposoby uprawy roli miały istotny wpływ na wielkość nasion oraz liczbę nasion w strąku. W obu latach badań zanotowano istotnie większe nasiona pochodzące z uprawy strip till niż z uprawy płużnej i uproszczonej. W roku 2016 liczba nasion w strąku była istotnie większa w uprawie strip till niż w uprawie uproszczonej, a w roku 2017 niż w uprawie płużnej.

Większą liczbą strąków, liczbą nasion i masą nasion na roślinie charakteryzowały się rośliny obu odmian soi uprawianej z zastosowaniem pełnej uprawy płużnej (A) w roku 2016. Odmianę Aldana charakteryzowały większa masa tysiąca nasion i większa sucha masa łodygi niż odmianę Merlin, a pozostałe elementy struktury plonu (liczba strąków, liczba nasion i masa nasion na roślinie oraz liczba nasion w strąku) były zbliżone dla obu badanych odmian. Również Gawęda i in. [2020] wykazali, że liczba strąków, liczba i masa nasion z rośliny oraz masa tysiąca nasion soi były największe w warunkach uprawy płużnej. Podobne wyniki badań uzyskali Lança Rodrigues i in. [2009], którzy dowiedli, że uprawa płużna zapewniła uzyskanie większych nasion i większej liczby strąków na roślinie. Natomiast Faligowska i Szukała [2015] wykazali, że uprawa płużna i uprawa uproszczona redukowały liczbę strąków i nasion na roślinie łubinu żółtego w porównaniu z uprawą zerową.

Tabela 3. Masa tysiąca nasion i liczba nasion w strąku soi w zależności od odmiany i sposobu uprawy roli
 Table 3. Thousand seed weight and number of seeds per pod of soybean depending on cultivar and soil tillage method

Sposób uprawy Tillage method	Odmiana Cultivar	Masa 1000 nasion (g) Thousand seed weight (g)			Liczba nasion w strąku (szt.) Number of seeds per pod (pcs)		
		2016	2017	średnia mean	2016	2017	średnia mean
Uprawa płuzna (UP) Plough tillage	Aldana	143,8 ±6,50*	159,5 ±6,59	151,6	1,90 ±0,07	1,98 ±0,06	1,94
	Merlin	142,4 ±4,50	149,2 ±1,44	145,8	2,10 ±0,12	2,07 ±0,01	2,08
	średnia/mean	143,1	154,4	–	2,00	2,03	–
Uprawa uproszczona (UU) Reduced tillage	Aldana	142,7 ±12,5	163,4 ±6,45	153,1	1,92 ±1,07	2,17 ±0,05	2,04
	Merlin	138,0 ±4,24	145,3 ±7,17	141,5	1,83 ±0,04	2,14 ±0,23	1,98
	średnia/mean	140,4	154,4	–	1,87	2,16	–
Uprawa pasowa (ST) Strip tillage	Aldana	146,2 ±8,47	170,4 ±5,55	158,3	2,00 ±0,07	2,11 ±0,16	2,06
	Merlin	139,8 ±13,2	148,3 ±4,66	144,1	2,05 ±0,15	2,27 ±0,28	2,16
	średnia/mean	143,0	159,4	–	2,03	2,19	–
Średnia/Mean	–	142,2	156,0	–	1,97	2,12	–
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)							
Sposób uprawy Tillage method (A)		1,195	1,293		0,133	0,127	
Odmiana/Cultivar (B)		1,391	0,994		0,017	n.i.**	
B/A		2,138	2,624		0,055	0,110	
A/B		2,217	3,017		0,146	0,146	

* Średnia ± odchylenie standardowe; ** n.i. – różnice nieistotne

* Mean ± standard deviation; ** n.i. – non-significant differences

Tabela 4. Liczba strąków, liczba i masa nasion na roślinie soi w zależności od odmiany i sposobu uprawy roli
 Table 4. Number of pod, number and weight of seeds per plant of soybean depending on cultivar and soil tillage method

Sposób uprawy Tillage method	Odmiana Cultivar	Liczba strąków (szt.) Number of pods (pcs)			Liczba nasion (szt.) Number of seeds (pcs)			Masa nasion (g) Weight of seeds (g)		
		2016	2017	średnia mean	2016	2017	średnia mean	2016	2017	średnia mean
Uprawa płużna (UP) Plough tillage	Aldana	12,5 ± 1,67*	9,7 ± 2,24	11,1	26,6 ± 3,39	19,8 ± 3,56	23,18	3,73 ± 0,38	2,47 ± 0,40	3,10
	Merlin	13,4 ± 3,31	10,1 ± 0,55	11,7	27,8 ± 6,90	20,7 ± 1,11	24,23	4,13 ± 0,99	2,60 ± 0,15	3,36
	średnia mean	12,9	9,9	–	27,16	20,25	–	3,93	2,54	–
Uprawa uproszczona (UU) Reduced tillage	Aldana	10,1 ± 1,49	10,9 ± 3,67	10,5	25,2 ± 12,5	23,8 ± 8,75	24,47	2,88 ± 0,23	3,05 ± 0,84	2,96
	Merlin	11,2 ± 1,48	9,6 ± 3,14	10,4	26,4 ± 2,88	20,6 ± 7,52	23,52	2,95 ± 0,40	2,63 ± 1,18	2,79
	średnia mean	10,6	10,3	–	25,80	22,19	–	2,91	2,84	–
Uprawa pasowa (ST) Strip tillage	Aldana	11,0 ± 2,93	9,9 ± 5,67	10,5	25,4 ± 6,87	20,9 ± 8,02	23,15	3,13 ± 1,28	2,90 ± 1,02	3,01
	Merlin	11,7 ± 1,70	9,3 ± 4,96	10,5	26,9 ± 4,96	21,33 ± 12,55	24,13	3,33 ± 0,84	2,88 ± 1,58	3,11
	średnia mean	11,2	9,6	–	26,16	21,11	–	3,23	2,88	–
Średnia/Mean	–	11,7	9,9	–	26,37	21,18	–	3,36	2,76	–
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)										
Sposób uprawy (A)										
Tillage method		1,268	0,222		0,552	0,618		0,214	0,038	
Odmiana (B)										
Cultivar		n.i.**	0,331		n.i.	n.i.		0,151	n.i.	
B/A		1,310	0,378		0,778	1,231		0,158	0,114	
A/B		1,549	0,314		0,642	1,251		0,222	0,061	

* Średnia ± odchylenie standardowe; ** n.i. – różnice nieistotne

* Mean ± standard deviation; ** n.i. – non-significant differences

Tabela 5. Sucha masa łodygi i strączyń soi w zależności od odmiany i sposobu uprawy roli
 Table 5. Dry weight of stems and siliques of soybean depend on cultivar and soil tillage method

Sposób uprawy Tillage method	Odmiana Cultivar	Sucha masa łodygi (g) Dry weight of stem (g)			Sucha masa strączyń (g) Dry weight of pods (g)		
		2016	2017	średnia mean	2016	2017	średnia mean
Uprawa płużna (UP) Plough tillage	Aldana	3,63 ±0,30*	3,98 ±0,68	3,80	2,33 ±0,30	2,44 ±0,27	2,38
	Merlin	3,50 ±1,46	3,44 ±0,35	3,47	2,33 ±0,51	2,37 ±0,21	2,35
	średnia mean	3,58	3,71	–	2,33	2,41	–
Uprawa uproszczona (UU) Reduced tillage	Aldana	2,63 ±0,08	4,31 ±0,75	3,47	1,73 ±0,19	2,45 ±0,37	2,09
	Merlin	2,73 ±0,22	3,65 ±0,83	3,19	1,78 ±0,51	2,37 ±0,55	2,08
	średnia mean	2,68	3,98	–	1,76	2,41	–
Uprawa pasowa (ST) Strip tillage	Aldana	3,13 ±0,63	4,68 ±0,41	3,90	2,40 ±0,52	2,42 ±0,55	2,41
	Merlin	3,08 ±0,56	3,64 ±0,96	3,36	2,23 ±0,48	2,41 ±0,70	2,32
	średnia mean	3,10	4,16	–	2,32	2,41	–
Średnia/Mean	–	3,04	3,95	–	2,14	2,41	–
NIR/LSD ($\alpha = 0,05$)							
Sposób uprawy (A) Tillage method		0,188	0,050		n.i.**	n.i.	
Odmiana/Cultivar (B)		0,099	0,039		n.i.	n.i.	
B/A		0,108	0,068		n.i.	0,067	
A/B		0,195	0,084		n.i.	0,012	

* Średnia ± odchylenie standardowe; ** n.i. – różnice nieistotne

* Mean ± standard deviation; ** n.i. – non-significant differences

PODSUMOWANIE

Produkcyjność obu odmian soi była różnicowana przebiegiem warunków atmosferycznych w okresie wegetacji oraz zastosowanym sposobem uprawy roli. Większy plon nasion soi (o 7%) zanotowano w 2017 r., co było spowodowane bardziej korzystnymi warunkami wilgotnościowymi.

Nasiona odmiany Merlin zawierały o około 6% więcej białka niż odmiany Aldana, a obie odmiany gromadziły podobną ilość tłuszczu i włókna. Obie oceniane odmiany charakteryzowały zbliżone elementy struktury plonu (liczba strąków, liczba nasion i masa nasion z rośliny, liczba nasion w strąku). Większą masę tysiąca nasion zanotowano u odmiany Aldana.

Zastosowany sposób uprawy roli nie miał istotnego wpływu na koncentrację ważniejszych składników pokarmowych w nasionach obu odmian soi oraz ważniejszych elementów struktury plonu.

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, 2477. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122477>
- Amini I., 2005. Determination of the best management for soybean cropping following barley. *Soil Till. Res.* 84, 168–174.
- Bertheau Y., Davison J., 2011. Soybean in the European Union, status and perspective. In: D. Krezhova (ed.), *Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products*. IntechOpen Access, London, UK, 3–47. Available online: <https://www.intechopen.com/books/recent-trends-for-enhancing-the-diversity-and-quality-of-soybean-products/soybean-in-the-european-union-status-and-perspective> [dostęp: 1.02.2021].
- Bethlenfalvai J.G., Franson L.R., Brown S.M., 1990. Nutrition of mycorrhizal soybean evaluated by the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Agron. J.* 82, 302–304.
- Chețan F., Chețan C., Bogdan I., Pop A.I., Moraru P.I., Rusu T., 2021. The effects of management (tillage, fertilization, plant density) on soybean yield and quality in a three-year experiment under Transylvanian plain climate conditions. *Land* 10, 200. <https://doi.org/10.3390/land10020200>
- Chețan F., Rusu T., Chețan C., Camelia Urda, Rezi R., Simon A., Bogdan I., 2022. Influence of soil tillage systems on the yield and weeds infestation in the soybean crop. *Land*, 11, 1708. <https://doi.org/10.3390/land11101708>
- EUROStat, 2022. Available online: <http://ec.europa.eu/eurostat/de> [dostęp: 20.07.2022].
- Faligowska A., Szukała J., 2015. The effect of various long-term tillage systems on yield and yield component of yellow and narrow-leaved lupin. *Turk. J. Field Crops* 20(2), 188–193. <https://doi.org/10.17557/tjfc.76502>
- FAOSTAT, 2022. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [dostęp: 15.07.2022].
- Farmaha B.S., Fernández F.G., Nafziger E.D., 2012. Soybean seed composition, aboveground growth, and nutrient accumulation with phosphorus and potassium fertilization in no-till and strip-till. *Agron. J.* 104(4), 1006–1015. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0010>
- Fecák P., Šariková D., Černý I., 2010. Influence of tillage system and starting N fertilization on seed yield and quality of soybean *Glycine max* (L.) Merrill. *Plant Soil Environ.* 56(3), 105–110.
- Gawęda D., Cierpiała R., Bujak K., Wesołowski M., 2014. Soybean yield under different tillage systems. *Acta Sci. Pol., Hort. Cult.* 13(1), 43–54.

- Gawęda D., Nowak A., Haliniarz M., Woźniak A., 2020. Yield and economic effectiveness of soybean grown under different cropping systems. *Int. J. Plant Prod.* 14, 475–485. <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00098-1>
- Kocira A., Staniak M., Tomaszewska M., Kornas R., Cymerman J., Panasiewicz K., Lipińska H., 2020. Legume cover crops as one of the elements of strategic weed management and soil quality improvement. *A Review. Agriculture* 10, 394. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090394>
- Kordas L., 2005. Energy and economic effects of reduced tillage in crop rotation. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 4(1), 51–59.
- Kotecki A., Lewandowska S., 2020. Studia nad uprawą soi zwyczajnej (*Glycine max* (L.) Merrill) w południowo-zachodniej Polsce [Studies on the Cultivation of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in South-Western Poland]. Wyd. UP Wrocław, Wrocław.
- Księżak J., Bojarszczuk J., 2022. The seed yield of soybean cultivars and their quantity depending on sowing term. *Agronomy* 12, 1066. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051066>
- Lança Rodrigues J.G., Gamero C.A., Costa Fernandes J., Mirás-Avalos J.M., 2009. Effects of different soil tillage systems and coverages on soybean crop in the Botucatu Region in Brazil. *Span. J. Agric. Res.* 7 (1), 173–180. <https://doi.org/10.5424/sjar/2009071-409>
- Małecka I., Swędrzyńska D., Blecharczyk A., Dytman-Hagedorn M., 2012. Wpływ systemów uprawy roli pod groch na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby. *Fragm. Agron.* 29 (4), 106–116.
- Małecka-Jankowiak I., Blecharczyk A., Swędrzyńska D., Sawińska Z., Piechota T., 2016. The effect of long-term tillage systems on some soil properties and yield of pea (*Pisum sativum* L.). *Acta Sci. Pol. Agricultura* 15(1), 37–50.
- Martyniuk S., 2012. Naukowe i praktyczne aspekty symbiozy roślin strączkowych z bakteriami brodawkowymi [Scientific and practical aspects of legumes symbiosis with root-nodule bacteria]. *Pol. J. Agron.* 9, 17–22. Available online: https://iung.pl/PJA/wydane/9/PJA9_3.pdf [dostęp: 2.08.2022].
- Patil G., Mian R., Vuong T., Pantalone V., Song Q., Chen P., Shannon J., Carter T.C., Nguyen H.T., 2017. Molecular mapping and genomics of soybean seed protein: A review and perspective for the future. *Theor. Appl. Genet.* 130, 1975–1991. <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2955-8>
- Pikul J.L. Jr., Carpenter-Boggs L., Vigil M., Schumacher T., Lindstrom M.J., Riedell W.E., 2001. Crop yield and soil condition under ridge and chisel-plow tillage in the northern Corn Belt, USA. *Soil Till. Res.* 60, 21–33.
- Potratz D.J., Mourtzinis S., Lauer J.G.J., Arriaga F.J., Conley S.P., 2020. Strip-till, other management strategies, and their interactive effects on corn grain and soybean seed yield. *Agronomy J.* 112, 72–80.
- Śliwa J., Zając, T., Oleksy A., Klimek-Kopyra A., Lorenc-Kozik A., Kulig B., 2015. Comparison of the development and productivity of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivated in western Poland. *Acta Sci. Pol. Agricultura* 14, 81–95.
- Smagacz J., 2015. Uprawa roli jako element zrównowazenia środowiskowego produkcji roślinnej. *Studia i Raporty IUNG – PIB* 43(17), 89–101. <https://doi.org/10.26114/sir.iung.2015.43.5>
- Stipešević B., Jug D., Jug I., Žugec I., Stošić M., Kolar D., 2009. Influence of different soil tillage systems on soybean yield and yield components. *Tarım Mak. Bilimi Derg. (Journal of Agricultural Machinery Science)* 5(3), 263–267.
- Święcicki W., Chudy M., Żuk-Gołaszewska K., 2007. Rośliny strączkowe w projektach badawczych Unii Europejskiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 522, 55–65.
- Szwejkowska B. 2012. Wpływ technologii uprawy na zawartość białka w nasionach soczewicy jadalnej (*Lens culinaris* Medic.), *Ann. UMCS, sec. E Agricultura* 67(2), 20–27.
- Thrane M., Paulsen P.V., Orcutt M.W., Krieger T.M., 2017. Soy protein: Impacts, production, and applications (Ch. 2). In: S.R. Nadathur, J.P.D. Wanasundara, L. Scanlin (eds.), *Sustainable*

protein sources, 23–45. Academic Press, Elsevier. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128027783000020>

Woźniak A., Soroka M., Stępniewska A., Makarski B., 2014. Chemical composition of pea (*Pisum sativum* L.) seeds depending on tillage systems. *J. Elem.* 19, 1143–1152.

Źródło finansowania badań: subwencja na utrzymanie potencjału badawczego MEiN.

Summary. The research was conducted in 2016–2017, based on a field experiment conducted at the Agricultural Experimental Plant Kępa-Puławy, farm in Osiny (lubelskie province) belonging to the Soil Science and Plant Cultivation – State Research Institute in Puławy. The aim of the study was to assess the production effects of two soybean varieties (Aldana, Merlin) with different earliness classes depending on the method of soil preparation for sowing (plough cultivation, reduced tillage, strip tillage). The productivity of both soybean cultivars was differentiated by the course of weather conditions during the growing season and the tillage method used. Higher yield of soybeans (by 7%) was recorded in 2017, which was due to more favorable humidity conditions. The use of the strip till method in soybean cultivation in each year of the study resulted in a significant increase in seed yield compared to the yield obtained from simplified and full plough cultivation. The difference (on average for both years of research) in the level of yields obtained was 13% for simplified cultivation and 16% for full plough cultivation. The applied tillage method did not have a significant impact on the concentration of major nutrients in the seeds of both soybean cultivars. The seeds of the Merlin variety contained about 6% more protein than the Aldana varieties, and both varieties accumulated a similar amount of fat and fiber. Both evaluated varieties were characterized by similar elements of the yield structure (number of pods, seeds and seed weight on the plant, number of seeds in the pod).

Key words: soybean, tillage method, productivity, yield structure, strip tillage

Otrzymano/Received: 10.11.2022
Zaakceptowano/Accepted: 5.05.2023
Opublikowano/Published: 26.09.2023