UNIWERSYTET
PRZYRODNICZY
WE WROCŁAWIU

WYDZIAŁ
PRZYRODNICZO-TECHNOLOGICZNY
INSTYTUT AGROEKOLOGII I PRODUKCJI ROŚLINNEJ

mgr inż. Małgorzata Gniadzik-Zasańska

Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na rozwój i plonowanie soi uprawnej (*Glycine max* (L.) Merrill)

The impact of selected agrotechnical factors on development and yielding soybean (*Glycine max* (L.) Merrill)

Praca doktorska
wykonana pod kierunkiem
promotora prof. dr. hab. Marcina Kozaka
oraz promotora pomocniczego dr inż. Anny Wondołowskiej - Grabowskiej

Wrocław 2022

Podziękowania

Prezentowana rozprawa doktorska została przygotowana pod opieką

Pana prof. dr. hab. Marcina Kozaka

oraz

Pani dr inż. Anny Wondołowskiej-Grabowskiej,

którym dziękuję za okazane wsparcie, cenne uwagi i sugestie, które wpłynęły na ostateczny kształt tej pracy.

Pragnę podziękować również Pracownikom Instytutu Agroekologii i Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu za pomoc przy realizacji badań polowych i laboratoryjnych.

„Najciężej jest ruszyć. Nie dojść, ale ruszyć. Bo ten pierwszy krok nie jest krokiem nóg, lecz serca. To serce najpierw rusza, a dopiero nogi za nim zaczynają iść."

Wiesław Myśliwski, *Widnokrąg*

Pracę dedykuję moim Rodzicom

Spis treści

STRESZCZENIE....6
ABSTRACT....8
1. WSTĘP....10
2. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA....12
3. CEL, OBSZAR BADAŃ I HIPOTEZY ROBOCZE....20
4. METODYKA BADAŃ....21
5. WARUNKI PROWADZENIA BADAŃ....25
5.1. Lokalizacja....25
5.2. Warunki glebowe....25
5.3. Seria I....26
5.4. Seria II....26
5.5. Warunki klimatyczne i agrotechniczne....27
5.6. Rozwój roślin na tle warunków meteorologicznych....31
6. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA....42
6.1. I Seria badań....42
6.2. II Seria badań....77
7. WNIOSKI....113
8. PIŚMIENNICTWO....116

STRESZCZENIE

W ostatnich latach, w Polsce, obserwowany jest wzrost zainteresowania produkcją soi na nasiona, jednak wciąż istotnym elementem jest optymalizacja agrotechniki, ponieważ ma ona decydujący wpływ na ekonomiczny sukces uprawy. Przyczyn uzyskiwania w praktyce polowej niesatysfakcjonujących plonów nasion soi upatruje się, między innymi, w jej nieodpowiedniej pozycji w zmianowaniu, niewłaściwym terminie siewu i zbioru, niezastosowaniu szczepienia nasion kulturami bakterii symbiotycznych, nieterminowym zwalczaniu chwastów, niewłaściwie dobranej architekturze łanu lub braku wiedzy o właściwym doborze odmiany hodowlanej do warunków klimatyczno-glebowych miejsca uprawy.

W latach 2015-2017 na polach doświadczalnych Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin (aktualnie Instytutu Agroekologii i Produkcji Roślinnej) Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przeprowadzone zostały dwie niezależne serie badań polowych, dotyczące wpływu wybranych czynników agrotechnicznych na rozwój i plonowanie soi uprawnej. I seria badań obejmowała ocenę wpływu zróżnicowanej rozstawy rzędów i liczby wysiewanych nasion na jednostce powierzchni na kształtowanie architektury łanu, a w efekcie końcowym wielkości i jakości plonu nasion soi. W II serii badań analizowano wpływ zróżnicowanej rozstawy rzędów i aplikacji preparatu Asahi SL na rozwój i plonowanie soi uprawnej. W obu seriach badań zastosowano metodę split-plot, w czterech powtórzeniach, z dwoma czynnikami zmiennymi.

Długość okresów wegetacyjnych soi uprawnej kształtowana była pod wpływem zmiennych warunków wilgotnościowo-termicznych w poszczególnych latach badań, natomiast nie zależała bezpośrednio od analizowanych czynników badawczych. Najdłuższy, w trzyleciu badawczym, okres wegetacji wynoszący 157 dni, odnotowano w najbardziej zmiennym pogodowo (między innymi gradobicie) 2017 roku.

W I serii badań czynnik zróżnicowanej rozstawy rzędów (15, 30 cm) istotnie determinował: liczbę strąków płodnych, liczbę i masę nasion z rośliny, masę 1000 nasion oraz procentowy udział nasion i łodyg w strukturze nadziemnej części rośliny, co jednak nie znalazło swojego dalszego odzwierciedlenia w poziomie uzyskanych plonów nasion i resztek pozbiorowych oraz wydajnościach tłuszczu surowego i białka ogółem z hektara.

Czynnik zróżnicowanej rozstawy rzędów (15, 30 cm) w II serii badań istotnie kształtował: wysokość osadzenia I. strąka, liczbę rozgałęzień I. rzędu, liczbę nasion z rośliny,

masę strączyn, łodyg i całej rośliny, a także plon resztek pozobiorowych, nie wpływając jednocześnie na zebrany plon nasion i wydajności składników pokarmowych.

Aplikacja biostymulatora Asahi SL wpłynęła korzystnie, w porównaniu do obiektu kontrolnego pozbawionego działania preparatu, na zwiększenie: wysokości roślin przed zbiorem, liczby i masy nasion z rośliny, masy łodyg i całej nadziemnej części rośliny, masy 1000 nasion, powodując następnie wzrost plonów nasion i resztek pozobiorowych, a także wydajności tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 hektara.

Słowa kluczowe: soja zwyczajna, rozstawa rzędów, biostymulator, Asahi SL

ABSTRACT

In recent years, in Poland, there has been an increase in interest in the production of soybean for seeds, however the optimization of agrotechnics is still an important element, as it has a decisive impact on the economic success of cultivation. In practice field, the reasons for obtaining unsatisfactory yields of soybean seeds are, among others, their inadequate positions in crop rotation, incorrect sowing and harvesting dates, failure to use seed inoculation with symbiotic cultures of bacteria, untimely weed control, unsuitably selected field architecture or lack of knowledge about the accurate variety farming selection in regard to the climatic and soil conditions of the place of cultivation.

In 2015-2017, in the proving grounds of the Department of Detailed Plant Cultivation (currently the Institute of Agroecology and Plant Production) of Wrocław University of Environmental and Life Sciences, two independent series of field studies were carried out on the influence of selected agrotechnical factors on the development and yield of soybean. The first (I) series of tests included the assessment of the impact of the varied spacing of rows and the number of sown seeds per unit area on the shaping of the canopy architecture, and as a result, the size and quality of the soybean seed yield. In the second (II) series of tests, the influence of the different row spacing and the application of Asahi SL on the development and yielding of soybean was analyzed. In both series of tests, the "split-plot" method was used, four repetitions, with two variable factors.

The length of the growing seasons of soybean was influenced by the variable thermal and humidity conditions in individual years of the research, but it did not depend directly on the analyzed research factors. The longest vegetation period in the three-year research period, 157 days, was recorded in the most variable weather conditions (including hailstorm) in 2017.

In the first (I) series of studies, the factor of differentiated row spacing (15, 30 cm) significantly determined: the number of fertile pods, the number and mass of seeds per plant, the mass of 1000 seeds and the percentage of seeds and stems in the structure of the above-ground part of the plant, which, however, was not further reflected in the level of the obtained yields of seeds and post-harvest residues and the yields of crude fat and total protein per hectare.

The factor of the different row spacing (15, 30 cm) in the second (II) series of tests significantly influenced: the height of the I pod, the number of branches I row, the number of

seeds per plant, the mass of pods, stems and the whole plant, as well as the yield of post-harvest residues, without affecting simultaneously the harvested seed yield and nutrient efficiency.

The application of Asahi SL biostimulant had positive effects in comparison to the control object without the biostimulant, such as, the increase of plant height before harvest, number and mass of seeds from the plant, mass of the stems and the whole above-ground part of the plant, mass of 1000 seeds, causing an increase in the yield of seeds and post-harvest residues. as well as the efficiency of crude fat and total protein per hectare.

Keywords: soybean, row spacing, biostimulant, Asahi SL

1. WSTĘP

Wartość odżywcza nasion soi jest znana ludzkości od ponad 3700 lat. W ujęciu globalnym soję uprawia się głównie na cele paszowe i spożywcze. W świetle zwiększającej się liczby ludności na świecie, która w 2021 roku wynosiła 7,8 miliarda ludzi, a w 2050 osiągnie około 9,2 miliarda ludzi (Bongaarts 2009, Bank światowy 2021), zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego staje się nadrzędnym celem wszystkich państw na świecie. Zadanie to jest najczęściej realizowane na poziomie rozporządzalności, dostępności i adekwatności żywności (Leśkiewicz 2012, Jerzak i Mikulski 2017). W praktyce oznacza to konieczność dysponowania odpowiednią ilością produktów żywnościowych wolnych od zanieczyszczeń chemicznych, chorób i innych czynników mogących zagrozić życiu i zdrowiu ludności. Jednym z najważniejszych czynników wpływających na zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego państwa jest właściwa ilość białka roślinnego przeznaczonego na cele żywieniowe i paszowe. Współcześnie potrzeby paszowe Polski są zaspokajane importem poekstrakcyjnej śruty sojowej, w której skład wchodzi około 48,1% białka ogółem i 1,2% tłuszczu surowego (Dei 2011, Harlioğlu 2012, Skoufos 2014). Z uwagi na bogaty skład chemiczny, stanowi ona cenny komponent pasz treściwych. Duże zainteresowanie zakupem poekstrakcyjnej śruty sojowej jest powodem zwiększania się jej cen zbytu na rynkach światowych. Polska w 2019 roku importowała około 3,0 mln ton poekstrakcyjnej śruty sojowej, co stanowi swego rodzaju zagrożenie dla polskiego rolnictwa i tym samym prowadzi do uzależnienia od największych światowych producentów soi (Argentyna, Brazylia, USA). Departament Rolnictwa Stanów Zjednoczonych (*The U.S. Department of Agriculture*) szacuje, że światowa produkcja soi w roku 2017/2018 wynosiła 346,0 milionów ton. Całkowita zależność od dostaw zagranicznych rodzi realne zagrożenie dla bezpieczeństwa żywnościowego Polski w przypadku wystąpienia kryzysu światowego (Michalczyk 2012, Kraciuk 2018).

Krajowa uprawa roślin uznawana jest jako bardziej przyjazna środowisku z uwagi na redukcję gazów cieplarnianych w porównaniu z importowaną żywnością, więc przyszłościowo może przyczynić się do ich ogólnego zmniejszenia (Blanke 2008, Michalský i Hooda 2015). Dodatkowo zauważalny jest trend dotyczący poszukiwania przez konsumentów żywności produkowanej lokalnie, z uwagi na jej walory smakowe i obawy dotyczące bezpieczeństwa żywności – importowana żywność jest często dodatkowo konserwowana (Halweil, 2002).

W celu uniezależnienia się od dostaw zewnętrznych podejmowane są próby restytucji upraw roślin bobowatych grubonasiennych (strączkowych) na obszarze Polski. Realizacja Programu Wieloletniego, pt. *Ulepszenie krajowych źródeł białka roślinnego, ich produkcji, systemu obrotu i wykorzystania w paszach* w latach 2011-2015, miała na celu zwiększenie stopnia zainteresowania polskich producentów rolnych uprawą roślin bobowatych grubo- i drobnonasiennych. Przedmiotem oddziaływania niniejszego programu było również zwiększenie udziału tych roślin w strukturze zasiewów i w konsekwencji wykorzystania ich na cele paszowe dla zwierząt monogastrycznych i przeżuwaczy (Święcicki i in. 2015). Kontynuację projektu stanowił Program Wieloletni 2016-2020; *Zwiększenie wykorzystania krajowego białka paszowego dla produkcji wysokiej jakości produktów zwierzęcych w warunkach zrównoważonego rozwoju* ustanowiony Uchwałą Rady Ministrów nr 222/2015 z dnia 15 grudnia 2015 r. Program ten miał na celu stworzenie warunków do zwiększenia bezpieczeństwa białkowego w kontekście paszowym i żywnościowym, uwzględniając jednocześnie zasady zrównoważonego rozwoju.

W ostatnich latach, w Polsce, obserwowany jest wzrost zainteresowania produkcją soi na nasiona, jednak wciąż istotnym elementem jest optymalizacja agrotechniki, ponieważ ma ona decydujący wpływ na ekonomiczny sukces uprawy. Przyczyn uzyskiwania w praktyce polowej niesatysfakcjonujących plonów nasion soi upatruje się, między innymi, w jej nieodpowiedniej pozycji w zmianowaniu, niewłaściwym terminie siewu i zbioru, niezastosowaniu szczepienia nasion kulturami bakterii symbiotycznych, nieterminowym zwalczaniu chwastów, niewłaściwie dobranej architekturze łanu lub braku wiedzy o właściwym doborze odmiany hodowlanej do warunków klimatyczno-glebowych miejsca uprawy.

2. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA

Zainteresowanie soją spowodowane jest bogatym składem chemicznym nasion, w tym, między innymi, zawartością 35-45% białka oraz 18-22% tłuszczu (Medic i in. 2014, Natarajan 2014). Białko soi zawiera wszystkie egzogenne aminokwasy, w przeważającej ilości lizynę, i posiada znaczącą wartość biologiczną (Young i Pellett 1994, Lee i in. 2003, Popovic i in.. 2012)**.** Zawartość tłuszczu (oleju) w nasionach soi uzależniona jest przede wszystkim od cech genetycznych odmiany i przebiegu warunków wilgonościowo-termicznych w okresie jej wzrostu (Hou i in. 2006; Abdelghany i in. 2020). Należy zauważyć, że soja zajmuje drugie miejsce na światowym rynku surowców wykorzystywanych do produkcji oleju, ustępując miejsca jedynie olejowcowi gwinejskiemu, zwanemu popularnie palmą olejową (Clemente i Cahoon 2009, Sultan i in. 2015, Taheripour i in. 2019). Kompozycja kwasów tłuszczowych w nasionach soi jest istotna z uwagi na jakość i stabilność pozyskiwanego oleju. Olej sojowy jest bogaty w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), szczególnie w kwas linolowy (18:2) i linolenowy (18:3), jednak w literaturze podkreślany jest fakt występowania niekorzystnego stosunku (7:1) kwasów omega-6 (kwas linolowy) do omega-3 (kwas linolenowy) (Simopoulos 2010, Lopes i in. 2015, Deol i in. 2017). Za korzystny dla zdrowia uznaje się stosunek ilościowy kwasu linolowego do linolenowego oleju rzepakowego wynoszący 2:1 (Wroniak, 2012). Wielu autorów wykazało, że temperatura powietrza jest czynnikiem środowiskowym wpływającym na profil kwasów tłuszczowych, ponieważ silnie oddziałowuje na biosyntezę kwasów tłuszczowych, zwłaszcza nienasyconych (Rennie i Tanner 1989, Tsukamoto i in. 1995, Primomo *i in.*, 2002). Badania Abdelghany i in. (2020) wykazały średnią zawartość kwasu palmitynowego w nasionach soi na poziomie 12,2%, stearynowego 3,8%, oleinowego 21,5%, linolowego 54,2%, linolenowego 8,3%. Zbliżone wartości uzyskał Churakov i in. (2020), który w zależności od odmiany odnotował poziom kwasu palmitynowego w zakresie 11,3-11,9%, stearynowego 3,6-4,9%, oleinowego 17,6-22,4%, linolowego 49,1-54,5%, linolenowego 10,4-13,1%. Z uwagi na fakt, że dieta wpływa na zdrowie i jakość życia ludzi, a choroby sercowo-naczyniowe stanowią jedną z głównych przyczyn śmierci, podjęto działania mające na celu ocenę wpływu spożycia poszczególnych kwasów tłuszczczowych na zdrowie ludzi (Messina i in. 2021). Spożycie kwasu linolenowego przyczynia się do obniżenia ryzyka wystąpienia chorób serca, a kwas linolowy wpływa na obniżenie poziomu frakcji LDL (ang. low-density lipoprotein, cholesterol związany z lipoproteinami o małej gęstości) cholesterolu we krwi (Sanders i in. 1997, Froyen i Burns-Whitmore 2020). W oleju sojowym najwyższą zawartość

stanowi kwasu linolowy, który, z uwagi na obecność dwóch wiązań podwójnych w łańcuchu węglowym, jest wrażliwy na utlenianie i degradację pod wpływem obróbki termicznej. Producenci oleju sojowego mając na celu zwiększenie jego stabilności, stosują częściowe uwodornienie, które wydłuża jego okres przydatności do spożycia i zwiększa odporność oksydacyjną. W czasie procesu uwodornienia zachodzi proces izomeryzacji wielonienasyconych kwasów tłuszczowych cis do trans (Wilk 2017), który jest niekorzystny dla zdrowia człowieka (Dybkowska 2015). Nadmierne spożycie kwasów tłuszczowych trans wpływa na rozwój zespołu metabolicznego, który z defnicji nie stanowi odrębnej jednostki chorobowej, ale jest nagromadzeniem czynników takich jak: otyłość brzuszna, nadciśnienie tętnicze, podwyższony poziom cukru na czczo, które przyczniają się do ryzyka wystąpienia chorób serca (Iqbal 2014, Kalinowski i Mianowana 2016). Kwas stearynowy, w porównaniu do innych nasyconych kwasów tłuszczowych (tj. palmitynowy, laurynowy) nie przyczynia się do wzrostu poziomu cholesterolu w surowicy krwi, ponieważ w organizmie człowieka zostaje szybko przekształcony w jednonienasycony kwas oleinowy (Emken 1994, Hunter i in. 2010).

Nasiona soi są bogate w potas, zawierają go aż 1593 mg·100 g^{-1}. Ponadto w soi znajdziemy 262 mg·100 g^{-1} wapnia, 570 mg·100 g^{-1} fosforu, 280 mg·100 g^{-1} magnezu i 29 mg·100 g^{-1} sodu (Van Eys i in. 2005).

Soja jest stosunkowo młodą rośliną w europejskim rolnictwie. Pierwsze eksperymenty polowe z soją odnotowano w Austrii w 1875 roku (Haberlandt 1878). Trzy lata później, pierwszą próbę uprawy soi w Polsce podjął Antoni Sempołowski. Badania prowadzono w Wyższej Szkole Rolniczej im. Haliny w Żabikowie (Łykowski 1984). Doświadczenia te zakończyły się niepowodzeniem z powodu zbyt długiego okresu wegetacyjnego odmian soi, które w warunkach klimatycznych Polski nie mogły osiągnąć dojrzałości pełnej.

Kolejną próbę uprawy soi na obszarze Podola podjął Owsiński. W 1893 roku rozpoczął proces upowszechniania własnych odmian: Podolskiej Wczesnej Czarnej i Podolskiej Wczesnej Brunatnej. Dodatkowo opublikował w języku polskim pierwszą broszurę: *Soja wczesna* (*Soja hispida praecox*). Jednak działania Owsińskiego również nie dały zadowalajacych efektów, ponieważ wyhodowane odmiany były zbyt późne (Mackiewicz, 1965). W okresie międzywojennym na nowo podjęto prace hodowlane nad soją. Wynikiem tych działań było uzyskanie odmiany Wileńskiej Brunatnej (Strażewicz, Ogród Botaniczny Uniwersytetu Stefana Batorego w Wilnie) Kisielnickiej Czarnej (Machalica, Zakład Doświadczalny w Kisielnicy) i Puławskiej Wczesnej Żółtej (Dzikowski,

Instytut Naukowy Gospodarstwa Wiejskiego w Puławach). Siew wykonywano zgodnie z zaleceniami mandżurskimi i amerykańskimi – siew rzadki, punktowy w rozstawie 50 x 20 cm i 40 x 40 cm, 60 x 40 cm oraz 60 x 60 cm (Mackiewicz, 1965). W latach 1925-1935, z powodu obaw o dużą wrażliwość roślin na wiosenne przymrozki, stosowano opóźniony termin siewu. W pracach nad soją nie bez znaczenia pozostaje fakt, że w ośrodkach badawczych nie wykorzystywano i nie porównywano tych samych odmian soi, jak również nie stosowano jednolitych instrukcji prowadzenia upraw, a ponadto badania były prowadzone z przerwami.

W latach 1942-1948, na podstawie doświadczeń przeprowadzonych w Państwowym Instytucie Naukowym Gospodarstwa Wiejskiego (PINGW) w Puławach, uznano siew w rozstawie 40 x 7,5 cm oraz 40 x 10 cm za najbardziej optymalny (Czerwiński 1951). Po zakończeniu II Wojny Światowej w PINGW w Bydgoszczy i Puławach powrócono do badań hodowalnych i uprawowych nad soją. Prowadzone badania były zaplanowane oraz ukierunkowane na kompleksowe poznanie specyfiki uprawy soi w polskich warunkach klimatycznych. Badano, przede wszystkim, wpływ terminu siewu, architektury łanu i nawożenia oraz pielęgnacji zasiewów na wysokość plonu nasion. Wykazano, że soja wysiewana w rzadszej rozstawie rzędów nie przykrywa międzyrzędzi, co w konsekwencji determinuje wzrost zachwaszczenia uprawy. Badano również reakcję soi na niekorzystne warunki wilgotnościowo-termiczne, gdzie wykazano, że w porównaniu do innych roślin strączkowych, lepiej znosi ona okresy suszy na glebach lekkich oraz wytrzymuje wiosenne przymrozki do -5°C (Czerwiński 1951, Łykowski 1984). W latach 50. XX wieku prowadzone były badania z wykorzystaniem polskich odmian soi takich, jak Mazowiecka, Bydgoska 057, Warszawska i Złotka Młochowska. W latach 1951-1956 przeprowadzono doświadczenia z 17 gatunkami roślin oleistych, w tym z soją. Eksperyment był nieprecyzyjny z powodu niewłaściwego kryterium oceny wyników – brano pod uwagę liczbę dojrzewających upraw w danym województwie. Do rejonów korzystnych pod kątem uprawy soi zaliczono, między innymi, ówczesne województwa: kieleckie, gdańskie i szczecińskie. Na terenach tych w rzeczywistości panowały jednak niekorzystne warunki klimatyczne do jej uprawy (Łykowski, 1984).

W latach 60. XX wieku prace nad adaptacją soi do uprawy w polskich warunkach klimatycznych prowadził Szyrmer. W badaniach wykorzystywane były odmiany polskie i zagraniczne, a doświadczenia prowadzono na terenie województwa krakowskiego,

warszawskiego i rzeszowskiego. Wtedy dostrzeżono potencjał rejonów południowo-wschodnich kraju pod względem klimatycznym, jako najbardziej optymalny (Szyrmer, 1969). W latach 70. XX wieku wyhodowano dwie odmiany soi Progres i Ajma. Odmiana Progress cechowała się najkrótszym okresem wegetacyjnym, który wynosił około 120 dni, co pozwalało na dojrzewanie roślin na południu kraju w ostatniej dekadzie sierpnia, a w części centralnej – w pierwszej dekadzie września (Łykowski 1984).

W 1992 roku do Krajowego Rejestru (KR) prowadzonego przez Centralny Ośrodek Badań Odmian Roślin Uprawnych (COBORU) wpisano polską odmianę soi – Aldanę. Należy ona do odmian wczesnych (grupa wczesności 000). Zalecana jest do uprawy na obszarze całego kraju z wyłączeniem podgórza i północy. Ostatnią, polską odmianę soi Augusta wpisano do KR w 2002 roku (COBORU 2017).

Obecnie w Krajowym Rejestrze Odmian znajdują się 32 odmiany soi, z czego w 2021 roku wpisano 7 nowych odmian (Abaca, Ceres PZO, ES Chancellor, ES Conductor, Karok, Magnolia PZO, Sully).

Dodatkowo polscy producenci rolni mogą skorzystać z odmian, które są wpisane do Wspólnotowego Katalogu Odmian Roślin Rolniczych (CCA) (Wspólnotowy Katalog Odmian Roślin Rolniczych 2021).

W praktyce rolniczej znaczący jest właściwy termin siewu soi (Divito *i in.,* 2016). Soja jako rosliną ciepłolubną wymaga wysiewu do ogrzanej gleby, powyżej 8°C. W zachodniej części Polski dogodne warunki temperaturowe przypadają na przełom kwietnia i maja. W przypadku wysiewu przy temperaturzye gleby niższej niż 8°C, wschody roślin są opóźnione, nierównomierne i narażone na działanie mikroorgnizmów (Bubniewicz i in., 2017). Opóźnienie terminu siewu przyczynia się do znaczącego obniżenia plonu (Bastidas i in. 2008, Kumagai i Takahashi 2020).

Istotna jest również odpowiednia architektura łanu, która prowadzi do minimalizacji konkurencji wewnątrzodmianowej i pozwala na maksymalizację wykorzystania dostępnych zasobów środowiska (Bellaloui i in., 2015). Rozmieszczenie roślin w łanie determinuje wzrost i uzyskane plony (De Bruin i Pedersen 2008, Sobko i in. 2019). W warunkach dużego zagęszczenia, w porównaniu do niskiej obsady, rośliny konkurują o dostęp do światła, co przyczynia się do wykształcenia mniejszej ilości rozgałęzień, zawiązania mniejszej ilości strąków (Toleikiene i in. 2021). Wysokie zagęszczenie roślin determinuje również niższą

masę wykształconych nasion i samej rośliny (Sichilima i in. 2018). Właściwy rozkład przestrzenny roślin stanowi jeden z najbardziej istotnych czynników determinujących uzyskany plon.

Istotne jest również stosowanie nasion o wysokiej wartości użytkowej, gdyż tylko taki materiał siewny gwarantuje uzyskanie wyrównanych wschodów roślin. Jest to ważne z uwagi na mniejsze ryzyko zachwaszczenia uprawy w początkowym okresie wzrostu i rozwoju soi. Wielu autorów wspomina o wysokiej podatności soi na zachwaszczenie w okresie do 4 tygodni po wschodach (Avola i in. 2008). Według Keramati i in. (2008) ograniczone wystąpienie zachwaszczenia w okresie do 5-6 tygodni od fazy 2. liścia (V2) jest wystarczające do uzyskania właściwego plonu.

Badania dotyczące odporności soi na uszkodzenia wynikające z wystąpienia gradu potwierdzają znaczącą redukcję plonu w zależności od fazy rozwojowej roślin oraz intensywności opadu atmosferycznego (Kalton i in. 1949). Wykazano największą obniżkę plonu nasion w okresie wykształcania najniższych strąków, odpowiednio o 27, 50, 77% dla lekkiego, umiarkowanego i silnego gradobicia. Plony nasion zmniejszyły się najmniej na skutek wystepującego gradobicia, gdy rośliny osiągały wysokość od 15,24 do 30,48 cm i miały rozwinięte od dwóch do pięciu liści trójlistkowych.

W Polsce nie ma prawnie zalegalizowanej definicji biostymulatora (Matyjaszczyk, 2015). Pojęcie biostymulator jest stosowane do opisu preparatów pozytywnie wpływających na rozwój roślin. Jednocześnie substancje te nie wykazują działania nawozowego (Gawrońska i in., 2008). Działanie ich sprowadza się do podwyższania poziomu naturalnie występujących zdolności adaptacyjnych rośliny na czynniki stresowe (Przybysz i in. 2010, du Jardin 2015, García-García i in. 2020). W przypadku niewystąpienia czynnika stresowego działania biostymulatorów mogą koncentrować się na lepszym wykorzystaniu przez roślinę genetycznych zdolności adaptacyjnych w okresie wegetacji (Pruszyński 2008, Calvo i in. 2014) lub nie wykazują one żadnego efektu (Księżak, 2008).

Biostymulator Asahi SL jest znany na rynkach europejskich i światowych pod nazwą Chaperone (USA) bądź Atonik (Bynum i in. 2007). Asahi SL jest preparatem, w którego składzie znajdują się substancje aktywne z grupy nitrofenoli, tj.:

- para-nitrofenolan sodu (3 $g \cdot dm^{-3}$),
- orto-nitrofenolan sodu (2 $g \cdot dm^{-3}$),
- 5-nitrowajakolan sodu (1 $g \cdot dm^{-3}$).

Substancje te po aplikacji preparatu w postaci oprysku dolistnego, w wyniku przebiegu procesów metabolicznych, przekształcają się do substancji naturalnie występujących w roślinach (Przybysz i in. 2014).

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

Z uwagi na fakt, iż preparat Asahi SL nie zawiera w swym składzie składników pokarmowych, a jego działanie koncentruje się na poprawie naturalnie występujących procesów życiowych w roślinie, został on przyporządkowany do środków ochrony roślin, których stosowanie, obrót i konfekcjonowanie są regulowane przez przepisy *Ustawy o środkach ochrony roślin* (Dz.U.2017.0.50 tj. - Ustawa z dnia 8 marca 2013 r. o środkach ochrony roślin). Preparat Asahi SL został wprowadzony do użytku zezwoleniem Ministerstwa Rolnictwa i rozwoju Wsi (MRiRW) nr R-62/2012 z dnia 30.03.2012 r. zmienionym decyzją MRiRW nr R-307/2012 z dnia 19.11.2012 r., decyzją MRiRW nr R-1004/2015d z dnia 18.12.2015 r. oraz decyzją MRiRW nr R- 493/2016d z dnia 21.10.2016 r. (MRiRW 2018).

Działanie preparatu Asahi SL zostało dotychczas ocenione na wybranych roślinach uprawnych, zarówno w badaniach krajowych, jak i zagranicznych. Stwierdzono, że aplikacja tego preparatu wpływa pozytywnie na cechy morfologiczne roślin oraz poprawia cechy jakościowe i ilościowe otrzymanego plonu.

Zastosowanie preparatu Asahi SL wywołało pozytywny wpływ na rozwój części wegetatywnych rzepaku ozimego, w tym na wysokość roślin (Malarz i in. 2008), liczbę rozgałęzień bocznych, liczbę łuszczyn na roślinie oraz liczbę nasion w łuszczynie (Harasimowicz-Hermann i Borowska 2006).

Aplikacja biostymulatora Asahi SL w uprawie roślin okopowych może przyczynić się do zmniejszenia porażenia bulw, ograniczenia udziału szkód wywołanych przez parcha zwykłego (Sawicka i Krochmal-Marczak 2009) oraz redukcji nasilenia suchej zgnilizny bulw i zarazy ziemniaka (Cwalina-Ambroziak i in. 2015). Dodatkowo badania (Czeczko i Mikos-

Bielak 2004) dowiodły, że zastosowanie preparatu Asahi SL przyczynia się do zwiększenia otrzymanego plonu bulw ziemniaka jadalnego, jednak stopień jego działania jest uzależniony od przebiegu warunków wilgotnościowo-termicznych w okresie prowadzenia badań. Podobną zależność wykazał Matysiak i in. (2011) w badaniach nad burakiem cukrowym. Badania Maciejewskiego i in. (2007) nie wykazały natomiast wpływu zastosowania preparatu Asahi SL na strukturę plonu bulw ziemniaka jadalnego oraz zawartość suchej masy. Oceniono również działanie Asahi SL jako preparatu wspomagającego regenerację roślin okopowych po zastosowaniu różnego typu herbicydów. Badania Urbanowicza (2012) dowiodły, że dwukrotny zabieg preparatem Asahi SL skrócił czas fitotoksyczności zastosowanej do odchwaszczania metrobuzyny. Ma to duże znaczenie praktyczne dla odmian ziemniaka o krótkim okresie wegetacji.

Badania Czeczko i Mikos-Bielak (2004) wykazały, że zastosowanie preparatu Asahi SL zwiększało plon bulw ziemniaka średnio o ok. 14% (jednokrotny oprysk), korzenia selera w zakresie od 17 do 35%, a cebul pora od 22 do 34%.

Prowadzono również badania dotyczące wpływu preparatu Asahi SL na cechy morfologiczne cebul czosnku złocistego oraz jego plonowanie. Dowiedziono, iż zastosowanie 0,2% roztworu Asahi SL na pąk determinuje zwiększenie plonu liczbowego cebul o 10%. W badaniach wykorzystano również podwójne zastosowanie biostymulatora – pierwsze, przed sadzeniem, polegające na moczeniu cebul przez 45 minut i drugi, w okresie wegetacji, w formie oprysku 0,2% Asahi SL, co spowodowało wzrost masy uzyskanych cebul o 41% w stosunku do kontroli (bez zastosowania biostymulatora) (Laskowska i in. 2013).

Serafin-Andrzejewska i Kozak (2018a, 2018b) zbadali wpływ zastosowania biostymulatora Asahi SL na cechy morfologiczne roślin i skład chemiczny nasion gorczycy białej. Pierwszy czynnik doświadczenia stanowiły odmiany gorczycy białej – Nakielska, Metex, Radena. Drugim czynnikiem badawczym były zróżnicowane terminy aplikacji biostymulatora Asahi SL w dawce 0,6 $dm^3 \cdot ha^{-1}$ (kontrola, faza listnienia BBCH 15, faza pąkowania BBCH 55, podwójny zabieg w fazie listnienia i fazie pąkowania). Zastosowanie biostymulatora Asahi SL wpływało istotnie statystycznie na wszystkie badane parametry morfologiczne roślin gorczycy białej. Podwójny zabieg biostymulatorem zwiększał wysokość roślin o 5,1% a pojedynczy o 3,0% w porównaniu do kontroli. Wysokość do pierwszego rozgałęzienia była odpowiednio wyższa o 5,7 i 8,5% w odniesieniu do kombinacji bez zastosowania biostymulatora. W kombinacji kontrolnej uzyskano najniższy plon – 1,39 $t \cdot ha^{-1}$.

Jednokrotny zabieg biostymulatorem zwiększał uzyskany plon o 6,5 i 8,6% (oprysk w fazie listnienia, pąkowania) w odniesieniu do kombinacji kontrolnej, a podwójny oprysk (w fazie listnienia i pąkowania) zwiększył uzyskany plon o 10,1%. Aplikacja preparatu Asahi SL korzystnie wpłynęła na zwiększenie koncentracji tłuszczu surowego w nasionach gorczycy białej oraz obniżenie zawartości popiołu surowego i włókna surowego. Składniki mineralne w nasionach gorczycy białej takie jak fosfor, wapń i potas odnotowane zostały na niższym, a magnez i sód na wyższym poziomie, w kombinacjach z użyciem biostymulatora, w porównaniu do kontroli.

Zgodnie z szacunkami Instytutu Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy zapotrzebowanie na białko paszowe w Polsce jest pokrywane przez śrutę sojową w 62%, w 23% przez śrutę rzepakową, w 7,5% przez śrutę słonecznikową, a 6,5% przez nasiona roślin bobowatych.

Z analizy ekonomicznej opracowanej przez Gugałę i in. (2017) wynika, że wykorzystanie biostymulatorów w uprawie rzepaku ozimego w korzystny sposób wpływało na uzyskany plon nasion, determinując wzrost opłacalności uprawy (z ujętymi dopłatami bezpośrednimi) od 2,7 do 6,1%.

Badania Dobek i Dobek (2008) wykazały, że uprawa soi w Polsce jest opłacalna, o czym świadczy średnia wartość wskaźnika efektywności ekonomicznej produkcji soi, który wyniósł w badanych gospodarstwach 2,67. Średni dochód z produkcji 1 tony soi w gospodarstwach mieścił się w zakresie 1264,4 – 1678 zł·t^{-1}.

Zgodnie z kalkulacją Boczara (2016) łączne koszty produkcji nasion soi w wybranych gospodarstwach zagranicznych, kształtowały się na poziomie: Argentyna 420-500 €·ha^{-1}, Brazylia 700-830 €·ha^{-1}, Stany Zjednoczone 550-1200 €·ha^{-1}. W Polsce koszty produkcji wyniosły 907 €·ha^{-1}. Koszty bezpośrednie, (do których wliczono koszt zakupu nasion, nawożenie, środki ochrony roślin i inne koszty bezpośrednie np. koszt suszenia, nawodnienia, ubezpieczenie upraw oraz koszt odsetek od kapitału finansującego nakłady bezpośrednie), kształtowały się na poziomie 110-120 €·ha^{-1} Argentyna, 340-400 €·ha^{-1} Brazylia, 230-310 €·ha^{-1} Stany Zjednoczone, a w Polsce 360 €·ha^{-1}. W Argentynie największy udział w kosztach bezpośrednich stanowił zakup materiału siewnego (około 30%) oraz koszt zakupu herbicydów (40%). W Brazylii największy nakład stanowił koszt nawożenia i herbicydów – odpowiednio 40 i 30%. W gospodarstwach amerykańskich w zależności od lokalizacji

najwyższe koszty stanowiło nawożenie (40%) i nasiona (30 i 50%). W Polsce najwyższy udział w kosztach bezpośrednich zajmował zakup materiału siewnego – 55%. Koszty produkcji jednej tony nasion soi w ww. gospodarstwach wynosiły odpowiednio: 120-140 €·t^{-1} Argentyna, 220-240 €·t^{-1} Brazylia, 250 i 370 €·t^{-1} USA (wyższa wartość uzyskana w gospodarstwie z wyższymi kosztami ziemi) oraz w Polsce 324 €·t^{-1}.

3. CEL, OBSZAR BADAŃ I HIPOZEZY ROBOCZE

Celem prowadzonych w latach 2015-2017 dwóch niezależnych serii badań polowych była ocena wpływu (w serii I) zmiennej architektury łanu soi kształtowanej przez zróżnicowaną rozstawę rzędów i liczbę wysianych nasion na 1 m^2 oraz (w II serii) zróżnicowanej rozstawy rzędów i aplikacji biostymulatora Asahi SL na rozwój, plonowanie oraz jakość nasion soi uprawianej w warunkach agroekologicznych województwa dolnośląskiego.

Szczegółowe cele badań obejmowały określenie wpływu badanych czynników na:

- wzrost i rozwój fazowy soi odmiany Merlin,
- kształtowanie cech morfologicznych roślin soi, elementów struktury plonu oraz plonu nasion i resztek pozbiorowych,
- skład chemiczny nasion i resztek pozbiorowych soi,
- wydajność z nasion białka ogółem i tłuszczu surowego z 1 hektara,
- profil kwasów tłuszczowych pozyskanego oleju sojowego,
- rachunek ekonomiczny uprawy soi na nasiona.

Przyjęte hipotezy robocze zakładały, że (w serii I) zróżnicowana architektura łanu i/lub (w serii II) dolistna aplikacja biostymulatora Asahi SL w różnych fazach rozwojowych soi istotnie wpłyną na kształtowanie cech ilościowych i jakościowych roślin soi, co następnie znajdzie swoje odzwierciedlenie w poziomie uzyskanych plonów nasion i resztek pozbiorowych oraz ich składzie chemicznym.

Obszar badań obejmował:

- realizację doświadczeń polowych,
- analizy morfologiczne pozyskanego materiału roślinnego,
- analizy składu chemicznego nasion oraz resztek pozbiorowych,
- analizy ilości i profilu kwasów tłuszczowych,
- kalkulacje ekonomiczne uprawy soi na nasiona.

4. METODYKA BADAŃ

W latach 2015-2017 na polach doświadczalnych Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin (aktualnie Instytutu Agroekologii i Produkcji Roślinnej) Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przeprowadzone zostały dwie niezależne serie badań polowych, dotyczące wpływu wybranych czynników agrotechnicznych na rozwój i plonowanie soi uprawnej. I seria badań obejmowała ocenę wpływu zróżnicowanej rozstawy rzędów i liczby wysiewanych nasion na jednostce powierzchni na kształtowanie architektury łanu, a w efekcie końcowym wielkości i jakości plonu nasion soi. W II serii badań analizowano wpływ zróżnicowanej rozstawy rzędów i aplikacji preparatu Asahi SL na rozwój i plonowanie soi uprawnej. W obu seriach badań zastosowano metodę split-plot, w czterech powtórzeniach, z dwoma czynnikami zmiennymi, którymi w kolejności były:

I seria badań

1. Zróżnicowana rozstawa rzędów (15, 30 cm),
2. Zróżnicowana liczba wysiewanych nasion na $1m^2$ (50, 70, 90 szt.).

II seria badań

1. Zróżnicowana rozstawa rzędów rosnących roślin soi (15, 30 cm)
2. Aplikacja preparatu Asahi SL:
   - kontrola – bez aplikacji,
   - faza listnienia (BBCH 14-15),
   - faza pąkowania (BBCH 59),
   - listnienia i pąkowania (BBCH 14-15 i BBCH 59).

Liczba obiektów badawczych w serii I. wynosiła 6, a w serii II. – 8. Powierzchnia pojedynczego poletka do zbioru wynosiła 15 m^2 (1,5 m x 10 m). W doświadczeniu z zastosowaniem preparatu Asahi SL (seria II) liczba wysiewanych nasion soi o pełnej wartości użytkowej na $1m^2$ wynosiła 70 sztuk.

Każdego roku, przed założeniem doświadczeń pobierano próbki gleby według normy (PN-R-04031:1997, 1997) w celu oznaczenia zawartości składników pokarmowych – potasu, magnezu, fosforu i pH gleby w 1 M KCl.

W przypadku obu serii doświadczeń polowych przeprowadzone zostały obserwacje rozwoju roślin. Przed zbiorem (w I i II serii badań) na 10 losowo wybranych roślinach z każdego poletka doświadczalnego oceniono:

- wysokość roślin (cm),
- wysokość osadzenia I. strąka (cm),
- liczbę rozgałęzień I. rzędu (szt.),
- liczbę strąków płodnych (z nasionami) na roślinie (szt.),
- liczbę strąków płonnych (bez wykształconych prawidłowo nasion) na roślinie (szt.),
- liczbę strąków ogółem (płodne + płonne),
- liczbę nasion z 1 rośliny (szt.),
- masę nasion z 1 rośliny (g),
- masę nasion w 1 strąku (g),
- masę strączyn z 1 rośliny (g),
- masę łodyg z 1 rośliny (g).

Dodatkowo na każdym poletku, po wschodach i przed zbiorem, określono obsadę roślin na 2 mb rzędu (zawsze w 3 rzędzie poletka), a następnie przeliczono otrzymane wartości na powierzchnię 1 m^2. Wartość siewną materiału określono na podstawie Międzynarodowych Przepisów Oceny Nasion (ISTA 2006), obliczając masę 1000 nasion (g) na podstawie wyników z 4 losowo wydzielonych prób (4 x 100 szt.).

Ocena jakościowa materiału roślinnego:

- 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, strączyny, łodygi (metoda suszarkowa poprzez suszenie rozdrobnionego materiału roślinnego przez 4 godz. w temperaturze 105°C,
- włókno surowe – nasiona (metoda Henneberga-Stohmanna),
- zawartość makroskładników w nasionach, strączynach, łodygach:
    - K, Ca – metoda fotometrii płomieniowej,
    - P, Mg – metoda kolorymetryczna,

- Profil kwasów tłuszczowych – nasiona (metoda chromatografii gazowej z detekcją płomieniowo-jonizacyjną FID stosując kolumnę ZB-WAX (30 m × 0,25 mm i.d., 0,25 μm grubość filmu).

Warunki analizy profilu kwasów tłuszczowych:

- gaz nośny - hel,
- temperatura komory nastrzykowej – 250°C,
- temperatura detektora – 270°C,
- program temperaturowy pracy kolumny – 80°C przez 1 min,
- przyrost temperatury do 140°C z szybkością 45°C $\cdot min^{-1}$,
- przyrost temperatury do 200°C z szybkością 10°C $\cdot min^{-1}$,
- przyrost temperatury do 250°C z szybkością 45°C $\cdot min^{-1}$,
- temperatura 250°C przez 7 minut,
- całkowity czas analizy – 24 min.

Skład kwasów tłuszczowych wyrażono jako procent całkowitej ilości kwasów tłuszczowych.

Na podstawie % składu kwasów tłuszczowych wyliczano zawartość kwasów tłuszczowych o działaniu hipocholesterolemicznym (DFA) oraz kwasów tłuszczowych o działaniu hipercholesterolemicznym (OFA), proporcje między DFA/OFA= (HH) oraz kwasami UFA/SFA, a także indeksy: trombogeniczny (TI) oraz aterogeniczny - miażdżycowy (AI) według następujących równań:

MUFA – suma kwasów jednonienasyconych,

PUFA – suma kwasów wielonienasyconych,

SFA – suma kwasów nasyconych,

UFA – suma kwasów nienasyconych,

ω-3 = (C18:3n3 + C18:4n3+ C20:4n3 +C20:5n3+C22:5n3+C24:5n3+C24:6n3 +C22:6n3)

ω-6 = (C18:2n6 + C18:3n6+ C20:2, C20:3n6 +C20:4n6)

Zawartość bezazotowych związków wyciągowych obliczono odejmując od 1000 sumaryczną zawartość ($g \cdot kg^{-1}$): białka ogółem, tłuszczu surowego, popiołu i włókna surowego zawartych w suchej masie nasion.

Miejsce wykonania analiz chemicznych: Laboratorium Instytutu Agroekologii i Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

Syntezę wyników przeprowadzono po zakończeniu 3. letnich eksperymentów polowych i analiz laboratoryjnych. Analizę wariancji 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 program Statistica 13.3 PL oraz Microsoft Excel.

Rachunek ekonomiczny opłacalności uprawy soi

Do wykonania kalkulacji kosztów wykorzystano cenniki usług rolniczych opracowanych na podstawie danych pochodzących z podmiotów gospodarczych opublikowanych przez Dolnośląski Ośrodek Doradztwa Rolniczego we Wrocławiu oraz dane komercyjne (CGFP).

Efektywność ekonomiczna produkcji nasion soi została określona na podstawie dochodu z jednego hektara, który obliczono jako różnicę wartości produkcji (przychody ze sprzedaży wraz z dopłatami) oraz sumy kosztów bezpośrednich i pośrednich.

Niniejsze opracowanie wykonano w oparciu o metodę porównawczą (Kopeć, 1983). Nie uwzględniono korzyści z uprawy soi jako przedplonu dla gatunków następczych.

Pod pojęciem kosztu w ujęciu rachunkowym rozumiana jest suma wysokości nakładów wymagana do wytworzenia produktu lub usługi (Ludwiczak 1989, Chmielewski 2008).

W kalkulacji kosztów zawarto koszty bezpośrednie i pośrednie oraz sumy kosztów dla ocenianej odmiany soi w poszczególnych latach badań. Do kosztów bezpośrednich przyporządkowane zostały elementy kosztów, które można zaliczyć do kosztów danego produktu (Ludwiczak, 1989).

Koszty bezpośrednie obejmowały wydatki z tytułu prowadzenia działalności i wielkości produkcji, a ujęto w nich: uprawę roli, nawożenie, ochronę plantacji, koszt zakupu materiału siewnego i siew. Różnica między roczną wartością produkcji z 1 ha, a poniesionymi kosztami, stanowi nadwyżkę bezpośrednią. Średnia nadwyżka bezpośrednia została wyliczona z uwzględnieniem dopłat. W rachunku przyjęto wykonanie wszystkich prac agrotechnicznych przy wykorzystaniu maszyn własnych. Wartości dopłat UE przyjęto zgodnie z obowiązującymi wartościami w poszczególnych latach badań. Uzyskany dochód obliczono w oparciu o różnicę wartości produkcji i poniesionych kosztów.

Koszty pośrednie stanowiła uprawa roli, siew nasion, zastosowane opryski, zbiór nasion, podatek rolny i 10% narzut od sumy kosztów bezpośrednich uprawy roli i pozostałych kosztów eksploatacji maszyn. Wartość produkcji dla poszczególnych kombinacji doświadczenia wynikała z plonu nasion soi oraz zaoferowanej ceny sprzedaży.

Dopłaty do 1 ha były sumą płatności wynikających z funkcjonowania w ramach wspólnej polityki rolnej (jednolita płatność obszarowa, płatność do roślin strączkowych, do zazieleniania oraz dopłaty do zużytego materiału siewnego w stopniu kwalifikowanym C1). W obliczeniach nie ujęto kosztów ubezpieczenia uprawy. Cenę sprzedaży 1 tony nasion przyjęto na podstawie średniej ceny skupu w latach prowadzenia badań.

5. WARUNKI PROWADZENIA BADAŃ

5.1. Lokalizacja

Obie serie doświadczeń polowych zostały zrealizowane na polach doświadczalnych Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin (aktualnie Instytutu Agroekologii i Produkcji Roślinnej) Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Pola doświadczalne zlokalizowane są w Ramiszowie (17°02´ E, 51°31´ N, 122 m n.p.m.) oddalonym o około 10 km od centrum Wrocławia.

5.2. Warunki glebowe

W latach 2015-2017 doświadczenia polowe (I i II seria badań) zakładano na glebie klasyfikowanej jako gleba płowa opadowo-glejowa w rzędzie gleb płowoziemnych (Systematyka Gleb Polski, 2019), wytworzona z gliny piaszczystej na glinie zwykłej, zaliczanej do drugiego kompleksu przydatności rolniczej – pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej III b.

Każdego roku, przed założeniem doświadczeń polowych pobierano próbki gleby zgodnie z normą (PN-R-04031:1997, 1997) w celu oznaczenia zawartości składników pokarmowych – potasu, magnezu, fosforu i pH gleby w 1 M KCl.

5.3. Seria I

W I serii badań zawartość fosforu w glebie w latach 2015 i 2016 była wysoka, natomiast w roku 2017 bardzo wysoka. Zasobność gleby w potas we wszystkich latach prowadzenia badań była średnia. Zawartość magnezu w glebie była zróżnicowana – w 2015 roku wysoka, w 2016 średnia, natomiast w 2017 bardzo wysoka. Odczyn pH gleby w latach 2015-2017 był kwaśny (tab. 1).

Tabela 1

Zasobność gleby w makroskładniki oraz pH gleby w latach 2015-2017

Lata badań	P	K	Mg	pH
	mg·1000 g^{-1} gleby			1 M KCl
2015	77,8	159,8	81,3	5,9
2016	97,0	151,8	63,8	5,8
2017	70,3	141,4	115,9	5,6

5.4. Seria II

W II serii badań zasobność gleby w 2015 i 2017 roku w fosfor była wysoka, natomiast w 2016 roku bardzo wysoka. Zawartość potasu w glebie w latach 2015 i 2017 kształtowała się na średnim poziomie, a w 2016 roku na wysokim. Zawartość magnezu w glebie zmieniała się od średniej do bardzo wysokiej. Odczyn pH gleby w latach badań był kwaśny (tab. 2).

Tabela 2

Zawartość gleby w makroskładniki oraz pH gleby w latach 2015-2017

Lata badań	P	K	Mg	pH
	mg·1000 g^{-1} gleby			1 M KCl
2015	78,9	146,1	81,9	5,8
2016	99,4	184,0	64,0	5,7
2017	76,5	134,5	157,0	5,8

Fot. 1. Opis profilu glebowego (Ferguson 2014, Polskie Towarzystwo Gleboznawcze 2017)

W celu określenia przydatności rolniczej gleby, dokonano odkrywki na głębokość 150 cm (fot. 1):

A1 – 0-17 cm – poziom próchniczny,

A2g 17-33 cm – poziom próchniczny,

Eetg 33-45 cm – poziom wymywania,

Btg 45-108 cm – poziom wzbogacania,

C1gg 108-140 cm – poziom skały macierzystej,

C2gg 140 cm – poziom skały macierzystej.

5.5. Warunki klimatyczne i agrotechniczne

Ramiszów zlokalizowany jest w rejonie środkowej Odry. Długość okresu wegetacyjnego wynosi średnio 220-237 dni, a jego rozpoczęcie obserwowane jest w III. dekadzie marca, natomiast zakończenie w I. dekadzie listopada (Tomczyk i Szyga-Pluta 2016). Średnia temperatura powietrza z wielolecia 1985–2014, w miesiącach IV-IX wynosiła 14,9°C.

Wiosenne prace polowe rozpoczynane są w I. lub II. dekadzie marca – w zależności od przebiegu warunków meteorologicznych (Koźmiński i Michalska 2001). W ostatnich latach zakończenie prac polowych odnotowano w III dekadzie listopada.

W obydwu seriach badań soja uprawna odmiany Merlin była wysiewana po przedplonie zbożowym, którym była pszenica ozima odmian Ostroga (lata 2014 i 2015) i Bogatka (2016) (tab. 3). Charakterystykę materiału siewnego soi zawarto w tab. 4. Siew wykonano siewnikiem poletkowym Tool Carrier 2700 produkcji Wintersteiger na głębokość 3-4 cm. W roku 2015 jedynym dopuszczonym w Polsce preparatem herbicydowym do stosowania w uprawie soi był Sencor Liquid 600 SC, który został użyty do ograniczenia występującego zachwaszczenia w dawce 0,55 $dm^3 \cdot ha^{-1}$. W kolejnych latach badań liczba środków ochrony roślin dopuszczonych do stosowania w Polsce, w uprawie soi, uległa stopniowemu zwiększeniu. W 2016 roku zastosowano przedwschodowo Afalon Dyspersyjny 450 SC – 1,5 $dm^3 \cdot ha^{-1}$ oraz powschodowo Corum 502,4 SL – 1,5 $dm^3 \cdot ha^{-1}$ + Dash HC – 0,6 $dm^3 \cdot ha^{-1}$. W roku 2017 aplikowano przedwschodowo Boxer 800 EC – 4,0 $dm^3 \cdot ha^{-1}$ i dwukrotnie powschodowo dzieloną dawkę Corum 502,4 SL – 0,62 $dm^3 \cdot ha^{-1}$ + Dash HC – 0,3 $dm^3 \cdot ha^{-1}$ (25.05.2017 r. i 9.06.2017 r.).

Tabela 3

Agrotechnika soi uprawnej w latach 2015-2017

Wyszczególnienie	Lata		
	2015	2016	2017
Przedplon	pszenica ozima		
uprawa roli			
Zbiór pszenicy ozimej	9.08.2014	4.08.2015	5.08.2016
Gruberowanie	11.08.2014	6–7.08.2015	7.08.2016
Orka zimowa	07.11.2014	17.11.2015	14.11.2016
Bronowanie broną ciężką	16.03.2015	25.03.2016	06.03.2017
Agregat uprawowy (brona wirnikowa + wał ugniatający)	20.04.2015	19.04.2016	25.04.2017
nawożenie przedsiewne i siew			
P_2O_5 60 kg·ha^{-1} (40% superfosfat potrójny)	22.04.2015	25.04.2016	25.04.2017
K_2O 120 kg·ha^{-1} (60% sól potasowa)	22.04.2015	25.04.2016	25.04.2017
N 30 kg·ha^{-1} (34% saletra amonowa)	22.04.2015	25.04.2016	25.04.2017
Siew	22.04.2015	25.04.2016	25.04.2017
regulacja zachwaszczenia			
Sencor Liquid 600 SC – 0,55 dm^3·ha^{-1}	23.04.2015	-	-
Afalon Dyspersyjny 450 SC – 1,5 dm^3·ha^{-1}	-	26.04.2016	-
Corum 502,4 SL – 1,5 dm^3·ha^{-1} + Dash HC – 0,6 dm^3·ha^{-1}	-	19.05.2016	-
Boxer 800 EC – 4,0 dm^3·ha^{-1}	-	-	27.04.2017
Corum 502,4 SL – 0,62 dm^3·ha^{-1} + Dash HC – 0,3 dm^3·ha^{-1}	-	-	25.05.2017 09.06.2017
Zbiór	3.09.2015	13.09.2016	29.09.2017

Tabela 4

Charakterystyka materiału siewnego soi uprawnej odmiany Merlin

Wyszczególnienie	Lata		
	2015	2016	2017
Masa 1000 sztuk (g)	126	136	153
Zdolność kiełkowania (%)	85	80	83
Czystość (%)	100	100	100
Wartość użytkowa (%)	85	80	83

5.6. Rozwój roślin na tle warunków meteorologicznych

Warunki pogodowe w poszczególnych latach badań były zróżnicowane i miały znaczący wpływ na rozwój i plonowanie soi (tab. 5-7). Dla pełniejszego zobrazowania wpływu warunków meteorologicznych na rozwój roślin przedstawiono zależności średnich temperatur powietrza oraz sum opadów także na diagramach klimatycznych (rys. 1-3) według metody Gaussena-Waltera w modyfikacji Łukasiewicza (Łukasiewicz, 2006). Na osi X diagramu oznaczono kolejne miesiące okresu wegetacyjnego, a na osi Y sumy opadów i średnie miesięczne temperatury powietrza w postaci jednostek. W odniesieniu do krzywej temperatury powietrza jedna jednostka odpowiada 10°C, natomiast dla krzywej opadów 40 mm opadu. Wykreślone w ten sposób krzywe pozwalają wyznaczyć okres niedoboru opadów dla rozwijających się roślin (okres aridowy) - gdy krzywa temperatur powietrza przebiega powyżej krzywej opadów i/lub wskazują wilgotną porę roku (okres humidowy) – gdy krzywa średnich temperatur powietrza przebiega poniżej krzywej sum opadów. W celu uzupełnienia charakterystyki warunków pogodowych w okresie wegetacji soi, w latach badań, posłużono się wskaźnikiem opracowanym przez Sielianinowa (współczynnik hydrotermiczny) $K=10P/\sum t$ (Molga, 1980, 1986; Radomski, 1987) przyjmując 11 przedziałów dla tego wskaźnika K: <0,3 - skrajnie suchy, 0,31÷0,5 – bardzo suchy, 0,51÷0,7 – suchy, 0,71÷0,9 – dość suchy, 0,91÷1,0 – umiarkowanie suchy, 1,01÷1,2 – przeciętny, 1,21÷1,5 – optymalny, 1,51÷1,9 – dość wilgotny, 1,91÷2,4 – wilgotny, 2,41÷3,0 – bardzo wilgotny, >3,1 skrajnie wilgotny.

Do opisu faz wzrostu roślin soi wykorzystano skalę BBCH (Witzenberger i in. 1989). W 2015 roku siew soi został wykonany 22.04.2015 r. (tab. 8). Warunki termiczne były korzystne dla szybkiego kiełkowania nasion i wschodów roślin. Niestety opady w II. dekadzie kwietnia kształtowały się na znikomym poziomie 0,4 mm, a w III. dekadzie wyniosły tylko 4,6 mm przy średniej temperaturze powietrza 11,8°C, co spowodowało stopniowe rozpoczęcie długiego okresu niedoboru wilgoci (rys. 2). Dodatkowo średnia temperatura powietrza w kwietniu wynosiła 8,9°C, co było początkowo korzystne dla szybkiego rozwoju roślin (tab. 5). Początek wschodów roślin został odnotowany 30.04.2015 roku, tj. 8 dni od siewu, a pełnię fazy wschodów zaobserwowano 5.05.2015 r.

Pierwsza para liści jednolistkowych (zarodkowych) została wykształcona 9.05.2015 r., w warunkach narastających niedoborów opadów tj. przy średniej temperaturze powietrza I. dekady miesiąca wynoszącej 13,2°C i opadach 15,1 mm. Dalsze niedobory wilgoci (rys. 1) zaobserwowano w II. i III. dekadzie maja (opady odpowiednio 5,8 i 0,1 mm) przy zbliżonych

do wielolecia 1985–2014 wartościach temperatur powietrza (13,1 i 14,0°C). Pierwszy liść trójlistkowy zaobserwowano (faza listnienia właściwego) 15.05.2015 r., wykształcenie 2-3 liścia trójlistkowego (właściwego) 20.05.2015 r., natomiast rozwój 4. liścia właściwego stwierdzono 25.05.2015 r.

W czerwcu 2015 roku odnotowano zwiększone opady na poziomie 73,3 mm, które przyczyniły się do poprawienia bilansu wodnego w glebie (rys. 2). Temperatura powietrza w tym okresie zbliżona była do średnich z wielolecia 1985-2014, co korzystnie wpływało na rozwój kolejnych liści. Soja osiągnęła fazę 5-6 liścia trójlistkowego 12.06.2015 r. a 16.06.2015 r. zaobserwowano pojawienie się 6-7 liścia.

Faza pąkowania soi w 2015 roku rozpoczęła się w 58 dniu po siewie, a początek fazy kwitnienia odnotowano 23.06.2015 r. Pełnię fazy kwitnienia zaobserwowano w pierwszej dekadzie lipca, co przypadało na okres wysokich temperatur powietrza oraz stopniowo zmniejszających się opadów. Doprowadziło to w efekcie do powstania drugiego okresu z silnymi niedoborami opadów w rozwoju soi w 2015 roku (rys. 1). Wykształcenie dolnych strąków oraz kwitnienie górnych kwiatów notowano 16.07.2015 r. Z kolei pojawienie się strąków w środkowej części rośliny odnotowano 21.07.2015 r., a w części wierzchołkowej rośliny 30.07.2015 r. co przypadało na okres wysokich temperatur powietrza (średnio 19,6°C) oraz niewielkich opadów na poziomie 6,2 mm.

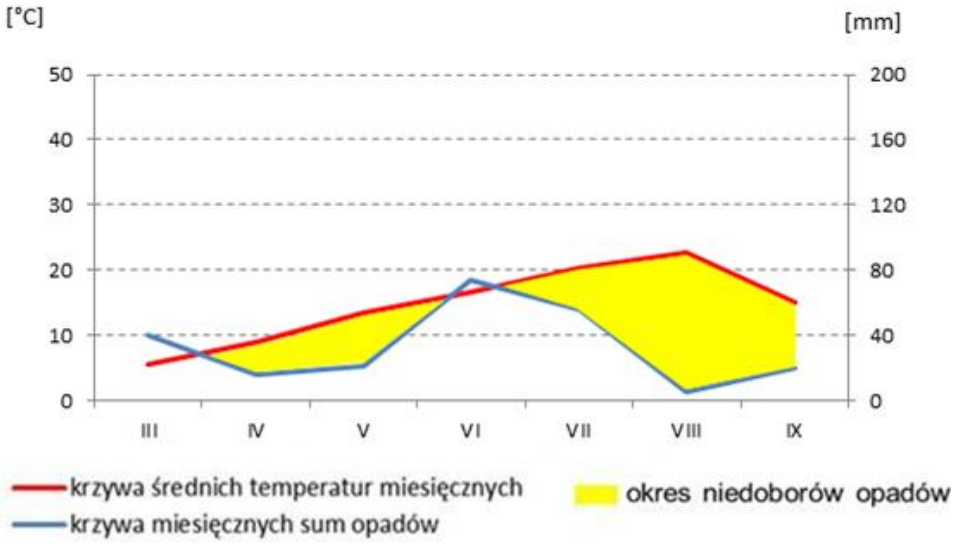
Sierpień, który jest miesiącem zawiązywania strąków przez rośliny soi oraz wypełniania ich nasionami, był w 2015 roku okresem głębokiej suszy – suma opadów w tym okresie wyniosła tylko 5,6 mm, podczas gdy średnia z wielolecia 1981-2014 kształtuje się na poziomie 61,7 mm.

Początek dojrzałości zielonej soja osiągnęła 6.08.2015 r. a pełnię tej fazy 9.08.2015 r. Niekorzystne warunki wilgotnościowo-termiczne (susza) miały ujemny wpływ na wypełnianie strąków nasionami i były przyczyną przyśpieszonego dojrzewania roślin soi. Początek dojrzałości pełnej odnotowano po 127 dniach od siewu, tj. 30.08.2015 r. Zbiór soi wykonano w okresie dojrzałości pełnej 3.09.2015 r. W czasie zbioru obserwowano pękanie niektórych strąków, które wywołane było bardzo silną suszą. Pękanie i osypywanie nasion nie jest cechą typową dla roślin soi, które posiadają mocny szew łączący obie strączyny. Właściwość ta w latach o normalnym przebiegu warunków wilgotnościowo-termicznych, zapobiega pękaniu i osypywaniu się nasion ze strąków przed i w czasie zbioru kombajnowego.

Tabela 5

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (ºC) oraz sumy opadów (mm) w sezonie wegetacyjnym soi w 2015 roku

Miesiąc / Dekada	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Temperatura [ºC]												
I	1,9	-0,3	4,7	4,8	13,2	17,9	21,1	24,3	15,4	10,6	7,1	6,3
II	4,0	1,4	5,0	10,1	13,1	16,3	20,2	23,4	17,1	6,5	9,7	4,5
III	1,0	3,9	6,3	11,8	14,0	15,7	19,6	20,4	12,8	8,1	1,8	5,4
Średnie miesięczne	2,3	1,5	5,4	8,9	13,5	16,6	20,3	22,7	15,1	8,4	6,2	5,4
Średnie wieloletnie za lata 1985–2014	-0,53	0,27	3,7	9,2	14,4	17,1	19,3	18,6	13,8	9,2	4,3	0,84
Sielianinow	bardzo chłodny	ciepły	ciepły	normalny	chłodny	normalny	ciepły	bardzo ciepły	ciepły	chłodny	ciepły	bardzo ciepły
Opady [mm]												
I	33,8	14,6	1,4	10,8	15,1	14,9	11,5	-	16,4	-	4,5	8,8
II	5,0	0,10	8,6	0,4	5,8	29,3	37,9	1,8	6,8	17,2	34,4	12,5
III	7,2	0,90	29,5	4,6	0,1	29,1	6,2	3,8	-	2,8	13,5	2,7
Sumy miesięczne	46,0	15,6	39,5	15,8	21,0	73,3	55,6	5,6	23,2	20,0	52,4	24,0
Średnie wieloletnie za lata 1985–2014	31,3	27,7	36,8	30,5	51,3	59,5	78,9	61,7	45,3	34,9	38,4	36,5
Sielianinow	skrajnie wilgotny	skrajnie wilgotny	skrajnie wilgotny	suchy	bardzo suchy	optymalny	dość suchy	skrajnie suchy	suchy	dość suchy	bardzo wilgotny	skrajnie suchy



Rys. 1. Diagram klimatyczny Gaussena-Waltera w modyfikacji Łukasiewicza – 2015 rok (Wrocław – Pawłowice)

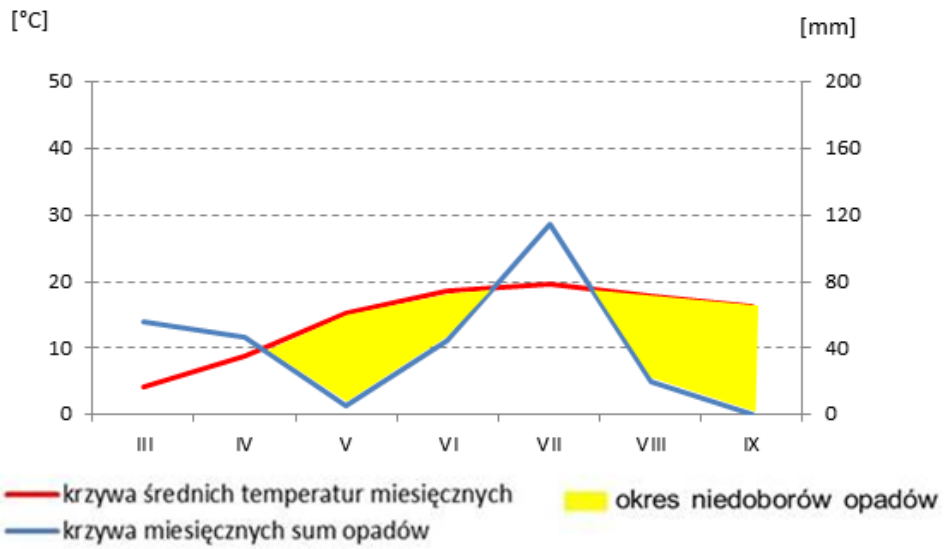
W 2016 roku siew soi wykonano 25 kwietnia w okresie korzystnych warunków wilgotnościowo-termicznych, co wpłynęło na szybkie kiełkowanie nasion i równomierne wschody roślin (6.05.2016 r.). Układ warunków termicznych w całym okresie wegetacji był korzystny dla wzrostu i rozwoju roślin. Od czerwca do września, 2016 roku, średnie temperatury powietrza były wyższe od wielolecia, średnio od 0,2 do 2,6°C. Wyjątek stanowił miesiąc sierpień, w którym średnia miesięczna temperatura powietrza była niższa o 0,7°C od średniej z wielolecia 1985–2014. W III. dekadzie kwietnia 2016 roku suma opadów wynosiła 7,9 mm, a w całym miesiącu maju opady wyniosły tylko 5,3 mm i były o 46 mm niższe niż w wieloleciu 1985–2014. Spowodowało to rozpoczęcie długotrwałego okresu niedoborów opadów, który trwał aż do II dekady czerwca (rys. 2). Deficyt opadów spowodował skrócenie okresu rozwoju wegetatywnego roślin i przyśpieszenie rozwoju generatywnego. Pierwsza para liści jednolistkowych (zarodkowych) wykształciła się 11.05.2016 r., a pierwszy liść trójlistkowy (właściwy) zaobserwowano na początku trzeciej dekady maja. Pojawienie się 3-4 liścia właściwego odnotowano 3.06.2016 r. Poprawa warunków wilgotnościowych nastąpiła w II. i III. dekadzie czerwca (opady odpowiednio 25,5 i 18,1 mm) oraz w miesiącu lipcu (suma opadów wyższa o 35,4 mm, niż w wieloleciu). Początek fazy kwitnienia zaobserwowano 13.06.2016 r. i trwała ona do 15.07.2016 r. Od II. dekady lipca 2016 roku soja wykształcała kolejne strąki, które stopniowo wypełniały się nasionami. Okres zawiązywania i wypełniania strąków nasionami trwał do końca sierpnia. Sierpień 2016 roku charakteryzował się niekorzystnym układem warunków termiczno-wilgotnościowych z uwagi

na fakt, że suma opadów całego miesiąca wyniosła 27,1 mm i była niższa o 34,6 mm od sumy z wielolecia 1985–2014. Spowodowało to rozpoczęcie drugiego okresu niedoborów wilgoci dla soi (rys. 2). Pierwsza dekada września cechowała się wysokimi średnimi temperaturami powietrza 18,8°C i niską sumą opadów (7,7 mm), co stworzyło dogodne warunki do dojrzewania nasion w strąkach. Nie zaobserwowano jednak jak w 2015 roku zjawiska pękania strąków i osypywania się nasion. Zbiór soi został wykonany jednoetapowo 13.09.2016 r.

Tabela 6

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (ºC) oraz sumy opadów (mm) w sezonie wegetacyjnym soi w 2016 roku

Miesiąc / Dekada	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Temperatura [ºC]												
I	-5,0	6,1	2,6	9,8	13,1	18,1	18,5	18,6	18,8	9,7	4,1	2,3
II	-1,8	2,4	3,2	9,5	13,6	17,0	18,6	17,0	17,5	8,1	3,2	0,6
III	2,8	2,9	6,7	6,7	18,8	20,8	21,2	18,2	13,0	7,7	3,0	0,8
Średnie miesięczne	-1,2	3,8	4,3	8,7	15,3	18,6	19,5	17,9	16,4	8,5	3,4	1,2
Średnie wieloletnie za a lata 1985–2014	-0,5	0,3	3,7	9,2	14,4	17,1	19,3	18,6	13,8	9,2	4,3	0,8
Sielianinow	ciepły	bardzo ciepły	normalny	chłodny	ciepły	ciepły	normalny	chłodny	bardzo ciepły	chłodny	chłodny	normalny
Opady [mm]												
I	10,2	8,0	19,2	25,1	2,5	1,0	24,0	6,6	7,7	60,0	16,3	
II	11,8	19,5	10,5	13,4	0,4	25,5	75,4	1,1	37,0	13,5	15,6	14,6
III	11,4	28,7	26,2	7,9	2,4	18,1	14,9	19,4	-	10,3	4,4	7,4
Sumy miesięczne	33,4	56,2	55,9	46,4	5,3	44,6	114,3	27,1	44,7	83,8	36,3	36,1
Średnie wieloletnie za lata 1985–2014	31,3	27,72	36,8	30,5	51,3	59,5	78,9	61,7	45,3	34,9	38,4	36,5
Sielianinow	skrajnie suchy	skrajnie wilgotny	skrajnie wilgotny	dość wilgotny	skrajnie suchy	dość suchy	dość wilgotny	bardzo suchy	umiarkowanie suchy	skrajnie wilgotny	skrajnie wilgotny	skrajnie wilgotny



Rys. 2. Diagram klimatyczny Gaussena-Waltera w modyfikacji Łukasiewicza – 2016 rok (Wrocław – Pawłowice)

W 2017 roku siew soi wykonano w terminie 25.04. Warunki wilgotnościowe w kwietniu nie były korzystne dla początkowego rozwoju soi (rys. 3). Suma opadów w kwietniu 2017 roku wyniosła 57,0 mm i była wyższa o 27,2 mm od sumy z wielolecia 1985–2014. W III. dekadzie kwietnia średnia temperatura powietrza wynosiła 6,7°C, a w I. dekadzie maja 9,4°C, co w połączeniu z wysoką wartością opadów opóźniło kiełkowanie nasion i wschody roślin. W maju obserwowano z kolei deficyt opadów, gdyż suma opadów wynosiła 24,1 mm, co w odniesieniu do średnich wartości z wielolecia było wartością niższą o 27,2 mm. Dodatkowo I. i II. dekada czerwca 2017 roku cechowała się niewielkimi opadami – odpowiednio 0,5 i 0,1 mm, co pogłębiło efekt niedoboru wilgoci dla roślin (rys. 3). Pełnię fazy wschodów odnotowano 9.05.2017 r., a pojawienie się pierwszej pary liści jednolistkowych (zarodkowych) zauważono 15.05.2017 r. Pierwszy liść trójlistkowy (właściwy) pojawił się 19.05.2017 r., 2-3 liść właściwy 25.05.2017 r., a 3-4 liść właściwy 7.06.2017 r. Postępujący niedobór wilgoci glebowej został zniwelowany wysokimi opadami dopiero w III. dekadzie czerwca (51,9 mm) i w lipcu (miesięczna suma opadów 112,2 mm). Początek fazy kwitnienia odnotowano 21.06.2017 r., a jej zakończenie 15.07.2017 r. W dniu 7.07.2017 r. odnotowano na polu doświadczalnym wystąpienie silnego gradobicia, które w znaczący sposób uszkodziło rośliny (fot. 1-2). Częściowemu uszkodzeniu uległy wierzchołki pędów, kwiatostany, blaszki liściowe oraz dolne strąki. Sierpień charakteryzował się wysoką średnią temperaturą powietrza (19,4°C) i jednocześnie niższą sumą opadów o 18,1 mm niż w wieloleciu 1985–2014, co spowodowało powstanie kolejnego

okresu z niedoborami wilgoci glebowej. Wysokie sumy wartości opadów w I. dekadzie września (35,4 mm) wydłużyły dojrzewanie roślin i opóźniły termin zbioru. Soję zebrano 29.09.2017 r.

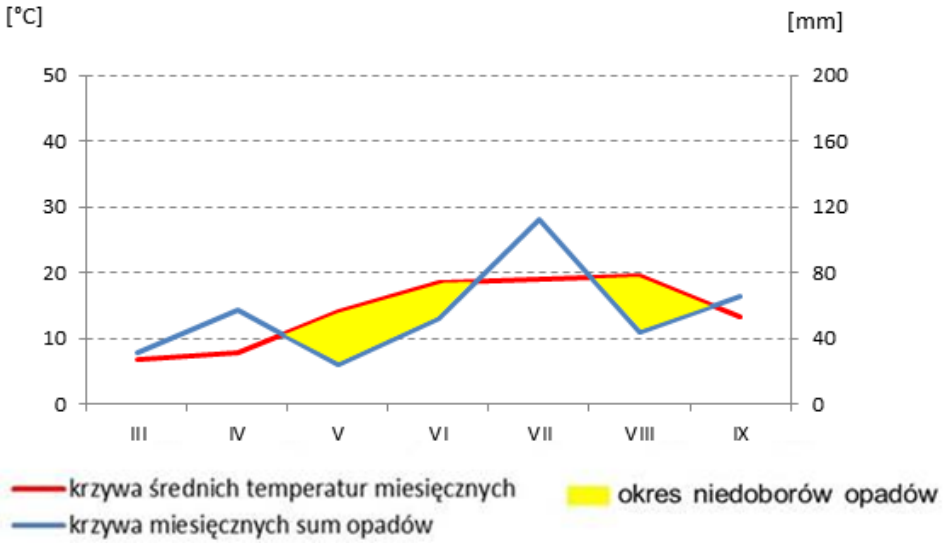
Źródło: Małgorzata Gniadzik-Zasańska
Fot. 2. Rośliny soi po gradobiciu – 15.07.2017 r.

Źródło: Małgorzata Gniadzik-Zasańska
Fot. 3. Rośliny soi po gradobiciu – 15.07.2017 r.

Tabela 7

Średnie dekadowe i miesięczne temperatury powietrza (ºC) oraz sumy opadów (mm) w 2017 roku

Miesiąc / Dekada	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Temperatura [ºC]												
I	-4,9	-2,0	6,2	11,0	9,4	17,2	18,2	22,1	14,7	10,9	7,7	2,4
II	-2,2	-0,4	5,4	6,1	16,0	18,1	18,6	18,9	12,8	13,4	4,4	1,8
III	-3,0	6,2	8,6	6,7	17,0	20,0	20,0	17,5	12,2	11,8	4,4	4,3
Średnie miesięczne	-3,4	0,9	6,8	7,9	14,2	18,5	19,0	19,4	13,3	12,0	5,5	2,9
Średnie wieloletnie za lata 1985–2014	-0,5	0,3	3,7	9,2	14,4	17,1	19,3	18,6	13,8	9,2	4,3	0,8
Sielianinow	bardzo ciepły	ciepły	bardzo ciepły	chłodny	normalny	ciepły	normalny	ciepły	chłodny	bardzo ciepły	ciepły	bardzo ciepły
Opady [mm]												
I	5,7	4,4	9,8	14,2	13,9	0,5	43,0	6,9	35,4	32,1	6,0	3,7
II	8,0	6,2	19,8	13,8	0,9	0,1	0,9	35,7	12,7	1,2	12,7	6,1
III	3,2	13,6	1,5	29,0	9,3	51,9	68,3	1,0	17,6	38,1	9,7	19,8
Sumy miesięczne	16,9	24,2	31,1	57,0	24,1	52,5	112,2	43,6	65,7	71,4	28,4	29,6
Średnie wieloletnie za lata 1985–2014	31,27	27,72	36,77	30,5	51,3	59,5	78,9	61,7	45,3	34,90	38,36	36,45
Sielianinow	skrajnie suchy	skrajnie wilgotny	optymalny	bardzo wilgotny	suchy	umiarkowanie suchy	wilgotny	dość suchy	dość wilgotny	wilgotny	dość wilgotny	skrajnie wilgotny



Rys. 3. Diagram klimatyczny Gaussena-Waltera w modyfikacji Łukasiewicza – 2017 rok (Wrocław – Pawłowice)

Tabela 8

Rozwój soi odmiany Merlin w 2015 roku

Faza rozwojowa	Skala BBCH	Data początku fazy	Liczba dni od siewu do zbioru:
Siew	00	22.04.2015	–
Wschody	10	30.04.2015	8
Pierwsza para liści jednolistkowych	11	9.05.2015	17
Pierwszy liść trójlistkowy	12	15.05.2015	23
Pąki kwiatowe na pędzie głównym	51	19.06.2015	58
Początek kwitnienia	61	23.06.2015	62
Pełnia kwitnienia	65	7.07.2015	73
Koniec kwitnienia	69	15.07.2015	83
Prawie wszystkie strąki osiągnęły typową długość	79	3.08.2015	100
Pierwszy dojrzały strąk, nasiona typowej barwy, suche i twarde	80	24.08.2015	121
Większość strąków dojrzałych, nasiona typowej barwy, suche i twarde	89	30.08.2015	127
Zebrane nasiona, okres spoczynku	99	3.09.2015	131

Tabela 9

Rozwój soi odmiany Merlin w 2016 roku

Faza rozwojowa	Skala BBCH	Data początku fazy	Liczba dni od siewu do zbioru:
Siew	00	25.04.2016	–
Wschody	10	6.05.2016	11
Pierwsza para liści jednolistkowych	11	11.05.2016	16
Pierwszy liść trójlistkowy	12	21.05.2016	26
Pąki kwiatowe na pędzie głównym	51	8.06.2016	44
Początek kwitnienia	61	13.06.2016	49
Pełnia kwitnienia	65	20.06.2016	56
Koniec kwitnienia	69	15.07.2016	81
Prawie wszystkie strąki osiągnęły typową długość	79	20.08.2016	117
Pierwszy dojrzały strąk, nasiona typowej barwy, suche i twarde	80	4.09.2016	132
Większość strąków dojrzałych, nasiona typowej barwy, suche i twarde	89	10.09.2016	138
Zebrane nasiona, okres spoczynku	99	12.09.2016	140

Tabela 10

Rozwój soi odmiany Merlin w 2017 roku

Faza rozwojowa	Skala BBCH	Data początku fazy	Liczba dni od siewu do zbioru:
Siew	00	25.04.2017	–
Wschody	10	9.05.2017	14
Pierwsza para liści jednolistkowych	11	15.05.2017	20
Pierwszy liść trójlistkowy	12	19.05.2017	24
Pąki kwiatowe na pędzie głównym	51	17.06.2017	53
Początek kwitnienia	61	21.06.2017	57
Pełnia kwitnienia	65	3.07.2017	69
Koniec kwitnienia	69	15.07.2017	81
Prawie wszystkie strąki osiągnęły typową długość	79	16.08.2017	113
Pierwszy dojrzały strąk, nasiona typowej barwy, suche i twarde	80	6.09.2017	134
Większość strąków dojrzałych, nasiona typowej barwy, suche i twarde	89	20.09.2017	148
Zebrane nasiona, okres spoczynku	99	29.09.2017	157

6. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

6.1. I Seria badań

Obsada roślin soi na jednostce powierzchni, niezależnie od obiektu badawczego, była po wschodach zbliżona do zakładanej w metodyce badań. Nie odnotowano współdziałania badanych czynników doświadczenia oraz wpływu zróżnicowanej rozstawy rzędów na liczbę roślin soi na 1 m^2 po wschodach oraz przed zbiorem (tab. 11). Zaobserwowano w czasie wegetacji zaniki roślin, które mieściły się w zakresie od 3,8 do 9,3%.

Zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni, zarówno po wschodach, jak i przed zbiorem, było determinowane liczbą wysiewanych nasion na 1 m^2 oraz przebiegiem warunków wilgotnościowo-termicznych w kolejnych latach badań. Zaniki roślin podczas wegetacji nie były istotnie zależne od zastosowanej rozstawy rzędów oraz liczby wysianych nasion na 1 m^2.

Rok 2015 charakteryzował się najkorzystniejszym przebiegiem warunków wilgotnościowo-termicznych w okresie wschodów roślin. Ciepła i wilgotna wiosna przyczyniła się do uzyskania najwyższej liczby roślin na 1 m^2 (68 szt.). W 2016 roku suma opadów w III dekadzie kwietnia wynosiła 7,9 mm, a w całym maju 5,3 mm, co przyczyniło się do najwyższych zaników roślin (9,2%) w całym sezonie wegetacyjnym. Zaniki roślin podczas wegetacji w 2017 roku były na poziomie wartości uzyskanych w 2015 roku i wynosiły średnio 4,8 %.

Jasińska i Kotecki (1994) wykazali w rozwoju soi trzy okresy krytyczne w odniesieniu do wymagań wilgotnościowych. Pierwszy okres krytyczny przypada na czas od siewu do pełni wschodów – ilość absorbowanej wody w okresie kiełkowania wynosi około 120% masy nasion. Niedostateczne uwilgotnienie gleby w tym okresie obniża zdolność kiełkowania nasion, co wykazały badania własne w 2016 roku. Badania Michałka i Borowskiego (2002) dowodzą istotnego obniżenia zdolności i szybkości kiełkowania nasion soi w warunkach spadku potencjału wody w roztworze glebowym. Również wyniki badań Hafeez i in. (2017) potwierdziły, że susza obniża wigor nasion oraz procent kiełkujących nasion w porównaniu do warunków optymalnych. Warto nadmienić, że soja jest szczególnie wrażliwa na zaskorupienie gleby, co w warunkach Polskich obserwowane jest dość często, na przełomie kwietnia i maja, w wyniku występowania ulewnych deszczy. Drugi okres krytyczny,

w odniesieniu do zapotrzebowania na wodę, przypada w rozwoju soi na fazę kwitnienia, a trzeci na fazę wypełniania strąków nasionami.

Tabela 11

Liczba roślin soi na 1 m^2 i zanik roślin podczas wegetacji (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		Liczba roślin na 1 m^2 [szt.]		Zaniki roślin podczas wegetacji [%]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	po wschodach	przed zbiorem	
15	50	48	45	7,3
	70	66	62	5,9
	90	84	76	9,3
30	50	46	45	4,3
	70	66	62	7,0
	90	83	80	3,8
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	66	61	7,5
	30	65	62	5,0
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	47	45	5,8
	70	66	62	6,4
	90	84	78	6,5
NIR (α = 0,05)		**2,2**	**2,0**	**r.n.**
Lata	2015	68	65	4,8
	2016	64	58	9,2
	2017	65	62	4,8
NIR (α = 0,05)		**1,4**	**2,1**	**3,0**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Spośród ocenianych cech morfologicznych soi współdziałanie badanych czynników wywarło istotny wpływ na wysokość roślin przed zbiorem (tab. 12). Najwyższymi wysokościami roślin przed zbiorem charakteryzowała się soja uprawiana w rozstawie rzędów 15 cm przy wysiewie 90 nasion na 1 m^2 oraz w rozstawie rzędów 30 cm przy wysiewie 70 nasion na 1 m^2.

Nie odnotowano istotnego wpływu zróżnicowanej rozstawy rzędów na wysokość roślin przed zbiorem, wysokość osadzenia I. strąka oraz liczbę rozgałęzień I. rzędu (tab. 12).

Oddziaływanie wzrastającej liczby wysianych nasion na 1 m^2 na wysokość roślin, wysokość osadzenia I. strąka oraz liczbę rozgałęzień I. rzędu jest wynikiem zwiększonej konkurencji roślin wraz ze zmniejszaniem dostępnej powierzchni do wzrostu i rozwoju. Przy wysiewie 90 nasion na 1m^2 wysokość roślin była o 2,0 cm (2,99%) wyższa od wysokości roślin przy wysiewie 50 szt. na 1 m^2.

Wysokość osadzenia I. strąka, w wyniku zwiększenia liczby wysiewanych nasion na 1 m^2, również wzrosła – przy 50 nasionach na 1 m^2 wysokość wynosiła 8,8 cm a przy 90 nasionach 12,2 cm (wzrost o 38,6%). Wysokość osadzenia I. strąka przy liczbie wysiewu 70 szt. na 1 m^2 wynosiła 10,5 cm.

Wysokość osadzenia pierwszego strąka ma duże znaczenie ekonomiczne ze względu na ryzyko powstawania strat plonu nasion podczas zbioru, wynikających z uszkodzeń dolnych strąków przez zespół tnący kombajnu zbożowego. Według badań różnych autorów optymalna wysokość osadzenia pierwszego strąka produkcyjnego soi powinna mieścić się w zakresie 10-14 cm (Kang i in. 2017, Ribeiro i in. 2017, Beiküfner i in. 2019), co w badaniach własnych uzyskano przy liczbie wysiewu 70 i 90 nasion na 1 m^2 (tab. 12).

Średnia liczba rozgałęzień I. rzędu w trzyleciu badawczym wyniosła 1,60 szt. Wraz ze zwiększaniem liczby wysiewanych nasion na 1 m^2 ulegała zmniejszeniu liczba rozgałęzień I. rzędu. Największą liczbę rozgałęzień (2,0 szt.) uzyskano przy najniższej liczbie wysianych nasion soi (50 szt. na 1 m^2), co potwierdza fakt, iż rośliny posiadające największą powierzchnię życiową charakteryzują się dużą zdolnością do tworzenia rozgałęzień bocznych (Worku i Astatkie 2015). Architektura łanu ma zatem istotny wpływ na cechy morfologiczne roślin soi. Przy bardziej gęstym siewie rośliny są wyższe oraz osadzają wyżej I. strąk produkcyjny.

W ciepłym i dość wilgotnym 2015 roku rośliny osiągnęły najwyższą wysokość (74 cm) i były one wyższe o 21,6% w porównaniu do roślin w roku 2017, również suchym, ale o niższej sumie temperatur w okresie wegetacji. Wyższe osadzenie I. strąka uzyskano w latach 2016 i 2017, średnio o 0,6 cm. Najwyższą liczbę rozgałęzień I. rzędu osiągnięto w ciepłym 2016 roku o optymalnej sumie opadów w okresie wegetacyjnym (tab. 12).

Średnio w trzyleciu, badane czynniki oraz ich współdziałanie wywierały istotny wpływ na liczbę strąków płodnych i liczbę nasion z rośliny (tab. 13). W trzyletnim doświadczeniu rośliny zawiązywały średnio około 18,83 szt. strąków. Najwyższą liczbę strąków płodnych na roślinie odnotowano w uprawie soi wysiewanej w rozstawie rzędów 30 cm, przy wysiewie 50 nasion na 1 m^2. Z kolei liczba strąków płodnych i liczba nasion z rośliny malały wraz ze wzrostem zagęszczenia roślin na 1 m^2. W ciepłym roku 2015 soja zawiązała o 24,9% mniej strąków i pozyskano 40% mniej nasion z rośliny niż w roku 2016. Liczba nasion w strąku w 2015 roku była niższa odpowiednio o 19 i 23% w porównaniu do kolejnych lat badań. Wyniki otrzymane w 2017 roku były niższe z powodu wystąpienia strat i uszkodzeń roślin po gradobiciu (7.07.). Liczba strąków płodnych oraz liczba nasion w strąku determinują wielkość uzyskanego plonu nasion (Oz i in. 2009). Badania Lorenc-Kozik i Pisulewskiej (2003) dowiodły, że w latach cieplejszych, na roślinach soi była zawiązywana większa liczba strąków niż w latach chłodniejszych. W badaniach własnych wykazano wpływ rozkładu opadów na liczbę zawiązanych strąków na roślinie. W roku 2015, który charakteryzował się wysokimi temperaturami powietrza w okresie wegetacji roślin, soja zawiązywała mniejszą liczbę strąków niż w roku 2016. Z kolei w wilgotnym i ciepłym roku 2017, rośliny soi zawiązywały mniejszą liczbę strąków o 10,9 szt. (o 44,5 %) ale z większą liczbą nasion w strąku oraz uzyskiwały mniejszą liczbę nasion z rośliny o 23,8 szt., tj. o 45,5% mniej, niż w roku 2016 (tab. 13).

Masa nasion w strąku, masa nasion z rośliny i masa 1000 nasion była istotnie zależna od współdziałania czynników doświadczenia (tab. 14). Odnotowano, że soja uprawiana w rozstawie rzędów 15 cm, przy wysiewie 90 nasion na 1 m^2 charakteryzowała się istotnie najwyższą masą nasion z rośliny, ale jednocześnie najniższą masą 1000 nasion. Zróżnicowana rozstawa rzędów istotnie kształtowała masę nasion z rośliny i masę 1000 nasion. Węższa rozstawa rzędów (15 cm) sprzyjała zwiększeniu masy nasion z rośliny, natomiast szersza rozstawa rzędów (30 cm) wzrostowi masy 1000 nasion. Zwiększająca się liczba wysiewanych nasion na jednostce powierzchni z 50 do 90 sztuk powodowała istotne sukcesywne obniżanie

masy nasion z rośliny i masy 1000 nasion. Najwyższą masę nasion z rośliny i masę 1000 nasion otrzymano przy zastosowaniu najniżej gęstości siewu (50 szt. na 1 m^2), średnio o 2,85 i 5,0 g w odniesieniu do wartości uzyskanych przy najwyższej gęstości siewu (90 szt. na 1 m^2). Badania własne dowodzą, że masa nasion w strąku, masa nasion z rośliny i masa 1000 nasion soi zależały przede wszystkim od przebiegu warunków pogodowych w poszczególnych okresach wegetacyjnych, ponieważ różnice między latami badań w odniesieniu do tych cech, dla wartości skrajnych, wynosiły odpowiednio 0,155 g, 5,2 g i 45 g. Masa 1000 nasion w 2015 była o 24,5% niższa niż w roku 2016, w którym uzyskano najwyższą wartość (184 g). Masa nasion z rośliny w roku 2016 była najwyższa (9,45 g) z uwagi na fakt, że w 2015 roku występowała długotrwała susza, co spowodowało spadek o 55%, natomiast w 2017 roku gradobicie przyczyniło się do obniżenia masy nasion z rośliny o 47%.

Tabela 12

Cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		Wysokość roślin [cm]	Wysokość osadzenia I. strąka [cm]	Liczba rozgałęzień I. rzędu [szt.]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]			
15	50	65	8,9	2,0
	70	66	10,4	1,7
	90	69	11,9	1,1
30	50	64	8,8	2,0
	70	68	10,6	1,6
	90	66	12,4	1,1
NIR (α = 0,05)		**1,7**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	67	10,4	1,6
	30	66	10,6	1,6
NIR (α = 0,05)		r.n.	r.n.	r.n.
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	65	8,8	2,0
	70	67	10,5	1,7
	90	67	12,2	1,1
NIR (α = 0,05)		**1,3**	**0,36**	**0,14**
Lata	2015	74	10,1	1,5
	2016	68	10,7	1,9
	2017	57	10,7	1,3
NIR (α = 0,05)		**1,2**	**0,29**	**0,13**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 13

Cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		Liczba strąków płodnych [szt.]	Liczba nasion z rośliny [szt.]	Liczba nasion w strąku [szt.]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]			
15	50	23,0	45,2	1,9
	70	19,0	38,4	2,0
	90	15,3	31,9	2,1
30	50	24,4	45,4	1,8
	70	16,7	35,2	2,1
	90	14,8	28,1	1,9
NIR ($\alpha = 0,05$)		**0,99**	**1,83**	**0,15**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	19,1	38,5	2,0
	30	18,6	36,2	1,9
NIR ($\alpha = 0,05$)		**0,49**	**1,28**	**r.n.**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	23,7	45,3	1,9
	70	17,8	36,8	2,1
	90	15,0	30,1	2,0
NIR ($\alpha = 0,05$)		**0,74**	**1,13**	**0,10**
Lata	2015	18,4	31,3	1,7
	2016	24,5	52,3	2,1
	2017	13,6	28,5	2,2
NIR ($\alpha = 0,05$)		**0,61**	**1,56**	**0,12**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 14

Cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem (średnie dla współdziałania czynników i lat)

Wyszczególnienie		Masa nasion w strąku [g]	Masa nasion z rośliny [g]	Masa 1000 nasion [g]
Rozstawa rzędów[cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]			
15	50	0,323	7,51	167
	70	0,324	6,34	165
	90	0,349	5,29	163
30	50	0,325	8,01	172
	70	0,346	5,75	167
	90	0,320	4,53	166
NIR (α = 0,05)		**0,0248**	**0,388**	**2,1**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	0,332	6,38	165
	30	0,330	6,09	168
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,210**	**1,2**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	0,324	7,76	169
	70	0,335	6,04	166
	90	0,335	4,91	164
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,282**	**1,4**
Lata	2015	0,232	4,25	139
	2016	0,387	9,45	184
	2017	0,375	5,01	177
NIR (α = 0,05)		**0,0187**	**0,258**	**1,5**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Masa nadziemnej części rośliny, która stanowiła sumę masy nasion, strączyn i łodyg z rośliny, kształtowana była przez wzajemną interakcję badanych czynników, zróżnicowaną liczbę wysiewanych nasion oraz przebieg warunków wilgotnościowo-termicznych w badanych latach (tab. 15 i 16). Najwyższą masą części nadziemnej charakteryzowała się soja wysiewana w rozstawie rzędów 30 cm w liczbie 50 nasion na 1 m^2. Wzrastająca liczba wysiewanych nasion soi na 1 m^2 powodowała istotne zmniejszanie masy wszystkich części nadziemnych rośliny. Rok 2015, który pod względem warunków pogodowych był rokiem gorącym, spowodował wykształcenie roślin soi o niskiej masie całkowitej części nadziemnych (12,6 g). Niedobór wilgoci w roku 2015 spowodował zmniejszenie liczby wykształconych strąków na roślinie, co w konsekwencji generowało niską masę strączyn (2,37 g). Jednakże istotnie najniższą sumaryczną masą części nadziemnej (11,5 g) charakteryzowały się rośliny soi w roku 2017, co spowodowane było znaczącymi zniszczeniami roślin w wyniku wystąpienia na polu doświadczalnym gradobicia. Ponadto rośliny odznaczały się niską masą strączyn (2,44 g) i łodyg (4,09 g).

Procentowy udział nasion, strączyn i łodyg w największym stopniu był kształtowany przez przebieg warunków pogodowych. Interakcja między badanymi czynnikami została zaobserwowana w odniesieniu do procentowego udziału strączyn w nadziemnej masie rośliny. Przy rozstawie rzędów 30 cm uległ zmniejszeniu udział nasion o 1,5% a udział łodyg zwiększył się o 2,1% w porównaniu do rozstawy 15 cm. Wzrastająca liczba wysiewanych nasion na jednostce powierzchni w niejednoznaczny sposób kształtowała procentowy udział nasion w strukturze nadziemnej części roślin (tab. 16).

Tabela 15

Masa nadziemnej części rośliny [g] (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		Strączyny [g]	Łodygi [g]	Cała roślina [g]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na $1m^2$ [szt.]			
15	50	3,50	5,48	16,5
	70	3,24	4,75	14,3
	90	2,23	3,61	11,1
30	50	3,81	5,98	17,8
	70	2,63	4,91	13,3
	90	2,23	3,84	10,6
NIR ($\alpha = 0,05$)		**0,319**	**0,434**	**0,81**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	2,99	4,61	14,0
	30	2,89	4,91	13,9
NIR ($\alpha = 0,05$)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Liczba nasion na $1m^2$ [szt.]	50	3,66	5,73	17,1
	70	2,94	4,83	13,8
	90	2,23	3,72	10,9
NIR ($\alpha = 0,05$)		**0,234**	**0,261**	**0,54**
Lata	2015	2,37	6,02	12,6
	2016	4,01	4,17	17,6
	2017	2,44	4,09	11,5
NIR ($\alpha = 0,05$)		**0,208**	**0,382**	**0,63**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 16

Struktura nadziemnej części rośliny soi (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		Nasiona [%]	Strączyny [%]	Łodygi [%]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]			
15	50	44,8	20,7	34,5
	70	42,4	22,5	35,1
	90	45,6	19,9	34,5
30	50	44,0	21,1	34,9
	70	42,2	19,7	38,1
	90	42,2	20,6	37,2
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**1,90**	**r.n.**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	44,3	21,0	34,7
	30	42,8	20,4	36,8
NIR (α = 0,05)		**1,13**	**r.n.**	**1,41**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	44,4	20,9	34,7
	70	42,3	21,1	36,6
	90	44,9	20,2	34,9
NIR (α = 0,05)		**1,46**	**r.n.**	**r.n.**
Lata	2015	33,8	18,8	47,4
	2016	53,6	22,6	23,8
	2017	43,2	20,7	36,1
NIR (α = 0,05)		**1,39**	**1,15**	**1,73**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

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 g·kg^{-1}) (tab. 17).

Odwrotną zależność dotyczącą zmian zawartości tłuszczu surowego w nasionach soi wykazali Kozak i in. (2008), w badaniach, których koncentracja tego składnika zmniejszała się wraz ze zwiększaniem gęstości siewu. W doświadczeniu własnym nie wykazano wpływu czynnika 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 nagromadzenie włókna surowego. Według Batista i in. (2015), istotnym składnikiem poza zawartością tłuszczu surowego w nasionach jest zawartość białka ogółem. Zawartość

w nasionach soi białka ogółem, ale również włókna surowego, popiołu surowego oraz BAW (bezazotowych związków wyciągowych) była istotnie zróżnicowana w latach badań. Najniższa koncentracja białka ogółem w nasionach, niższa o 20,2% w porównaniu do roku 2016 i o 15,9% w odniesieniu do roku 2017, została odnotowana w 2015 roku, w którym występowały deficyty wilgoci w okresie wegetacji roślin. Rośliny soi pod wpływem niedoboru wody wykształcają nasiona charakteryzujące się mniejszą zawartością białka (Specht i in., 2001; Boydak i in., 2002; Song i in., 2016). Badania (Szwejkowska, 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.

Plon nasion, resztek pozbiorowych soi oraz wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem nie zależały od współdziałania badanych czynników (tab. 18). Ponadto zastosowana w badaniach zróżnicowana rozstawa rzędów (15, 30 cm) nie wpływała istotnie na powyższe parametry plonowania soi. Z kolei według Board i Kahlon (2013) optymalna architektura łanu stanowi beznakładowy czynnik wpływający na zwiększenie uzyskanego plonu nasion soi. Jednocześnie stwierdzono, że wzrastająca liczba wysiewanych nasion z 50 do 90 sztuk na 1 m^2 spowodowała istotny wzrost plonu nasion oraz wydajności tłuszczu surowego z 1 hektara.

Uzyskany plon i jakość nasion soi jest iloczynem genotypu, agrotechniki i oddziaływania środowiska (Dardanelli i in. 2006, Assefa i in. 2019). 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 około 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 (Bita i Gerats, 2013). Temperatura powietrza jest głównym czynnikiem wpływającym na jakość i wielkość plonu roślin bobowatych grubonasiennych (Ruelland i Zachowski 2010, Salon i in. 2011). W badaniach własnych plon nasion soi był istotnie zależny od przebiegu warunków wilgotnościowo-termicznych w poszczególnych okresach wegetacyjnych roślin. Najwyższy plon nasion (4,09 $t \cdot ha^{-1}$) uzyskano w najkorzystniejszym pod względem pogodowym 2016 roku i był on dwukrotnie wyższy niż w ciepłym 2015 roku, w którym

występowała susza. 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 Bootsma i Brown (1995), Pisulewska i in. (1998), Kołodziej i Pisulewska (2000), Bury i Nawracała (2004), Rahman i Hossain (2011) oraz Zanon i in. (2016).

Wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 hektara jest funkcją zawartości tych składników w nasionach i uzyskanego plonu. W badaniach własnych wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 ha zależała głównie od zastosowanej gęstości siewu. W miarę zwiększania liczby wysiewanych nasion na 1 m^2 zwiększeniu ulegała wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem. Wydajność tłuszczu surowego z 1 ha przy wysiewie 90 szt. nasion na 1 m^2 była o 13,6%, a wydajność białka ogółem o 6,9% wyższa w porównaniu do wartości otrzymanych przy najniższej zastosowanej ilości wysiewu (50 szt. na 1 m^2).

Dość wilgotny rok 2016, z normalnym przebiegiem średnich dobowych temperatur powietrza sprzyjał wydajności tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 ha.

Nagromadzenie popiołu surowego, włókna surowego i BAW (bezazotowych związków wyciągowych) było istotnie zależne od przebiegu warunków pogodowych w latach prowadzenia badań oraz od zagęszczenia roślin (tab. 19). Interakcja badanych czynników występowała jedynie w odniesieniu do nagromadzenia włókna surowego w nasionach soi.

Nagromadzenie składników chemicznych – popiołu i włókna surowego oraz BAW - wzrastało wraz z liczbą nasion na 1 m^2.

Najniższy poziom nagromadzenia badanych składników odnotowano w 2015 roku, natomiast w roku 2016 badane parametry były na najwyższym poziomie (tab. 19).

Tabela 17

Skład chemiczny nasion soi (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		Tłuszcz surowy [g·kg^{-1}]	Białko ogółem [g·kg^{-1}]	Włókno surowe [g·kg^{-1}]	Popiół surowy [g·kg^{-1}]	BAW [g·kg^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]					
15	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	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 (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**2,61**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	237,0	323,8	57,9	54,0	327,3
	30	233,9	332,6	56,9	53,2	323,4
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	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 (α = 0,05)		**7,5**	**r.n.**	**1,8**	**r.n.**	**r.n.**
Lata	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 (α = 0,05)		**r.n.**	**11,1**	**1,93**	**2,4**	**15,5**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 18

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

Wyszczególnienie		Plon nasion [t·ha^{-1}]	Plon resztek pozbiorowych (łodygi + strączyny) [t·ha^{-1}]	Wydajność tłuszczu surowego [kg·ha^{-1}]	Wydajność białka ogółem [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]				
15	50	2,70	3,26	530	797
	70	2,85	3,76	595	821
	90	2,97	3,45	636	867
30	50	2,70	3,32	536	801
	70	2,77	3,69	565	839
	90	2,91	3,92	598	849
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników					
Rozstawa rzędów [cm]	15	2,84	3,49	587	828
	30	2,79	3,64	566	830
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	2,70	3,29	533	799
	70	2,81	3,72	580	830
	90	2,94	3,69	617	858
NIR (α = 0,05)		**0,115**	**0,288**	**23,4**	**35,5**
Lata	2015	2,05	4,05	420	531
	2016	4,09	3,56	834	1326
	2017	2,31	3,09	476	631
NIR (α = 0,05)		**0,164**	**0,282**	**33,8**	**50,4**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 19

Nagromadzenia składników chemicznych w nasionach soi
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		Popiół surowy [kg·ha^{-1}]	Włókno surowe [kg·ha^{-1}]	BAW [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]			
15	50	124,7	128,8	766,2
	70	130,9	138,8	793,2
	90	136,3	156,3	802,3
30	50	123,6	142,3	721,3
	70	125,5	132,9	756,9
	90	131,4	144,3	828,3
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**9,47**	**r.n.**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	130,6	141,3	787,2
	30	126,8	139,8	768,9
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	124,1	135,5	743,8
	70	128,2	135,9	775,0
	90	133,9	150,3	815,3
NIR (α = 0,05)		**5,16**	**5,64**	**31,28**
Lata	2015	98,9	104,9	629,7
	2016	174,7	204,6	1018,1
	2017	112,6	112,1	686,3
NIR (α = 0,05)		**7,23**	**8,42**	**43,19**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

W badaniach własnych nie wykazano interakcji między czynnikami doświadczenia w odniesieniu do zawartości wszystkich analizowanych składników mineralnych w nasionach soi (tab. 20).

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. 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 roku, a wapnia w 2016 i 2017 roku (tab. 20).

Vargas i in. (2018) badając 2543 partii próbek nasion soi pozyskanych w latach 2009-2011 z różnych regionów Brazylii oznaczyli w nasionach soi zawartość fosforu na poziomie 9,56 g·kg^{-1}, potasu 51 g·kg^{-1}, magnezu w zakresie 24-0,65 g·kg^{-1}, wapnia 1,75 g·kg^{-1}.

Tabela 20

Zawartość składników mineralnych w nasionach soi
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		P [g·kg^{-1}]	K [g·kg^{-1}]	Ca [g·kg^{-1}]	Mg [g·kg^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]				
15	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	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 (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n**
Średnie dla czynników					
Rozstawa rzędów [cm]	15	6,7	17,1	1,2	3,9
	30	7,0	17,2	1,1	3,7
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	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 (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Lata	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 (α = 0,05)		**0,48**	**1,02**	**0,128**	**r.n.**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Nie wykazano interakcji badanych czynników w relacji do analizowanych składników mineralnych strączyn i łodyg soi (tab. 21 i 22). Rozstawa rzędów i liczba nasion na 1 m^2 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 łodygach soi. Zróżnicowanie składu mineralnego strączyn zaobserwowano jedynie w poszczególnych latach badań w odniesieniu do azotu, potasu, wapnia i magnezu (tab. 21). 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 rok.

Warunki pogodowe wpływały także na zawartość azotu, fosforu i magnezu w łodygach soi (tab. 22). Ich najwyższą koncentrację dla azotu i potasu odnotowano w 2017 roku, a magnezu w roku 2015.

Tabela 21

Zawartość składników mineralnych w strączynach soi [g·kg^{-1}] (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		N [g·kg^{-1}]	P [g·kg^{-1}]	K [g·kg^{-1}]	Ca [g·kg^{-1}]	Mg [g·kg^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]					
15	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	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 (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	8,1	1,2	28,7	14,7	5,9
	30	7,9	1,1	28,8	14,4	5,4
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**0,41**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	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 (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Lata	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 (α = 0,05)		**1,88**	**r.n.**	**3,38**	**1,96**	**0,50**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 22

Zawartość składników mineralnych w łodygach soi[g·kg^{-1}] (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		N [g·kg^{-1}]	P [g·kg^{-1}]	K [g·kg^{-1}]	Ca [g·kg^{-1}]	Mg [g·kg^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]					
15	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	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 (α = 0,05)		**r.n**.	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	6,4	5,5	15,0	7,8	3,1
	30	6,4	6,1	15,5	7,7	3,3
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	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 (α = 0,05)		**0,69**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**0,46**
Lata	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 (α = 0,05)		**0,70**	**0,71**	**r.n.**	**r.n.**	**0,46**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Nagromadzenie poszczególnych składników mineralnych w nasionach soi było istotnie zależne od interakcji badanych czynników z wyłączeniem akumulacji fosforu (tab. 23). Zastosowana rozstawa rzędów różnicowała istotnie nagromadzenie wapnia oraz magnezu i wyższa akumulacja tych składników w nasionach soi została stwierdzona przy rozstawie 15 cm. Zróżnicowana liczba wysiewanych nasion na 1 m^2 wpływała istotnie na akumulację fosforu, wapnia i magnezu – każdorazowo najwyższe nagromadzenie tych składników wykazano przy wysiewie 90 szt. nasion na 1 m^2. Nagromadzenie wszystkich badanych składników mineralnych było istotnie różnicowane przez zmienne warunki pogodowe w poszczególnych latach badań, przyjmując najwyższe wartości w 2016 roku.

Nagromadzenie składników mineralnych w strączynach soi było istotnie zależne od interakcji czynników badawczych (tab. 24). Czynnik rozstawy rzędów wpływał istotnie na nagromadzenie fosforu i magnezu, natomiast liczba wysiewanych nasion na 1 m^2 kształtowała nagromadzenie azotu, fosforu i magnezu. Poziom nagromadzenia składników mineralnych w strączynach soi był istotnie zróżnicowany na przestrzeni lat badań.

Wszystkie badane czynniki i ich współdziałanie miały wpływ na nagromadzenie składników mineralnych, z wyłączeniem fosforu, w łodygach soi (tab. 25) Nagromadzenie składników mineralnych wzrastało wraz z zagęszczeniem roślin na jednostce powierzchni i było wyższe przy szerszej rozstawie rzędów. Przebieg warunków wilgotnościowo-termicznych w latach badań istotnie różnicował poziom nagromadzenia azotu, fosforu, potasu, magnezu oraz wapnia w łodygach soi wskazując na najkorzystniejszy, suchy, z normalnym przebiegiem średniej dobowej temperatury powietrza w okresie wegetacji rok 2017 - dla gromadzenia azotu oraz ciepły i suchy 2015 rok dla akumulacji pozostałych składników mineralnych.

Nagromadzenie azotu, potasu, magnezu i wapnia w resztkach pozbiorowych (łodygi + strączyny) istotnie zależało od interakcji badanych czynników (rozstawa rzędów x liczba nasion na 1 m^2). Akumulacja azotu i fosforu zwiększała się wraz ze wzrostem obsady w obrębie rozstawy rzędów oraz liczby nasion na jednostce powierzchni, natomiast najwyższa koncentracja potasu, magnezu i wapnia wystąpiła przy średniej obsadzie roślin na jednostce powierzchni (70 szt.·m^{-2}). Łączne nagromadzenie azotu w resztkach pozbiorowych soi na przestrzeni lat prowadzenia badań kształtowało się w zakresie od 16,8 kg·ha^{-1} (rok 2015) do 25,1 kg·ha^{-1} w 2017 roku (tab. 26). Z kolei najniższe nagromadzenie potasu, magnezu

i wapnia w resztkach pozbiorowych stwierdzono w 2017. Akumulacja fosforu była natomiast najniższa w 2016 roku.

Łączne nagromadzenie składników mineralnych w nasionach i resztkach pozbiorowych soi było istotnie kształtowane przez interakcję badanych czynników z wyłączeniem akumulacji azotu i fosforu (tab. 27). Zastosowana zróżnicowana rozstawa rzędów miała istotny wpływ jedynie na łączne nagromadzenie fosforu w nasionach i resztkach pozbiorowych. Akumulacja wszystkich badanych składników mineralnych była kształtowana przez liczbę wysiewanych nasion na 1 m^2 oraz przebieg warunków termiczno-wilgotnościowych w latach prowadzenia badań. Gromadzenie azotu i fosforu zwiększało się wraz ze wzrostem obsady roślin na 1 m^2, a dla pozostałych składników mineralnych najkorzystniejsza okazała się obsada 70 szt. na 1 m^2. Najniższe nagromadzenie azotu (102,3 $kg \cdot ha^{-1}$) odnotowano w 2015 roku, a najwyższe (232,3 $kg \cdot ha^{-1}$) w roku 2016.

Tabela 23

Nagromadzenie składników mineralnych w nasionach soi
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		P [kg·ha^{-1}]	K [kg·ha^{-1}]	Ca [kg·ha^{-1}]	Mg [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]				
15	50	15,4	39,5	2,9	10,0
	70	16,1	42,5	2,8	9,5
	90	16,3	41,8	3,0	9,9
30	50	15,8	41,3	2,7	8,5
	70	16,4	40,2	2,4	8,4
	90	17,4	42,7	2,8	9,3
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**2,66**	**0,18**	**0,64**
Średnie dla czynników					
Rozstawa rzędów [cm]	15	15,9	41,3	2,9	9,8
	30	16,5	41,4	2,6	8,7
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**0,13**	**0,46**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	15,6	40,4	2,8	9,3
	70	16,2	41,3	2,6	8,9
	90	16,8	42,3	2,9	9,6
NIR (α = 0,05)		**0,63**	**r.n.**	**0,11**	**0,39**
Lata	2015	13,1	31,8	2,9	7,2
	2016	20,8	57,2	3,4	13,3
	2017	14,8	34,9	1,9	7,3
NIR (α = 0,05)		**0,88**	**2,30**	**0,16**	**0,56**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 24

Nagromadzenie składników mineralnych w strączynach soi
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		N [kg·ha^{-1}]	P [kg·ha^{-1}]	K [kg·ha^{-1}]	Mg [kg·ha^{-1}]	Ca [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]					
15	50	8,0	1,4	32,0	6,2	16,5
	70	9,8	1,7	36,3	7,8	18,2
	90	9,4	1,1	30,7	6,3	14,5
30	50	8,1	1,1	30,5	6,4	14,3
	70	8,0	1,2	31,1	6,1	16,0
	90	10,4	1,6	35,7	6,1	17,1
NIR (α = 0,05)		**1,20**	**0,18**	**4,51**	**0,88**	**2,27**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	9,1	1,4	33,0	6,8	16,4
	30	8,8	1,3	32,4	6,2	15,8
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,088**	**r.n.**	**0,43**	**r.n.**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	8,0	1,3	31,3	6,3	15,4
	70	8,9	1,5	33,7	7,0	17,1
	90	9,9	1,34	33,2	6,2	15,8
NIR (α = 0,05)		**0,89**	**0,1**	**r.n.**	**0,67**	**r.n.**
Lata	2015	6,2	0,89	31,9	3,4	17,0
	2016	11,2	2,1	41,6	9,1	17,7
	2017	9,4	1,1	24,5	7,0	13,4
NIR (α = 0,05)		**0,78**	**0,11**	**2,98**	**0,53**	**1,51**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 25

Nagromadzenie składników mineralnych w łodygach soi
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		N [kg·ha^{-1}]	P [kg·ha^{-1}]	K [kg·ha^{-1}]	Mg [kg·ha^{-1}]	Ca [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]					
15	50	8,9	8,7	27,6	5,0	12,5
	70	11,8	10,5	31,3	6,9	16,1
	90	12,8	11,0	25,5	5,8	13,3
30	50	10,6	11,0	27,0	5,1	12,6
	70	12,0	11,9	32,5	7,5	14,8
	90	14,1	13,1	33,3	7,3	17,9
NIR (α = 0,05)		**1,67**	**r.n.**	**4,06**	**0,81**	**1,82**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	11,2	10,1	28,1	5,9	14,0
	30	12,2	12,0	30,9	6,6	15,1
NIR (α = 0,05)		**0,92**	**0,86**	**2,48**	**0,51**	**1,11**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	9,8	9,9	27,3	5,1	12,6
	70	11,9	11,2	31,9	7,2	15,4
	90	13,4	12,0	29,4	6,5	15,6
NIR (α = 0,05)		**1,21**	**1,11**	**2,78**	**0,54**	**1,25**
Lata	2015	10,6	13,5	31,8	9,0	17,5
	2016	8,9	7,1	20,3	5,6	13,0
	2017	15,6	12,5	26,4	4,3	13,1
NIR (α = 0,05)		**1,12**	**1,06**	**3,04**	**0,62**	**1,36**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 26

Nagromadzenie składników mineralnych w resztkach pozbiorowych soi (łodygi + strączyny)
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		N [kg·ha^{-1}]	P [kg·ha^{-1}]	K [kg·ha^{-1}]	Mg [kg·ha^{-1}]	Ca [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]					
15	50	16,9	10,1	59,6	11,1	29,0
	70	21,5	12,3	57,6	14,7	34,3
	90	22,2	12,1	56,1	12,1	27,8
30	50	18,7	12,1	57,5	11,5	26,9
	70	20,0	13,1	63,6	13,6	30,7
	90	24,5	14,6	69,0	13,3	35,0
NIR (α = 0,05)		**2,44**	**r.n.**	**7,20**	**1,39**	**3,47**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	20,2	11,5	61,1	12,7	30,4
	30	21,1	13,3	63,4	12,8	30,9
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,89**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	17,8	11,1	58,5	11,3	28,0
	70	20,8	12,7	65,6	14,2	32,5
	90	23,3	13,3	62,6	12,7	31,4
NIR (α = 0,05)		**1,75**	**1,16**	**5,11**	**1,00**	**2,44**
Lata	2015	16,8	14,4	73,8	12,3	34,5
	2016	20,0	9,2	61,9	14,7	30,7
	2017	25,1	13,6	51,0	11,2	26,7
NIR (α = 0,05)		**1,68**	**1,09**	**5,06**	**0,95**	**2,49**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Tabela 27

Łączne nagromadzenie składników mineralnych w nasionach i resztkach pozbiorowych soi (słoma + strączyny) (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		N [kg·ha^{-1}]	P [kg·ha^{-1}]	K [kg·ha^{-1}]	Mg [kg·ha^{-1}]	Ca [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]					
15	50	144,5	25,5	99,1	21,1	31,9
	70	152,9	28,3	110,1	24,2	37,1
	90	161,3	28,3	98,0	22,0	30,7
30	50	147,0	27,9	98,8	20,0	29,7
	70	154,8	29,5	103,7	22,1	33,1
	90	160,7	32,1	111,7	22,6	37,8
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**9,09**	**1,86**	**3,59**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	152,9	27,4	102,4	22,5	33,3
	30	154,2	29,8	104,7	21,5	33,5
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**1,40**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	145,7	26,7	98,9	20,6	30,8
	70	153,8	28,9	106,9	23,1	35,1
	90	161,0	30,2	104,8	22,3	34,3
NIR (α = 0,05)		**6,96**	**1,64**	**6,29**	**1,29**	**2,51**
Lata	2015	102,3	27,5	105,6	19,5	37,4
	2016	232,3	29,9	119,2	28,0	34,1
	2017	126,0	28,4	85,9	18,5	28,6
NIR (α = 0,05)		**9,18**	**1,72**	**6,71**	**1,37**	**2,58**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Profil kwasów tłuszczowych jest głównym parametrem określającym jakość pozyskanego oleju z nasion soi (Lee i in. 2013, Rowntree i in. 2014). Dobra jakość oleju wiąże się z dużą zawartością procentową nienasyconych kwasów tłuszczowych, w przypadku oleju sojowego głównie kwasu oleinowego (20-29%) i linolowego (48-5 %). W oleju sojowym również obecne są kwasy nasycone, w tym kwas palmitynowy (10-13%), kwas stearynowy (4-5%) (Boydak i in. 2002, Fehr 2007, Amrutha Kala 2012).

W badaniach własnych profil kwasów tłuszczowych nie był istotnie zależny od czynników doświadczenia ani od ich wzajemnej interakcji (tab. 28). W analizie wyników badań własnych pominięto kwasy, których zawartość w nasionach była mniejsza niż 1%. Zawartość kwasu palmitynowego, w trzyletnim doświadczeniu, mieściła się w zakresie 11,5-13,4%, kwasu stearynowego, 2,12-3,38%, kwasu elaidynowego, 1,26-1,48 %, kwasu oleinowego oraz 12,80-13,61%, kwasu linolowego.

Dostępna literatura wskazuje, że uwarunkowania genetyczne odmiany, czynniki środowiskowe, lokalizacja uprawy, temperatura powietrza w czasie fazy wypełniania strąków (Oliva i in. 2006, Bellaloui i in. 2009) oraz niedobory wody (Bellaloui 2011) determinują skład kwasów tłuszczowych w nasionach soi. W doświadczeniu Szpunar-Krok i in. (2021) przebieg warunków pogodowych silnie modyfikował profil kwasów tłuszczowych w nasionach soi. Nasiona z 2017 roku zawierały najwyższy poziom kwasu stearynowego (C18:0), linolenowego (C18:3n6), mirystynowego (C14:0), palmitynowego (C16:0), palmitooleinowego (C16:1), arachidowego (C20:0) i erukowego (C20:1). Nasiona soi z 2016 r. miały wysoką zawartością kwasu linolowego (C18:2n6), a w 2018 r. oleinowego (C18:1n9). Poziom kwasu C16:1 w nasionach utrzymywał się na zbliżonym poziomie, z wyjątkiem 2016 r., kiedy był najniższy ze znaczną przewagą. Wykazano również, że wilgotny i chłodny rok sprzyjał akumulacji w nasionach soi nie tylko kwasów C16:0 i C18:0, ale także C18:3n6, C14:0, C16:1, C20:0 i C20:1. W badaniach własnych nie wykazano takich zależności między zawartością kwasów tłuszczowych a latami prowadzenia badań, co jest zbieżne z wynikami Tamagno i in. (2020). Badania Hou i in. (2006) wykazały, że kwas linolenowy był bardziej wrażliwy na czynniki środowiskowe. W literaturze jest również podkreślony związek między wysoką temperaturą podczas rozwoju nasion w strąkach, a niską zawartością kwasu linolowego i linolenowego oraz wysokie względne zawartości kwasu oleinowego (Dornbos i Mullen 1992, Kane i in. 1997, Primomo i in. 2002).

Relacja C18:2 i C18:3 jest kluczowa w kontekście właściwej diety ludzi, stosunek ten określa wartość odżywczą pożywienia (Carrera i Dardanelli, 2017). W badaniu własnym był on statystycznie niezwiązany z czynnikami doświadczenia i ich wzajemną interakcją, mieścił się w zakresie 4:1. W badaniach Pisulewskiej i in. (1999) stosunek był wyższy i wynosił 7:1 a u Szpunar-Krok i in. (2021) 5:1.

Nasycone kwasy tłuszczowe SFA (ang. *saturated fatty acids*) są niepożądane w diecie człowieka, ponieważ spożywane w większych ilościach przyczyniają się do podniesienia poziomu cholesterolu LDL, co w konsekwencji prowadzi do rozwoju miażdżycy i choroby niedokrwiennej serca (Hunter i in. 2010). Łoźna i in. (2012) w oleju sojowym otrzymała zawartość SFA na poziomie 16,1%, MUFA 25,8% PUFA 58,1%, ω-3 5,6%. W niniejszej pracy uzyskana wartość ω-3, SFA, UFA, oraz stosunek SFA/UFA nie były determinowane przez czynniki doświadczenia. Średnia zawartość ω-3 w latach prowadzenia badań mieściła się w zakresie 9,5-13,8, SFA 24,4-26,2, UFA 73,8-85,6 g· 100 g nasion^{-1}.

Szpunar-Krok i in. (2021) w trzyczynnikowym doświadczeniu polowym badali wpływ odmian soi (Annushka, Aldana), nawożenia azotowego (0, 30, 60 kg·ha^{-1}) oraz inokulacji *B. japonicum* (kontrola, HiStick® Soy, Nitragina) na zawartość kwasów tłuszczowych w nasionach soi. W przeprowadzonym doświadczeniu otrzymano niższą zawartość SFA w nasionach soi - 18,0 g a uzyskana wartość UFA była zbliżona (81,7 g na 100 g nasion^{-1}) w porównaniu do wyników własnych.

Szostak i in. (2019) analizowała profil kwasów tłuszczowych nasion soi w doświadczeniu dwuczynnikowym, z których pierwszy czynnik stanowiła odmiana (Amandine i Merlin) a drugi zróżnicowane nawożenie azotem (1) N – 0; 2) N – przed siewem; 3) N – 30 w BBCH 73-75 (rozwój strąków wypełnianie nasionami); 4) N – 60 (30 przed siewem i 30 w BBCH 73-75). Średni procentowy udział MUFA dla odmiany Merlin wyniósł 27 % a dla Amandine 24%. W badaniach własnych wartość MUFA w roku 2015 znacząco odbiegała od wyników uzyskanych przez Szostaka i in (2019) i wyniosła 14,4 a w 2016 roku była zbliżona (25,2 %). Również wyniki uzyskane przez Szpunar-Krok i in. (2021) były zróżnicowane w latach badań, przyjmując wartości 17,5-23,1%. Zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) była istotnie zróżnicowana w latach badań przyjmując najniższą wartość w 2016 roku (48,6) a najwyższą w roku 2015 (60,6). Szpunar-Krok i in. (2021) wykazali średnią zawartość PUFA w nasionach soi na poziomie 62,2.

Tabela 28

Profil kwasów tłuszczowych nasion soi (średnie z lat 2015-2017)

Wyszczególnienie		C16:0	C18:0	18:1n9t	C18:1n9c	C18:2n6t	C18:2n6c	C18:3n3c
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]							
15	50	13,1	2,24	1,29	13,1	14,7	42,3	7,86
	70	13,9	2,40	1,63	12,6	12,7	43,6	7,62
	90	12,1	1,98	1,40	13,6	13,2	45,5	8,37
30	50	12,1	3,59	1,43	12,8	13,6	43,3	7,54
	70	12,5	3,69	1,29	13,4	13,6	44,4	7,45
	90	12,9	2,35	1,29	14,5	12,7	44,4	7,58
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników								
Rozstawa rzędów [cm]	15	13,0	2,21	1,44	13,1	13,5	43,8	7,95
	30	12,5	3,21	1,33	13,5	13,3	44,0	7,52
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	12,6	2,92	1,36	12,9	14,2	42,8	7,70
	70	13,2	3,04	1,46	13,0	13,1	44,0	7,54
	90	12,5	2,17	1,34	14,1	13,0	45,0	7,98
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Lata	2015	13,4	2,63	1,41	13,6	14,2	39,5	8,59
	2016	13,4	2,12	1,48	12,8	12,5	46,3	6,83
	2017	11,53	3,38	1,26	13,6	13,5	46,0	7,80
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie, **C16:0** kwas palmitynowy, **C18:0** kwas stearynowy, **18:1n9t** kwas elaidynowy, **C18:1n9c** kwas oleinowy, **C18:2n6c** kwas cis-linolowy, **C18:2n6t** kwas trans-linolowy, **C18:3n3c** kwas linolenowy.

Tabela 29

Zawartość ω-3, ω-6, SFA, UFA, MUFA, PUFA (g · 100 g nasion^{-1}) oraz relacji SFA/UFA i C18:2n6/C18:3n3

Wyszczególnienie		C18:2n6c na C18:3n3	ω-3	ω-6	SFA	UFA	MUFA	PUFA	SFA/UFA
Rozstawa rzędów [cm]	Liczba nasion na 1m^2 [szt.]								
15	50	3,74	12,1	44,9	24,9	75,1	18,1	57,0	0,330
	70	3,84	11,8	44,8	25,5	74,5	18,0	56,5	0,343
	90	3,85	11,7	44,5	25,0	75,0	18,8	56,2	0,333
30	50	3,77	11,9	44,1	25,4	74,7	18,7	22,9	0,340
	70	3,87	11,7	44,3	25,8	74,2	18,2	56,0	0,347
	90	3,74	12,1	45,0	24,6	75,4	18,3	57,1	0,327
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników									
Rozstawa rzędów [cm]	15	3,81	11,9	44,7	25,2	74,9	18,3	56,6	0,336
	30	3,79	11,9	44,4	25,3	74,8	18,4	56,3	0,338
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Liczba nasion na 1m^2 [szt.]	50	3,76	12,0	44,5	25,1	74,9	18,4	56,5	0,335
	70	3,85	11,7	44,5	25,7	74,3	18,1	56,3	0,345
	90	3,8	11,9	44,7	24,8	75,2	18,6	56,6	0,330
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Lata	2015	3,89	13,8	46,8	25,0	75,0	14,4	60,6	0,332
	2016	4,14	9,5	39,1	26,2	73,8	25,2	48,6	0,355
	2017	3,88	12,3	47,8	24,4	85,6	15,5	60,1	0,323
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**1,53**	**r.n.**	**r.n.**	**0,5526**	**2,43**	**r.n.**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Koszty bezpośrednie i pośrednie poniesione na uprawę soi były kształtowane przez zróżnicowaną liczbę wysiewanych nasion na 1 m^2 (tab. 30-34). Zwiększenie ilości wysiewu o 20 sztuk na 1 m^2 determinowało zwiększenie poniesionych kosztów bezpośrednich średnio o 291,56 zł, a kosztów pośrednich o 29,16 zł na 1 hektar (tab. 34).

Średnie koszty uprawy 1 ha soi wynosiły przy wysiewie 50 szt. nasion na 1 m^2 2877,96 zł, 70 szt. na 1 m^2 – 3198,68 zł, a 90 szt. na 1 m^2 – 3519,39 zł i przy cenie sprzedaży 1 t nasion soi 1631,67 zł, próg rentowności (bez dopłat) uzyskuje się przy plonie 1,8 $t \cdot ha^{-1}$ (w przypadku wysiewu 50 szt. nasion soi na 1 m^2), ok. 2,0 $t \cdot ha^{-1}$ (70 szt. na 1m^2) oraz 2,2 $t \cdot ha^{-1}$ (90 szt. na 1m^2). Średni koszt produkcji 1 kg białka przy wysiewie 50 szt. nasion soi na 1 m^2 wynosił 3,60 zł, przy 70 szt. 3,86 zł, a przy 90 szt. 4,11 zł. Średni dochód z uprawy soi przy rozstawie 15 cm i wysiewie 50 szt. nasion na 1 m^2 wynosił 2925,89 zł, przy 70 szt. na 1 m^2 – 2849,92 zł oraz 2725,01 zł przy 90 szt. Natomiast dla rozstawy rzędów 30 cm oraz wysiewu 50, 70 i 90 szt. nasion na 1 m^2 dochód wraz z dopłatami wyniósł, kolejno, 2925,88 zł, 2719,37 zł i 2627,11 zł. Średni dochód z uprawy soi z 1 hektara przy zastosowanej rozstawie rzędów 15 cm był o 76,14 zł wyższy w porównaniu do rozstawy 30 cm i wyniósł 2833,61 zł.

Analiza kosztów pozwala stwierdzić, że wyższy dochód z uprawy soi uzyskano przy zastosowaniu wysiewu 50 nasion na 1 m^2, co wpisuje się w trend rolnictwa zrównoważonego. Niskonakładowe technologie uprawy roślin bobowatych, do których należy soja, zakładają dążenie do stosowania obniżonych norm wysiewu (Borowiecki i in. 1997).

Tabela 30

Koszty [zł.] uprawy soi dla ilości wysiewu 50 szt. na m^2 (średnie z lat 2015-2017)

Wyszczególnienie	Rozstawa rzędów [cm]	
	15	30
KOSZTY BEZPOŚREDNIE	**1256,64**	**1256,64**
Nawożenie	371,82	371,82
46% superfosfat potrójny	142,17	142,17
60% sól potasowa	191,60	191,60
34% saletra amonowa	38,05	38,05
Materiał siewny	**728,89**	**728,89**
Środki ochrony roślin	**155,93**	**155,93**
2015		
Sencor Liquid 600 SC – 0,55 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	74,76	74,76
2016		
Afalon dyspersyjny 450 SC – 1,5 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	75,27	75,27
Corum 502,4 SL – 0,6 $dm^3 \cdot ha^{-1}$ + Dash HC – 0,6 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	85,84	85,84
2017		
Afalon dyspersyjny 450 SC – 1,5 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	62,22	62,22
Boxer 800 EC – 4,0 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	169,71	169,71
KOSZTY POŚREDNIE	**1621,32**	**1621,32**
Uprawa roli	1199,48	1199,48
Agregat ścierniskowy – talerzowanie	120,00	120,00
Orka	250,00	250,00
Agregat uprawowy	150,00	150,00
Siew nasion	80,00	80,00
Aplikacja nawozów	35,00	35,00
Zbiór kombajnem	450,00	450,00
Transport nasion	30,48	30,48
Aplikacja środków ochrony roślin	84,00	84,00
Podatek rolny i inne koszty pośrednie (10% kosztów)	421,84	421,84
SUMA KOSZTÓW	**2877,96**	**2877,96**

Tabela 31

Koszty [zł.] uprawy soi dla ilości wysiewu 70 szt. na m^2 (średnie z lat 2015-2017)

Wyszczególnienie	Rozstawa rzędów [cm]	
	15	30
KOSZTY BEZPOŚREDNIE	**1548,20**	**1548,20**
Nawożenie	371,82	371,82
46% superfosfat potrójny	142,17	142,17
60% sól potasowa	191,60	191,60
34% saletra amonowa	38,05	38,05
Materiał siewny	**1020,44**	**1020,44**
Środki ochrony roślin	**155,93**	**155,93**
2015		
Sencor Liquid 600 SC – 0,55 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	74,76	74,76
2016		
Afalon dyspersyjny 450 SC – 1,5 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	75,27	75,27
Corum 502,4 SL – 0,6 $dm^3 \cdot ha^{-1}$ + Dash HC – 0,6 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	85,84	85,84
2017		
Afalon dyspersyjny 450 SC – 1,5 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	62,22	62,22
Boxer 800 EC – 4,0 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	169,71	169,71
KOSZTY POŚREDNIE	**1650,48**	**1650,48**
Uprawa roli	**1199,48**	**1199,48**
Agregat ścierniskowy – talerzowanie	120,00	120,00
Orka	250,00	250,00
Agregat uprawowy	150,00	150,00
Siew nasion	80,00	80,00
Aplikacja nawozów	35,00	35,00
Zbiór kombajnem	450,00	450,00
Transport nasion	30,48	30,48
Aplikacja środków ochrony roślin	84,00	84,00
Podatek rolny i inne koszty pośrednie (10% kosztów)	450,99	450,99
SUMA KOSZTÓW	**3198,68**	**3198,68**

Tabela 32

Koszty [zł.] uprawy soi dla ilości wysiewu 90 szt. na m^2 (średnie z lat 2015-2017)

Wyszczególnienie	Rozstawa rzędów [cm]	
	15	30
KOSZTY BEZPOŚREDNIE	**1839,75**	**1839,75**
Nawożenie	371,82	371,82
46% superfosfat potrójny	142,17	142,17
60% sól potasowa	191,60	191,60
34% saletra amonowa	38,05	38,05
Materiał siewny	**1312,00**	**1312,00**
Środki ochrony roślin	**155,93**	**155,93**
2015		
Sencor Liquid 600 SC – 0,55 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	74,76	74,76
2016		
Afalon dyspersyjny 450 SC – 1,5 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	75,27	75,27
Corum 502,4 SL – 0,6 $dm^3 \cdot ha^{-1}$ + Dash HC – 0,6 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	85,84	85,84
2017		
Afalon dyspersyjny 450 SC – 1,5 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	62,22	62,22
Boxer 800 EC – 4,0 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	169,71	169,71
KOSZTY POŚREDNIE	**1679,63**	**1679,63**
Uprawa roli	1199,48	1199,48
Agregat ścierniskowy – talerzowanie	120,00	120,00
Orka	250,00	250,00
Agregat uprawowy	150,00	150,00
Siew nasion	80,00	80,00
Aplikacja nawozów	35,00	35,00
Zbiór kombajnem	450,00	450,00
Transport nasion	30,48	30,48
Aplikacja środków ochrony roślin	84,00	84,00
Podatek rolny i inne koszty pośrednie (10% kosztów)	480,15	480,15
SUMA KOSZTÓW	**3519,39**	**3519,39**

Tabela 33

Kalkulacje kosztów w zł na 1 ha uprawy soi
(średnie dla ilości wysiewu z lat 2015-2017)

Wyszczególnienie	Liczba nasion na 1 m^2 [szt.]		
	50	70	90
KOSZTY BEZPOŚREDNIE	**1256,64**	**1548,20**	**1839,75**
Nawożenie	371,82	371,82	371,82
46% superfosfat potrójny	**142,17**	**142,17**	**142,17**
60% sól potasowa	191,60	191,60	191,60
34% saletra amonowa	38,05	38,05	38,05
Materiał siewny	**728,89**	**1020,44**	**1312,00**
Środki ochrony roślin	**155,93**	**155,93**	**155,93**
2015			
Sencor Liquid 600 SC – 0,55 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	74,76	74,76	74,76
2016			
Afalon dyspersyjny 450 SC – 1,5 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	75,27	75,27	75,27
Corum 502,4 SL – 0,6 $dm^3 \cdot ha^{-1}$ + Dash HC – 0,6 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	85,84	85,84	85,84
2017			
Afalon dyspersyjny 450 SC – 1,5 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	62,22	62,22	62,22
Boxer 800 EC – 4,0 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	169,71	169,71	169,71
KOSZTY POŚREDNIE	**1621,32**	**1650,48**	**1679,63**
Uprawa roli	**1199,48**	**1199,48**	**1199,48**
Agregat ścierniskowy – talerzowanie	120,00	120,00	120,00
Orka	250,00	250,00	250,00
Agregat uprawowy	150,00	150,00	150,00
Siew nasion	80,00	80,00	80,00
Aplikacja nawozów	35,00	35,00	35,00
Zbiór kombajnem	450,00	450,00	450,00
Transport nasion	30,48	30,48	30,48
Aplikacja środków ochrony roślin	84,00	84,00	84,00
Podatek rolny i inne koszty pośrednie (10% kosztów)	421,84	450,99	480,15
SUMA KOSZTÓW	**2877,96**	**3198,68**	**3519,39**

Tabela 34

Kalkulacje kosztów i dochodów w zł na 1 ha uprawy soi
(średnie dla współdziałania badanych czynników z lat 2015-2017

Wyszczególnienie	Rozstawa rzędów [cm]					
	15			30		
	Liczba nasion na 1 m^2 [szt.]					
	50	70	90	50	70	90
Plon nasion	2,70	2,85	2,97	2,70	2,77	2,91
Przychody ze sprzedaży + dopłaty	5803,85	6048,60	6244,40	5803,85	5918,07	6146,50
Produkcja główna	4405,51	4650,26	4846,06	4405,51	4519,73	4748,16
Jednolita płatność obszarowa (JPO)	459,10					
Specjalna płatność dla roślin strączkowych	484,07					
Zazielenienie	308,06					
Dopłata do materiału siewnego roślin strączkowych	147,11					
Suma kosztów	2877,96	3198,68	3519,39	2877,96	3198,68	3519,39
Koszty BEZPOŚREDNIE	**1256,64**	**1548,20**	**1839,75**	**1256,64**	**1548,20**	**1839,75**
Koszty POŚREDNIE	**1621,32**	**1650,48**	**1679,63**	**1621,32**	**1650,48**	**1679,63**
Nadwyżka bezpośrednia	4547,21	4500,40	4404,65	4547,21	4369,87	4306,75
Nadwyżka bezpośrednia bez dopłat	3148,87	3102,06	3006,31	3148,87	2971,53	2908,41
Koszt produkcji 1 tony nasion	1065,91	1122,34	1184,98	1065,91	1154,76	1209,41
Wydajność białka w kg ha^{-1}	797,00	821,00	867,00	801,00	839,00	849,00
Koszt produkcji 1 kg białka	3,61	3,90	4,06	3,59	3,81	4,15
Dochód (przychody- koszty) z działalności z dopłatami	**2925,88**	**2849,92**	**2725,01**	**2925,88**	**2719,39**	**2627,11**
Dochód z działalności bez dopłat	**1527,54**	**1451,58**	**1326,67**	**1527,54**	**1321,05**	**1228,77**

6.2. II Seria badań

Liczba roślin soi po wschodach i przed zbiorem na 1 m^2 oraz zaniki roślin podczas wegetacji nie były istotnie determinowane wzajemną interakcją badanych czynników (tab. 35). Liczba roślin po wschodach na jednostce powierzchni była zbliżona do założeń metodycznych. W okresie wegetacji obserwowano zaniki roślin mieszczące się w zakresie od 6,6 do 8,5%. Jednocześnie nie stwierdzono istotnego wpływu poszczególnych czynników badawczych (rozstawa rzędów, aplikacja Asahi SL) na obsadę roślin po wschodach i przed zbiorem, a także zaniki roślin podczas wegetacji. Zróżnicowane warunki termiczno-wilgotnościowe w poszczególnych latach badań istotnie wpłynęły na liczbę roślin po wschodach i przed zbiorem na 1 m^2 oraz nasilenie zaników soi podczas wegetacji. Najniższą liczbę roślin na 1 m^2 po wschodach (42 szt.) i przed zbiorem (38 szt.) odnotowano w 2017 roku. W tym roku warunki wilgotnościowe w fazach kiełkowania i wschodów roślin były niekorzystne dla ich prawidłowego rozwoju. Suma opadów była wyższa od sumy z wielolecia 1985–2014, co spowodowało nadmierne uwilgotnienie gleby, a dodatkowo niskie temperatury powietrza opóźniły kiełkowanie nasion i wschody roślin. W maju 2017 roku odnotowano znaczący deficyt opadów, co dodatkowo utrudniło rozwój roślin i przyczyniło się do powstania najwyższych zaników soi (10,4%) podczas wegetacji na tle całego trzylecia badawczego.

Tabela 35

Liczba roślin soi na 1 m^2 i zanik roślin podczas wegetacji
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		Liczba roślin na 1 m^2 [szt]		Zaniki roślin podczas wegetacji [%]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL	po wschodach	przed zbiorem	
15	1	58	53	8,3
	2	59	54	7,4
	3	58	53	8,5
	4	57	54	7,1
30	1	57	53	7,5
	2	58	54	7,6
	3	58	55	6,6
	4	57	53	8,5
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	58	54	7,8
	30	58	53	7,6
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	57	53	7,9
	2	58	54	7,5
	3	58	54	7,6
	4	57	53	7,8
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Lata	2015	67	62	7,3
	2016	64	61	5,4
	2017	42	38	10,4
NIR (α = 0,05)		**1,5**	**1,4**	**1,6**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Wszystkie oceniane w II serii doświadczenia cechy morfologiczne roślin soi nie były istotnie zależne od współdziałania badanych czynników (tab. 36-37). Zróżnicowana rozstawa rzędów kształtowała wysokość osadzenia I. strąka, liczbę rozgałęzień I. rzędu oraz liczbę nasion z rośliny, które były istotnie wyższe przy wysiewie soi w rozstawie rzędów 30 cm. Aplikacja biostymulatora Asahi SL, w porównaniu do kontroli (bez aplikacji), wpłynęła na wysokość roślin i liczbę rozgałęzień I. rzędu oraz liczbę i masę nasion w strąku (tab. 36-37). Zastosowanie preparatu w każdej z wybranych faz rozwojowych istotnie determinowało zwiększenie wysokości roślin w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Z kolei liczba rozgałęzień I. rzędu oraz liczba nasion z rośliny były istotnie najwyższe po aplikacji Asahi SL w fazie BBCH 15 oraz w fazach BBCH 15 + BBCH 51. Badania własne nie wykazały wpływu zastosowania biostymulatora na wysokość osadzenia I. strąka.

Przebieg warunków pogodowych w latach prowadzenia badań miał istotny wpływ na wszystkie oceniane cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem (tab. 36-38). Najwyższe rośliny przed zbiorem (74 cm), z najwyżej osadzonym I. strąkiem (10,6 cm) zaobserwowano w 2015 roku (tab. 36).

W 2016 roku liczba wykształconych prawidłowo strąków płodnych (tab. 37) była najwyższa (27,4 szt.), co skutkowało uzyskaniem największej liczby nasion z rośliny (61,3 szt.). Dodatkowo w wyżej wymienionym roku liczba nasion w strąku była najwyższa w odniesieniu do pozostałych lat badań. Wartości poszczególnych cech morfologicznych roślin soi w roku 2015 zostały znacząco ograniczone poprzez narastającą suszę, a w 2017 roku przez nagłe wystąpienie gradobicia (7.07.).

Ponadto masa nasion z rośliny, masa nasion w strąku oraz masa 1000 nasion były istotnie zależne od przebiegu warunków termiczno-wilgotnościowych w latach prowadzenia badań. W roku 2015 z uwagi na niską sumę opadów w okresie wegetacji rośliny soi wykształciły nasiona o istotnie najniższej masie 1000 sztuk (tab. 38). Lata 2016 i 2017 były zbliżone pod względem przebiegu warunków pogodowych w okresie zawiązywania i wypełniania strąków nasionami, co skutkowało uzyskaniem podobnych wartości masy 1000 nasion.

Tabela 36

Cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)
Część I

Wyszczególnienie		Wysokość roślin [cm]	Wysokość osadzenia I. strąka [cm]	Liczba rozgałęzień I. rzędu [szt.]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL			
15	1	60	9,8	1,3
	2	65	10,0	1,7
	3	62	9,6	1,5
	4	66	10,0	1,6
30	1	60	10,0	1,6
	2	61	10,5	1,7
	3	64	10,5	1,6
	4	63	10,7	1,7
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	63	9,9	1,5
	30	62	10,4	1,7
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,43**	**0,11**
Aplikacja Asahi SL	1	60	9,9	1,5
	2	63	10,3	1,7
	3	63	10,1	1,5
	4	64	10,4	1,7
NIR (α = 0,05)		**1,9**	**r.n.**	**0,15**
Lata	2015	74	10,6	1,6
	2016	58	9,4	2,0
	2017	55	10,3	1,2
NIR (α = 0,05)		**1,8**	**0,52**	**0,10**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Tabela 37

Cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)
Część II

Wyszczególnienie		Liczba strąków płodnych [szt.]	Liczba nasion z rośliny [szt.]	Liczba nasion w strąku [szt.]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL			
15	1	20,8	41,8	1,99
	2	21,7	44,1	2,00
	3	21,9	42,4	1,92
	4	22,6	46,1	2,01
30	1	21,6	43,7	1,98
	2	22,7	46,8	2,02
	3	22,3	45,2	1,99
	4	22,8	45,8	1,96
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	21,8	43,6	1,98
	30	22,4	45,4	1,99
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**1,25**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	21,2	42,7	1,98
	2	22,2	45,5	2,01
	3	22,1	43,8	1,95
	4	22,7	45,9	1,99
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**2,00**	**r.n**
Lata	2015	18,6	32,1	1,73
	2016	27,4	61,3	2,24
	2017	20,2	40,0	1,98
NIR (α = 0,05)		**0,82**	**1,53**	**0,045**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Tabela 38

Cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)
Część III

Wyszczególnienie		Masa nasion w strąku [g]	Masa nasion z rośliny [g]	Masa 1000 nasion [g]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL			
15	1	0,315	6,75	165
	2	0,338	7,64	165
	3	0,314	7,19	170
	4	0,323	7,62	169
30	1	0,315	7,14	163
	2	0,322	7,64	168
	3	0,326	7,61	169
	4	0,320	7,66	169
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	0,323	7,30	167
	30	0,321	7,51	167
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	0,315	6,94	164
	2	0,330	7,64	167
	3	0,320	7,40	170
	4	0,322	7,64	169
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,357**	**3,0**
Lata	2015	0,227	4,46	137
	2016	0,399	10,90	183
	2017	0,341	6,88	182
NIR (α = 0,05)		**0,0082**	**0,282**	**3,4**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Masa całej rośliny oraz masa strączyn i łodyg były kształtowane przebiegiem warunków pogodowych w latach badań (tab. 39). Sumaryczna masa całej rośliny była najniższa w 2015 roku z uwagi na występującą w okresie wegetacji suszę, natomiast w roku 2017 występujące gradobicie ograniczyło znacząco masę nadziemnych części rośliny. Uprawa soi w szerszej rozstawie rzędów (30 cm) sprzyjała istotnemu zwiększeniu masy strączyn, łodyg i sumarycznej masy całej rośliny w porównaniu do wysiewu soi w rozstawie 15 cm (tab. 39). Ponadto rośliny soi pozbawione działania biostymulatora Asahi SL cechowały się istotnie niższą masą łodyg oraz całej rośliny w porównaniu do roślin stymulowanych tym preparatem w wybranych fazach rozwojowych.

Struktura nadziemnej części roślin nie była istotnie zależna od interakcji badanych czynników doświadczenia (tab. 40). Zastosowanie szerszej rozstawy rzędów (30 cm) spowodowało istotne zwiększenie procentowego udziału strączyn w odniesieniu do nadziemnej części rośliny. Aplikacja biostymulatora Asahi SL wpłynęła niekorzystnie na procentowy udział strączyn w odniesieniu do całej części nadziemnej rośliny. Badania własne potwierdziły wpływ przebiegu specyficznych warunków pogodowych w poszczególnych latach badań na strukturę analizowanych składowych nadziemnej części rośliny (tab. 40). Najwyższy udział nasion i strączyn odnotowano w 2016 roku, a łodyg w roku 2015.

Tabela 39

Masa nadziemnej części rośliny soi [g] (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		Strączyny [g]	Łodygi [g]	Roślina* [g]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL			
15	1	3,26	3,73	13,7
	2	3,30	3,91	14,8
	3	3,26	3,81	14,3
	4	3,36	4,03	15,0
30	1	3,63	3,84	14,6
	2	3,63	4,12	15,4
	3	3,66	4,06	15,3
	4	3,72	4,13	15,5
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	3,29	3,87	14,5
	30	3,66	4,04	15,2
NIR (α = 0,05)		**0,079**	**0,148**	**0,29**
Aplikacja Asahi SL	1	3,44	3,78	14,2
	2	3,46	4,01	15,1
	3	3,46	3,93	14,8
	4	3,54	4,08	15,3
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,194**	**0,43**
Lata	2015	2,42	4,36	11,2
	2016	4,92	3,96	19,8
	2017	3,09	3,54	13,5
NIR (α = 0,05)		**0,097**	**0,181**	**0,35**

*** Roślina** – masa nasion + masa strączyn + masa łodyg [g]

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Tabela 40

Struktura nadziemnej części rośliny soi (dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		Nasiona [%]	Strączyny [%]	Łodygi [%]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL			
15	1	48,1	23,4	28,5
	2	49,9	22,0	28,1
	3	48,9	22,7	28,4
	4	49,2	22,3	28,5
30	1	47,7	24,2	28,1
	2	48,2	23,2	28,6
	3	48,3	23,4	28,3
	4	47,9	23,6	28,5
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	49,0	22,6	28,4
	30	48,0	23,6	28,4
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,57**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	47,8	23,8	28,4
	2	49,2	22,5	28,3
	3	48,6	23,1	28,3
	4	48,5	23,0	28,5
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,78**	**r.n.**
Lata	2015	39,8	21,5	38,7
	2016	55,0	24,9	20,1
	2017	50,8	22,9	26,3
NIR (α = 0,05)		**1,27**	**0,70**	**1,14**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

W odniesieniu do plonu nasion i resztek pozbiorowych soi oraz wydajności tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 hektara nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu współdziałania badanych czynników (tab. 41). Zastosowana zróżnicowana rozstawa rzędów miała istotny wpływ jedynie na uzyskany plon resztek pozbiorowych, który przy rozstawie rzędów 30 cm był o 5,8% wyższy niż przy rozstawie rzędów 15 cm. Wykazano, że plony nasion soi i resztek pozbiorowych oraz wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem w II serii badań były istotnie kształtowane przez termin aplikacji biostymulatora Asahi SL oraz przebieg warunków pogodowych (tab. 41). Udowodniono statystycznie, że zastosowanie biostymulatora zwiększa uzyskany plon nasion od 5,93% (obiekt 2, aplikacja w fazie BBCH 15) do 7,64 % (obiekt 4, aplikacja w fazach BBCH 15 + BBCH 51) w porównaniu do kombinacji kontrolnej (bez aplikacji). Ponadto odnotowano, że plon resztek pozbiorowych, wydajność tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 ha była na najniższym poziomie w przypadku braku stosowania biostymulatora Asahi SL (tab. 41).

Dla uzyskania najwyższego plonu nasion soi oraz wydajności białka ogółem i tłuszczu surowego z 1 hektara najbardziej korzystny okazał się przebieg warunków termiczno-wilgotnościowych w 2016 roku. Z kolei gradobicie, które wystąpiło w sezonie wegetacyjnym 2017 roku spowodowało istotne obniżenie zarówno plonów nasion jaki i resztek pozbiorowych soi (tab. 41).

Reszki pozbiorowe stanowią podstawowe źródło zaopatrzenia gleby w składniki organiczne (Lal, 2005). Badania Cox i Jolliff (1986) wykazały, że w przypadku lekkiego niedoboru wody plon suchej masy ulega redukcji o 18%, a w warunkach silnej suszy o 70%. Z kolei według powyższych autorów plon nasion w warunkach niewielkich niedoborów wilgoci został zmniejszony o 27%, a w przypadku znaczących niedoborów wody (susza) wykazano redukcję na poziomie 87%. Nieco odmienne spostrzeżenia wykazano w przeprowadzonym doświadczeniu. Plon resztek pozbiowych był najniższy w ciepłym i wilgotnym roku (2017), kiedy to okres wegetacji scharakteryzowano jako chłodny z optymalną ilością opadów. Z kolei w ciepłym 2015 roku, o suchym pod względem ilości opadów przebiegu okresu wegetacyjnego, uzyskano najwyższy plon resztek pozbiorowych.

Z kolei w roku 2016, o normalnym przebiegu średnich dobowych temperatur powietrza i dość wilgotnym, w którym wegetacja przebiegała w warunkach umiarkowanie suchych, uzyskano najwyższy plon nasion, wyższy o 40,7% w porównaniu do roku 2017.

Tabela 41

Skład chemiczny nasion soi (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		Tłuszcz surowy [g·kg^{-1}]	Białko ogółem [g·kg^{-1}]	Włókno surowe [g·kg^{-1}]	Popiół surowy [g·kg^{-1}]	BAW* [g·kg^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL					
15	1	236,1	313,0	59,6	53,8	337,5
	2	237,1	314,5	64,0	55,2	329,2
	3	236,2	323,0	57,6	53,2	330,0
	4	237,9	319,0	59,7	56,8	326,6
30	1	237,3	319,6	58,1	55,7	329,3
	2	238,6	319,6	58,5	55,9	327,4
	3	241,3	322,3	60,0	56,0	320,4
	4	238,3	320,2	57,7	55,6	328,2
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**1,5**	**r.n.**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	236,8	317,4	60,3	54,7	330,8
	30	238,9	320,4	58,5	55,8	326,4
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**0,77**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	236,6	316,3	58,9	54,8	333,4
	2	237,9	317,1	61,2	55,6	328,2
	3	238,7	322,7	58,8	54,6	325,2
	4	238,1	319,6	58,7	56,2	327,4
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**1,09**	**r.n.**
Lata	2015	253,6	300,6	57,3	55,0	333,5
	2016	227,1	330,8	55,0	55,5	331,6
	2017	232,8	325,3	65,9	55,3	320,7
NIR (α = 0,05)		**5,77**	**5,00**	**4,75**	**r.n.**	**5,99**

***BAW** – bezazotowe związki wyciągowe

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Przy określeniu wartości odżywczej nasion soi istotnymi parametrami są: tłuszcz surowy, białko ogółem i włókno surowe, których zawartości były istotnie zróżnicowane przez warunki pogodowe w latach badań (tab 42). W badaniach własnych najwyższą zawartość tłuszczu surowego (253,6 $g \cdot kg^{-1}$) w nasionach stwierdzono w 2015 roku, a BAW (333,5 i 331,6 $g \cdot kg^{-1}$) odpowiednio w roku 2015 i 2016. Z kolei najwyższą zawartością białka ogółem (330,8 $g \cdot kg^{-1}$) charakteryzowały się nasiona zebrane w 2016 roku, a włókna surowego (65,9 $g \cdot kg^{-1}$) w roku 2017. Wyniki Biel i in. (2017) wykazały zawartość białka w nasionach soi na poziomie 375,9 $g \cdot kg^{-1}$, natomiast Redondo-Cuenca, i in. (2008) w uprawie konwencjonalnej soi uzyskali zawartość białka od 404 $g \cdot kg^{-1}$ do 418 $g \cdot kg^{-1}$.Według Szwejkowskiej (2005) na zawartość białka ogółem w nasionach roślin strączkowych wpływają przede wszystkim: czynnik odmianowy oraz warunki klimatyczne w czasie prowadzenia uprawy, co również potwierdziły wyniki badań własnych.

Zawartość tłuszczu surowego w nasionach w poszczególnych latach badań mieściła się w zakresie 227,1 – 253,6 $g \cdot kg^{-1}$ co jest zbliżone do wyników otrzymanych przez Biel i in. (2017), która dla odmiany Merlin wyniosła 228,31 $g \cdot kg^{-1}$.

Jedynie zawartość popiołu surowego w nasionach soi była istotnie różnicowana przez współdziałanie czynników doświadczenia, a także zastosowaną rozstawę rzędów i aplikację biostymulatora Asahi SL. Zawartość popiołu surowego w nasionach była niejednoznacznie kształtowana przez wzajemne współdziałanie badanych czynników. Uprawa soi w szerszej rozstawie rzędów (30 cm) sprzyjała wyższej koncentracji popiołu surowego w nasionach, w porównaniu do rozstawy 15 cm. Ponadto aplikacja Asahi SL w uprawie soi w niejednoznaczny sposób wpływała na zawartość popiołu surowego w nasionach soi (tab. 42).

Interakcja czynników doświadczenia oddziaływała istotnie na nagromadzenie popiołu surowego i włókna surowego w nasionach soi (tab. 43). Istotnie najniższe nagromadzenie (116,8 $g \cdot kg^{-1}$) popiołu surowego w nasionach odnotowano w uprawie soi wysiewanej w rozstawie 15 cmi bez aplikacji stymulatora Asahi SL. Z kolei nagromadzenie włókna surowego w nasionach w niejednoznaczny sposób zależało od współdziałania badanych czynników. Uprawa soi w szerszej rozstawie rzędów (30 cm) spowodowała istotnie większe nagromadzenie popiołu surowego w nasionach, natomiast nie wpłynęła znacząco na nagromadzenie włókna surowego i bezazotowych związków wyciągowych. Aplikacja biostymulatora Asahi SL determinowała nagromadzenie popiołu surowego, włókna surowego

oraz BAW. Nasiona soi pochodzące z roślin pozbawionych stymulacji preparatem Asahi SL odznaczały się istotnie niższym nagromadzeniem włókna surowego, popiołu surowego oraz BAW. Zmienny przebieg pogody w latach badań różnicował istotnie nagromadzenie popiołu surowego, włókna surowego oraz bezazotowych związków wyciągowych w nasionach soi. Najniższe nagromadzenie popiołu surowego i BAW w nasionach stwierdzono w 2017 roku (tab. 43).

Tabela 42

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

Wyszczególnienie		Plon nasion [t·ha^{-1}]	Plon resztek pozbiorowych (łodygi + strączyny) [t·ha^{-1}]	Wydajność tłuszczu surowego [kg·ha^{-1}]	Wydajność białka ogółem [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL				
15	1	2,51	2,70	512	689
	2	2,68	2,68	547	738
	3	2,71	2,83	560	774
	4	2,73	2,83	563	766
30	1	2,58	2,84	529	718
	2	2,73	2,95	561	760
	3	2,72	2,91	565	765
	4	2,77	3,04	570	775
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników					
Rozstawa rzędów [cm]	15	2,66	2,76	545	742
	30	2,70	2,93	556	754
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,139**	**r.n.**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	2,54	2,77	521	704
	2	2,70	2,81	554	749
	3	2,71	2,87	562	769
	4	2,75	2,93	567	771
NIR (α = 0,05)		**0,071**	**0,173**	**14,1**	**18,8**
Lata	2015	2,30	3,50	507	601
	2016	3,61	2,95	713	1038
	2017	2,14	2,10	433	605
NIR (α = 0,05)		**0,090**	**0,169**	**17,8**	**24,4**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Tabela 43

Nagromadzenie składników chemicznych nasion soi
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		Popiół surowy [kg·ha^{-1}]	Włókno surowe [kg·ha^{-1}]	BAW [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL			
15	1	116,8	127,9	739,7
	2	128,8	145,8	771,7
	3	125,8	134,8	775,9
	4	135,0	140,0	776,8
30	1	125,5	128,2	742,4
	2	133,3	136,8	778,2
	3	132,8	140,5	759,5
	4	134,3	137,9	792,4
NIR (α = 0,05)		**5,47**	**6,15**	**r.n.**
Średnie dla czynników				
Rozstawa rzędów [cm]	15	126,6	137,1	766,0
	30	131,5	135,8	768,1
NIR (α = 0,05)		**3,44**	**r.n.**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	121,1	128,0	741,0
	2	131,0	141,3	774,9
	3	129,3	137,7	767,7
	4	134,7	139,0	784,6
NIR (α = 0,05)		**3,44**	**3,81**	**20,19**
Lata	2015	109,9	114,1	665,9
	2016	174,3	172,7	1038,8
	2017	102,8	122,6	596,4
NIR (α = 0,05)		**4,27**	**4,89**	**25,41**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51), BAW – bezazotowe związki wyciągowe

Interakcja badanych czynników nie miała statystycznie istotnego wpływu na zawartość w nasionach wszystkich analizowanych makroskładników (tab. 44). Zróżnicowana rozstawa rzędów wpłynęła istotnie na zawartość fosforu (wyższa przy 15 cm) i wapnia (wyższa przy 30 cm) w nasionach soi. Zawartość składników mineralnych takich jak fosfor, potas, wapń i magnez była różnicowana przez aplikację biostymulatora Asahi SL oraz warunki wilgotnościowo-termiczne w latach badań (tab. 44). Zabieg tym preparatem zwiększał zawartość fosforu średnio od 1,6 do 9,5%, potasu od 1,1 do 3,3%, a wapnia od 23,5

do 41,2% w nasionach soi. Magnez przy jednorazowym zabiegu biostymulatorem w fazie listnienia (BBCH 15) był na tym samym poziomie zawartości, jak w kombinacji kontrolnej (3,4 $g \cdot kg^{-1}$), natomiast aplikacja Asahi SL w fazach BBCH 15 + BBCH 51 istotnie zwiększyła koncentrację tego makroskładnika w nasionach soi. Zawartość fosforu w latach badań mieściła się w zakresie 5,6-8,2 $g \cdot kg^{-1}$, potasu 18,1-18,7 $g \cdot kg^{-1}$, wapnia 0,96-3,6 $g \cdot kg^{-1}$, a magnezu 3,3-3,6 $g \cdot kg^{-1}$. Istotnie najniższe zawartości fosforu i magnezu odnotowano w nasionach soi zebranych w ciepłym i dość wilgotnym 2015 roku.

Tabela 44

Zawartość składników mineralnych w nasionach soi
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		P [$g \cdot kg^{-1}$]	K [$g \cdot kg^{-1}$]	Ca [$g \cdot kg^{-1}$]	Mg [$g \cdot kg^{-1}$]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL				
15	1	6,3	18,2	1,7	3,4
	2	6,4	18,4	1,9	3,4
	3	6,9	18,6	2,1	3,4
	4	7,1	18,6	2,3	3,7
30	1	6,3	18,2	1,8	3,4
	2	6,3	18,4	2,2	3,4
	3	6,5	18,6	2,2	3,5
	4	6,7	19,0	2,4	3,7
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników					
Rozstawa rzędów [cm]	15	6,7	18,4	2,0	3,5
	30	6,5	18,5	2,1	3,5
NIR (α = 0,05)		**0,19**	**r.n.**	**0,09**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	6,3	18,2	1,7	3,4
	2	6,4	18,4	2,1	3,4
	3	6,7	18,6	2,1	3,5
	4	6,9	18,8	2,4	3,7
NIR (α = 0,05)		**0,27**	**0,29**	**0,14**	**0,18**
Lata	2015	5,6	18,7	1,6	3,3
	2016	6,0	18,1	0,96	3,6
	2017	8,2	18,7	3,6	3,6
NIR (α = 0,05)		**0,23**	**0,25**	**0,12**	**0,16**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała wpływu współdziałania badanych czynników na zawartość azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu w strączynach soi (tab. 45). Zastosowana rozstawa rzędów istotnie różnicowała jedynie zawartość Ca w strączynach, natomiast nie miała istotnego wpływu na koncentrację pozostałych składników mineralnych. Stwierdzono, że wysiew soi w węższej rozstawie rzędów (15 cm) skutkował wyższą, o 11,8%, zawartością wapnia w strączynach. Zróżnicowane terminy aplikacji biostymulatora Asahi SL miały istotny wpływ na zawartość badanych składników mineralnych w strączynach soi. Istotnie najniższą zawartością wszystkich składników mineralnych w strączynach, charakteryzowała się soja uprawiana bez aplikacji biostymulatora Asahi SL, a jego aplikacja w fazie listnienia i fazie pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51) pozwoliła na najwyższą akumulację azotu, potasu, wapnia i magnezu.

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

Współdziałanie badanych czynników kształtowało zawartość azotu w łodygach soi, natomiast nie wpłynęło istotnie na koncentrację pozostałych ocenianych makroskładników (tab 46). Zróżnicowana rozstawa rzędów determinowała istotnie tylko zawartość magnezu w łodygach, a na pozostałe badane makroskładniki nie miała wpływu. Uprawa soi w szerszej rozstawie (30 cm) skutkowała wyższą zawartością magnezu w łodygach. Aplikacja biostymulatora Asahi SL wpływała na zwiększenie koncentracji azotu, wapnia i magnezu w łodygach soi w porównaniu do kontroli. Zawartość fosforu w łodygach nie była determinowana terminem aplikacji biostymulatora ani przebiegiem warunków termiczno-wilgotnościowych w latach prowadzenia badań. Zmienny układ warunków pogodowych wpływał istotnie statystycznie na zawartość azotu, potasu, wapnia i magnezu. W roku 2017 zawartość azotu (8,9 $g \cdot kg^{-1}$) w łodygach soi była niemal dwukrotnie wyższa niż w roku 2015 (4,5 $g \cdot kg^{-1}$), w którym występowały znaczne niedobory wilgoci w okresie wegetacji. W ciepłym i wilgotnym 2017 roku, w którym okres wegetacji roślin przebiegał w chłodnych warunkach o optymalnej ilości opadów, sprzyjał gromadzeniu wapnia w łodygach soi.

Tabela 45

Zawartość składników mineralnych w strączynach soi [g·kg^{-1}]
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		N [g·kg^{-1}]	P [g·kg^{-1}]	K [g·kg^{-1}]	Ca [g·kg^{-1}]	Mg [g·kg^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL					
15	1	7,2	1,2	25,3	14,6	4,9
	2	8,5	1,6	29,2	17,4	6,0
	3	7,9	2,1	30,0	18,0	5,7
	4	9,4	1,6	31,3	17,8	6,4
30	1	7,4	1,4	25,4	13,7	5,1
	2	8,2	1,4	28,7	15,7	5,6
	3	8,3	1,8	29,8	16,7	5,6
	4	8,6	1,7	30,4	17,4	5,9
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	8,23	1,6	28,9	17,0	5,7
	30	8,13	1,6	28,6	15,9	5,6
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**0,79**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	7,3	1,3	25,4	14,1	5,0
	2	8,3	1,5	29,0	16,6	5,8
	3	8,1	1,9	29,9	17,4	5,7
	4	9,0	1,7	30,8	17,6	6,2
NIR (α = 0,05)		**0,82**	**0,25**	**1,11**	**1,12**	**0,77**
Lata	2015	7,2	1,4	32,4	17,6	3,6
	2016	7,3	2,0	29,7	17,7	7,9
	2017	10,0	1,4	24,2	13,9	5,4
NIR (α = 0,05)		**0,71**	**0,21**	**0,96**	**0,97**	**0,67**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Tabela 46

Zawartość składników mineralnych w łodygach soi[g·kg^{-1}]
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		N [g·kg^{-1}]	P [g·kg^{-1}]	K [g·kg^{-1}]	Ca [g·kg^{-1}]	Mg [g·kg^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL					
15	1	6,0	2,0	15,4	7,4	2,4
	2	6,8	2,3	16,7	7,7	3,1
	3	7,8	2,3	17,7	8,2	3,5
	4	7,5	2,7	17,9	8,6	3,9
30	1	5,8	2,2	15,5	7,1	4,0
	2	6,4	2,2	16,4	7,5	4,4
	3	7,3	2,2	17,2	8,0	4,7
	4	7,4	2,7	17,3	8,5	4,9
NIR (α = 0,05)		**1,06**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	7,0	2,3	16,9	8,0	3,2
	30	6,7	2,3	16,6	7,8	4,5
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**0,42**
Aplikacja Asahi SL	1	5,9	2,0	15,5	7,3	3,2
	2	6,6	2,2	16,6	7,6	3,7
	3	7,5	2,2	17,4	8,1	4,1
	4	7,5	2,7	17,6	8,6	4,4
NIR (α = 0,05)		**0,74**	**r.n.**	**r.n.**	**0,85**	**0,60**
Lata	2015	4,5	2,2	17,5	7,3	4,1
	2016	7,2	2,2	15,4	7,7	4,4
	2017	8,9	2,6	17,4	8,6	3,1
NIR (α = 0,05)		**0,64**	**r.n.**	**1,44**	**0,74**	**0,52**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Interakcja między zastosowaną rozstawą rzędów i aplikacją biostymulatora Asahi SL miała istotny wpływ na nagromadzenie fosforu i potasu w nasionach soi (tab. 47). Najniższe nagromadzenie fosforu i potasu w nasionach stwierdzono w uprawie soi wysiewanej w rozstawie rzędów 15 i 30 cm bez aplikacji Asahi SL. Za istotnie korzystne należy uznać zastosowanie biostymulatora w fazie pąkowania (BBCH 51) oraz łączną jego aplikacja w fazie listnienia i pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51).

Rozstawa rzędów różnicowała tylko nagromadzenie wapnia w nasionach, które było wyższe przy zastosowaniu rozstawy 30 cm. Badania własne wykazały wpływ aplikacji Asahi SL na nagromadzenie fosforu, potasu, wapnia i magnezu. Podwójne zastosowanie biostymulatora (kombinacja nr 4) wykazała wzrost zawartości fosforu o 16,7%, potasu o 11,5%, wapnia o 42,9% i magnezu o 18,7% w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Przebieg warunków pogodowych w latach badań wpłynął istotnie na nagromadzenie badanych składników mineralnych w nasionach soi – najwyższy poziom fosforu (18,8 $kg \cdot ha^{-1}$), potasu (56,6 $kg \cdot ha^{-1}$) i magnezu (11,2 $kg \cdot ha^{-1}$) stwierdzono w roku 2016, a wapnia (6,7 $kg \cdot ha^{-1}$) w 2017 roku.

Tabela 47

Nagromadzenia składników mineralnych w nasionach soi
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		P [kg·ha^{-1}]	K [kg·ha^{-1}]	Ca [kg·ha^{-1}]	Mg [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL				
15	1	13,6	39,6	3,4	7,5
	2	14,7	42,7	4,1	8,0
	3	15,8	43,7	4,4	8,2
	4	16,6	43,8	4,8	8,7
30	1	13,9	40,6	3,5	7,6
	2	14,7	43,5	4,6	8,1
	3	15,2	43,9	4,6	8,3
	4	15,6	45,7	5,1	9,0
NIR (α = 0,05)		**0,7**	**1,9**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników					
Rozstawa rzędów [cm]	15	15,2	42,5	4,2	8,1
	30	14,8	43,4	4,5	8,2
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**0,21**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	13,8	40,1	3,5	7,5
	2	14,7	43,1	4,4	8,0
	3	15,5	43,8	4,5	8,3
	4	16,1	44,7	5,0	8,9
NIR (α = 0,05)		**0,49**	**1,16**	**0,17**	**0,22**
Lata	2015	11,1	37,3	3,3	6,6
	2016	18,8	56,6	3,0	11,2
	2017	15,2	34,9	6,7	6,7
NIR (α = 0,05)		**0,60**	**1,47**	**0,26**	**0,28**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Badania własne wykazały wpływ interakcji zastosowanych czynników doświadczenia na nagromadzenie fosforu w strączynach soi (tab. 48). Rozstawa rzędów 15 cm i aplikacja biostymulatora Asahi SL w fazie pąkowania (BBCH 51) wpłynęła na uzyskanie najwyższego poziomu nagromadzenia fosforu wynoszącego 2,32 kg·ha^{-1}.

Zastosowana rozstawa rzędów (tab. 48) różnicowała istotnie nagromadzenie fosforu, potasu i magnezu w strączynach soi, z czego najwyższe wartości powyższych składników

uzyskano w uprawie soi w rozstawie 30 cm (odpowiednio o 4,5, 7,5 i 4,8% wyższe niż przy rozstawie 15 cm).

Aplikacja biostymulatora Asahi SL w fazie listnienia i fazie pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51) 3 okazała się najkorzystniejsza w gromadzeniu azotu, potasu, magnezu i wapnia, a zastosowana w fazie pąkowania (BBCH 51) istotnie wpłynęła na ilość nagromadzonego fosforu.

Istotnie najwyższe nagromadzenie wszystkich analizowanych makroskładników w strączynach soi odnotowano w 2016 roku, który charakteryzował się najkorzystniejszym przebiegiem warunków wilgotnościowo-termicznych na tle trzylecia badawczego (tab. 48).

Nagromadzenie składników mineralnych w łodygach soi (tab. 49) nie było zależne od interakcji czynników doświadczenia. Zróżnicowana rozstawa rzędów istotnie determinowała tylko akumulację magnezu, a aplikacja Asahi SL różnicowała nagromadzenie wszystkich badanych składników mineralnych w łodygach soi, przyjmując w każdym przypadku najwyższe wartości na obiekcie 4 (aplikacja w fazie listnienia BBCH 15 i pąkowania BBCH 51), w porównaniu do kontroli. Nagromadzenie potasu po dwukrotnej aplikacji preparatu (BBCH 15 + BBCH 51) uległo zwiększeniu o 4,8 $kg \cdot ha^{-1}$ w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Analogicznie nagromadzenie azotu zwiększyło się o 2,5 $kg \cdot ha^{-1}$, o 2,4 $kg \cdot ha^{-1}$ wapnia, o 1,9 $kg \cdot ha^{-1}$ magnezu**,** o 1,0 $kg \cdot ha^{-1}$ fosforu. Z kolei jedynie akumulacja azotu w łodygach soi nie była istotnie zależna od przebiegu warunków pogodowych w latach badań. Najwyższy poziom nagromadzenia fosforu, potasu, magnezu i wapnia w łodygach odnotowano w ciepłym i dość wilgotnym 2015 roku.

Tabela 48

Nagromadzenia składników mineralnych w strączynach soi [kg·ha^{-1}]
(średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		N [kg·ha^{-1}]	P [kg·ha^{-1}]	K [kg·ha^{-1}]	Mg [kg·ha^{-1}]	Ca [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL					
15	1	7,22	1,32	27,2	5,4	15,8
	2	8,47	1,70	29,6	6,1	17,8
	3	8,35	2,32	32,5	6,4	19,6
	4	9,73	1,69	33,5	7,1	19,0
30	1	8,06	1,59	29,8	6,0	15,9
	2	8,88	1,65	32,7	6,6	17,9
	3	9,05	2,03	33,8	6,6	19,0
	4	9,68	2,11	35,8	7,2	20,7
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,151**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	8,44	1,76	30,7	6,3	18,1
	30	8,92	1,84	33,0	6,6	18,4
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,076**	**1,36**	**0,29**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	7,64	1,45	28,5	5,7	15,9
	2	8,68	1,68	31,1	6,4	17,9
	3	8,70	2,18	33,1	6,5	19,3
	4	9,71	1,90	34,7	7,2	19,8
NIR (α = 0,05)		**0,562**	**0,107**	**1,82**	**0,40**	**1,07**
Lata	2015	7,71	1,50	34,3	3,8	18,7
	2016	10,1	2,77	41,2	10,9	24,5
	2017	8,29	1,12	20,1	4,5	11,5
NIR (α = 0,05)		**0,598**	**0,093**	**1,66**	**0,36**	**0,94**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Tabela 49

Nagromadzenia składników mineralnych w łodygach soi [kg·ha^{-1}]
(średnie dla współdziałania czynników i lat)

Wyszczególnienie		N [kg·ha^{-1}]	P [kg·ha^{-1}]	K [kg·ha^{-1}]	Mg [kg·ha^{-1}]	Ca [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL					
15	1	6,9	2,4	19,4	3,2	9,0
	2	8,0	2,9	21,8	4,2	9,5
	3	9,6	3,0	23,5	4,9	10,6
	4	9,3	3,5	24,0	5,6	11,1
30	1	6,8	2,9	19,9	5,2	9,1
	2	8,0	2,8	22,5	6,0	10,1
	3	9,0	3,0	23,5	6,1	11,0
	4	9,6	3,8	24,8	6,7	11,9
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	8,5	2,9	22,2	4,5	10,1
	30	8,3	3,1	22,7	6,0	10,5
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**0,29**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	6,9	2,6	19,6	4,2	9,1
	2	8,0	2,8	22,1	5,1	9,8
	3	9,3	3,0	23,5	5,5	10,8
	4	9,4	3,6	24,4	6,1	11,5
NIR (α = 0,05)		**0,74**	**0,3**	**1,84**	**0,39**	**0,82**
Lata	2015	8,5	4,2	33,4	7,8	14,0
	2016	8,1	2,4	17,3	4,9	8,7
	2017	8,6	2,4	16,6	2,9	8,2
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,23**	**1,71**	**0,36**	**0,76**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Wzajemna interakcja czynników doświadczenia wpłynęła na nagromadzenie fosforu w resztkach pozbiorowych (strączyny + łodygi) soi oraz łącznie w nasionach i resztkach pozbiorowych (tab. 50 i 51). Zróżnicowana rozstawa rzędów wpłynęła istotnie na nagromadzenie fosforu, potasu i magnezu w resztkach pozbiorowych soi (tab. 50). Przy zastosowaniu rozstawy rzędów 30 cm resztki pozbiorowe nagromadziły średnio więcej o 4,3% fosforu, 5,5% potasu i 17,8% magnezu, niż przy uprawie soi w rozstawie rzędów 15 cm. Zastosowanie biostymulatora Asahi SL miało istotne znaczenie w gromadzeniu fosforu, potasu, magnezu i wapnia w resztkach pozbiorowych. Najwyższe wartości nagromadzenia otrzymano po dwukrotnej aplikacji Asahi SL w fazie BBCH 15 i BBCH 51 – w porównaniu do obiektu kontrolnego, gdzie akumulacja poszczególnych makroskładników była odpowiednio wyższa o 34,2% (fosfor), 22,6% (potas), 34,3% (magnez) i 26,1% (wapń). Wpływ warunków pogodowych w latach badań również różnicował nagromadzenie analizowanych makroskładników. Najniższe nagromadzenie makroskładników w resztkach pozbiorowych soi stwierdzono w ciepłym i wilgotnym roku 2017, tj. odpowiednio fosfor – 3,6 $kg \cdot ha^{-1}$, potas – 36,7 $kg \cdot ha^{-1}$, magnez – 7,4 $kg \cdot ha^{-1}$ oraz wapń 19,8 $kg \cdot ha^{-1}$ (tab. 50).

Zastosowanie w uprawie soi szerszej rozstawy rzędów (30 cm) powodowało istotnie wyższe nagromadzenie potasu i magnezu łącznie w nasionach i resztkach pozbiorowych w porównaniu do wysiewu w rozstawie 15 cm (tab. 51). Ponadto brak aplikacji biostymulatora Asahi SL w uprawie soi skutkował istotnie najniższym nagromadzeniem wszystkich ocenianych makroskładników łącznie w nasionach i resztkach pozbiorowych. Przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji roślin, w 2016 roku, charakteryzujący się jako umiarkowanie suchy, o normalnym przebiegu średnich dobowych temperatur powietrza, sprzyjał najwyższemu nagromadzeniu azotu, fosforu, potasu i magnezu łącznie w nasionach i resztkach pozbiorowych soi (tab. 51).

Tabela 50

Nagromadzenia składników mineralnych w resztkach pozbiorowych (łodygi + strączyny) soi [kg·ha^{-1}] (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		N [kg·ha^{-1}]	P [kg·ha^{-1}]	K [kg·ha^{-1}]	Mg [kg·ha^{-1}]	Ca [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL					
15	1	22,5	3,7	46,6	8,6	24,9
	2	16,5	4,6	51,4	10,3	27,3
	3	18,0	5,4	55,9	11,3	30,3
	4	19,0	5,2	57,5	12,7	30,2
30	1	14,9	4,5	49,8	11,2	25,0
	2	16,9	4,5	55,2	12,5	28,0
	3	18,0	5,0	57,3	12,7	30,0
	4	19,2	5,9	60,7	13,9	32,6
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,46**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	19,0	4,7	52,8	10,7	28,1
	30	17,3	4,9	55,7	12,6	28,9
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,24**	**2,44**	**0,50**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	18,7	4,1	48,2	9,9	24,9
	2	16,7	4,5	53,3	11,4	27,6
	3	18,0	5,2	56,6	12,0	30,1
	4	19,1	5,5	59,1	13,3	31,4
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,32**	**3,22**	**0,67**	**1,68**
Lata	2015	19,4	5,7	67,7	11,6	32,6
	2016	18,1	5,2	58,5	15,9	33,2
	2017	16,9	3,6	36,7	7,4	19,8
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**0,29**	**2,99**	**0,62**	**1,53**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Tabela 51

Łączne nagromadzenia składników mineralnych w nasionach i resztkach pozbiorowych (łodygi + strączyny) soi [kg·ha^{-1}] (średnie dla współdziałania, czynników i lat)

Wyszczególnienie		N [kg·ha^{-1}]	P [kg·ha^{-1}]	K [kg·ha^{-1}]	Mg [kg·ha^{-1}]	Ca [kg·ha^{-1}]
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL					
15	1	124,1	17,4	86,2	16,0	28,3
	2	134,9	19,3	94,1	18,3	31,4
	3	140,9	21,2	99,7	19,5	34,7
	4	141,6	21,8	101,3	21,4	35,0
30	1	129,7	18,4	90,4	18,8	28,5
	2	138,7	19,2	98,7	20,6	32,6
	3	141,0	20,1	101,2	21,0	34,6
	4	143,3	21,5	106,3	22,9	37,7
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**1,07**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników						
Rozstawa rzędów [cm]	15	135,4	19,9	95,3	18,8	32,3
	30	138,2	19,8	99,1	20,8	33,4
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**3,40**	**0,7**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	126,9	17,9	88,3	17,4	28,4
	2	136,8	19,3	96,4	19,4	32,0
	3	140,9	20,7	100,4	20,3	34,7
	4	142,4	21,6	103,8	22,2	36,3
NIR (α = 0,05)		**4,00**	**0,68**	**4,03**	**0,8**	**1,8**
Lata	2015	112,4	16,8	105,1	18,2	35,9
	2016	184,2	24,0	115,1	27,1	36,2
	2017	113,7	18,8	71,5	14,1	26,5
NIR (α = 0,05)		**5,01**	**0,83**	**4,17**	**0,8**	**1,73**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie

Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51)

Zawartość kwasu palmitynowego, elaidynowego, linolenowego i linolowego była istotnie zależna od przebiegu warunków wilgotnościowo-termicznych w latach prowadzenia badań (tab. 52). Kumar i in. (2006) badał profil kwasów tłuszczowych w 7 indyjskich odmianach soi uprawianych w 4 lokalizacjach. Średnia zawartość kwasu palmitynowego w badanych odmianach mieściła się w zakresie od 10,7 do 12,5% co jest zbliżone do wyników własnych, a zawartość kwasu stearynowego była wyższa i wyniosła 4,0-4,9%. W badaniu własnym zawartość kwasu palmitynowego w mieściła się w zakresie 13,47% dla roku 2015 a 11,70% w roku 2017 co jest zbliżone do wyników Anwara i in. (2016), którzy

otrzymali w wyniku przeprowadzonego doświadczenia na 3 odmianach pakistańskich soi zawartość kwasu palmitynowego w zakresie 10,01-13,5%, a stearynowego 3,02-4,9%. Zawartość kwasu stearynowego w badaniu własnym była niższa od otrzymanej przez Al-Kahtani (1989), Kumar i in. (2006) i Anwar i in. (2016) i mieściła się w zakresie 2,43-2,97%. Podobnie niski wynik zawartości kwasy stearynowego otrzymał Shibata i in. (2008), który prowadził doświadczenie nad japońskimi odmianami soi i wyniósł on odpowiednio 2,5 i 3,0% dla hodowlanej odmiany: TK 780 oraz dzikiej: Hidaka 4.

Zawartość kwasu oleinowego wyniosła 13,08-14,08%, w latach prowadzenia badań i nie była istotnie zależna od czynników doświadczenia oraz ich wzajemnej interakcji. Niższą zawartość kwasu oleinowego (11,8%) w dzikiej odmianie soi (Hidaka 4) otrzymał (Shibata i in., 2008) natomiast w hodowlanej odmianie uzyskał wartość 22,9%.

W latach prowadzenia badań kwas cis-linolowy oznaczono w zakresie 40,30-45,94% i jego zawartość nie była istotna statystycznie. Wyższe wartości otrzymane zostały przez Kumara i in. (2006) i w zależności od odmiany mieściły się w zakresie 47,5-52,2% a u Shibata i in. (2008) 54,3%. Najwyższą zawartość kwasu linolenowego odnotowano w 2015 roku (8,63%) a najniższą (6,75%) w roku 2016, wartości te były podobne do otrzymanych przez Anwar i in. (2016), które w zależności od odmiany wyniosły 6,5–8,0%. Zróżnicowane wyniki koncentracji kwasów tłuszczowych w nasionach można przypisać zmienności genetycznej odmian oraz przebiegiem warunków pogodowych w latach prowadzenia badań (Pipolo i in. 2004, Kumar i in. 2006).

Relacja C18:2n6 do C18:3n3 nie była kształtowana przez czynniki badań i ich wzajemną interakcję, w latach prowadzenia badań mieścił się w zakresie 6,2-8,8 (tab. 53) co było podobne do wyników uzyskanych przez Pisulewską i in. (1999) stosunek ten wyniósł wynosił 7:1. Szpunar-Krok i in. (2021) otrzymała wartość niższą to jest 5:1.

Na wartość ω-3, ω-6, SFA, UFA, MUFA, PUFA, SFA/UFA nie miały wpływu zastosowane czynniki doświadczenia, ani ich wzajemna interakcja.

Petropoulos i in. (2020) badał wpływ stosowania biostymulatorów (Nomoren (G), EKOprop (EK), Veramin Ca (V) i Twin-Antistress (TW)), optymalnego nawadniania (W+) oraz niedoboru wody (W-) na zmiany składu chemicznego nasion fasoli zwyczajnej. W nasionach najobficiej występowały kwasy tłuszczowe takie jak: α-linolenowy, linolowy i kwas palmitynowy, a następnie kwas stearynowy i oleinowy. W pierwszym zbiorze strąków,

zabiegi GW- i EKW- miał korzystny wpływ na zawartość kwasu palmitynowego i linolowego w roślinach (odpowiednio: 25,6 ±0,3% i 35,02 ±0,01%), podczas gdy w roślinach normalnie nawadnianych zabieg TWW+ skutkował największą zawartością kwasu α-linolenowego (42,76 ±0,06%). W drugim zbiorze skład kwasów tłuszczowych był zróżnicowany, kontrola i zabieg TW skutkowały najwyższą zawartością kwasu linolowego oraz kwasu palmitynowego dla roślin fasoli nawadnianych normalnie (odpowiednio 43,3 ±0,1% i 28,90 ±0,06%), natomiast Zawartość kwasu α-linolenowego była najwyższa w przypadku zabiegu GW (34,33 ±0,09%). W przypadku nasion najwyższa w zabiegach GW-, CW+ i VW+ (odpowiednio 59,08 ±0,02%, 29,54 ±0,02% i 11,86 ±0,03%). Wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) były najliczniejszą klasą kwasów tłuszczowych, a następnie nasyconych (SFA) i jednonienasyconych kwasy tłuszczowe (MUFA) zarówno w nasionach, ze względu na wysoką zawartość kwasów α-linolenowego i linolowego. Ogólnie stosunki PUFA/SFA i kwasów tłuszczowych n-6/n-3 były wyższe niż 0,45 i niższe niż 4,0 odpowiednio dla wszystkich badanych zabiegów.

Tabela 52

Profil kwasów tłuszczowych nasion soi (średnie z lat 2015-2017)

Wyszczególnienie		C16:0	C18:0	C18:1n9t	18:1n9c	C18:2n6c	C18:2n6t	C18:3n3c
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL							
15	1	13,11	2,25	1,47	12,91	43,64	13,32	7,86
	2	13,85	2,40	1,29	12,94	44,21	12,05	7,62
	3	12,11	1,98	1,51	13,52	44,82	13,92	8,37
	4	12,08	3,59	1,55	12,62	43,27	13,55	7,54
30	1	12,50	3,69	0,94	13,72	40,11	17,81	7,45
	2	12,93	2,35	1,49	14,28	43,94	13,20	7,59
	3	13,14	3,25	1,63	14,79	42,76	13,54	7,87
	4	12,55	1,89	2,22	13,42	45,5	12,6	8,04
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Średnie dla czynników								
Rozstawa rzędów [cm]	15	12,79	2,55	1,45	13,00	43,99	13,21	7,85
	30	12,78	2,79	1,57	14,08	43,08	14,21	7,74
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Aplikacja Asahi SL	1	12,8	2,97	1,21	13,31	41,87	15,57	7,66
	2	13,39	2,37	1,39	13,61	44,07	12,63	7,6
	3	12,62	2,62	1,57	14,16	43,79	13,73	8,12
	4	12,31	2,74	1,88	13,02	44,39	12,91	7,79
NIR (α = 0,05)		**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**	**r.n.**
Lata	2015	13,47	2,62	1,93	13,43	40,30	13,15	8,63
	2016	13,17	2,43	1,38	13,08	45,94	13,03	6,75
	2017	11,70	2,97	1,23	14,08	44,36	14,94	7,99
NIR (α = 0,05)		**1.07**	**r.n.**	**0,5**	**r.n.**	**3,6**	**r.n.**	**0,6**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie, Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51), **C16:0** kwas palmitynowy, **C18:0** kwas stearynowy, **18:1n9t** kwas elaidynowy, **C18:1n9c** kwas oleinowy, **C18:2n6c** kwas cis-linolowy, **C18:2n6t** kwas trans-linolowy, **C18:3n3c** kwas linolenowy.

Tabela 53

Zawartość ω-3, ω-6, SFA, UFA, MUFA, PUFA (g · 100 g nasion^{-1}) oraz relacji SFA/UFA i C18:2n6/C18:3n3

Wyszczególnienie		C18:2n6 na C18:3n3	ω-3	ω -6	SFA	UFA	MUFA	PUFA	SFA/UFA
Rozstawa rzędów [cm]	Aplikacja Asahi SL								
15	1	7,29	8,65	58,2	17,0	83,0	15,3	67,7	0,21
	2	7,48	8,30	57,5	17,9	82,1	15,3	66,8	0,22
	3	7,05	8,83	59,5	15,2	84,8	15,8	69,0	0,18
	4	7,69	7,98	57,9	17,7	82,3	15,2	67,1	0,22
30	1	7,92	8,02	58,6	17,2	82,8	15,5	67,3	0,21
	2	7,70	8,26	57,9	16,4	83,6	16,6	67,0	0,20
	3	7,26	8,08	56,9	17,4	82,6	17,1	65,5	0,21
	4	7,43	8,34	58,6	15,6	84,4	16,6	67,8	0,19
NIR (α = 0,05)		**r.n**	**r.n.**	**r.n**	**r.n**	**r.n**	**r.n**	**r.n**	**r.n**
Średnie dla czynników									
Rozstawa rzędów [cm]	15	7,38	8,44	58,3	16,9	83,1	15,4	67,6	0,21
	30	7,58	8,17	58,0	16,7	83,3	16,4	66,9	0,20
NIR (α = 0,05)		**r.n**	**r.n.**	**r.n**	**r.n**	**r.n**	**r.n**	**r.n**	**r.n**
Aplikacja Asahi SL	1	7,61	8,33	58,4	17,1	82,9	15,4	67,5	0,21
	2	7,59	8,28	57,7	17,2	82,8	15,9	66,9	0,21
	3	7,15	8,46	58,2	16,3	83,7	16,5	67,3	0,20
	4	7,56	8,16	58,2	16,7	83,3	15,9	67,4	0,220
NIR (α = 0,05)		**r.n**	**r.n.**	**r.n**	**r.n**	**r.n**	**r.n**	**r.n**	**r.n**
Lata	2015	6,20	9,33	54,8	18,2	81,9	16,5	65,3	0,22
	2016	8,80	7,24	59,9	16,9	83,1	15,3	67,7	0,21
	2017	7,44	8,35	59, 8	15,4	84,6	15,9	68,7	0,18
NIR (α = 0,05)		**r.n**	**r.n.**	**r.n**	**r.n**	**r.n**	**r.n**	**r.n**	**r.n**

r.n. – różnica nieistotna statystycznie, Aplikacja Asahi SL (obiekty): 1 –kontrola (bez aplikacji), 2 – faza listnienia (BBCH 15), 3 – faza pąkowania (BBCH 51), 4 – faza listnienia i faza pąkowania (BBCH 15 + BBCH 51), **C16:0** kwas palmitynowy, **C18:0** kwas stearynowy, **18:1n9t** kwas elaidynowy, **C18:1n9c** kwas oleinowy, **C18:2n6c** kwas cis-linolowy, **C18:2n6t** kwas trans-linolowy, **C18:3n3c** kwas linolenowy.

Rachunek ekonomiczny uprawy soi

Stopień opłacalności uprawy soi jak i innych roślin uprawnych w głównej mierze uzależniony jest od wielkości uzyskanego plonu głównego oraz ceny zbytu (Nowacki 2006, Marciniak i Grontkowska 2009, Bojarszczuk i Podleśny 2016). Na wysokość uzyskanego dochodu z produkcji rolniczej wpływa również wysokość dopłat UE, do których wliczamy jednolitą płatność obszarową (JPO), dopłatę do materiału siewnego, płatność na zazielenienie oraz dopłatę do produkcji roślin strączkowych (Zawadzka i in. 2009, ARMiR 2018).

W badaniach własnych, użycie biostymulatora Asahi SL w formie jednokrotnego zabiegu (w fazie BBCH 15 lub BBCH 51) zwiększyło średnio koszty bezpośrednie o 68,52 zł, a dwukrotny zabieg (w fazach BBCH 15 i BBCH 51) o 137,04 zł (tab. 54). Suma kosztów (bezpośrednich i pośrednich) poniesionych w uprawie soi była średnio o 119,38 zł. wyższa w przypadku aplikacji pojedynczego zabiegu (BBCH 15 lub BBCH 51) preparatem Asahi SL, a przy podwójnej (BBCH 15 + BBCH 51) o 238,74 zł. w porównaniu do obiektu kontrolnego bez użycia biostymulatora. Pozostałe koszty bezpośrednie i pośrednie poniesione na uprawę soi nie były zróżnicowane w II serii badań (tab. 54, aneks tab. 1-6).

Przeprowadzona analiza ekonomiczna produkcji nasion soi w zależności od zróżnicowanej rozstawy rzędów i aplikacji biostymulatora Asahi SL (tab. 53) wykazała, że najwyższą wartość (4236,09 zł) nadwyżki bezpośredniej oraz nadwyżki bezpośredniej bez dopłat (2837,75 zł) z 1 hektara uzyskano wysiewając soję w rozstawie rzędów 30 cm oraz aplikując jednokrotnie biostymulator Asahi SL w fazie BBCH 15, przy średnim plonie nasion wynoszącym 2,73 tony. Z kolei uprawa soi w rozstawie rzędów 15 cm bez stymulacji roślin preparatem Asahi SL w okresie wegetacji wygenerowała najniższą nadwyżkę bezpośrednią z 1 hektara bez dopłat wynoszącą 2547,30 zł.

W trzyleciu badawczym średnie koszty produkcji 1 tony nasion soi wahały się od 1215,40 zł przy wysiewie w rozstawie 30 cm i aplikacji Asahi SL w fazie BBCH 15 do 1274,37 zł przy wysiewie w rozstawie 15 cm, bez stosowania biostymulatora. Z kolei najniższe koszty wyprodukowania 1 kg białka (4,29 zł.) odnotowano w uprawie soi wysiewanej w rozstawie rzędów 15 cm i stymulowanej w okresie wegetacji preparatem Asahi SL w fazie BBCH 51. Jednocześnie najwyższe koszty (4,64 zł) uzyskania 1 kg białka stwierdzono uprawiając soję w rozstawie 15 cm bez aplikowania biostymulatora w okresie wegetacji roślin (tab. 55).

Tabela 54

Koszty [zł.] produkcji nasion soi w zależności od zróżnicowanej rozstawy rzędów i aplikacji biostymulatora Asahi SL (średnie z lat 2015-2017)

Wyszczególnienie	Rozstawa rzędów [cm]							
	15				30			
	Aplikacja Asahi SL							
	1	2	3	4	1	2	3	4
KOSZTY BEZPOŚREDNIE	**1548,19**	**1616,71**	**1616,71**	**1685,23**	**1548,19**	**1616,71**	**1616,71**	**1685,23**
Nawożenie	**371,82**	**371,82**	**371,82**	**371,82**	**371,82**	**371,82**	**371,82**	**371,82**
46% superfosfat potrójny	142,17	142,17	142,17	142,17	142,17	142,17	142,17	142,17
60% sól potasowa	191,60	191,60	191,60	191,60	191,60	191,60	191,60	191,60
34% saletra amonowa	38,05	38,05	38,05	38,05	38,05	38,05	38,05	38,05
Materiał siewny	**1020,44**	**1020,44**	**1020,44**	**1020,44**	**1020,44**	**1020,44**	**1020,44**	**1020,44**
Materiał siewny	1020,44	1020,44	1020,44	1020,44	1020,44	1020,44	1020,44	1020,44
Asahi SL	0,00	68,52	68,52	137,04	0,00	68,52	68,52	137,04
Środki ochrony roślin*	**155,93**	**155,93**	**155,93**	**155,93**	**155,93**	**155,93**	**155,93**	**155,93**
KOSZTY POŚREDNIE	1650,47	1701,33	1701,33	1752,17	1650,47	1701,33	1701,33	1752,17
Uprawa roli	**1199,48**	**1239,48**	**1239,48**	**1279,48**	**1199,48**	**1239,48**	**1239,48**	**1279,48**
Agregat ścierniskowy – talerzowanie	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Orka	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
Agregat uprawowy	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Siew nasion	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Aplikacja nawozów	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Zbiór kombajnem	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00
Transport nasion	30,48	30,48	30,48	30,48	30,48	30,48	30,48	30,48
Aplikacja środków ochrony roślin*	84,00	124,00	124,00	164,00	84,00	124,00	124,00	164,00
Podatek rolny i inne koszty pośrednie (10% kosztów)	450,99	461,85	461,85	472,69	450,99	461,85	461,85	472,69
SUMA KOSZTÓW	**3198,66**	**3318,04**	**3318,04**	**3437,40**	**3198,66**	**3318,04**	**3318,04**	**3437,40**

***Aneks (Kalkulacje ekonomiczne)**

Tabela 55

Analiza ekonomiczna produkcji nasion soi w zależności od zróżnicowanej rozstawy rzędów i aplikacji biostymulatora Asahi SL (średnie z lat 2015-2017)

Wyszczególnienie	Rozstawa rzędów [cm]							
	15				30			
	Aplikacja Asahi SL							
	1	2	3	4	1	2	3	4
Plon nasion	**2,51**	**2,68**	**2,71**	**2,73**	**2,58**	**2,73**	**2,72**	**2,77**
Przychody ze sprzedaży + dopłaty	5493,83	5771,22	5820,17	5852,80	5608,05	5852,80	5836,49	5918,07
Produkcja główna	4095,49	4372,88	4421,83	4454,46	4209,71	4454,46	4438,14	4519,73
Jednolita płatność obszarowa (JPO)	459,10							
Specjalna płatność dla roślin strączkowych	484,07							
Zazielenienie	308,06							
Dopłata do materiału siewnego roślin strączkowych	147,11							
Suma kosztów	**3198,66**	**3318,04**	**3318,04**	**3437,40**	**3198,66**	**3318,04**	**3318,04**	**3437,40**
Koszty BEZPOŚREDNIE	**1548,19**	**1616,71**	**1616,71**	**1685,23**	**1548,19**	**1616,71**	**1616,71**	**1685,23**
Koszty POŚREDNIE	**1650,47**	**1701,33**	**1701,33**	**1752,17**	**1650,47**	**1701,33**	**1701,33**	**1752,17**
Nadwyżka bezpośrednia	3945,64	4154,51	4203,46	4167,57	4059,86	4236,09	4219,78	4232,84
Nadwyżka bezpośrednia bez dopłat	2547,30	2756,17	2805,12	2769,23	2661,52	2837,75	2821,44	2834,50
Koszt produkcji 1 tony nasion	1274,37	1238,07	1224,37	1259,12	1239,79	1215,40	1219,87	1240,94
Wydajność białka w kg ha^{-1}	689	738	774	766	718	760	765	775
Koszt produkcji 1 kg białka	4,64	4,49	4,29	4,49	4,45	4,37	4,34	4,44

Aneks (Kalkulacje ekonomiczne)

Tabela 1

Dopłaty bezpośrednie na 1 ha (ARMiR, 2015, 2016, 2017)

Dopłaty bezpośrednie na 1 ha	2015	2016	2017	Średnia 2015-2017
Jednolita płatność obszarowa (JPO)	453,70	462,05	461,55	459,10
Specjalna płatność dla roślin strączkowych	415,21	430,49	606,52	484,07
Zazielenienie	304,31	310,10	309,77	308,06
Dopłata do materiału siewnego roślin strączkowych	130,00	163,42	147,90	147,11
Suma	**1303,22**	**1366,06**	**1525,74**	**1398,34**

Podatek gruntowy (1 ha) = 131,23 zł

Tabela 2

Cena jednostki siewnej soi w latach 2015-2017

	Lata	Cena*[zł.]	Liczba nasion na 1 m^2		
			50	70	90
Soja Merlin			Wartość [zł.]		
	2015	220	733,33	1026,67	1320,00
	2016	218	726,67	1017,33	1308,00
	2017	218	726,67	1017,33	1308,00
Średnia 2015-2017			**728,89**	**1020,44**	**1312,00**

*cena dotyczy jednostki siewnej soi = 150 000 nasion

Tabela 3

Koszt nawozów zastosowanych w doświadczeniu

Nawóz	Lata	Cena [zł.]	Ilość [dt]	Lata			**Średnia 2015-2017**
				2015	2016	2017	
				Wartość [zł.]			
46% superfosfat potrójny	2015	234,35	0,6	140,61	141,60	144,30	**142,17**
	2016	236,00					
	2017	240,5					
60% sól potasowa	2015	157,00	1,2	188,40	193,20	193,20	**191,6**
	2016	161,00					
	2017	161,00					
34% saletra amonowa	2015	125,00	0,3	37,50	37,50	39,15	**38,05**
	2016	125,00					
	2017	130,50					
						Suma	**371,82**

Tabela 4

Koszty środków produkcji

Wyszczególnienie	Jednostka miary	Cena [zł.]	Ilość	Lata			Średnia 2015-2016
				2015	2016	2017	
				Wartości (zł)			
Herbicyd							
Sencor Liquid 600 SC – 0,55 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	**1**	135,93	0,55	74,76			**155,93**
Afalon Dyspersyjny 450 SC – 1,5 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	**1**	50,18	1,5		75,27		
			2x0,62			62,22	
Corum 502,4 SL + Dash HC – 0,6 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	**1**	143,06	0,6		85,84		
Boxer 800 EC – 4,0 $dm^3 \cdot ha^{-1}$	**5**	212,14	4			169,71	
Suma				74,76	161,11	231,93	
Nawozy							
46% superfosfat potrójny	dt			140,61	141,6	144,3	**371,82**
60% sól potasowa	dt			188,4	193,2	193,2	
34% saletra amonowa	dt			37,5	37,5	39,15	
Materiał siewny							
Soja Merlin	j.s.*			220	218	218	**218,67**
Uprawa i zabiegi							
Agregat ścierniskowy – talerzowanie	zł			120			**1199,48**
Orka	zł			250			
Agregat uprawowy	zł			150			
Siew nasion	zł			80			
Aplikacja nawozów	zł			35			
Zbiór kombajnem	zł			450			
Transport nasion	zł			30,48			
Aplikacja środków ochrony roślin	zł			84,00			

***j.s** – jednostka siewna, która stanowi 150 000 nasion o pełnej wartości użytkowej

Tabela 5

Koszt sprzedaży 1 t nasion soi

Wyszczególnienie	2015	2016	2017	Średnia z lat 2015-2017
Koszt 1 t nasion (zł)	1630	1645	1620	1631,67

Tabela 6

Koszt zakupu biostymulatora w zł

Wyszczególnienie	2015	2016	2017	Średnia z lat 2015-2017
Asahi SL 1,0 dm^3	113,0	114,5	115,0	114,17

7. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań polowych i laboratoryjnych w latach 2015-2017 sformułowano następujące wnioski:

1. Długość okresów wegetacyjnych soi uprawnej kształtowana była pod wpływem zmiennych warunków wilgotnościowo-termicznych w poszczególnych latach badań, natomiast nie zależała bezpośrednio od analizowanych czynników badawczych. Najdłuższy, w trzyleciu badawczym, okres wegetacji wynoszący 157 dni odnotowano w najbardziej zmiennym pogodowo (między innymi gradobicie) 2017 roku.
2. Rozwój wegetatywny i generatywny soi w I serii badań oceniany na podstawie wybranych cech morfologicznych roślin, struktury części nadziemnej roślin oraz wielkości i jakości zebranego plonu nasion był silnie uzależniony od przebiegu pogody w poszczególnych latach prowadzenia doświadczeń polowych. Najkorzystniejszy układ warunków wilgotnościowo-termicznych dla uzyskania największej liczby rozgałęzień I. rzędu, liczby i masy nasion z rośliny, masy 1000 nasion oraz zawartości białka ogółem w nasionach wystąpił w 2016 roku, co następnie znalazło swoje odzwierciedlenie w uzyskaniu najwyższego, w całym cyklu badawczym, plonu nasion (4,09 $t \cdot ha^{-1}$) oraz wydajności tłuszczu surowego (834 $kg \cdot ha^{-1}$) i białka ogółem (1.326 $kg \cdot ha^{-1}$).
3. W I serii badań czynnik zróżnicowanej rozstawy rzędów (15, 30 cm) istotnie determinował: liczbę strąków płodnych, liczbę i masę nasion z rośliny, masę 1000 nasion oraz procentowy udział nasion i łodyg w strukturze nadziemnej części rośliny, co jednak nie znalazło swojego dalszego odzwierciedlenia w poziomie uzyskanych plonów nasion i resztek pozbiorowych oraz wydajnościach tłuszczu surowego i białka ogółem z hektara. W związku z tym nie potwierdzono w tym zakresie hipotezy roboczej dotyczącej istotnego wpływu tego czynnika na kształtowanie plonów oraz jakości nasion i resztek pozbiorowych soi. Niższa rozstawa rzędów (15 cm) sprzyjała istotnie większemu nagromadzeniu Ca i Mg w nasionach soi, P i Mg w strączynach, natomiast wyższa rozstawa rzędów (30 cm) większemu nagromadzeniu N, P, K, Mg, Ca w łodygach oraz P w resztkach pozbiorowych soi.
4. Wzrastająca liczba wysiewanych nasion soi z 50 do 90 sztuk na $1m^2$ w I serii badań powodowała istotny wzrost wysokości osadzenia I. strąka, plonu nasion oraz wydajności tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 hektara, powodując jednocześnie stopniowe

zmniejszanie liczby rozgałęzień I. rzędu, liczby strąków na roślinie, liczby i masy nasion z rośliny oraz masy 1000 nasion.

5. Nie odnotowano istotnego wpływu 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 wysiewnych nasion na jednostce powierzchni, a także interakcją badanych czynników. Jednocześnie nie potwierdzono wpływu badanych czynników i ich współdziałania na zawartość składników mineralnych w nasionach soi.
6. Nie wykazano, w I serii badań, wpływu badanych czynników i ich wzajemnej interakcji na zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych w nasionach soi.
7. W I serii badań koszty bezpośrednie i pośrednie poniesione na uprawę soi były kształtowane przez zróżnicowaną liczbę wysiewanych nasion na 1 m^2, natomiast nie zależały od zastosowanej rozstawy rzędów. Biorąc pod uwagę średnie plony nasion uzyskane w trzyleciu badawczym największą nadwyżkę bezpośrednią z dopłatami (4.547,21 zł) z 1 hektara uprawy soi na nasiona uzyskano przy zastosowaniu wysiewu 50 nasion na 1 m^2, co wpisuje się w trend rolnictwa zrównoważonego.
8. W II serii badań przebieg warunków pogodowych w latach prowadzenia eksperymentu polowego miał istotny wpływ na wszystkie oceniane cechy morfologiczne roślin soi przed zbiorem oraz poziom uzyskiwanych plonów nasion i resztek pozbiorowych. W sezonie wegetacyjnym 2016 roku rośliny soi charakteryzowały się przed zbiorem największą: liczbą rozgałęzień I. rzędu, liczbą strąków płodnych, liczbą i masą nasion z rośliny, liczbą nasion w strąku oraz masą strączyn z rośliny, a także masą 1000 nasion, co wygenerowało następnie najwyższy plon nasion (3,61 $t \cdot ha^{-1}$), a także wydajności białka ogółem (713 $kg \cdot ha^{-1}$) oraz tłuszczu surowego (1038 $kg \cdot ha^{-1}$).
9. Czynnik zróżnicowanej rozstawy rzędów (15, 30 cm) w II serii badań istotnie kształtował: wysokość osadzenia I. strąka, liczbę rozgałęzień I. rzędu, liczbę nasion z rośliny, masę strączyn, łodyg i całej rośliny, a także plon resztek pozobiorowych, nie wpływając jednocześnie na zebrany plon nasion i wydajności składników pokarmowych. Szersza rozstawa rzędów (30 cm) sprzyjała wzrostowi plonu resztek pozbiorowych, zwiększonej zawartości Ca w nasionach oraz Mg w łodygach.
10. W II serii badań aplikacja biostymulatora Asahi SL wpłynęła korzystnie, w porównaniu do obiektu kontrolnego pozbawionego działania preparatu, na zwiększenie: wysokości

roślin przed zbiorem, liczby i masy nasion z rośliny, masy łodyg i całej nadziemnej części rośliny, masy 1000 nasion, powodując następnie wzrost plonów nasion i resztek pozobiorowych, a także wydajności tłuszczu surowego i białka ogółem z 1 hektara. W tym zakresie potwierdzono założenia przyjęte w hipotezie roboczej.

11. Skład chemiczny nasion soi nie ulegał istotnym zmianom pod wpływem zastosowania biostymulatora, za wyjątkiem popiołu surowego, którego koncentracja w nasionach była zależna od fazy rozwojowej roślin, w której aplikowano preparat Asahi SL. Zastosowanie biostymulatora wpłynęło korzystnie na zawartość i nagromadzenie P, K, Ca i Mg w nasionach, strączynach oraz łodygach soi.
12. Przeprowadzona analiza ekonomiczna produkcji nasion soi w zależności od zróżnicowanej rozstawy rzędów i aplikacji biostymulatora Asahi SL dowiodła, że najwyższą wartość (4.236,09 zł) nadwyżki bezpośredniej z dopłatami z 1 hektara uzyskano wysiewając soję w rozstawie rzędów 30 cm oraz aplikując jednokrotnie biostymulator Asahi SL w fazie BBCH 14-15, przy średnim plonie nasion wynoszącym 2,73 tony.

8. PIŚMIENNICTWO

1. Abdelghany, A. M., Zhang S., Azam M., Shaibu A.S., Feng Y., Li Y., Tian Y.u., Hong H., Li B., Sun J. (2020) Profiling of seed fatty acid composition in 1025 Chinese soybean accessions from diverse ecoregions, *The Crop Journal*, 8(4), ss. 635–644. doi: 10.1016/j.cj.2019.11.002.

2. Al-Kahtani, H. A. (1989) Quality of soybeans and their crude oils in Saudi Arabia, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 66 (1), ss. 109–113.

3. Amrutha Kala, A. L. (2012) cis-, trans- and Saturated Fatty Acids in Selected Hydrogenated and Refined Vegetable Oils in the Indian Market, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(10), ss. 1813–1821. doi: 10.1007/s11746-012-2086-y.

4. Anwar, F., Kamail G.M., Nadeem F., Shabir G. (2016) Variations of quality characteristics among oils of different soybean varieties, *Journal of King Saud University - Science*, 28(4), ss. 332–338. doi: 10.1016/j.jksus.2015.10.001.

5. ARMiR, (Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa) (2015) *Koperty finansowe oraz stawki płatności bezpośrednich w roku 2015*. Dostępne na: https://www.arimr.gov.pl/pomoc-unijna/platnosci-bezposrednie/platnosci-bezposrednie-w-roku-2015/stawki-platnosci-bezposrednich-obowiazujace-w-roku-2015.html.

6. ARMiR, (Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa) (2016) *Koperty finansowe oraz stawki płatności bezpośrednich za rok 2016*. Dostępne na: https://www.arimr.gov.pl/pomoc-unijna/platnosci-bezposrednie/platnosci-bezposrednie-w-roku-2016/stawki-platnosci-bezposrednich-obowiazujace-w-roku-2016.html.

7. ARMiR, (Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa) (2017) *Stawki płatności bezpośrednich na rok 2017*. Dostępne na: https://www.arimr.gov.pl/pomoc-unijna/platnosci-bezposrednie/platnosci-bezposrednie-w-roku-2017/stawki-platnosci-bezposrednich-obowiazujace-w-roku-2017.html.

8. ARMiR, (Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa) (2018) *Płatności bezpośrednie w roku 2018*.

9. 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, Ch., 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), *Frontiers in Plant Science*, 10. doi: 10.3389/fpls.2019.00298.

10. Avola, G. Tuttobene, R., Gresta, F. (2008) Weed control strategies for grain legumes, *Agronomy for Sustainable Development*, 28(3), ss. 389–395. doi: 10.1051/agro:2008019.

11. Bank Światowy (2021) https://datacatalog.worldbank.org/search/dataset/0037655/Population-Estimates-and-Projections

12. Bastidas, A.M., Setiyono, T., Dobermann, A., Cassman, K.G., Elmore, R.W., Graef, G.L., & Specht, J.E. (2008). Soybean Sowing Date: The Vegetative, Reproductive, and Agronomic Impacts. *Crop Science*, 48, 727-740.. doi: 10.2135/cropsci2006.05.0292.

13. Batista, R. O., Hamawaki, R. L., Sousa, L. B., Nogueira, A. P., & Hamawaki, O. T. (2015). Adaptability and stability of soybean genotypes in off-season cultivation. *Genetics and molecular research : GMR*, 14(3), 9633–9645. https://doi.org/10.4238/2015.August.14.26

14. Beiküfner, M., Hüsing, B., Trautz, D., & Kühling, I. (2019). Comparative Harvest Efficiency of Soybeans between Cropping Systems Affected by First Pod Height and Plant Length. *Organic Farming*, 5(1), 3-13. doi:10.12924/of2019.05010003

15. Bellaloui, N. (2011) Effect of Water Stress and Foliar Boron Application on Seed Protein, Oil, Fatty Acids, and Nitrogen Metabolism in Soybean, *American Journal of Plant Sciences*, 02(05), ss. 692–701. doi: 10.4236/ajps.2011.25084.

16. Bellaloui, N., Bruns, H.A., Abbas H.K., Mengistu A., Fisher D.K., Reddy K.N. (2015) Agricultural practices altered soybean seed protein, oil, fatty acids, sugars, and minerals in the Midsouth USA, *Frontiers in Plant Science*, 6. doi:

10.3389/fpls.2015.00031.

17. Bellaloui N, Bruns HA, Abbas HK, Mengistu A, Fisher DK, et al. (2015) Effects of Row-Type, Row-Spacing, Seeding Rate, Soil-Type, and Cultivar Differences on Soybean Seed Nutrition under US Mississippi Delta Conditions. PLOS ONE 10(6): e0129913. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129913

18. Bellaloui, Nacer, James R. Smith, Jeffery D. Ray, i Anne M. Gillen. 2009. Effect of Maturity on Seed Composition in the Early Soybean Production System as Measured on Near-Isogenic Soybean Lines. Crop Science 49 (2): 608–20. https://doi.org/10.2135/cropsci2008.04.0192.

19. Biel, W., Gawęda, D., Łysoń, E., Hury, G. (2017). The effect of variety and agrotechnical factors on nutritive value of soybean seeds. Acta Agroph., 24(3), 395-404.

20. Biel, W., Gawęda, D., Jaroszewska, A., Hury, G. (2018) Content of minerals in soybean seeds as influenced by farming system, variety and row spacing, *Journal of Elementology*, 23(3), ss. 863–873. doi: 10.5601/jelem.2017.22.3.1483.

21. Bita, C. E. i Gerats, T. (2013) Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops, *Frontiers in Plant Science*, 4. doi: 10.3389/fpls.2013.00273.

22. Blanke, M. M. (2008) Life cycle assessment (LCA) and food miles: An energy balance for fruit imports versus home-grown apples, *Acta Horticulturae*, (767), ss. 59–64. doi: 10.17660/ActaHortic.2008.767.4.

23. Board, J. E. i Kahlon, C. S. (2013) Morphological Responses to Low Plant Population Differ Between Soybean Genotypes, *Crop Science*, 53(3), ss. 1109–1119. doi: 10.2135/cropsci2012.04.0255.

24. Boczar, P. (2016) Znaczenie gospodarcze soi oraz możliwości rozwoju jej produkcji w Polsce The Economic Importance of Soybean and Possibility of Expanding its Production in Poland, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie Problemy Rolnictwa Światowego*, 16 (XXXI)(3), ss. 35–48.

25. Bojarszczuk, J. i Podleśny, J. (2016) Aspekty ekonomiczne uprawy mieszanki

strączkowo-zbożowej w porównaniu do czystego siewu łubinu wąskolistnego i jęczmienia jarego, *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu Roczniki Naukowe*, XVIII(3), ss. 23–28.

26. Bongaarts, J. (2009) Human population growth and the demographic transition, ss. 2985–2990. doi: 10.1098/rstb.2009.0137.

27. Bootsma, A. i Brown, D. M. (1995) Risk analyses of crop heat units available for corn and other warm-season crops in Ontario, *Agriculture and Agri-Food Canada, Research Branch*.

28. Borowiecki, J., Księżak, J. i Lenartowicz, W. (1997) Wplyw gestosci siewu na plon wybranych odmian bobiku uprawianego na poludniu kraju, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 446, ss. 181–185.

29. Borowski, E. i Blamowski, Z. K. (2009) The effects of triacontanol «TRIA» and Asahi SL on the development and metabolic activity of sweet basil (Ocimum basilicum L.) plants treated with chilling., *Folia Horticulturae*, 21(1), ss. 39–48. doi: 10.2478/fhort-2013-0124.

30. 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. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(16), 4718–4720. https://doi.org/10.1021/jf0255331

31. De Bruin, J. L. i Pedersen, P. (2008) Effect of Row Spacing and Seeding Rate on Soybean Yield, *Agronomy Journal*, 100(3), ss. 704–710. doi: 10.2134/agronj2007.0106.

32. Bubniewicz, P. *i in.* (2017) *Instrukcja uprawy soi*. Poznań: Instytut Ochrony Roślin, Państwowy Instytut Badawczy.

33. Bury, M. i Nawracała, J. (2004) Wstępna ocena potencjału plonowania odmian soi (Glycine max (L.) Merrill) uprawianych w rejonie Szczecina, *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops*, XXV, ss. 415–422.

34. Bynum, J. B. Cothren, J.T.; Lemon, R.G.; Fromme, D.D., Boman, R.K. (2007) Field Evaluation of Nitrophenolate Plant Growth Regulator (Chaperone) for the Effect

on Cotton Lint Yield, *The Joutnal of Cotton Science*, 25, ss. 20–25.

35. Calvo, P., Nelson, L. i Kloepper, J. W. (2014) Agricultural uses of plant biostimulants, *Plant and Soil*, 383(1–2), ss. 3–41. doi: 10.1007/s11104-014-2131-8.

36. Carrera, C. S. i Dardanelli, J. L. (2017) Water Deficit Modulates the Relationship between Temperature and Unsaturated Fatty Acid Profile in Soybean Seed Oil, *Crop Science*, 57(6), ss. 3179–3189. doi: 10.2135/cropsci2017.04.0214.

37. *CGFP* Dostępne na: http://www.cgfp.pl/uslugi-rolnicze/ (dostęp: 20.12.2021 r.)

38. Chmielewski, A. (2008) Rachunkowość w rolnictwie - wybrane zagadnienia wymogów ewidencyjnych., *KWARTALNIK NAUK O PRZEDSIĘBIORSTWIE*, 66, ss. 203–213.

39. Salon Ch., Avice J.-Ch., Larmure A., Ourry A., Prudent M. and 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 *Abiotic Stress in Plants - Mechanisms and Adaptations*. InTech. doi: 10.5772/23474.

40. Churakov, A. A. Smolânikova, Ya V, Stutko, O V, Tarnopolâskaya, V V. (2020) Dynamics of oil content and fatty acids composition variation in soybean cultivars of domestic breeding, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 548, s. 082018. doi: 10.1088/1755-1315/548/8/082018.

41. Clemente, T. E. i Cahoon, E. B. (2009) Soybean oil: genetic approaches for modification of functionality and total content., *Plant physiology*. American Society of Plant Biologists, 151(3), ss. 1030–40. doi: 10.1104/pp.109.146282.

42. *COBORU* (2017) *Krajowy Rejestr Odmian (KR)*.

43. Cox, W. J. i Jolliff, G. D. (1986) Growth and Yield of Sunflower and Soybean under Soil Water Deficits 1, *Agronomy Journal*, 78(2), ss. 226–230. doi: 10.2134/agronj1986.00021962007800020002x.

44. Cwalina-Ambroziak, B., Głosek-Sobieraj, M. i Kowalska, E. (2015) The effect of plant growth regulators on the incidence and severity of potato diseases, *Polish*

Journal of Natural Sciences, 30(1), ss. 5–20.

45. Czeczko, R. i Mikos-Bielak, M. (2004) Efekty stosowania bistymulatora Asahi w uprawie ró nych gatunków warzyw, *Annales UMCS sec. E, Agricultura*, 59(3), ss. 1073–1079.

46. Czerwiński, E. (1951) *Soja*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.

47. Dardanelli, J. L Balzarini, M., Martínez, M.J., Cuniberti, M., Resnik, S., Ramunda, S.F., Herrero, R. and Baigorri, H (2006) Soybean Maturity Groups, Environments, and Their Interaction Define Mega-environments for Seed Composition in Argentina, *Crop Science*, 46(5), ss. 1939–1947. doi: 10.2135/cropsci2005.12-0480.

48. Dei, H. K. (2011) Soybean as a Feed Ingredient for Livestock and Poultry, *Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products*, (May). doi: 10.5772/17601.

49. Deol, P Fahrmann, J., Yang, J., Evans, J.R., Rizo, A., Grapov, D., Salemi, M., Wanichthanarak, K., Fiehn, O., Phinney, B., Hammock, B.D., Sladek, F.M. (2017) Omega-6 and omega-3 oxylipins are implicated in soybean oil-induced obesity in mice, *Scientific Reports*. Nature Publishing Group, 7(1), s. 12488. doi: 10.1038/s41598-017-12624-9.

50. Divito, G. A. Echeverría, H., Andrade, F., and Sadras, V. O.. (2016) Soybean shows an attenuated nitrogen dilution curve irrespective of maturity group and sowing date, *Field Crops Research*, 186, ss. 1–9. doi:

51. Dobek, T. i Dobek, M. (2008) Efektywność produkcji soi w polskich warunkach, *Inżynieria Rolnicza*, R. 12, nr(102), ss. 233–240.

52. *Dolnośląski Ośrodek Doradztwa Rolniczego we Wrocławiu* (brak daty). Dostępne na: https://www.dodr.pl/.

53. Dornbos, D. L. i Mullen, R. E. (1992) Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 69(3), ss. 228–231. doi: 10.1007/BF02635891.

54. Dybkowska, E. (2015) Rola kwasów tłuszczowych w żywieniu i zdrowiu człowieka, w Wolska-Adamczyk, A. (red.) *Znaczenie racjonalnego żywienia w edukacji zdrowotne*. WSIiZ. Warszawa, ss. 173–186.

55. Elandt, R. (1964) *Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolniczego*. Warszawa: PWN.

56. Emken, E. A. (1994) Metabolism of dietary stearic acid relative to other fatty acids in human subjects, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 60(6), ss. 1023S-1028S. doi: 10.1093/ajcn/60.6.1023S.

57. Van Eys, J., Offner, A i Bach, A. (2005) Manual of quality analyses for soybean products in the feed industry, *USA. Am. Soybean Assoc. St. Louis, MO*, 18, s. 47.

58. Fehr, W. R. (2007) Breeding for Modified Fatty Acid Composition in Soybean, *Crop Science*, 47, ss. 72–87. doi: 10.2135/cropsci2007.04.0004IPBS.

59. Ferguson, J. (2014) Munsell notations and color names: Recommendations for archaeological practice, *Journal of Field Archaeology*, 39(4), ss. 327–335. doi: 10.1179/0093469014Z.00000000097.

60. Froyen, E. i Burns-Whitmore, B. (2020) The Effects of Linoleic Acid Consumption on Lipid Risk Markers for Cardiovascular Disease in Healthy Individuals: A Review of Human Intervention Trials, *Nutrients*, 12(8), s. 2329. doi: 10.3390/nu12082329.

61. García-García, A. L., García-Machado F.J., Borges A.A., Morales-Sierra S,. Boto A., Jiménez-Arias D. (2020) Pure Organic Active Compounds Against Abiotic Stress: A Biostimulant Overview, *Frontiers in Plant Science*, 11. doi: 10.3389/fpls.2020.575829.

62. Gawrońska H., Przybysz A., Szalacha E., Słowiński A. (2008) Physiological and molecular mode of action of Asahi SL biostymulator under optimal and stress conditions, w *Biostimulators in modern agriculture, General Aspects*, ss. 54–76. doi: 10.1002/9780470421604.ch1.

63. Gugała, M., Sikorska, A., Zarzecka, K., Krasnodębska, E., Kapela, K.,

Mystkowska, I. (2017) Profitability of Application Biostimulators in Winter Rape Crop, *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*, XIX(4), ss. 92–96. doi: 10.5604/01.3001.0010.5170.

64. Haberlandt, F. (1878) *Die Sojabohne: Ergebnisse Der Studien Und Versuche über Die Anbauwürdigkeit Dieser Neu Einzuführenden Culturpflanze*. Wien: Carl Gerold's Sohn Verlagsbuchhandlung. Dostępne na: https://www.dbc.wroc.pl/dlibra/publication/41867/edition/74751/content.

65. Hafeez, Y. Iqbal, S., Jabeen, K., Shahzad, S., Jahan, S., Rasul, F. (2017) Effect of biochar on seed germination and seedling growth of *Glycine max* (L.) MERR. Under drought stress, *Pakistan Journal of Botany*, 49, ss. 7–13.

66. Halweil, B. (2002) Home grown: The case for local food in a global market, *Worldwatch Paper*, 163, ss. 5–79.

67. Harasimowicz-Hermann, G. i Borowska, M. (2006) Effect of biostimulant Asahi SL in winter rapeseed depending on pluviothermic conditions, *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops*, XXVII(1), ss. 95–106.

68. 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), *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 11(3), ss. 504–517.

69. Hou, G. *i in.* (2006) Environmental effects on fatty acid levels in soybean seed oil, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(9), ss. 759–763. doi: 10.1007/s11746-006-5011-4.

70. Hunter, J. E., Zhang, J. i Kris-Etherton, P. M. (2010) Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated, and unsaturated fatty acids: a systematic review, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(1), ss. 46–63. doi: 10.3945/ajcn.2009.27661.

71. Iqbal, M. P. (2014) Trans fatty acids – a risk factor for cardiovascular disease, *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 30(1), ss. 194–197. doi: 24639860.

72. ISTA (2006) Międzynarodowe Przepisy Oceny Nasion. Polska Wersja Wydania.

73. du Jardin, P. (2015) Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation, *Scientia Horticulturae*. Elsevier B.V., 196, ss. 3–14. doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.021.

74. Jasińska, Z. i Kotecki, A. (1994) Wpływ doglebowego nawożenia azotem i dolistnego mikroelementami na rozwój i plonowanie soi odmiany Polan. Cz. III Wartość pokarmowa nasion i słomy, *Biuletyn IHAR*, 190, ss. 161–168.

75. Jerzak, M. A. i Mikulski, W. (2017) Znaczenie dopłat do produkcji roślin strączkowych w odbudowie rynku rodzimych surowców białkowych pochodzenia roślinnego w Polsce, *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, 2(351), ss. 152–163. doi: 10.5604/00441600.1240395.

76. Kalinowski, P. i Mianowana, M. (2016) Zespół Metaboliczny cz. I: przegląd kryteriów rozpoznania zespołu metabolicznego = Metabolic Syndrome part I: overview of criteria of recognition of metabolic syndrome, *Journal of Education, Health and Sport*, 6 (3), ss. 211–226.

77. Kalton, R. ., Weber, J. C. i Eldredge, J. C. (1949) The effect of injury simulating hail damage to soybeans, *Research Bulletin*, 28(359).

78. Kane, M.V., Steele, C.C., Grabau, L.J., Mackown, C.T., & Hildebrand, D.F. (1997). Early-maturing soybean cropping system : III. Protein and oil contents and oil composition. Agronomy Journal, 89, 464-469.. doi: 10.2134/agronj1997.00021962008900030016x.

79. Kang, B.-K. *i in.* (2017) Genetic and Environmental Variation of First Pod Height in Soybean [Glycine max (L.) Merr.], *Plant Breeding and Biotechnology*, 5(1), ss. 36–44. doi: 10.9787/PBB.2017.5.1.036.

80. Keramati, S. *i in.* (2008) The Critical Period of Weed Control in Soybean (Glycine max (L.) Merr.) in North of Iran Conditions, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(3), ss. 463–467. doi: 10.3923/pjbs.2008.463.467.

81. Kołodziej, J. i Pisulewska, E. (2000) Wpływ czynników meteorologicznych na

plon nasion i tłuszczu oraz zawartość tłuszczu w nasionach dwóch odmian soi, *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops*, XXI, ss. 759–773.

82. Kopeć, B. (1983) *Metodyka badań ekonomicznych w gospodarstwach rolnych: (wybrane zagadnienia)*. Skrypty Akademii Rolniczej we Wrocławiu.

83. Kozak, M. *i in.* (2008) Wpływ zróżnicowanej ilości wysiewu i biostymulatora Asahi SL na skład chemiczny nasion i resztek pozbiorowych soi uprawnej The effect of different sowing rate and Asahi SL biostimulator, *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops OLEISTE – OILSEED CROPS*, XXIX, ss. 217–230.

84. Koźmiński, C. i Michalska, B. (2001) *Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce*. Szczecin: Akademia Rolnicza, Uniwersytet Szczeciński.

85. Kraciuk, J. (2018) Bezpieczeństwo żywnościowe Polski na tle wybranych krajów Europy Wschodniej, *Zeszyty Naukowe SGGW - Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, (121), ss. 41–53. doi: 10.22630/EIOGZ.2018.121.3.

86. Księżak, J. (2008) Effect of biostimulator Asahi SL on yield of maize grain, w Dąbrowski, Z. T. (red.) *Monograph Series: Biostimulators in Modern Agriculture: Field Crops*. Warsaw: Editorial House Wieś Jutra, ss. 60–65.

87. Kumagai, E. i Takahashi, T. (2020) Soybean (Glycine max (L.) Merr.) Yield Reduction due to Late Sowing as a Function of Radiation Interception and Use in a Cool Region of Northern Japan, *Agronomy*, 10(1), s. 66. doi: 10.3390/agronomy10010066.

88. Kumar V., Rani A., Solanki S., Hussain S.M.. (2006) Influence of growing environment on the biochemical composition and physical characteristics of soybean seed, *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(2–3), ss. 188–195. doi: 10.1016/j.jfca.2005.06.005.

89. Lal, R. (2005) World crop residues production and implications of its use as a biofuel, *Environment International*, 31(4), ss. 575–584. doi: 10.1016/j.envint.2004.09.005.

90. Laskowska, H., Pogroszewska, E., Durlak, W. Kozak, D., (2013) The effect of

bulb size and application method of asahi sl biostimulator on the growth and yield of Allium moly L., *Acta Agrobotanica*, 66(1), ss. 89–94. doi: 10.5586/aa.2013.010.

91. Lee, H., Byoung-Kwan Ch. Moon M.S., Wang-Hee L., Tewari, J., Hanhong, B., Soo-In S. Hee-You, Ch. (2013) Prediction of crude protein and oil content of soybeans using Raman spectroscopy, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 185, ss. 694–700. doi: 10.1016/j.snb.2013.04.103.

92. Lee, S. J. *i in.* (2003) Effects of year, site, genotype and their interactions on various soybean isoflavones, *Field Crops Research*. Elsevier, 81(2–3), ss. 181–192. doi: 10.1016/S0378-4290(02)00220-4.

93. Leśkiewicz, K. (2012) Bezpieczeństwo żywnościowe i bezpieczeństwo żywności – aspekty prawne, *Przegląd prawa rolnego*, 1(10), ss. 179–198.

94. Lopes, A. P. *i in.* (2015) Levels of Soybean Oil and Time of Treatment for Nile Tilapia: a Factorial Design for Total n-3 Fatty Acids, n-6/n-3 and PUFA/SFA Ratios, *Journal of the Brazilian Chemical Society*. Brazilian Chemical Society, 26(3), ss. 572–579. doi: 10.5935/0103-5053.20150012.

95. Lorenc-Kozik, A. i Pisulewska, E. (2003) Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i mikroelementami na plonowanie wybranych odmian soi, *Rośliny Oleiste-Oilseed Crops*, XXIV, ss. 131–142.

96. Łoźna, Karolina, Kita, A. i Marzena, Styczyńska, Biernat, J. (2012) Skład kwasów tłuszczowych olejów zalecanych w profilaktyce chorób cywilizacyjnych, *Prob Hig Epidemiol*, 93(4), ss. 871–875.

97. Ludwiczak, J. (1989) *Rachunkowość rolnicza*. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.

98. Łukasiewicz, S. (2006) Propozycja modyfikacji metody wykreślania okresu wilgotnego, «humidowego», w «diagramie klimatycznym Gaussena-Waltera», w *Badania Fizjograficzne Nad Polską Zachodnią Seria A – Geografia Fizyczna, PTPN*. Poznań, ss. 95–99.

99. Łykowski, B. (1984) *Warunki klimatyczne rozwoju i plonowania soi w Polsce*.

Rozprawy N. Warszawa: Wydawnictwo SGGW-AR.

100. Maciejewski, T. i in. (2007) Influence of Biostymulator Asahi Sl I Atonik Sl on Qualitative Wpływ Biostymulatora Asahi Sl I Atonik Sl Na Cechy Jakościowe, 52(3), ss. 109–112.

101. Mackiewicz, Z. (1965) *Uprawa soi*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.

102. Malarz, W., Kozak, M. i Kotecki, A. (2008) The use of Asahi SL biostimulator in spring rape growing, w *Biostimulators in Modern Agriculture. Field Crops*. Wieś Jutra, ss. 25–32.

103. Marciniak, J. i Grontkowska, A. (2009) Opłacalność produkcji roślinnej w gospodarstwie ekologicznym, *Roczniki Naukowe SERiA*, 13(2), ss. 302–309.

104. Matyjaszczyk, E. (2015) Wprowadzanie biostymulatorów do obrotu handlowego w Polsce: sytuacja bieżąca i uwarunkowania prawne, *Przemysł Chemiczny*, 94(10), ss. 1841–1844.

105. Matysiak, K., Adamczewski, K. i Kaczmarek, S. (2011) Wpływ biostymulatora Asahi SL na plonowanie i wybrane cechy ilościowe i jakościowe niektórych roślin rolniczych uprawianych w warunkach Wielkopolski, *Progress in Plant Protection-Postępy w Ochronie Roślin*, 51(4), ss. 1849–1857.

106. Medic, J., Atkinson, C. i Hurburgh, C. R. (2014) Current knowledge in soybean composition, *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(3), ss. 363–384. doi: 10.1007/s11746-013-2407-9.

107. Messina, M., Shearer, G. i Petersen, K. (2021) Soybean oil lowers circulating cholesterol levels and coronary heart disease risk, and has no effect on markers of inflammation and oxidation, *Nutrition*, s. 111343. doi: 10.1016/j.nut.2021.111343.

108. Michalczyk, J. (2012) Bezpieczeństwo żywnościowe w obliczu globalizacji, *Ekonomia / Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu*, 1 (18), ss. 9–23.

109. Michałek, S. i Borowski, E. (2002) Kiełkowanie nasion i wzrost siewek

krajowych odmian soi (Glycine max (L.) Merr.) w warunkach suszy, *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 223–224, ss. 195–201.

110. Michalský, M. i Hooda, P. S. (2015) Greenhouse gas emissions of imported and locally produced fruit and vegetable commodities: A quantitative assessment, *Environmental Science & Policy*, 48, ss. 32–43. doi: 10.1016/j.envsci.2014.12.018.

111. Molga, M. (1980) *Meteorologia rolnicza*. Warszawa: PWRiL.

112. Molga, M. (1986) *Podstawy klimatologii rolnicze*. Warszawa: PWRiL.

113. *MRiRW* (2018) *Wyszukiwarka środków ochrony roślin*. https://www.gov.pl/web/rolnictwo/wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin

114. Natarajan, S. (2014) Analysis of Soybean Seed Proteins Using Proteomics, *Journal of Data Mining in Genomics & Proteomics*, 05(01), ss. 10–12. doi: 10.4172/2153-0602.1000e113.

115. Nowacki, W. (2006) Straty w plonie handlowym czynnikiem determinującym efektywność ekonomiczną produkcji ziemniaków jadalnych, *Roczniki Naukowe SERiA*, 8(1), ss. 133–136.

116. Nowak, A. i Wróbel, J. (2010) Wpływ Wybranych Regulatorów Wzrostu Na Plonowanie Soi (Glycine Max L. Merr) W Warunkach Kontrolowanego Uwilgotnienia Podłoża, *Rośliny Oleiste -Oilseed Crops*, 31(1), ss. 125–132.

117. Oliva, M. L. *i in.* (2006) Stability of Fatty Acid Profile in Soybean Genotypes with Modified Seed Oil Composition, *Crop Science*, 46(5), ss. 2069–2075. doi: 10.2135/cropsci2005.12.0474.

118. Oz, M. *i in.* (2009) Interrelationships of agronomical characteristics in soybean (Glycine max) grown in different environments, *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(1), ss. 85–88.

119. Petropoulos, S. A. *i in.* (2020) Biostimulants Application Alleviates Water Stress Effects on Yield and Chemical Composition of Greenhouse Green Bean (Phaseolus vulgaris L.), *Agronomy*, 10(2), s. 181. doi: 10.3390/agronomy10020181.

120. Pipolo, A. E., Sinclair, T. R. i Camara, G. M. S. (2004) Effects of temperature on oil and protein concentration in soybean seeds cultured in vitro, *Annals of Applied Biology*, 144(1), ss. 71–76. doi: 10.1111/j.1744-7348.2004.tb00318.x.

121. Pisulewska, E., Lorenc-Kozik, A. i Borowiec, F. (1998) Porównanie plonu nasion oraz zawarto ś ci t ł uszczu i kwasów t ł uszczowych w krajowych odmianach soi, *Acta Agraria et Silvestria. Series Agraria*, 36, ss. 69–77.

122. Pisulewska, E., Lorenc-Kozik, A. i Borowiec, F. (1999) Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na plon, zawartość oraz skład kwasów tłuszczowych w nasionach dwóch odmian soi, *Rośliny Oleiste -Oilseed Crops*, XX, ss. 511–520.

123. PN-R-04031:1997 (1997) *Analiza chemiczno-rolnicza gleby -- Pobieranie próbek*.

124. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze (2017) *Przewodnik terenowy do opisu gleb*. Warszawa.

125. Popovic, V. *i in.* (2012) Effect of agroecological factors on variations in yield, protein and oil contents in soybean grain, *Romanian Agricultural Research*, (30), ss. 241–247.

126. Primomo, V. S. *i in.* (2002) Genotype × Environment Interactions, Stability, and Agronomic Performance of Soybean with Altered Fatty Acid Profiles, *Crop Science*, 42(1), ss. 37–44. doi: 10.2135/cropsci2002.3700.

127. Pruszyński, S. (2008) Biostimulators in plant protection, w *Biostimulators in modern agriculture. General Aspect.*, ss. 18–23.

128. Przybysz, A. *i in.* (2010) Stimulatory Effect of Asahi Sl on Selected Plant Species, *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 9(2), ss. 53–64.

129. Przybysz, A., Gawrońska, H. i Gajc-Wolska, J. (2014) Biological mode of action of a nitrophenolates-based biostimulant: case study, *Frontiers in Plant Science*, 5(December), ss. 1–15. doi: 10.3389/fpls.2014.00713.

130. Radomski, C. (1987) *Agrometeorologia*. Warszawa: PWN.

131. Rahman, M. M. i Hossain, M. M. (2011) Plant Density Effects on Growth, Yield and Yield Components of Two Soybean Varieties under Equidistant Planting Arrangement, *Asian Journal of Plant Sciences*, 10(5), ss. 278–286.

132. Redondo-Cuenca, A., Villanueva-Suárez, M. J. i Mateos-Aparicio, I. (2008) Soybean seeds and its by-product okara as sources of dietary fibre. Measurement by AOAC and Englyst methods, *Food Chemistry*, 108(3), ss. 1099–1105. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.11.061.

133. Rennie, B. D. i Tanner, J. W. (1989) Fatty acid composition of oil from soybean seeds grown at extreme temperatures, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66(11), ss. 1622–1624. doi: 10.1007/BF02636189.

134. Ribeiro, Augusto Belchior Marchetti, Adriano Teodoro Bruzi, Alan Mario Zuffo, Everton Vinicius Zambiazzi, Igor Oliveri Soares, Nelson Júnior Dias Vilela, José Luiz de Andrade Rezende Pereira, i Silvino Guimarães Moreira. 2017. Productive performance of soybean cultivars grown in different plant densities. *Ciência Rural* 47 (7). https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160928.

135. Rodríguez, M. *i in.* (2006) Identification of genes induced upon water-deficit stress in a drought-tolerant rice cultivar, *Journal of Plant Physiology*, 163(5), ss. 577–584. doi: 10.1016/j.jplph.2005.07.005.

136. Rowntree, S.C., Suhre, J.J., Weidenbenner, N.H., Wilson, E.W., Davis, V.M., Naeve, S.L., Casteel, S.N., Diers, B.W., Esker, P.D. and Conley, S.P. (2014), Physiological and Phenological Responses of Historical Soybean Cultivar Releases to Earlier Planting. *Crop Science*, 54: 804-816. https://doi.org/10.2135/cropsci2013.06.0428

137. Ruelland, E. i Zachowski, A. (2010) How plants sense temperature, *Environmental and Experimental Botany*, 69(3), ss. 225–232. doi: 10.1016/j.envexpbot.2010.05.011.

138. Sanders, T. A. B. *i in.* (1997) Influence of n-6 versus n-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Diets Low in Saturated Fatty Acids on Plasma Lipoproteins and Hemostatic Factors, *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 17(12), ss. 3449–3460.

doi: 10.1161/01.ATV.17.12.3449.

139. Sawicka, B. i Krochmal-Marczak, B. (2009) Wpływ stosowania nawozu dolistnego Insol 7 i bioregulatora Asahi SL na zdrowotność bulw kilku odmian ziemniaka, *Annales UMCS*, LXIV(2), ss. 1559–1567.

140. Serafin-Andrzejewska, M. i Kozak, M. (2018a) Reakcja gorczycy białej uprawianej na nasiona na włączenie biostymulatora Asahi SL do technologii uprawy Cz. I Cechy morfologiczne roślin przed zbiorem i plon nasion, *Fragmenta Agronomica*, 35(3), ss. 89–98.

141. Serafin-Andrzejewska, M. i Kozak, M. (2018b) Reakcja gorczycy białej uprawianej na nasiona na włączenie biostymulatori. a Asahi SL do technologii uprawy Cz. II Skład chemiczny nasion, *Fragmenta Agronomica*, 35(3), ss. 99–108.

142. Shibata, M. *i in.* (2008) Genetic relationship between lipid content and linolenic acid concentration in soybean seeds, *Breeding Science*, 58(4), ss. 361–366. doi: 10.1270/jsbbs.58.361.

143. Sichilima, I., Mataa, M. i Mweetwa, A. M. (2018) Morpho-physiological and Yield Responses Associated with Plant Density Variation in Soybean (Glycine max L. (Merrill)), *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(1), ss. 274–285. doi: 10.22161/ijeab/3.1.35.

144. Simopoulos, A. P. (2010) The omega-6/omega-3 fatty acid ratio: health implications, *Oléagineux, Corps gras, Lipides*. John Libbey Eurotext, 17(5), ss. 267–275. doi: 10.1051/ocl.2010.0325.

145. Skoufos, I. (2014) Alternative protein sources to soybean meal in pig diets, *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 12, ss. 655–666.

146. Sobko, O. *i in.* (2019) Effect of sowing density on grain yield, protein and oil content and plant morphology of soybean (Glycine max L. Merrill), *Plant, Soil and Environment*, 65(No. 12), ss. 594–601. doi: 10.17221/346/2019-PSE.

147. Song, W. *i in.* (2016) Analyzing the Effects of Climate Factors on Soybean Protein, Oil Contents, and Composition by Extensive and High-Density Sampling in

China, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(20), ss. 4121–4130. doi: 10.1021/acs.jafc.6b00008.

148. Specht, J.E., Chase, K., Macrander, M., Graef, G.L., Chung, J., Markwell, J.P., Orf, H.H. and Lark, K.G. (2001) Soybean Response to Water: A QTL Analysis of Drought Tolerance. *Crop Science*, 41, 493-509. http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2001.412493x

149. Sultan, S. M., Dikshit, N. i Vaidya, U. J. (2015) Oil content and fatty acid composition of soybean (Glysine max L.) genotypes evaluated under rainfed conditions of Kashmir Himalayas in India, *Journal of Applied and Natural Science*, 7(2), ss. 910–915. doi: 10.31018/jans.v7i2.706.

150. Święcicki, W. *i in.* (2015) *Ulepszanie krajowych źródeł białka roślinnego, ich produkcji, systemu obrotu i wykorzystania w paszach* . Puławy.

151. Szostak B., Głowacka A., Kasiczak A., Kiełtyka-Dadasiewicz A., Bąkowski M. 2020. Nutritional value of soybeans and the yield of protein and fat depending on the cultivar and nitrogen application. *J. Elem.*, 25(1): 45 - 57. DOI: 10.5601/jelem.2019.24.2.1769

152. Szpunar-Krok E, Wondołowska-Grabowska A, Bobrecka-Jamro D, Jańczak-Pieniążek M, Kotecki A, Kozak M. Effect of Nitrogen Fertilisation and Inoculation with Bradyrhizobium japonicum on the Fatty Acid Profile of Soybean (Glycine max (L.) Merrill) Seeds. Agronomy. 2021; 11(5):941. https://doi.org/10.3390/agronomy11050941

153. Szwejkowska, B. (2005) Wpływ intensywności uprawy grochu siewnego na zawartość i plon białka, *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 4(1), ss. 153–161.

154. Szyrmer, J. (1969) Wpływ odmiany i zróżnicowanych warunków siedliska na plon nasion soi, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Rolnictwo*, 12, ss. 117–135.

155. Taheripour, F., Hertel, T. W. i Ramankutty, N. (2019) Market-mediated responses confound policies to limit deforestation from oil palm expansion in Malaysia and Indonesia, *Proceedings of the National Academy of Sciences*. National Academy of

Sciences, 116(38), ss. 19193–19199. doi: 10.1073/PNAS.1903476116.

156. Tamagno, S. *i in.* (2020) Dynamics of oil and fatty acid accumulation during seed development in historical soybean varieties, *Field Crops Research*, 248, s. 107719. doi: 10.1016/j.fcr.2020.107719.

157. Toleikiene, M. *i in.* (2021) Soybean Development and Productivity in Response to Organic Management above the Northern Boundary of Soybean Distribution in Europe, *Agronomy*, 11(2), s. 214. doi: 10.3390/agronomy11020214.

158. Tomczyk, A. i Szyga-Pluta, K. (2016) Okres wegetacyjny w Polsce w latach 1971-2010 = Growing seasons in Poland in the period 1971-2010, *Przegląd Geograficzny*, 88(1), ss. 75–86. doi: 10.7163/PrzG.2016.1.4.

159. Tsukamoto, C. *i in.* (1995) Factors Affecting Isoflavone Content in Soybean Seeds: Changes in Isoflavones, Saponins, and Composition of Fatty Acids at Different Temperatures during Seed Development, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(5), ss. 1184–1192. doi: 10.1021/jf00053a012.

160. Urbanowicz, J. (2012) *Wpływ biostymulatora Asahi SL na fitotoksyczność metrybuzyny w uprawie ziemniaka Komunikat*. Biul . IHAR.

161. Vargas, R., Schuch, L.O., Barros, W.S., Rigo, G.A., Szareski, V.J., Carvalho, I.R., Pimentel, J.R., Troyjack, C., Jaques, L.B., Souza, V.Q., Rosa, T.C., Aumonde, T.Z., & Pedó, T. (2018). *Macronutrients and Micronutrients Variability in Soybean Seeds*. The Journal of Agricultural Science, 10, 209.

162. Wilk, M. (2017) Soja źródłem cennych składników żywieniowych, *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 24(2 (111)), ss. 16–25.

163. Witzenberger A; van den Boom; Hack, H. (1989) Erläuterungen zum BBCH-Dezimal-Code für die Entwicklungsstadien des Getreides-mit Abbildungen, *Gesunde Pflanzen*.

164. Worku, M. i Astatkie, T. (2015) Effects of row spacing on productivity and nodulation of two soybean varieties under hot sub-moist tropical conditions in south-western Ethiopia, *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and*

Subtropics, 116(2), ss. 99–106.

165. Wroniak, M. (2012) Wartość żywieniowa olejów rzepakowych tłoczonych na zimno, *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 6(85), ss. 79–92.

166. *Wspólnotowy Katalog Odmian Roślin Rolniczych* (2021). Dostępne na: https://ec.europa.eu/food/system/files/2021-12/plant-variety-catalogues_agricultural-plant-species_0.pdf.

167. Young, V. . i Pellett, P. . (1994) Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 59(5), ss. 1203–1212.

168. Zanon, A. J., Streck, N. A. i Grassini, P. (2016) Climate and management factors influence Soybean yield potential in a subtropical environment, *Agronomy Journal*, 108(4), ss. 1447–1454. doi: 10.2134/agronj2015.0535.

169. Zawadzka, D., Strzelecka, A. i Szafraniec-Siluta, E. (2009) Znaczenie dopłat do działalności operacyjnej w tworzeniu dochodu z rodzinnego gospodarstwa rolnego w Polsce, *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 15(3), ss. 396–401.