

WPLYW ODMIANY I TERMINU SIEWU NA PRZEZIMOWANIE I PLONOWANIE BOBIKU (*Vicia faba* L.)

JANUSZ PRUSIŃSKI¹, MAGDALENA BOROWSKA

¹ Katedra Agronomii, Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich
Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz

Synopsis. Przedmiotem badań była ocena wpływu 2 jesiennych i wiosennego terminu siewu na przezimowanie i plonowanie 6 zagranicznych odmian bobiku w 3 sezonach wegetacyjnych 2017/2018, 2018/2019 i 2019/2020. Krajową odmianę Albus każdego roku wysiewano tylko wiosną. W sezonie 2017/2018 100% badanych odmian z I i II terminu siewu nie przezimowało z powodu skrajnie niskich temperatur w marcu 2018 r., a średni plon nasion z siewu wiosennego wynosił zaledwie 0,71 t·ha⁻¹. W sezonie 2018/2019 przezimowały 3 odmiany w I i 4 odmiany w II terminie siewu. Średni plon badanych odmian był statystycznie podobny i ponownie niski – wynosił odpowiednio: w I terminie – 1,89 t·ha⁻¹ i w II – 1,57 t·ha⁻¹, a z siewu wiosennego – 2,10 t·ha⁻¹. Tylko w korzystnym sezonie 2019/2020 przezimowały wszystkie odmiany z obu jesiennych terminów siewu, a ich średnie plony nasion były istotnie najwyższe w II (jesiennym) i III (wiosennym) terminie siewu i wynosiły odpowiednio – 5,29 i 5,90 t·ha⁻¹. Badane odmiany zagraniczne nie różniły się znacząco od siebie i plonowały najczęściej na podobnym poziomie, jak kontrolna odmiana Albus. Średnia zawartość i plon białka odmian wysiewanych jesienią w kolejnych sezonach ulegały zwiększaniu wraz z coraz bardziej korzystnymi warunkami termicznymi.

Słowa kluczowe: bobik, odmiany, terminy siewu, przezimowanie, plonowanie

WSTĘP

Znaczy deficyt źródeł białka dla zwierząt gospodarskich oraz spodziewane coraz bardziej niekorzystne warunki agroklimatyczne to dwa wyzwania stojące przed europejskim rolnictwem [Neugschwandtner i in. 2019a]. Bobik jest bogatą w makroskładniki rośliną strączkową znaną z dużego potencjału plonowania oraz bogatego źródła białka [Bangar i Kajla 2022], które może pomóc w zaspokojeniu rosnącego globalnego zapotrzebowania na bardziej pożywną i zdrową żywność. Stąd wprowadzenie roślin strączkowych do płodozmianu zbóż i roślin oleistych przyczynia się do zrównoważonego rozwoju w ramach strategii UE od pola do stołu [Costa i in. 2021]. Oprócz wysokiej zawartości białka, bobik zawiera też bioaktywne składniki o właściwościach prozdrowotnych [Martineau-Cote i in. 2022]. Jest też wszechstronną rośliną zawierającą składniki mineralne, witaminy i liczne związki bioaktywne [Karkanis i in. 2018]. Bobik jest uprawiany niemal na całym świecie – głównie w Chinach, Etiopii, Wielkiej Brytanii, Australii i Francji, a także w wielu innych krajach europejskich – m.in. w Niemczech, Hiszpanii, czy Serbii, gdzie jest ważną rośliną strączkową szeroko uprawianą wiosną. Tymczasem potencjalny wpływ obserwowanych zmian klimatycznych na wydajność bobiku nie został wprawdzie dotychczas określony ilościowo, ale zdaniem Gatien i in. [2020] istnieje wyraźna

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address*: janusz.prusinski@outlook.com

możliwość wykorzystania odmian bobiku do zasiewów jesiennych. Stąd głównym celem współczesnej hodowli bobiku jest zdolność roślin do dobrego ich przezimowania [Annicchiarico i Iannucci 2007]. W wielu krajach Europy Zachodniej [Portugalia, Francja, Hiszpania, Niemcy, Wielka Brytania] odmiany ozimych odmian roślin strączkowych są uprawiane lub przynajmniej poddawane testom aklimatyzacyjnym [Prusiński 2016].

Bobik ozimy jest atrakcyjną uprawą ze względu na oczekiwane korzyści w postaci wyższych plonów w porównaniu z bobikiem jarym [Mingues i Rubiales 2021]. Zwiększenie upraw i plonów roślin strączkowych poprzez siew jesienny bobiku wymaga jednak materiału siewnego odpornego na niskie temperatury w okresie zimowania [Annicchiarico i Iannucci 2007, Rubiales i in. 2013]. Landry i in. [2015] stwierdzili, że w USA uzyskano odmiany warunkujące nawet 84% wzrost przeżycia odmian bobiku z siewu jesiennego. Materiałem wyjściowym do wstępnego rozmnażania bobiku wysiewanego jesienią w warunkach Serbii były lokalny gatunek serbski, a także populacje z Francji i Niemiec o dużym potencjale do wysokiego plonowania [Mikic i in. 2011]. Hasanfard i in. [2017] podają, że ujemne temperatury, do -12°C zmniejszają przeżywalność roślin bobiku o około 17%, a niższy spadek temperatury prowadzi już do znaczących uszkodzeń i śmiertelności roślin.

Przejęcie z siewu wiosennego bobiku na siew jesienny jest sposobem na uwzględnienie oczekiwanych zmian warunków agroklimatycznych w systemach uprawy w Europie Środkowej [Neuschwandtner i in. 2019b]. Zdaniem Link i in. [2010] zimowe odmiany bobiku były znane od co najmniej 200 lat, a ich lepsze wykorzystanie jesiennej wegetacji zapewnia silną przewagę plonów nad plonami bobiku jarego. Jesienny siew skutkuje wcześniejszym kwitnieniem, dłuższym czasem trwania faz rozwojowych i wyższym plonem nasion od roślin wysianych wiosną. Jednak mróz, który jest głównym stresem abiotycznym i jednym z głównych czynników ograniczających produkcję roślinną na świecie, w tym bobowatych wrażliwych na niskie temperatury i podatnych na uszkodzenia spowodowane mrozem, powoduje, że słaba zimotrwałość bobiku stanowi poważne ograniczenia dla zwiększenia jego uprawy w Europie Środkowej [Maqbool i in. 2010]. Stąd w rejonach o chłodnym klimacie i stale zbyt niską mrozoodpornością bobik jest uprawiany głównie jako roślina jara, pomimo wyższego potencjału plonowania odmian ozimych [Arbaoui i in. 2008].

Hipoteza badań zakładała, że dłuższy okres wegetacji badanych odmian bobiku wysiewanych jesienią wpłynie korzystnie na tempo wzrostu i rozwoju roślin wiosną, co powinno przyczynić się do znacząco wyższego ich plonowania, niż krajowej odmiany Albus wysiewanej tylko wiosną, a tym samym o znacznie krótszym okresie wegetacji.

Celem badań własnych było określenie możliwości i efektywności uprawy 6 zimujących odmian bobiku w 2 jesiennych terminach siewu w warunkach agroklimatycznych Polski o szerokości geograficznej $53^{\circ}07' \text{ N}$ i długości $18^{\circ}00' \text{ E}$ i porównaniu ich plonów z tradycyjnego siewu wiosennego.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań były następujące odmiany bobiku i ich pochodzenie: Diver (FR), Fanfare (DE), Hiverna (DE), Nordica (FR) i Tundra (FR) oraz krajowa odmiana Albus (niesamokończąca i niskotaninowa). Ścisłe 2-czynnikowe doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2017–2020 na polach Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP w Bydgoszczy (obecnie Politechnika Bydgoska) w 3 powtórzeniach na glebie płowej, klasy bonitacyjnej IVa, kompleksu żyniego dobrego do bardzo dobrego. Średnia zawartość fosforu wynosiła $100\text{--}152 \text{ mg P}\cdot\text{kg}^{-1}$, potasu $140\text{--}200 \text{ mg K}\cdot\text{kg}^{-1}$ i magnezu $78\text{--}106 \text{ mg Mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

We wszystkich sezonach zastosowano standardowe zabiegi uprawy roli. Każdego roku w sezonie jesiennym i wiosennym nawożenie mineralne bobiku wynosiło: 30 kg N·ha⁻¹, 70 kg P·ha⁻¹ i 86 kg K·ha⁻¹. Przed wysiewem nasiona zaprawiano 200 g karboksyny i 200 tiuramu (ZN Vitavax 200 FS) i pokrywano Sepiretem 3280 Red (polimer). Wysiewano 70 nasion na 1 m² we wszystkich terminach siewu. Jesienią i wiosną każdego roku bezpośrednio po siewie badanych odmian bobiku stosowano linuron (Afaon Dyspersyjny 450 SC) w dawce 1,4 dm³·ha⁻¹, a w połowie maja nitrofenolan (Asahi SL) w stężeniu 0,6 dm³·ha⁻¹ w celu pobudzenia i wzmocnienia roślin po rozpoczęciu wiosennej wegetacji. Na wiosenne chwasty stosowano bentazon 480 g·l⁻¹ i imazamoks 22,4 g·l⁻¹ (Corum 502.4 SL + Dash HC) w dawce odpowiednio 1,25 + 0,6 dm³·ha⁻¹. W połowie czerwca każdego roku zasiewy bobiku opryskiwano także tiachloprydem (Proteus 110 OD) w dawce 0,6 dm³·ha⁻¹ na strąkowca. Zastosowano następujące terminy siewów bobiku w sezonie 2017/2018: a1 – 10.X.2017 r.; a2 – 24.X.2017 r.; a3 – 20.III.2018 r.; w sezonie 2018/2019: a1 – 15.X.2018 r.; a2 – 29.X.2018 r.; a3 – 21.III.2019 r. i w sezonie 2019/2020: a1 – 15.X.2019 r.; a2 – 28.X.2019 r. i a3 – 30.III.2020 r. Powierzchnia poletek do siewu wynosiła 21,24 m², do zbioru 20 m². Zbiór bobiku wykonywano za pomocą kombajnu poletkowego OYORD w kolejnych latach: 15.VIII., 23.VIII. i 13.IX. Każdego roku w fazie pełnego kwitnienia mierzono też LAI (Leaf Area Index) z wykorzystaniem Sun Scan Canopy Analysis System. Plon białka badano w 2 powtórzeniach jako wypadkową plonu nasion i % zawartości białka.

Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu Statistica. Uzyskane wyniki w sezonach 2019 i 2020 poddano 2-czynnikowej analizie wariancji w układzie split-plot. Istotność różnic weryfikowano za pomocą testu Tukeya przy $\alpha = 0,05$. Średnie oznaczone dla każdego czynnika tymi samymi literami nie różniły się istotnie.

Warunki meteorologiczne w kolejnych sezonach wegetacyjnych były coraz bardziej korzystne (tab. 1). W sezonie 2017/2018 w II połowie listopada nasiona bobiku napęczniały, a na koniec tego miesiąca wykształciły 2-3 cm kiełki niemal w 100% pozostające pod powierzchnią gleby. W końcu listopada 2017 roku stwierdzono tylko 4 dni z temperaturą przy powierzchni gleby poniżej 0°C (minimum absolutne wyniosło -1,5°C), co sprzyjało wzrostowi roślin z I i II terminu siewu. W grudniu tego roku minimum absolutne wynosiło zaledwie -5,5°C. Jednak wiosną 2018 roku skrajnie niekorzystne warunki termiczne przyczyniły się do uszkodzeń mrozowych i wysmalania roślin bobiku. W styczniu 2018 r. spadki temperatury powietrza wynosiły do -10,0°C i 21 dni z temperaturą powietrza poniżej 0°C, w lutym 2018 r. odpowiednio do -15,0°C i 27 dni jw., a w marcu aż do -16,0°C i 26 dni, co spowodowało wymarznienie roślin na wszystkich poletkach z I i II terminu siewu bobiku.

W sezonie 2018/2019 pierwsze wschody połowe bobiku zanotowano po 14 dniach od siewu, jednak z II terminu dopiero po 30 dniach. W połowie listopada nasiona bobiku tylko napęczniały, a na koniec tego miesiąca wykształciły 2-3 cm kiełki. W okresie zimowym maksymalny spadek temperatury wyniósł -8,0°C; odnotowano też łącznie 7 dni z temperaturą poniżej 0°C. W lutym minimalna temperatura wynosiła -3,5°C i tylko 4 dni z temperaturą poniżej 0°C, a w marcu -1,0°C i 2 dni jw., co korzystnie wpływało na przezimowanie bobiku. Po rozpoczęciu wegetacji w marcu, a zwłaszcza w kwietniu suma opadów była zdecydowanie niższa od średniej wieloletniej, co nie sprzyjało szybkim wschodom połowym bobiku wysianym jesienią 2018 r. jak i wiosną 2019 roku. Tylko w maju zanotowano ponad 80 mm, po czym w kolejnych miesiącach odnotowywano po 20-30 mm opadów. Z chwilą rosnących braków wody w glebie rośliny znacząco przyspieszały swój rozwój generatywny, przez co średnia długość okresu wegetacji bobiku z siewu wiosennego wynosiła zaledwie 118 dni.

Przebieg warunków termicznych i wilgotnościowych w sezonie badawczym 2019/2020 był korzystny. Nie stwierdzono ujemnej średniej temperatury powietrza w okresie zimowym – najniższą temperaturę zanotowano w grudniu 2019 roku (2,7°C) i w styczniu (2,6°C) 2019/2020,

Tabela 1. Średnia temperatura powietrza i suma opadów w latach badań

Table 1. Average air temperature and total rainfall in the years of study

Miesiąc/rok Month/year	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020	2017/ 2018	2018/ 2019	2019/ 2020
	°C			mm		
IX	13,1	15,6	13,5	78,4	17,0	98,5
X	10,1	9,8	9,8	106,8	34,0	35,9
XI	4,5	3,4	5,5	30,5	41,3	69,6
XII	2,0	1,7	2,7	38,8	42,7	21,1
I	2,5	-0,7	2,6	46,3	32,6	37,7
II	-2,2	2,6	3,6	5,8	18,1	36,0
III	-3,5	5,4	3,9	16,6	28,8	26,1
IV	9,2	9,3	8,2	40,4	1,5	0,7
V	14,8	12,1	10,9	14,2	89,2	34,6
VI	19,8	21,9	17,9	26,4	17,7	153,9
VII	18,7	18,6	18,0	86,0	22,4	85,1
VIII	23,3	19,7	19,2	23,7	13,5	90,0
Średnia/Suma Mean/Sum	9,4	9,2	9,3	513,5	358,8	600,0

a spadki temperatur w kolejnych dniach nie wpływały negatywnie na przezimowanie żadnej z badanych odmian, stąd obsada z siewu jesiennego na wiosnę była niemal standardowa. W październiku i listopadzie 2019 roku spadło łącznie prawie 64 mm, co pozwoliło roślinom na dobre wschody polowe. Niekorzystnie wpłynęła jednak niska miesięczna suma opadów w okresie IV–V 2020 r., która wynosiła odpowiednio zaledwie 26 mm i 0,7 mm, a w maju 34,6 mm. Jednak wysokie sumy opadów w kolejnych miesiącach, zwłaszcza w czerwcu, lipcu i sierpniu przyczyniały się do znacznego opóźnienia uzyskania przez odmiany dojrzałości roślin do zbioru, zwłaszcza z III – wiosennego terminu siewu.

WYNIKI BADAŃ

Obsada roślin bobiku z siewu w sezonie 2017/2018 w I terminie wynosiła 63,5 roślin, a w II – 66 roślin na 1 m². Ze względu jednak na wymarznienie roślin bobiku wysianego w 2 jesiennych terminach siewu w 2017 roku, w 2018 roku plon nasion zebrano tylko z III-go terminu (tab. 2). Wiosną 2018 roku niskie temperatury przyczyniły się do uszkodzeń mrozowych i wysmalania roślin bobiku, stąd średni plon nasion statystycznie podobnych do wszystkich badanych odmian zagranicznych wynosił zaledwie 0,71 t·ha⁻¹. Plon nasion odmiany Albus w 2018 roku wynosił tylko 0,62 t·ha⁻¹. W efekcie bardzo niskiego plonu nasion, także zawartość białka bobiku była niska, a plon białka – bardzo niski. Warto podkreślić też bardzo niską wartość LAI wynikającą z łamania się liści z pędów bobiku.

Obsada roślin bobiku z siewu w I i II terminie w sezonie 2018/2019 była podobna jak w roku poprzednim, tj. wynosiła 76,5 i 73,6 roślin na 1 m², a w III – wiosennym terminie siewu nieco niższa, tj. 56 roślin na 1 m². Wiosną 2019 roku z I terminu siewu przezimowały tylko 3 francuskie odmiany, tym Nordica o istotnie najwyższym plonie nasion (2,20 t·ha⁻¹) (tab. 3). Z kolei w II

Tabela 2. Plon nasion bobiku ($t \cdot ha^{-1}$), zawartość (%) i plon białka ($kg \cdot ha^{-1}$) oraz LAI w sezonie 2017/2018
 Table 2. Seed yield of faba bean ($t \cdot ha^{-1}$), content (%) and protein yield ($kg \cdot ha^{-1}$) and LAI in the season 2017/2018

Odmiana Cultivar	Plon nasion Seed yield ($t \cdot ha^{-1}$)	Zawartość białka Protein content (%)	Plon białka Protein yield ($kg \cdot ha^{-1}$)	LAI Leaf Area Index
Diver	0,583 a	24,8 a	145 a	1,15 a
Fanfare	0,700 a	24,3 a	170 a	1,30 a
Husky	0,758 a	25,3 a	192 a	1,30 a
Hiverna	0,725 a	24,7 a	180 a	1,40 a
Nordica	0,738 a	24,9 a	188 a	1,00 a
Tundra	0,717 a	23,9 a	170 a	1,45 a
Średnia/Mean	0,71	24,6	174	1,27
ANOVA	ns	ns	ns	ns

Różne litery oznaczają istotne różnice ($p \leq 0,05$); ta sama litera oznacza wartości nieróżniące się istotnie ($p \leq 0,05$); ns – różnica nieistotna; * poziom istotności $p \leq 0,05$; ** poziom istotności $p \leq 0,01$; *** poziom istotności $p \leq 0,001$
 Values of the parameter followed by the same letter did not differ significantly across the cultivars (ANOVA followed by Tukey's HSD test, $p < 0,05$). ANOVA results: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; ns – non-significant

Tabela 3. Plon nasion badanych odmian bobiku ($t \cdot ha^{-1}$) w sezonie 2018/2019
 Table 3. Seed yield of the tested faba bean varieties ($t \cdot ha^{-1}$) in the 2018/2019 season

Odmiana Varieties	Termin siewu/Date of sowing		
	I	II	III
Diver	1,81 b	1,88 a	2,11 a
Fanfare	-	-	2,48 a
Husky	2,20 a	1,87 a	2,08 a
Hiverna	-	1,20 a	1,89 a
Nordica	1,65 b	1,33 a	1,88 a
Tundra	-	-	2,18 a
Średnia/Mean	1,89	1,57	2,1
ANOVA	**	ns	ns

Różne litery oznaczają istotne różnice ($p \leq 0,05$); ta sama litera oznacza wartości nieróżniące się istotnie ($p \leq 0,05$); ns – różnica nieistotna; * poziom istotności $p \leq 0,05$; ** poziom istotności $p \leq 0,01$; *** poziom istotności $p \leq 0,001$
 Values of the parameter followed by the same letter did not differ significantly across the cultivars (ANOVA followed by Tukey's HSD test, $p < 0,05$). ANOVA results: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; ns – non-significant

terminie siewu przetrzymały 4 odmiany – także niemiecka Hiverna, ale ich statystycznie taki sam plon nasion był nieco niższy i wyniósł $1,57 t \cdot ha^{-1}$. Statystycznie taki sam plon badanych odmian bobiku z III, wiosennego terminu siewu, był także bardzo niski i wyniósł zaledwie $2,10 t \cdot ha^{-1}$, co wynikało zapewne z szybkiego zakończenia wegetacji przy wysokiej temperaturze powietrza i znaczącym niedostatku wody. Plon nasion odmiany Albus był nieco wyższy i wyniósł $2,31 t \cdot ha^{-1}$.

Zawartość białka bobiku w badanych jesiennych terminach siewu bobiku była statystycznie podobna i wynosiła średnio 26,4%, a w terminie III – 26,9% (tab. 4). W III terminie zawartości białka odmian Fanfare i Tundra były istotnie wyższe, niż odmiany Husky.

W I jesiennym i III – wiosennym terminie siewu, średni plon białka bobiku był istotnie wyższy ($532 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) niż w II terminie ($443 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (tab. 5). Aż 3 odmiany (Husky, Hiverna i Nordica) charakteryzowały się istotnie niższym plonem białka we wiosennym terminie siewu bobiku.

Średni wskaźnik pokrycia liściowego LAI w I i II terminie siewu w sezonie 2018/2019 był niski i wynosił 2,31, a w siewie wiosennym – 2,74 (tab. 6). Tylko w II terminie siewu LAI badanych odmian był statystycznie podobny dla wszystkich odmian, które przezimowały. Z kolei w III terminie siewu istotnie najwyższą wartością LAI charakteryzowały się odmiany Diver, Nordica i Tundra.

Tabela 4. Zawartość białka (%) w nasionach bobiku w sezonie 2018/2019

Table 4. Protein content (%) in faba bean seeds in the 2018/2019 season

Odmiana Varieties	Termin siewu/Date of sowing		
	I	II	III
Diver	25,6 a	26,2 a	27,0 ab
Fanfare	-	-	27,4 a
Husky	29,4 a	25,6 a	25,3 b
Hiverna	-	25,9 a	26,7 ab
Nordica	26,2 a	25,5 a	26,7 ab
Tundra	-	-	28,3 a
Średnia/Mean	27,1	25,8	26,9
ANOVA	ns	ns	**

Różne litery oznaczają istotne różnice ($p \leq 0,05$); ta sama litera oznacza wartości nieróżniące się istotnie ($p \leq 0,05$); ns – różnica nieistotna; * poziom istotności $p \leq 0,05$; ** poziom istotności $p \leq 0,01$; ***poziom istotności $p \leq 0,001$
Values of the parameter followed by the same letter did not differ significantly across the cultivars (ANOVA followed by Tukey's HSD test, $p < 0,05$). ANOVA results: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; ns – non-significant

Tabela 5. Plon białka ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) badanych odmian bobiku w sezonie 2018/2019Table 5. Protein yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) of the tested faba bean varieties in the 2018/2019 season

Odmiana Varieties	Termin siewu/Date of sowing		
	I	II	III
Diver	464 b	498 a	538 ab
Fanfare	-	-	651 a
Husky	645 a	518 a	513 b
Hiverna	-	377 a	501 b
Nordica	433 b	380 a	444 b
Tundra	-	-	655 a
Średnia/Mean	514	443	550
ANOVA	**	ns	***

Różne litery oznaczają istotne różnice ($p \leq 0,05$); ta sama litera oznacza wartości nieróżniące się istotnie ($p \leq 0,05$); ns – różnica nieistotna; * poziom istotności $p \leq 0,05$; ** poziom istotności $p \leq 0,01$; ***poziom istotności $p \leq 0,001$
Values of the parameter followed by the same letter did not differ significantly across the cultivars (ANOVA followed by Tukey's HSD test, $p < 0,05$). ANOVA results: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; ns – non-significant

Tabela 6. LAI badanych odmian bobiku w sezonie 2018/2019
Table 6. LAI of the tested faba bean varieties in the 2018/2019 season

Odmiana Varieties	Termin siewu/Date of sowing		
	I	II	III
Diver	1,77 b	2,15 a	2,88 a
Fanfare	-	-	2,33 ab
Husky	2,06 b	2,56 a	2,77 b
Hiverna	-	2,44 a	1,96 b
Nordica	3,10 a	2,18 a	3,10 a
Tundra	-	-	3,39 a
Średnia/Mean	2,31	2,33	2,74
ANOVA	**	ns	**

Różne litery oznaczają istotne różnice ($p \leq 0,05$); ta sama litera oznacza wartości nieróżniące się istotnie ($p \leq 0,05$); ns – różnica nieistotna; * poziom istotności $p \leq 0,05$; ** poziom istotności $p \leq 0,01$; *** poziom istotności $p \leq 0,001$
Values of the parameter followed by the same letter did not differ significantly across the cultivars (ANOVA followed by Tukey's HSD test, $p < 0,05$). ANOVA results: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; ns – non-significant

Tabela 7. Plon nasion ($t\cdot ha^{-1}$), zawartość (%) i plon białka ($kg\cdot ha^{-1}$) oraz LAI badanych odmian bobiku w sezonie 2019/2020 w zależności od terminu siewu

Table 7. Seed yield ($t\cdot ha^{-1}$), protein content (%) and protein yield ($kg\cdot ha^{-1}$), and LAI of the tested faba bean varieties in the 2019/2020 season

Obiekty/Treatments		Plon nasion Seed yield ($t\cdot ha^{-1}$)	Zawartość białka Protein content (%)	Plon białka Protein yield ($kg\cdot ha^{-1}$)	LAI Leaf area index
Termin siewu Date of sowing (T)	I	4,87 b	24,0 a	1168 b	2,00 b
	II	5,29 ab	23,3 a	1232 ab	2,17 b
	III	5,90 a	23,7 a	1413 a	6,23 a
Odmiana Varieties (O)	Diver	4,68 a	24,3 a	1151 a	3,42 a
	Fanfare	5,02 a	24,0 a	1206 a	2,95 a
	Husky	5,45 a	23,0 a	1267 a	3,70 a
	Hiverna	5,80 a	23,6 a	1369 a	3,75 a
	Nordica	5,17 a	23,7 a	1228 a	3,35 a
	Tundra	6,02 a	23,5 a	1406 a	3,63 a
Średnia/Mean		5,36	23,7	1271	3,47
ANOVA	T	*	ns	*	***
	O	ns	ns	ns	ns
	TxO	ns	ns	ns	ns

Różne litery oznaczają istotne różnice ($p \leq 0,05$); ta sama litera oznacza wartości nieróżniące się istotnie ($p \leq 0,05$); ns – różnica nieistotna; * poziom istotności $p \leq 0,05$; ** poziom istotności $p \leq 0,01$; *** poziom istotności $p \leq 0,001$
Values of the parameter followed by the same letter did not differ significantly across the cultivars (ANOVA followed by Tukey's HSD test, $p < 0,05$). ANOVA results: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; ns – non-significant

Do obliczeń wyników w sezonie 2019/2020 (wszystkie odmiany ze wszystkich terminów siewu) zastosowano dwuczynnikową ANOVĘ. Obsada roślin bobiku z siewu w I i II terminie w 2019 roku była podobna i wynosiła kolejno 79,6 i 70,0 roślin na 1 m², a w III – 65 roślin na 1 m². Średni, z 3 terminów siewu plon nasion bobiku w sezonie 2019/2020 wynosił 5,36 t·ha⁻¹. Istotnie najwyższy średni plon nasion bobiku (5,59 t·ha⁻¹) zebrano z siewu w II i III terminie (tab. 7). Tylko odmiany Diver i Fanfare w I terminie oraz Diver w II plonowały istotnie niżej od pozostałych odmian. Plon nasion odmiany Albus wynosił aż 6,78 t·ha⁻¹. Zawartość białka w nasionach badanych odmian bobiku z wszystkich 3 terminów siewu była statystycznie podobna i wynosiła średnio 23,7%. Z kolei średni z 3 terminów siewu plon białka (1271 kg·ha⁻¹) był istotnie niższy w I, niż w III terminie siewu. Istotnie najniższym plonem białka charakteryzowały się odmiany Diver w I terminie, Diver i Fanfare w II terminie oraz Husky i Nordica w III terminie siewu.

Średni LAI z siewów jesiennych wynosił zaledwie 2,08, podczas gdy z siewu wiosennego był istotnie, 3-krotnie wyższy (6,23). W badanych terminach siewu bobiku nie stwierdzono istotnych różnic LAI badanych odmian.

DYSKUSJA

Różnorodność klimatyczna środowiska i specyficzna hodowla bobiku w różnych szerokościach geoklimatycznych decyduje o znacznej zmienności plonowania w latach/sezonach, i co ważne, żadna odmiana bobiku nie radzi sobie dobrze we wszystkich klimatycznych środowiskach. Biorąc pod uwagę, że zmiany klimatu dotyczyć będą stopniowo wiele regionów Europy, konieczna jest hodowla elitarnych odmian bobiku o wysokiej odporności na stresy abiotyczne i biotyczne [Karkanis i in. 2018]. Bobik jest uprawiany głównie jako roślina jara ze względu na niewystarczającą mrozoodporność, pomimo wyższego potencjału plonowania bobiku zimowego [Arbaoui i in. 2008]. Hasanfard i in. [2017] stwierdził, że wraz ze spadkiem temperatury do -12°C przeżywalność roślin bobiku zmniejszała się o 17%, co w badaniach własnych doprowadziło do poważnych uszkodzeń roślin w sezonie 2017/2018 i w mniejszym stopniu w sezonie 2018/2019. Promieniujący mróz jest zdaniem Maqbool i in. [2010] głównym stresem abiotycznym i jednym z głównych czynników ograniczających produkcję rolną na całym świecie. Biorąc pod uwagę, że zmiany klimatu dotyczyć będą stopniowo wiele regionów Europy, konieczna jest hodowla elitarnych odmian bobiku o wysokiej odporności na stresy abiotyczne i biotyczne [Karkanis i in. 2018, Prusiński 2016], gdyż wyniki badań stale wykazują wysoką niestabilność plonowania roślin strączkowych zasianych jesienią [Reckling 2018]. Według Mihajlovic i in. [2010] z plonu 5 t·ha⁻¹ nasion bobiku można wyprodukować około 1500 kg·ha⁻¹ białka surowego paszowego, 2000 kg białka surowego nasion i ponad 250 kg azotu z biomasy naziemnej. Nic więc dziwnego, że bobik zajmuje 5 miejsce w średniej światowej produkcji bobowatych grubonasiennych (białka) głównie dzięki jego uprawom w Chinach, Etiopii, Wielkiej Brytanii, Australii i Francji [Bangar i Kajla 2022].

W Krajowym Rejestrze zarejestrowanych jest aktualnie (2023) 11 jarych odmian bobiku, a średni plon nasion wg danych COBORU w latach 2018 – 2020 wynosił kolejno: 3,75 t·ha⁻¹, 2,98 t·ha⁻¹ i 5,03 t·ha⁻¹, natomiast w 3-letnich badaniach własnych odmiany Albus z siewu wiosennego w tym samym czasie był bardzo zróżnicowany i wynosił: 0,62 t·ha⁻¹, 2,31 t·ha⁻¹ i 6,78 t·ha⁻¹. W trudnym sezonie 2017/2018 skrajnie ujemne warunki temperaturowe, do -16°C w 2017 r. i niekorzystne warunki wilgotnościowe wiosną 2018 r., przyczyniły się do silnych uszkodzeń mrozowych jesienią i bardzo wolnego wzrostu roślin na wiosnę połączonego z łamaniem pędów, co hamowało dalszy ich rozwój. W badaniach Hasanfard i in. [2017] w temperaturze od -16°C do -20°C śmiertelność roślin bobiku wynosiła odpowiednio 97 i 100%, a według Rubiales i in.

[2013] zimotrwałość bobiku pozwala przetrwać europejskie i śródziemnomorskie zimy tylko do -15°C . Jednak w tak bardzo niekorzystnych warunkach termicznych zimą, średni plon nasion z siewu wiosennego bobiku w sezonie 2017/2018 wynosił zaledwie $0,71\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, tj. był tylko nieco wyższy od plonu polskiej odmiany Albus ($0,62\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). W tak bardzo niekorzystnych warunkach termicznych w 2018 roku plon białka ($152\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i LAI (1,45) były także bardzo niskie.

W korzystniejszym pod względem temperatury sezonie 2018/2019 badane odmiany niemal w całości dobrze przezimowały, podobnie jak w badaniach Landry i in. [2015] w USA, gdzie średni wzrost przeżycia odmian wysianych jesienią wynosił aż 84%. Jednak zarówno w jesiennym, jak i wiosennym terminie siewu w sezonie 2018/2019 plon nasion bobiku był ponownie niski, co wynikało z szybkiego zakończenia wegetacji przy wysokiej temperaturze powietrza i znaczącym niedostatku wody. Oprócz braku kontynuacji wzrostu 3 odmian (Fanfare, Hiverna i Tundra) z I terminu i 2 odmian (Fanfare i Tundra) z II, jesiennego terminu siewu, pozostałe odmiany wprawdzie przezimowały, ale ich średni plon nasion był także niski i wynosił zaledwie $1,89\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $1,57\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a z siewu wiosennego $2,10\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. W latach wilgotnych, ze znacznie większą sumą opadów w czerwcu i sierpniu [Prusiński 2021] plon bobiku wynosił od $0,69\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ do $2,14\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w latach suchych, aż do $6,64\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $6,57\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w latach wilgotnych, co wyraźnie wskazuje na bardzo wysoki potencjał plonowania bobiku w Polsce.

W najbardziej korzystnym pod względem temperatury sezonie 2019/2020 badane odmiany w całości bardzo dobrze przezimowały i bardzo wysoko plonowały, kolejno $4,87\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, $5,29\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $5,90\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, przy czym plon z III, wiosennego terminu siewu był istotnie wyższy niż z I terminu. W badaniach Neugschwandtner i in. [2019b] nie stwierdzono przewagi w plonowaniu bobiku ozimego nad bobikiem jarym, nawet w roku o dobrym przezimowaniu. Można zatem wnioskować, że II – jesienny termin siewu bobiku może okazać się najlepszym terminem do potencjalnej jego uprawy w Polsce. Jednak nawet przy dość korzystnych warunkach termicznych w okresie zimowym, plon nasion bobiku z siewu jesiennego może nie stanowić konkurencji dla stale lepiej plonujących odmian z siewu wiosennego [Neugschwandtner i in. 2019b]. Ponadto Skovbjerg i in. [2020] twierdzą, że bobik charakteryzuje się niestabilnym plonowaniem wynikającym z częstych znacznych zmienności temperatury i opadów, co miało miejsce także w 2 pierwszych sezonach w badaniach własnych.

W Europie średnia zawartość białka w nasionach bobiku wynosi około 30% [Skovbjerg i in. 2020]. Tymczasem w trudnych warunkach termicznych i wilgotnościowych w 2 pierwszych sezonach badań własnych, zawartości białka były niskie i wynosiły kolejno 24,6 i 23,3%, ale też w sezonie 2019/2020 – 23,7%. Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości białka żadnej z badanych odmian. Z kolei średni plon białka z 3 terminów siewu wynosił $1271\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, w tym istotnie najniższym – $1168\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ z I terminu i istotnie najwyższym – $1413\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ z III terminu siewu. Widać więc wyraźnie korzystny wpływ wyższej temperatury, a zwłaszcza korzystnej sumy i rozkładu opadów na plon białka bobiku, jaki obserwowano w ostatnim sezonie badań własnych.

LAI zmienia się w zależności od sezonowych zmian aktywności roślin i najczęściej jest najwyższy wiosną, kiedy wytwarzane są nowe liście [Bertrand i Castonguay 2003]. W badaniach własnych w sezonie 2017/2018 z wiosennego terminu siewu, a także w sezonie 2018/2019 z obu jesiennych terminów wartości LAI badanych odmian były bardzo niskie z powodu niskich temperatur oraz niedoboru wody, co stwierdzono także w przypadku grochu [Prusiński i Borowska 2022]. Tylko w sezonie wilgotnym, większe zagęszczenie roślin w łanie znacząco zwiększa wartość LAI grochu siewnego [Richard i in. 2013], co także stwierdzono w badaniach nad bobikiem. W sezonie 2019/2020 o największych sumach opadów w kolejnych miesiącach, średnia wartość LAI badanych odmian wynosiła 3,47, podczas gdy z niższych opadów w sezonach 2017/2018 i 2018/2019 zaledwie 1,27 i 2,74. Według Nadeem i in. [2019], wyższa wartość LAI

w sezonie o znacząco wyższej sumie opadów wynika przede wszystkim z wzajemnego zacielenia dobrze rozwijających się liści.

Wydaje się, że różnorodność klimatyczna środowiska i specyficzna hodowla bobiku w różnych szerokościach geoklimatycznych decyduje o znacznej zmienności plonowania w latach/sezonach. Biorąc pod uwagę, że zmiany klimatu dotyczyć będą stopniowo wiele regionów Europy, konieczna jest zatem hodowla elitarnych odmian bobiku o wysokiej odporności na stresy abiotyczne i biotyczne [Karkanis i in. 2018]. Stąd według Sallam i in. [2016] poprawa tolerancji na mróz i mrozoodporność są stale pożądanymi cechami agronomicznymi w hodowli i uprawie bobiku ozimego.

PODSUMOWANIE

Badane zagraniczne odmiany bobiku wykazywały znaczącą wrażliwość na niską temperaturę, zwłaszcza przy silniej rozwiniętych jesienią wschodach polowych. Jednak często z siewu w I i II terminie – kiedy siewki wchodziły w okres zimowania z niewielką masą wegetatywną lub pozostały pod powierzchnią gleby, ich zdolność do przezimowania z wyjątkiem kilku odmian, nie była dostateczna. Rosnący plon nasion bobiku w kolejnych sezonach wynikał bezpośrednio z coraz lepszego przezimowania roślin oraz coraz bardziej korzystnych warunków wilgotnościowych i termicznych. Plon nasion odmiany Albus wzrastał od 0,62 t·ha⁻¹ do 2,31 t·ha⁻¹ i 6,78 t·ha⁻¹. Stworzenie warunków/miejsca do szybkiego ukorzeniania się i wschodów roślin bobiku, a tym samym także lepszego wykorzystania wody pozimowej wczesną wiosną może znacząco ograniczać niekorzystne dla wzrostu i plonowania bobiku warunki wodne obserwowane często w maju i czerwcu. Wydaje się, że dla każdej strefy geoklimatycznej pożądanym jest/będzie specyficzna hodowla ozimych odmian bobiku gwarantujących optymalne jesienne wschody polowe i rośliny zdolne do ich przezimowania.

PIŚMIENNICTWO

- Annicchiarico P., Ianucci A. 2007. Winter survival of pea, faba bean and white lupin cultivars in contrasting Italian locations and sowing times, and implication for selection. *Cambridge University* 145(6): 611–622.
- Arbaoui M., Balko C., Link K. 2008. Study of faba bean (*Vicia faba* L.) winter-hardiness and development of screening methods. *Field Crop Research* 116(1): 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.10.015>.
- Bangar S.P., Kajla P. 2022. Introduction: Global Status and Production of Faba-Bean. In: *Faba Bean: Chemistry, Properties and Functionality*, 1–15.
- Bertrand A., Castonguay Y. 2003. Plant adaptations to overwintering stresses and implications of climate change. *Canadian Journal of Botany* 81(12): 1145–1152. <https://doi.org/10.1139/b03-129>.
- Costa M.P., Reckling M., Chadwick D.R., Rees R.M., Saget S., Williams M.L., Styles D. 2021. Legume-modified rotations deliver nutrition with lower environmental impact. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 13. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.656005>.
- Gatien N., Falconnier G.N., Etienne A.V., Journet E.P., Christina M., Bedoussac L., Justes E. 2020. Contrasted response to climate change of winter and spring grain legumes in southwestern France. *Field Crops Research* 259, 107967. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107967>.
- Hasanfarid A., Nezami A., Kafi M., Nabati J. 2017. Evaluation of cold tolerance in faba bean (*Vicia faba*). Conference paper. Project: Evaluation of physiological characteristics and photosynthetic apparatus of faba bean under freezing stress condition.

- Karkanis A., Ntatsi G., Lepse L., Fernandez J.A., Vagen I.M., Rewald B., Alsina I., Kronberga A., Balliu A., Olle M., Bodner G., Dubova L., Rosa E., Savvas D. 2018. Faba bean cultivation – revealing novel managing practices for more sustainable and competitive European Cropping Systems. Review. *Frontiers in Plant Science* 9, 1115. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01115>.
- Landry E.J., Lafferty J.E., Coyne C.J., Pan W.L., Hu J. 2015. Registration of four winter-hardy faba bean germplasm lines for use in winter pulse and cover crop development. *Journal of Plant Registration* 9: 367–370. <https://doi.org/10.3198/jpr2014.12.0087crg>.
- Link W., Balko C., Stoddard F.L. 2010. Winter hardiness in faba bean: Physiology and breeding. *Field Crop Research* 115: 287–296. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.08.004>.
- Maqbool A., Shafiq S., Lake L. 2010. Radiant frost tolerance in pulse crops; a review. *Euphytica* 172: 1–12.
- Mihailovic V., Mikic A., Vasić M., Cupina B., Durić B., Duc G., Stoddard F.L., Hauptvogel P. (2010). Neglected legume crops of Serbia – Faba bean (*Vicia faba*). *Field Crops Research* 47, 2732.
- Mikic A., Mihailovic V., Cupina B., Dordevic V., Milic D., Duc, G., Stoddard F., Lejeune-Hénaut I., Marget P., Hanocq E. 2011. Achievements in breeding autumn-sown annual legumes for temperate regions with emphasis on the continental Balkans. *Euphytica* 180: 57–67. <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0453-7>.
- Nadeem M., Li J., Muhammad Y., Sher A., Ma C., Wang X., Qiu L. 2019. Research progress and perspective on drought stress in legumes. A review. *International Journal of Molecular Sciences* 20, 2541.
- Neugschwandtner R.W., Bernhuber A., Kammlander S., Wagenristl H., Klimek-Kopyra A., Kaul H-P. 2019a. Agronomic potential for winter grain legumes for Central Europe: Development, soil coverage and yields. *Field Crop Research* 241(1), 107576. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107576>.
- Neugschwandtner R.W., Ziegler K., Krieger S., Kaul H. 2019b. Limited winter survival and compensation mechanisms of yield components constrain winter faba bean production in Central Europe. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. <https://doi.org/10.1080/09064710.2015.1026838>.
- Prusiński J. 2016. Overwintering and yield of winter cultivars of field pea Assas and white lupin Orus. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. EJPAU* 19(4). <http://www.ejpau.media.pl/volume19/issue/art-04.html>.
- Prusiński J. 2021. Effect of row spacing and plant density on the yield of Faba bean L. under very differentiated humidity conditions. *Journal of Agricultural Science* 14(1):1. <https://doi.org/10.5539/jas.v14n1p1>.
- Prusiński J., Borowska M. 2022. Effect of planting density and row spacing on the yielding and morphological features of pea (*Pisum sativum* L.). *Agronomy* 12(3), 715. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030715>.
- Reckling M., Doring T., Bergkvist G., Chmielewski F., Stoddard F.L., Watson C.A., Sedeen S., Bachinger J. 2018. Grain legume yield instability has increased over 60 years in long-term field experiments as measured by a scale-adjusted coefficient of variation. *Aspects of Applied Biology* 138: 15–20.
- Richard B., Bussiere F., Langrume C., Rouault F., Jumel S., Favire R., Tivoli B. 2013. Effect of pea canopy architecture on microclimate and consequences on ascochyta blight infection under field conditions. *European Journal of Plant Pathology* 135: 509–524.
- Rubiales D., Barilli E., Rispail N., Parts E., Fernandez-Aparicio M., Castillejo M.A., Iglesias-Garcia R., Fondevilla S. 2013. Breeding for stress resistance in legumes. *Book of Abstract. First Legume Society Conference – A legume Odyssey, Novi Sad Serbia*, 9–11.
- Sallam A., Dhanapal A.P., Liu S. 2016. Association mapping of winter hardiness and yield traits in faba bean (*Vicia faba* L.). *Crop and Pasture Science* 67(1): 55–68. <https://doi.org/10.1071/CP15200>.
- Skovbjerg C.K., Knudsen J., Fuechtbauer W., Stougaard S. 2020. Evaluation of yield, yield stability, and yield–protein relationship in 17 commercial faba bean cultivars. *Legume Sciences* 2(6). <https://doi.org/10.1002/leg3.39>.

J. PRUSIŃSKI, M. BOROWSKA

**EFFECT OF VARIETY AND SOWING DATE
ON WINTERING AND YIELDING OF FABA BEAN (*Vicia faba* L.)****Summary**

The subject of the study was to assess the impact of two autumn and spring sowing dates on the overwintering and yielding of six foreign faba bean varieties in three growing seasons: 2017/2018, 2018/2019 and 2019/2020. The domestic variety Albus was sown only in a spring each year. In the 2017/2018 season, 100% of the tested varieties from the first and second sowing dates did not overwinter due to extremely low temperatures in March 2018, and the average seed yield from spring sowing was only 0.71 t·ha⁻¹. In the 2018/2019 season, 3 varieties in the first sowing date and 4 varieties in the second sowing date overwintered. The average yield of the tested varieties was statistically similar and again low – in the first term – 1.89 t·ha⁻¹ and in the second – 1.57 t·ha⁻¹, and for spring sowing – 2.10 t·ha⁻¹. Only in the favorable season of 2019/2020, all varieties from both autumn sowing dates overwintered, and their average seed yield was significantly the highest in the second (autumn) and third (spring) sowing dates and amounted to 5.29 t·ha⁻¹ and 5.90 t·ha⁻¹. The tested foreign varieties did not differ significantly from each other and yielded most often at a similar level as the control Albus variety. The average protein content and yield of varieties sown in autumn increased in subsequent seasons with increasingly favorable thermal conditions.

Key words: faba bean, varieties, sowing dates, wintering, yielding

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print* – 9.06.2024

Do cytowania – *For citation:*

Prusiński J., Borowska M. 2024. Wpływ odmiany i terminu siewu na przezimowanie i plonowanie bobiku (*Vicia faba* L.). *Fragm. Agron.* 41(1): 20–31.