

REAKCJA SOI ODMIANY ALDANA NA SZCZEPIENIE NASION I NAWOŻENIE AZOTEM

AGNIESZKA FALIGOWSKA¹

*Katedra Agronomii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,
ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań*

Synopsis. Doświadczenie zostało przeprowadzone na polach Zakładu Doświadczalno-Dydaktycznego Uprawy Roli i Roślin w Gorzynie (52°34' N, 15°54' E), w latach 2017–2020, jako jednoczynnikowe, w czterech powtórzeniach. Celem badań było określenie wpływu inokulacji nasion *Bradyrhizobium japonicum* (Nitragina) oraz szczepienia nasion wraz z nawożeniem azotem w dawkach 30 kg·ha⁻¹ lub 60 kg·ha⁻¹ na plon nasion soi odmiany Aldana. Poziom plonowania zależał od przebiegu warunków pogodowych w latach badań oraz od poziomu czynnika. Zastosowanie Nitraginy oraz łączne Nitraginy z nawożeniem azotem w dawkach 30 kg·ha⁻¹ lub 60 kg·ha⁻¹ powodowało istotny przyrost plonu nasion od 28,6 do 56%. Uzyskane wyniki wskazują iż, szczepienie nasion bakteriami *Bradyrhizobium japonicum* jest uzasadnione, a dla lepszego efektu plonotwórczego można dodatkowo zastosować nawożenie azotem.

Słowa kluczowe: bobowate grubonasienne, inokulacja nasion, odmiana, plon nasion

WSTĘP

W zależności od gatunku, rośliny bobowate uprawiane są na żywność, paszę, nawóz zielony, a nawet jako rośliny ozdobne [Jarecki i Migut 2022]. Wprowadzenie resztek poźniwnych do gleby po uprawie roślin bobowatych determinuje ilość i termin pobrania mineralnych form azotu, które są dostępne dla roślin następczych [Fox i in. 1990, Peoples i Craswell 1992, Chalk 1998, Isobe i Ohte 2014, Jones i in. 2018, Bebeli i in. 2020]. Proces ten powoduje wzrost plonu tych roślin [Mori i in. 2023, Jensen i in. 2004, Preissel i in. 2015, Faligowska i in. 2019, Szymańska i in. 2020]. Według Nemeceka i in. [2008] wprowadzenie gatunku z rodziny bobowatych grubonasiennej do płodozmianu, który charakteryzuje się wysokim udziałem zbóż i intensywnym nawożeniem azotem, skutkuje szeregiem korzyści, m. in.: zmniejszeniem zapotrzebowania na energię oraz ograniczaniem efektów globalnego ocieplenia. Przemiany resztek poźniwnych roślin bobowatych w glebie, a także udział zawartego w nich azotu dostępnego dla roślin następczych determinowane są przez ich skład chemiczny oraz warunki glebowe i klimatyczne na obszarze uprawy [Kalembasa i in. 2021].

Na plonowanie samych roślin bobowatych decydujący wpływ mają dwa zasadnicze procesy. Pierwszym z nich jest prawidłowe funkcjonowanie brodawek korzeniowych, które jest gwarantowane przez występowanie symbiotycznej relacji roślina-bakterie, co umożliwia wiązanie azotu atmosferycznego (N₂). Drugim jest rozwój i utrzymanie kwiatów na roślinie macierzystej, a w konsekwencji tworzenie strąków z nasionami bogatymi w białko [Wilmowicz i in. 2022].

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* agnieszka.faligowska@up.poznan.pl

W praktyce, w celu poprawy procesu biologicznego wiązania azotu (BNF), nasiona roślin bobowatych grubonasiennych powinny być inokulowane przed siewem bakteriami brodawkowymi. Zastosowanie optymalnego szczepu bakterii ma kluczowe znaczenie dla uzyskania maksymalnego wiązania N_2 [Pudelko i Żarnicka 2010] i jest zbiegiem dość tanim w porównaniu z innymi wykonanymi w trakcie uprawy. Wyniki badań Gniadzik-Zasańskiej i in. [2024] wskazują, że w strukturze kosztów bezpośrednich największy udział mają: koszt zabiegów, a następnie koszt zakupu materiału siewnego soi. Prusiński i in. [2020] oraz Książak i Bojarszczuk [2022a] stwierdzili, że inokulacja nasion soi bakteriami *Bradyrhizobium japonicum* stymuluje rozwój roślin i wpływa na wzrost plonu nasion w uprawach tego gatunku na terenie województw kujawsko-pomorskiego oraz mazowieckiego.

Celem omawianych badań było określenie reakcji soi odmiany Aldana na inokulację dostępnym na rynku preparatem, zawierającym dedykowany pod jej uprawę szczep bakterii *Bradyrhizobium japonicum* w warunkach województwa wielkopolskiego.

MATERIAŁ I METODY

Jednoczynnikowe doświadczenie polowe, w czterech powtórzeniach przeprowadzono w latach 2017–2020 w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Uprawy Roli i Roślin w Gorzynie (52°34' N, 15°54' E), należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. W doświadczeniu z soją odmiany Aldana zastosowano dostępny na rynku preparat zawierający żywe szczepy bakterii z rodzaju *Bradyrhizobium japonicum* o nazwie handlowej Nitragina (producent: Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy, Puławy, Polska, PL).

Czynnikami doświadczenia było szczepienie nasion. Badania uwzględniały obiekt kontrolny (bez szczepienia i nawożenia azotem) oraz następujące warianty: Nitragina (bez nawożenia azotem), Nitragina + 30 kg N·ha⁻¹ oraz Nitragina + 60 kg N·ha⁻¹. Analizy chemiczne gleby wykonano w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Poznaniu. Całkowita zawartość azotu ogólnego w glebie wynosiła 527 mg·kg⁻¹ gleby, fosforu – 13,9 mg·kg⁻¹ gleby i potasu – 10,9 mg·kg⁻¹ gleby. Gleba w stanowisku polowym została scharakteryzowana jako gleba lekka o składzie granulometrycznym gliny piaszczystej, zaliczana do typowych gleb biellicowych wytworzonych z piasków gliniastych lekkich. Opady atmosferyczne i temperatura powietrza w okresie badań były rejestrowane w Stacji Meteorologicznej w Gorzynie (tab. 1).

Warunki pogodowe w latach badań były zróżnicowane. Najbardziej obfitym w dostępność wody był sezon w roku 2017, w którym suma opadów w okresie od kwietnia do września wyniosła blisko 600 mm. Natomiast w pozostałych latach suma ta była zbliżona i kształtowała się od 244,6 mm w roku 2018 do 283,1 w 2020 roku. Najbardziej wilgotnym miesiącem był lipiec, a opady w pozostałych miesiącach były bardziej zmienne. Średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji soi na przestrzeni wszystkich lat badań była bardzo zbliżona i wahała się od 14,4°C w 2018 r. do 16,3°C w 2019 r. W porównaniu ze średnią długoterminową, opady odnotowane w latach badań były niższe, a średnie wartości temperatury powietrza wyższe.

Nawożenie mineralne azotem w postaci NH_4NO_3 zastosowano wiosną na odpowiednich obiektach w dawkach 30 kg·ha⁻¹ oraz 60 kg·ha⁻¹. Nasiona przed siewem w zależności od kombinacji zostały zaszczerpione inokulantem o nazwie Nitragina. Preparat ten zawierał żywe szczepy bakterii *Bradyrhizobium japonicum* w ilości 2 x 10⁸ CFU/1 ml.

Siew soi w każdym sezonie wykonano w trzeciej dekadzie kwietnia przy rozstawie rzędów 15 cm, gęstości siewu 90 nasion na 1 m² i głębokość 3–4 cm. Jako przedplon w latach badań uprawiano pszenicę ozimą. Dodatkowo na poletkach doświadczalnych zastosowano nawóz fos-

Tabela 1. Średnia temperatura powietrza (°C) i sumy opadów (mm) według ZDD w Gorzynie w latach 2017–2020

Table 1. Mean air temperature (°C) and rainfall sum (mm) according to the Gorzyń Experimental Station in 2017–2020

Rok/ Year	Miesiąc/Month						Średnia/ Mean
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
	Temperatura – Temperature (°C)						
2017	7,5	13,3	17,5	18,9	18,6	13,3	14,8
2018	12,7	16,7	19,3	0,6	21,2	15,8	14,4
2019	9,6	12,2	22,0	19,2	20,3	14,3	16,3
2020	8,9	12,0	18,8	19,0	20,5	15,3	15,7
1951–2015	8,1	14,5	17,0	18,7	18,3	13,6	15,0
Opady – Rainfall (mm)							Suma/Sum
2017	32,5	79,6	139,4	158,3	110,1	45,9	
2018	55,5	22,3	23,8	84,2	9,5	49,3	244,6
2019	6,5	86,3	6,9	71,8	38,1	61,9	271,5
2020	7,5	50,2	34,1	71,6	71,9	47,8	283,1
1951–2015	48,3	53,7	63,1	78,0	61,5	44,8	349,4

forowo-potasowy w ilości 100 kg·ha⁻¹. Bezpośrednio po siewie zwalczanie chwastów przeprowadzono przy użyciu pendimetaliny (Stomp Aqua 455 CS) w dawce 1,5 l·ha⁻¹ oraz dodatkowo bentazonu i imazamoksu (Corum 502,4 SL) w dawce 1,4 l·ha⁻¹ i Olejanu 85 EC w dawce 1,5 l·ha⁻¹. Zbiór nasion przeprowadzono w dojrzałości pełnej soi, kombajnem zbożowym Wintersteiger o szerokości 1,5 m, odpowiednio w latach 2017–2020: 28., 18., 20. i 1. września.

Bezpośrednio przed zbiorem policzono rośliny na 1 m² oraz w celu określenia cech biometrycznych pobierano z każdego poletka po 10 roślin, które posłużyły do oznaczenia na roślinie: liczby strąków, liczby nasion, liczby nasion w strąku, wysokości rośliny oraz wysokości osadzenia pierwszego strąka. Dodatkowo wykonano pomiar masy 1000 nasion i plonu nasion z każdego pola, który przeliczono na 1 ha przy poziomie wilgotności 15%.

Wyniki badań poddano ocenie statystycznej z zastosowaniem analizy wariancji dla doświadczeń jednoczynnikowych, przy użyciu programu STATPAKU, a najmniejszą istotną różnicę oszacowano na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ testem Tukeya. Ocenę współzależności między badanymi cechami wykonano na podstawie wartości współczynników korelacji liniowej Pearsona.

Przy interpretacji wyników korelacji posłużono się skalą Stanisza [1998]:

$r_{xy} = 0$ – zmienne nie są skorelowane

$0 < r_{xy} < 0,1$ – korelacja nikła

$0,1 \leq r_{xy} < 0,3$ – korelacja słaba

$0,3 \leq r_{xy} < 0,5$ – korelacja przeciętna

$0,5 \leq r_{xy} < 0,7$ – korelacja wysoka

$0,7 \leq r_{xy} < 0,9$ – korelacja bardzo wysoka

$0,9 \leq r_{xy} < 1,0$ – korelacja prawie pewna

$r_{xy} = 1$ – korelacja pewna.

Dodatkowo obliczono podstawowe parametry badanych zmiennych tj. średnia, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności oraz wartość minimalną i maksymalną.

Współczynnik zmienności (CV) analizowanych cech wyliczono ze wzoru:

$$CV = S/X \cdot 100 (\%)$$

gdzie:

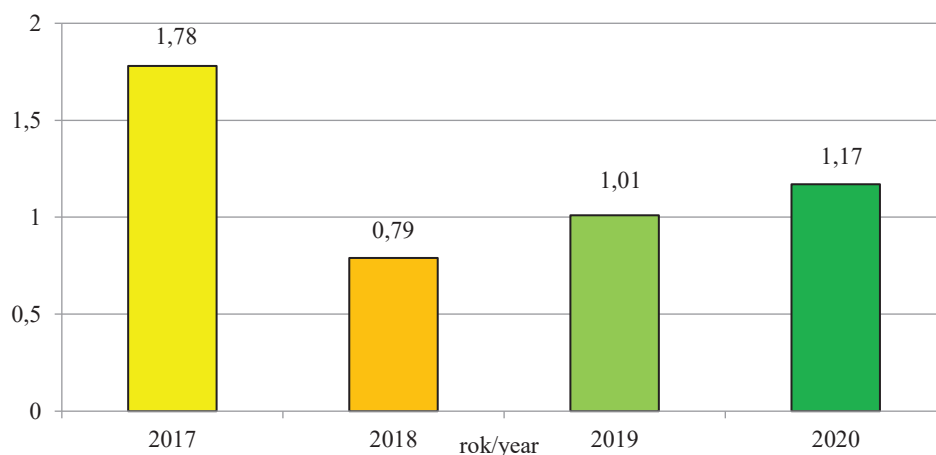
S – odchylenie standardowe,

X – średnia arytmetyczna.

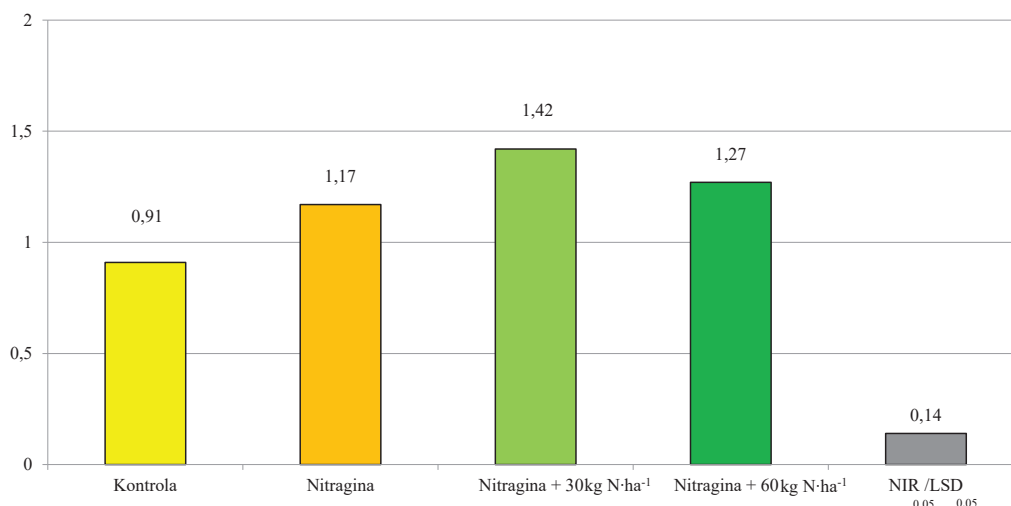
WYNIKI I DYSKUSJA

Soja podobnie, jak pozostałe rośliny bobowate grubonasienne, jest szczególnie wrażliwa na przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji. Deficyt wody jest najbardziej ograniczającym czynnikiem produktywności soi [Dolijanowic i in. 2013, Basal i Szabó 2019, Księżak i Bójarszczuk 2022a]. Decydujące znaczenia dla plonu nasion ma ilość opadów w tzw. fazach krytycznych, do których należą: wschody roślin, kwitnienie i zawiązywanie strąków [Podleśna i in. 2014, Kebede 2021]. Brak wody w glebie decyduje o przebiegu procesu symbiozy oraz intensywność wiązania azotu atmosferycznego [Deak i in. 2019]. W doświadczeniu własnym najwyższy plon nasion soi uzyskano w roku 2017, w którym ilość opadów w okresie wegetacji była blisko dwukrotnie wyższa niż w pozostałych latach badań (rys. 1). W roku 2018 plon nasion Aldany był najniższy, a różnica stanowiła $990 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, czyli około 55,3% w porównaniu z rokiem 2017.

Ponadto, odnotowano istotny wpływ szczepienia nasion na poziom plonowania soi (rys. 2). W porównaniu do kontroli, przedsiewne szczepienie nasion Nitraginą powodowało przyrost plonu o $0,26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, szczepienie i nawożenie azotem w dawce $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ o $0,51 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast szczepienie i nawożenie azotem w dawce $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ o $0,36 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. W doświadczeniu Panasiwicz i in. [2023, 2024] nawożenie azotem w połączeniu z szczepieniem nasion okazało się ważnym czynnikiem poprawiającym plony nasion soi odmian Aldana i Annushka. Liczne badania z inokulacją soi w Europie Środkowej wskazują, że może ona być uprawiana w naszej strefie



Rys. 1. Wpływ warunków pogodowych na plon nasion soi ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Fig. 1. Influence of weather conditions on soybean seed yield ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)



Rys. 2. Wpływ szczepienia i nawożenia azotem na plon nasion soi (t·ha⁻¹)
 Fig. 2. The influence of inoculation and nitrogen fertilization on soybean seed yield (t·ha⁻¹)

klimatycznej nie tylko ze względu na zmieniający się klimat, ale także dzięki dostosowanym odmianom do panujących warunków klimatyczno-glebowych. Księżak i Bojarszczuk [2022a] stwierdzili, że inokulacja nasion soi *Bradyrhizobium japonicum*, podobnie jak w badaniach własnych istotnie zwiększyła plon nasion. Prusiński i in. [2020] odnotowali, że obie odmiany soi [Annushka, Aldana] zareagowały zwiększonym plonem nasion po szczepieniu nasion preparatem HiStick. W badaniach Jareckiego i in. [2024] reakcja soi odmiany Abelina była podobnie korzystna, dlatego autorzy doszli do wniosku, iż należy zalecać szczepienie nasion soi, ale skuteczność tego zabiegu zależy od różnych czynników, w tym rodzaju inokulantu, dawki, nawożenia azotem i warunków pogodowych.

W porównaniu do kontroli, każdy z poziomów czynnika doświadczenia spowodował istotny wzrost liczby roślin na 1 m², liczby nasion na roślinie oraz masy 1000 nasion (tab. 2). Obsada roślin wzrosła o około 19,5%, liczba nasion na roślinie od 19,6 do 45,8%, natomiast masa 1000 nasion od 4,3 do 6,0%. Najniższy przyrost w/w parametrów stwierdzono po zastosowaniu samej Nitraginy, natomiast dodatek nawożenia azotem w dawkach 30 kg N·ha⁻¹ lub 60 kg N·ha⁻¹, skutkowało lepszym efektem, również w przypadku wysokości roślin (wzrost minimum o 12,3%) oraz liczby strąków na roślinie (wzrost minimum o 33,8%). Cechy niezróżnicowane poziomami czynnika doświadczenia to: wysokość osadzenia pierwszego strąka oraz liczba nasion w strąku. W doświadczeniu Panasiewicz i in. [2023], w którym podobnie zastosowano szczepienie nasion na soi odmiany Aldana preparatami zawierającymi *Bradyrhizobium japonicum*, bez lub wraz z nawożeniem azotem skutkowało również istotnym wzrostem m. in. wysokości roślin i masy 1000 nasion. Księżak i Bojarszczuk [2022a] także odnotowali istotny wzrost masy nasion oraz liczby nasion na roślinie. Natomiast w badaniach Prusińskiego i in. [2020] stwierdzono istotny przyrost nie tylko wysokości roślin odmiany Annushka, ale i wysokość osadzenia pierwszego strąka.

W analizowanym doświadczeniu najbardziej zróżnicowaną cechą był plon nasion, dla którego współczynnik zmienności wynosił 36%, wartość minimalna 0,8 t·ha⁻¹, a maksymalna 1,8 t·ha⁻¹ (tab. 3). Na poziomie 30% były zróżnicowane takie cechy jak: wysokość roślin oraz liczba nasion w strąku. Natomiast najbardziej stabilną cechą była masa 1000 nasion (CV 8%). Na pod-

Tabela 2. Wpływ szczepienia nasion i nawożenia azotem na cechy biometryczne

Table 2. The influence of seeds inoculation and nitrogen fertilization on biometrical features

Wyszczególnienie Specification	Obiekty/Treatments				
	Kontrola Control	Nitragina	Nitragina + 30 kg N·ha ⁻¹	Nitragina + 60 kg N·ha ⁻¹	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
Liczba roślin na 1 m ² Number of plants per 1 m ²	71,2	84,9	85,4	84,9	8,2
Wysokość roślin (cm) Height of plants (cm)	37,3	36,6	42,9	41,8	3,6
Wysokość pierwszego strąka (cm) Height of the first pod (cm)	9,6	8,9	9,6	8,4	r.n.
Liczba strąków na roślinie No. of pods per plant	7,9	8,9	10,6	10,9	1,6
Liczba nasion na roślinie No. of seeds per plant	12,2	14,6	17,8	15,8	2,3
Liczba nasion w strąku No. of seeds per pod	1,6	1,6	1,7	1,5	r.n.
Masa 1000 nasion (g) Mass of 1000 seeds (g)	186,3	194,3	195,7	197,4	5,1

r.n. – różnice nieistotne/not significant differences

Tabela 3. Charakterystyki statystyczne cech biometrycznych i plonu nasion

Table 3. Statistical characteristics of biometrical features and seeds yield

Wyszczególnienie Specification	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	SD	CV
Liczba roślin na 1 m ² Number of plants per 1 m ²	70,1	92,0	9,0	11,0
Wysokość roślin (cm) Height of plants (cm)	29,1	55,9	11,5	29,0
Wysokość pierwszego strąka (cm) Height of the first pod (cm)	6,4	11,5	2,1	23,3
Liczba strąków na roślinie No. of pods per plant	8,7	10,9	1,0	10,4
Liczba nasion na roślinie No. of seeds per plant	10,6	19,3	3,6	23,5
Liczba nasion w strąku No. of seeds per pod	0,8	1,7	0,4	31,0
Masa 1000 nasion (g) Mass of 1000 seeds (g)	183,0	216,0	15,5	8,0
Plon nasion (t·ha ⁻¹) Seeds yield (t·ha ⁻¹)	0,8	1,8	0,4	36,0

SD – odchylenie standardowe/SD – standard deviation

CV – współczynnik zmienności (%)/CV – coefficient of variation (%)

stawie przeprowadzonej analizy korelacji plonu nasion, można stwierdzić, iż cecha ta najsilniej dodatnio związana była z liczbą strąków na roślinie, liczbą nasion na roślinie, masą 1000 nasion oraz wysokością roślin (tab. 4). W/w przypadkach wartości współczynników korelacji liniowej Pearsona mieściły się w przedziale $0,9 \leq r_{xy} < 1,0$, a więc stanowiły korelacje „prawie pewną”.

Według Mandić i in. [2020] na plon nasion soi składają się takie cechy jak: liczba strąków na roślinie, liczba nasion w strąku, masa nasion na roślinie i masa 1000 nasion. Z kolei w/w parametry mogą być kształtowane przez szereg czynników. W badaniach Jareckiego i in. [2024] plon nasion Abeliny zależał nie tylko od liczby strąków na roślinie lecz również od liczby brodawek korzeniowych. Natomiast w doświadczeniu Księżaka i Bojarszczuk [2022b] komponenty plonowania zróżnicowane były pod wpływem warunków pogodowych oraz terminu siewu. Panasiewicz i in. [2023, 2024] odnotowali z kolei wpływ szczepienia nasion *Bradyrhizobium japonicum* oraz zróżnicowanych dawek azotu na korelacje poszczególnych elementów kształtujących plon nasion soi odmian Aldany i Annushki.

Tabela 4. Współczynniki korelacji plonu nasion i cech biometrycznych

Table 4. Simple correlations coefficient of seeds yield and biometrical features

Lp. No.	Zmienna/Variable	1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Liczba roślin na 1 m ² Number of plants per 1 m ²	1,00							
2.	Wysokość roślin (cm) Hight of plants (cm)	-0,96*	1,00						
3.	Wysokość pierwszego strąka (cm) Hight of the first pod (cm)	-0,99*	0,94*	1,00					
4.	Liczba strąków na roślinie No. of pods per plant	-0,90*	0,98*	0,92*	1,00				
5.	Liczba nasion na roślinie No. of seeds per plant	-0,46	0,68	0,46	0,77	1,00			
6.	Liczba nasion w strąku No. of seeds per pod	-0,85	0,83	0,96*	0,87	0,44	1,00		
7.	Masa 1000 nasion (g) Mass of 1000 seeds (g)	-0,73	0,86	0,63	0,84	0,85	0,47	1,00	
8.	Plon nasion (t·ha ⁻¹) Seeds yield (t·ha ⁻¹)	-0,77	0,91*	0,77	0,96*	0,92*	0,71	0,92*	1,00

*Korelacja prawie pewna/*almost full correlation

WNIOSKI

1. Plon nasion soi odmiany Aldana był zróżnicowany pod wpływem warunków pogodowych, a zwłaszcza zależał od dostępności wody w sezonie wegetacyjnym. Najwyższy plon nasion uzyskano w roku 2017, w którym suma opadów była dwukrotnie wyższa niż w pozostałych latach badań.
2. W porównaniu do kontroli przedsięwzięcie szczepienia nasion Nitraginą spowodowało przyrost plonu o 28,6%, szczepienie i nawożenie azotem w dawce 30 kg·ha⁻¹ o 56%, natomiast szczepienie i nawożenie azotem w dawce 60 kg·ha⁻¹ o 39,6%.
3. Przedsięwzięcie szczepienia nasion soi *Bradyrhizobium japonicum* jest zabiegiem niezbędnym, a dla wzmocnienia plonotwórczego efektu można zastosować nawożenie azotem, w dawce minimum 30 kg·ha⁻¹.

PIŚMIENNICTWO

- Basal O., Szabó A. 2019. Inoculation enhances soybean physiology and yield under moderate drought. *Life Int. J. Health Life Sci.* 5: 1–13.
- Bebeli P.J., Lazaridi E., Chatzigeorgiou T., Suso M.J., Hein W., Alexopoulos A.A., Canha G., van Haren R.J.F., Jóhannsson M.H., Mateos C., et al. 2020. State and progress of andean lupin cultivation in Europe: A review. *Agronomy* 10, 1038.
- Chalk, P.M. 1998. Dynamics of biologically fixed N in legume-cereal rotation: A review. *Aust. J. Agric. Res.* 49: 303–316.
- Deak E. A., Martin T.N., Fipke G.M., Stecca J.D.L., Tabaldi L.A., Nunes U.R., Winck J. E.M., Grando L.F.T. 2019. Effects of soil temperature and moisture on biological nitrogen fixation in soybean crop. *AJCS* 13(8): 1327–1334.
- Dolijanovic Z., Kovacevic D., Oliaca S., Jovovic Z., Stipesevic B., Jug D. 2013. The multi-year soybean grain yield depending on weather conditions. In *Proceedings of the Medunarodni Simpozij Agronoma*, 17–22 October, Dubrovnik, Croatia, 422–477.
- Faligowska A., Szymańska G., Panasiewicz K., Szukała J., Koziara W., Ratajczak K. 2019. The long-term effect of legumes as forecrops on the productivity of rotation (winter rape-winter wheat-winter wheat) with nitrogen fertilization. *Plant Soil Environ.* 65: 138–144.
- Fox R.H., Myers R.J.K., Vallis I. 1990. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. *Plant Soil* 129: 251–259.
- Gniadzik-Zasańska M., Kozak M., Wondołowska-Grabowska A. 2024. Ocena ekonomiczna produkcji nasion soi w zależności od zastosowanej rozstawy rzędów i aplikacji Asahi SL. *Fragm. Agron.* 41(1): 1–8.
- Isobe K., Ohte N. 2014. Ecological perspectives on microbes involved in N-cycling. *Microbes Environ.* 29: 4–16.
- Jarecki W., Borza I.M., Rosan C.A., Vicas S.I., Domuła C.G. 2024. Soybean response to seed inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and/or nitrogen fertilization. *Agriculture* 14, 1025.
- Jarecki W., Migut D. 2022. Comparison of yield and important seed quality traits of selected legume species. *Agronomy* 12, 2667.
- Jensen R.J., Joermsgaard B., Andersen M.N., Christiansen J.L., Morgensen V.O., Friis P., Peterson C.T. 2004. The effect of lupins as compared with peas and oats on the yield of the subsequent winter barley crop. *Eur. J. Agron.* 20: 405–418.
- Jones D.L., Magthab E.A., Gleeson D.B., Hill P.W., Sánchez-Rodríguez A.R., Roberts P., Ge T., Murphy D.V. 2018. Microbial competition for nitrogen and carbon is as intense in the subsoil as in the topsoil. *Soil Biol. Biochem.* 117: 72–82.
- Kalembasa D., Szukała J., Symanowicz B., Kalembasa S., Faligowska A., Becher M. 2021. Amount of biologically nitrogen fixed by faba bean and its uptake by winter wheat determined by ¹⁵N ID method. *Arch. Agron. Sci.* 67: 1875–1888.
- Kebede E. 2021. Contribution, utilization, and improvement of legumes-driven biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Front. Sustain. Food Syst.* 5, 767998.
- Książak J., Bojarszczuk J. 2022a. The effect of mineral N fertilization and *Bradyrhizobium japonicum* seed inoculation on productivity of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Agriculture* 12, 110.
- Książak J., Bojarszczuk J. 2022b. The seed yield of soybean cultivars and their quantity depending on sowing term. *Agronomy* 12, 1066.
- Mandić V., Đorđević S., Đorđević N., Bijelić Z., Krnjaja V., Petričević M., Brankov M. 2020. Genotype and sowing time effects on soybean yield and quality. *Agriculture* 10, 502.
- Monteiro A., Miranda C., Trindade H. 2021. Mediterranean lupines as an alternative protein source to soybean. *Biol. Life Sci. Forum* 3, 38.
- Mori T., Wachrinrat C., Staporn D., Aoyagi R., Meunpong P., Suebsai W., Boonsri K., Kitayama K. 2023. Possibility of avoiding legumes-deriving boost of N₂O emissions in tropical monoculture tree plantations. *J. For. Res.* 34: 565–573.
- Nemecek T., von Richthofen J.S., Dubois G., Casta P., Charles R., Pahl H. 2008. Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. *Eur. J. Agron.* 28: 380–393.

- Panasiewicz K., Faligowska A., Szymańska G., Ratajczak K., Kłosowicz M., Wolna-Maruwka A. 2024. Sustainable methods of soybean cultivation in Poland. *Sustainability* 16, 5762.
- Panasiewicz K., Faligowska A., Szymańska G., Ratajczak K., Sulewska H. 2023. Optimizing the amount of nitrogen and seed inoculation to improve the quality and yield of soybean grown in the Southeastern Baltic Region. *Agriculture* 13, 798.
- Peoples M.B., Craswell E.T. 1992. Biological nitrogen fixation: investments, expectations and actual contributions to agriculture. *Plant Soil* 141: 13–39.
- Podleśna A., Podleśny J., Doroszewski A. 2014. Usefulness of selected weather indices to evaluation of yellow lupine yielding possibility. *Agric. Water Manag.* 146: 201–207.
- Preissel S., Reckling M., Schläfke N., Zander P. 2015. Magnitude and farm-economic value of grain pre-crop benefits in Europe. A review. *Field Crops Res.* 175: 64–79.
- Prusiński J., Baturo-Cieśniewska A., Borowska M. 2020. Response of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) to mineral nitrogen fertilization and *Bradyrhizobium japonicum* seed inoculation. *Agronomy* 10, 1300.
- Pudelko K., Żarnicka J. 2010. Diversity in symbiotic specificity of bacterial strains nodulating lupins in Poland. *Pol. J. Agron.* 2: 50–56.
- Stanisz A. 1998. *Przystępny kurs statystyki*. T. 1. Statsoft Polska, Kraków.
- Szymańska G., Faligowska A., Panasiewicz K., Szukała J., Ratajczak K., Sulewska H. 2020. The long-term effect of legumes as forecrops on the productivity of rotation winter triticale–winter rape with nitrogen fertilisation. *Acta Agric. Scand., Sec. B Soil Plant Sci.* 70: 128–134.
- Wilmowicz E., Kućko A., Alché J.D.D., Czeszewska-Rosiak G., Florkiewicz A.B., Kapusta M., Karwaszewski J. 2022. Remodeling of cell wall components in root nodules and flower abscission zone under drought in yellow lupine. *Int. J. Mol. Sci.* 23, 1680.
- Zahrán H.H. 1999. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 63: 968–989.

A. FALIGOWSKA

THE REACTION OF SOYBEAN VAR. ALDANA TO SEED INOCULATION
AND NITROGEN FERTILIZATION

Summary

The research was conducted on the basis of the field experiment which was carried out at the Gorzyń Research Station (52°34' N, 15°54' E) in the years 2017–2020, designed as one-way in four replications. The aim of this study was to determine the influence of seed inoculation by *Bradyrhizobium japonicum* (Nitragina) and seed inoculation with nitrogen fertilization in doses 30 kg·ha⁻¹ or 60 kg·ha⁻¹ on yielding of soybean cv. Aldana. The level of yielding depended on the amount of rainfall during the growing season and the factor level. The application of Nitragina and Nitragina with nitrogen fertilization at doses of 30 kg·ha⁻¹ or 60 kg·ha⁻¹ caused a significant increase in seed yield from 28.6 to 56%. The results indicate that, seed inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* bacteria is necessary, and for a better yielding effect, nitrogen fertilization can be additionally applied.

Key words: pulse crop, seed inoculation, cultivar, seed yield

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print* – 23.08.2024

Do cytowania – *For citation:*

Faligowska A. 2024. Reakcja soi odmiany Aldana na szczepienie nasion i nawożenie azotem. *Fragm. Agron.* 41(2): 9–17.