



¹ Instytut Rolnictwa i Ogrodnictwa, Wydział Agrobiotechnologii i Nauk o Zwierzętach,
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, Siedlce, Polska

² Wydział Inżynierii i Ekonomii, Państwowa Uczelnia Zawodowa im. Ignacego Mościckiego
w Ciechanowie, Ciechanów, Polska

* e-mail: rafal.gorski@puzim.edu.pl

ANNA PŁAZA ¹, ROBERT RUDZIŃSKI ²,
RAFAŁ GÓRSKI ^{2*}

Plon i zawartość białka ogółem w mieszankach łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym uprawianych na zieloną masę w rolnictwie zrównoważonym

Yield and total protein content of mixtures of blue lupin and spring triticale grown for green matter in sustainable agriculture

Streszczenie: Postępujące zmiany klimatyczne oraz wzrost poziomu zanieczyszczenia środowiska powoduje konieczność poszukiwania upraw o stabilnym plonowaniu i jak najmniejszym negatywnym wpływie na środowisko naturalne. W pracy przedstawiono wyniki badań z lat 2016–2018, które miały na celu ocenę plonowania i zawartości białka ogółem w mieszankach łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym. W doświadczeniu badano dwa czynniki: I. udział komponentów w mieszance: łubin wąskolistny – siew czysty 100%, pszenżyto jare – siew czysty 100%, łubin wąskolistny 75% + pszenżyto jare 25%, łubin wąskolistny 50% + pszenżyto jare 50%, łubin wąskolistny 25% + pszenżyto jare 75%; II. termin zbioru: faza kwitnienia łubinu wąskolistnego (BBCH 65), faza płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego (BBCH 79). Największy plon świeżej i suchej masy uzyskano z mieszanki łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym o równym udziale obu komponentów zebranej w fazie płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego. Spośród mieszanek największą zawartością białka ogółem charakteryzowała się mieszanka łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym o udziale komponentów odpowiednio 75% + 25% zebrana w fazie kwitnienia łubinu wąskolistnego.

Słowa kluczowe: łubin wąskolistny, pszenżyto jare, plon świeżej masy, białko ogółem

WSTĘP

Narastające problemy środowiskowe oraz zmiany klimatyczne wymuszają poszukiwanie alternatywnych rozwiązań w działalności gospodarczej, w tym w rolnictwie. W Unii Europejskiej od lat realizowane są strategie oraz programy zrównoważonego rozwoju, które mimo swojej słuszności wydają się niewystarczające względem potrzeb [Wrzaszcz i Prandecki 2020]. Dlatego też w grudniu 2019 r. Komisja Europejska opublikowała Europejski Zielony Ład [Komisja Europejska 2019]. Jednym z istotnych obszarów polityki Zielonego Ładu związanych z rolnictwem jest ochrona i odbudowa ekosystemów oraz bioróżnorodności [Komisja Europejska 2020]. A zatem badania nad uprawą mieszanek bobowato-zbożowych w pełni wpisują się w europejską strategię na rzecz bioróżnorodności oraz założenia Europejskiego Zielonego Ładu.

Powszechnie znana jest zdolność roślin bobowatych do symbiozy z bakteriami z rodzaju *Rhizobium* przekształcającymi azot atmosferyczny w formę organiczną w korzeniach roślin uprawnych [Amine-Khodja i in. 2022]. Azot ten może być wykorzystywany przez rośliny bobowate bądź uwalniany do gleby [Swarnalakshmi et al. 2020], więc mogą z niego korzystać również rośliny zbożowe uprawiane w mieszankach z bobowatymi. Ogranicza to stosowanie mineralnego nawożenia azotem, co wpływa pozytywnie na środowisko glebowe.

Uprawa zbóż w mieszankach z roślinami bobowatymi umożliwia wzrost plonów oraz stabilność plonowania i pozwala uzyskać paszę o wysokiej wartości energetycznej i białkowej [Bacchi et al. 2021, Sohail et al. 2021]. Wynika to z lepszego wykorzystania warunków siedliskowych, m.in. składników mineralnych i wody z zasobów glebowych.

Celem niniejszych badań jest określenie wpływu udziału komponentów w mieszance i terminu zbioru na plon świeżej masy, suchej masy oraz zawartość białka ogółem w mieszankach łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2016–2018 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Doświadczenie realizowano na glebie klasy IVb, kompleksu żytniego bardzo dobrego. Zawartość przyswajalnych składników mineralnych w glebie wynosiła (w mg 100 g⁻¹ gleby): P – 8,1, K – 12,2, Mg – 5,2. Odczyn gleby był obojętny, a zawartość próchnicy wynosiła 1,39%. Doświadczenie założono w układzie split-blok w trzech powtórzeniach. W doświadczeniu badano następujące czynniki: I. udział komponentów w mieszance: łubin wąskolistny 100%, łubin wąskolistny 75% + pszenżyto jare 25%, łubin wąskolistny 50% + pszenżyto jare 50%, łubin wąskolistny 25% + pszenżyto jare 75%, pszenżyto jare 100%; II. termin zbioru: faza kwitnienia łubinu wąskolistnego (BBCH 65), faza płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego (BBCH 79). Jesienią stosowano nawozy fosforowo-potasowe w dawkach 34,8 kg ha⁻¹ P i 99,2 kg ha⁻¹ K. Wiosną, przed siewem nasion stosowano nawożenie azotowe w dawce 30 kg N ha⁻¹ na wszystkich obiektach, z wyjątkiem łubinu wąskolistnego uprawianego w siewie czystym. W fazie strzelania w źdźbło zastosowano 50 kg N ha⁻¹ na pszenżyto jare i 30 kg ha⁻¹ N na mieszanki łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym. Nasiona wysiewano w pierwszej dekadzie kwietnia, w układzie

zgodnym z pierwszym czynnikiem doświadczenia. Zbiór mieszanek przeprowadzono zgodnie z drugim czynnikiem doświadczenia: faza kwitnienia łubinu wąskolistnego (trzecia dekada czerwca) i faza płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego (pierwsza dekada lipca). Podczas zbioru mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym, na każdym poltku określono plon świeżej masy oraz pobrano próby do oznaczenia zawartości suchej masy i białka ogółem. Zawartość białka ogółem oznaczono metodą spektroskopii odbiciowej w bliskiej podczerwieni NIRS przy użyciu aparatu NIRFlex N – 500. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie. Każdą z badanych cech poddano analizie wariancji zgodnie ze schematem układu split-blok. W przypadku istotnych źródeł zmienności dokonano szczegółowego porównania średnich Testem Tukeya przy poziomie istotności $P \leq 0.05$. Warunki termiczno-opadowe w latach prowadzenia badań były zróżnicowane (tab. 1).

Tabela 1. Warunki pogodowe w okresie wegetacji mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym według Stacji Meteorologicznej w Zawadach
Table 1. Weather conditions during the growing season of blue lupin / spring triticale mixtures according to the Zawady Meteorological Station

Lata Years	Miesiąc/Month				Średnia Means
	IV	V	VI	VII	
	Temperatura/Temperature (°C)				
2016	9,1	15,1	18,4	19,1	15,4
2017	6,9	13,9	17,8	16,9	13,9
2018	13,1	17,0	18,3	20,4	17,2
1990–2008	8,2	14,2	17,6	19,7	14,9
	Opady/Precipitation (mm)				Suma/Total
2016	28,7	54,8	36,9	35,2	155,6
2017	59,6	49,5	57,9	23,6	190,6
2018	34,5	27,3	31,5	67,1	160,4
1990–2008	37,4	47,1	48,1	65,5	198,1

W analizowanym okresie 2016 r. odnotowano średnią temperaturę wyższą o 0,5°C od średniej wieloletniej. Suma opadów była niższa o 40,2 mm w porównaniu z sumą wieloletnią. Od połowy maja do końca czerwca rośliny bobowate i zboża wykazują największe zapotrzebowanie na wodę i składniki pokarmowe. Ten czas jest zwany okresem krytycznym. W 2016 r. w czerwcu odnotowano niedobór opadów przy wyższej temperaturze w porównaniu z wielolecie, co wpłynęło niekorzystnie na przyrost biomasy roślin, a przez to na plon. W 2017 r. średnia temperatura podczas uprawy mieszanek była niższa o 1°C w odniesieniu do średniej wieloletniej, z kolei suma opadów była nieznacznie niższa, o 5,2 mm od sumy wieloletniej. W 2017 r. sumy opadów w miesiącach o największym zapotrzebowaniu na wodę przez rośliny mieszanek były większe od średnich sum z wielolecia, a temperatury niższe od temperatur z wielolecia lub im równe, co zapewniło dobre plonowanie mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym, jednak o mniejszej zawartości suchej masy i białka ogółem. Średnia temperatura odnotowana w analizowanym okresie 2018 r. była o 2,3°C wyższa od średniej wieloletniej. Natomiast suma

opadów w porównaniu ze średnią wieloletnią była niższa o 35.2 mm. W okresie krytycznym, o największym zapotrzebowaniu na wodę odnotowano silny niedobór opadów w porównaniu ze średnimi sumami z wielolecia oraz wyższe temperatury, co skutkowało niskim plonowaniem mieszanek, ale większą zawartością suchej masy i białka ogółem.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plon świeżej i suchej masy mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym był istotnie różnicowany przez warunki sezonu wegetacyjnego, badane czynniki doświadczenia i ich interakcje. Największe plony świeżej masy otrzymano w 2017 r. o największej sumie opadów, mniejsze w 2016 r., a najmniejsze w 2018 r. o najmniejszej ilości opadów w okresie krytycznym (tab. 2). Wyższe plony mieszanek bobowato-zbożowych w latach o korzystniejszych warunkach pogodowych odnotowali również Buraczyńska i Ceglarek [2009] oraz Księżak i in. [2016]. Należy tłumaczyć to tym, że jeżeli w okresie krytycznym dla wzrostu i rozwoju roślin, tj. od połowy maja do końca czerwca wystąpią niedobory opadów przy wysokich temperaturach następuje spadek przyrostu zielonej masy i korzeni roślin, co skutkuje spadkiem plonu biomasy. Najwyższy plon suchej masy mieszanek grochu siewnego z pszenżytem jarym otrzymano w 2018 r., istotnie niższe plony ujawniono w latach 2016 i 2017. Było to spowodowane znacznie większą zawartością suchej masy podczas zbioru mieszanek w 2018 r. w porównaniu z pozostałymi latami badań. Do podobnych wniosków doszli w przeprowadzonych przez siebie badaniach również Księżak i Staniak [2009]. W badaniach własnych udział komponentów w mieszance istotnie różnicował plon świeżej i suchej masy mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym. Największy plon świeżej i suchej masy otrzymano z mieszanki łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym o udziale komponentów 50% + 50%. Mieszanki roślin bobowatych i zbóż plonują wierniej od ich komponentów uprawianych w czystym siewie, gdyż lepiej wykorzystują zmienne warunki siedliska [Noworolnik 2000]. O wydajności mieszanki decyduje bowiem gatunek bardziej plenny i lepiej przystosowany do warunków siedliska. Również według Koteckiego [2014] udział komponentów w mieszance ma największy wpływ na ich plonowanie. W badaniach Agegnehu i in. [2006] większy o 52% plon biomasy-otrzymano z mieszanki jęczmienia i bobiku w proporcjach 70 : 30 w porównaniu z plonem biomasy zbóż. W warunkach omawianego doświadczenia na pozostałych obiektach plon świeżej i suchej masy był istotnie mniejszy w porównaniu z plonem mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym o równym udziale w obu komponentów. Również inni autorzy [Kotwica i Rudnicki 2004, Księżak i Staniak 2009, Szpunar-Krok i in. 2009a, Bojarszczuk i in. 2014] uzyskiwali wyższe plony z mieszanek bobowato-zbożowych w porównaniu z uprawami w siewach czystych poszczególnych komponentów. Ayub i Shoaib [2009] sugerują, że stosunek ziarna zbóż do nasion roślin bobowatych w mieszance siewnej musi być zoptymalizowany, aby uniknąć międzygatunkowej konkurencji o zasoby środowiskowe. Zmieniający się klimat i różne odkrycia dotyczące najkorzystniejszych proporcji wysiewanych nasion w mieszankach wymaga prowadzenia nowych badań [Kotecki 2014, Soufan i Al-Suhaibani 2021]. W badaniach własnych wykazano interakcję warunków sezonu wegetacyjnego z udziałem komponentów w mieszance, z czego wynika, że w 2016 r. największy plon świeżej i suchej masy otrzymano z mieszanki łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym o udziale komponentów 50%

+ 50%. Mniejsze plony uzyskano z mieszanki łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym o udziale komponentów 75% + 25%, następnie z mieszanki o udziale komponentów 25% + 75% oraz z łubinu wąskolistnego. Natomiast najmniejsze plony otrzymano z pszenżyta jarego. Analogiczne zależności plonów odnotowano w latach 2017 i 2018. Należy tłumaczyć to tym, że rośliny w mieszance – ze względu na zróżnicowanie gatunkowe – w sposób komplementarny wykorzystują zasoby siedliska, następuje ich kompensacyjny wzrost i rozwój. Różnice wynikające z budowy morfologicznej komponentów mieszanek, ich potencjału do pobierania wody i składników pokarmowych oraz zdolność do wiązania azotu z powietrza przez bakterie brodawkowe (żyjące na korzeniach roślin bobowatych i tworzące z nimi układ symbiotyczny) powodują, że mieszanki zbóż jarych z roślinami bobowatymi plonują zwykle lepiej i wierniej niż siewy czyste, zwłaszcza w nieco gorszych warunkach siedliskowych [Książak i in. 2016, Wiśniewska i in. 2020].

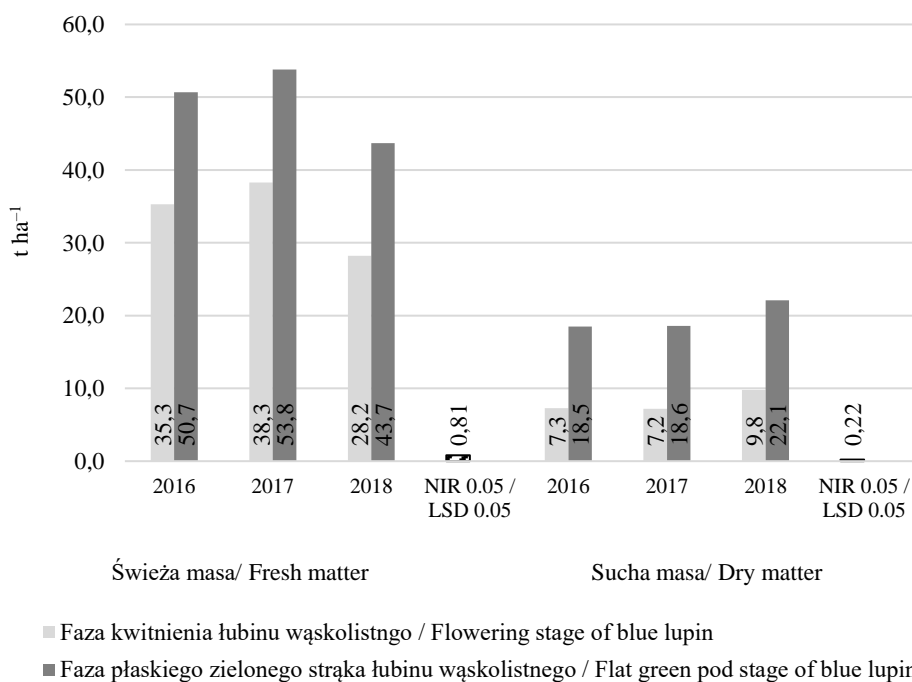
Termin zbioru także istotnie różnicował plon świeżej i suchej masy mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym (tab. 3). Większe plony świeżej i suchej masy otrzymano z mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym zebranych w fazie płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego niż w fazie jego kwitnienia. Jest to zbieżne z wynikami badań uzyskanymi przez Geçaité i in. [2021]. Również Faligowska i in. [2014] uzyskali wyższe plony świeżej i suchej masy łubinu w późniejszej z analizowanych faz zbioru.

Tabela 2. Plon świeżej i suchej masy mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym w zależności od składu mieszanki w latach 2016–2018 ($t\ ha^{-1}$)

Table 2. Fresh and dry matter yield of blue lupin 2/ spring triticale mixtures according to component share in the mixture in 016–2018 ($t\ ha^{-1}$)

Skład mieszanki Composition of the mixture (%) [A]		Świeża masa/ Fresh matter				Sucha masa/ Dry matter			
		lata/years [L]			średnia means	lata/years [L]			średnia means
łubin wąskolistny blue lupin	pszenżyto jare spring triticale	2016	2017	2018		2016	2017	2018	
100	0	39,7	42,7	32,6	38,3	13,0	13,2	15,4	13,9
75	25	45,9	48,9	38,8	44,5	14,2	14,2	17,6	15,3
50	50	60,5	63,6	53,5	59,0	17,8	17,5	23,5	19,6
25	75	40,7	43,8	33,7	39,4	11,7	11,8	14,6	12,7
0	100	28,4	31,5	21,4	27,1	7,6	7,9	8,9	8,1
Średnia/Means		43,0	46,1	36,0	–	12,9	12,9	16,0	–
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}									
L		0,44			0,17				
A		0,68			0,26				
L × A		1,81			0,45				

Wynika to z faktu, iż w mieszankach bobowato-zbożowych uprawianych na zieloną masę, od fazy kwitnienia do fazy płaskiego zielonego strąka rośliny bobowatej następuje dodatkowo przyrost biomasy, co skutkuje wzrostem plonów. W omawianym doświadczeniu wykazano także współdziałanie badanych czynników, z którego wynika, że największy plon świeżej i suchej masy otrzymano z mieszanki łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym o udziale komponentów 50% + 50% zebranej w fazie płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego, a najmniejszy z pszenżyta jarego zebranego w fazie kłoszenia. Wykazano również interakcję warunków pogodowych z terminem zbioru, z której wynika, że największy plon świeżej masy otrzymano w 2017 r. z mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym zebranych w fazie płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego, a najmniejszy w 2018 r. z mieszanek zebranych w fazie kwitnienia łubinu wąskolistnego (ryc. 1). Najwyższy plon suchej masy uzyskano z kolei w 2018 r. z mieszanek zebranych w fazie płaskiego zielonego strąka, mniejszy zaś w latach 2016 i 2017 z mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym zebranych w fazie kwitnienia rośliny bobowatej.



Ryc. 1. Plon świeżej i suchej masy mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym w zależności od terminu zbioru w latach 2016–2018 (t ha⁻¹)

Fig. 1. Fresh and dry matter yield of blue lupin/spring triticale mixtures according to harvest date in the research years 2016–2018 (t ha⁻¹)

Tabela 3. Plon świeżej i suchej masy mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym w zależności od udziału komponentów w mieszance i terminu zbioru (średnie z lat 2016 – 2018; t ha⁻¹)
 Table 3. Fresh and dry matter yield of blue lupin/spring triticale mixtures according to component share in mixtures and harvest date (means across 2016 – 2018; t ha⁻¹)

Skład mieszanki Composition of the mixture (%) [A]		Świeża masa/ Fresh matter		Sucha masa/ Dry matter	
łubin wąskolistny blue lupin	pszenżyto jare spring triticale	termin zbioru/ harvest date [B]			
		faza/phase			
		kwitnienia łubinu wąskolistnego flowering stage of blue lupin	płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego flat green pod stage of blue lupin	kwitnienia łubinu wąskolistnego flowering stage of blue lupin	płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego flat green pod stage of blue lupin
100	0	29,9	46,7	8,3	19,5
75	25	37,2	51,9	9,5	21,2
50	50	48,4	69,9	11,4	27,8
25	75	29,6	49,1	6,5	19,9
0	100	24,6	29,5	4,9	11,4
Średnia/Means		33,9	49,4	8,1	19,8
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}					
B		0,47		0,13	
A × B		0,81		0,30	

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ warunków pogodowych, udziału komponentów w mieszance i ich współdziałania na zawartość białka ogółem w mieszankach łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym (tab. 4). Największą zawartość białka ogółem odnotowano w mieszankach łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym w 2018 r., istotnie niższą w 2016 roku, a najniższą w 2017 r. o największej sumie opadów w okresie wegetacji roślin. Również Książak i Staniak [2009], Książak i in. [2016] oraz Rad i in. [2020] uzyskali w badaniach nad innymi mieszankami bobowato-zbożowymi mniejszą zawartość białka ogółem w roku o wysokiej sumie opadów. Należy tłumaczyć to tym, iż przy dużej ilości opadów w okresie wegetacji roślin zmniejsza się zawartość suchej masy, w tym białka ogółem, które jest jej składnikiem. Udział komponentów w mieszance także istotnie różnicował zawartość białka ogółem w mieszankach łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym. Największą zawartość białka ogółem odnotowano w łubinie wąskolistnym, a spośród mieszanek w mieszance łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym o udziale komponentów 75% + 25%. Podobną zależność w badaniach nad uprawą mieszanek grochu z owsem odnotowali Krga i in. [2019]. Wynika to z tego, że rośliny bobowate wchodzące w skład mieszanki charakteryzują się wyższą zawartością białka ogółem niż zboża.

W badaniach własnych wzrost udziału pszenżyta jarego w mieszance powodował spadek zawartości białka ogółem w biomase mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym. Analogiczną zależność w uprawie innych mieszanek bobowato-zbożowych odnotowali również Szpunar-Krok i in. [2009b], Księżak i in. [2016] oraz Piltz i Rodham [2022]. W omawianym doświadczeniu wykazano interakcję warunków sezonu wegetacyjnego z udziałem komponentów w mieszance. W 2016 r. największą zawartość białka ogółem odnotowano w łubinie wąskolistnym uprawianym w czystym siewie, a spośród mieszanek – w mieszance łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym o udziale komponentów 75% + 25%. Odnotowano zależność, że wraz ze wzrostem udziału pszenżyta jarego w mieszankach z łubinem wąskolistnym wystąpił istotny spadek zawartości białka ogółem w biomase. Najniższą jego koncentrację odnotowano w pszenżycie jarym uprawianym w czystym siewie, które nie jest rośliną bobowatą. Analogiczne zależności odnotowano w latach 2017 i 2018. Termin zbioru również istotnie różnicował zawartość białka ogółem w mieszankach łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym. Wyższą zawartość białka ogółem odnotowano w mieszankach łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym zebranych w fazie kwitnienia łubinu wąskolistnego niż w fazie płaskiego zielonego strąka (tab. 5). Jest to zbieżne z wynikami badań uzyskanymi przez innych autorów [Płaza i in. 2014, Makarewicz i in. 2015, Bacchi i in. 2021, Piltz i in. 2021]. Należy tłumaczyć to tym, że rośliny zbierane we wcześniejszych fazach rozwojowych charakteryzują się wyższą zawartością białka ogółem, w tym rośliny bobowate zbierane w fazie kwitnienia.

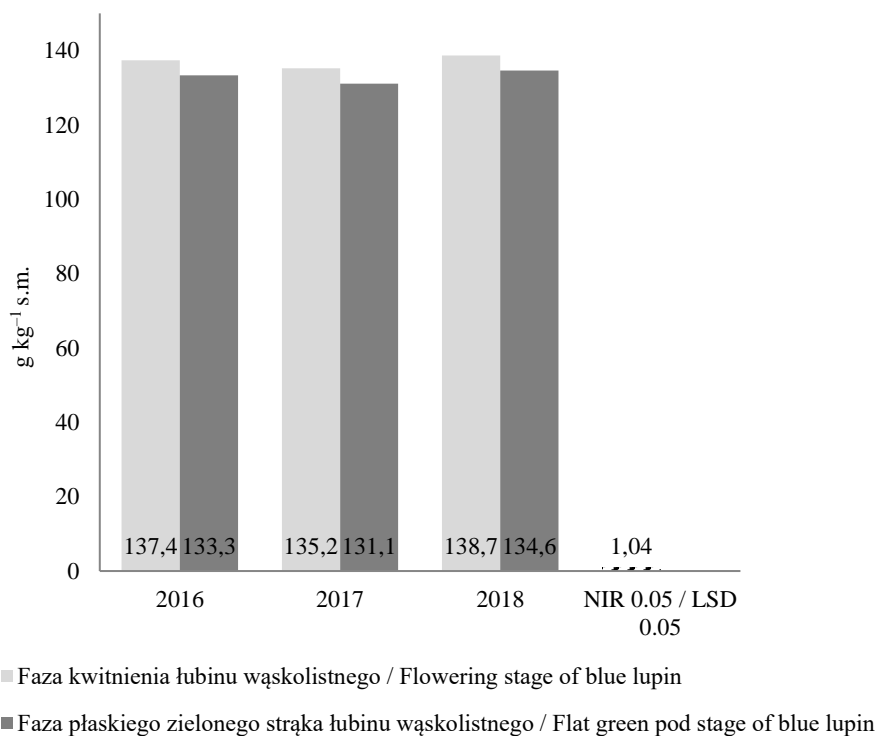
Tabela 4. Zawartość białka ogółem w mieszankach łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym w zależności od udziału komponentów w mieszance w latach 2016–2018 (g kg^{-1} s.m.)
Table 4. Total protein content in blue lupin / spring triticale mixtures according to component share in the mixture in 2016–2018 (g kg^{-1} d.m.)

Skład mieszanki Composition of the mixture (%) [A]		Lata Years [L]			Średnia Means
łubin wąskolistny blue lupin	pszenżyto jare spring triticale	2016	2017	2018	
100	0	151,3	149,1	152,4	151,0
75	25	141,5	139,3	142,8	141,2
50	50	135,7	133,5	136,9	135,3
25	75	129,4	127,2	130,7	129,1
0	100	119,1	116,9	120,4	118,1
Średnia/Means		135,4	133,2	136,6	–
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}					
L					0,70
A					1,07
L × A					1,84

Tabela 5. Zawartość białka ogółem w mieszankach łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym w zależności od udziału komponentów w mieszance i terminu zbioru (średnie z lat 2016–2018; g kg⁻¹ s.m.)

Table 5. Total protein content in blue lupin/spring triticale mixtures according to component share in mixtures and harvest date (means across 2016–2018; g kg⁻¹ d.m.)

Skład mieszanki		Termin zbioru/ Harvest date [B]	
Composition of the mixture (%) [A]		faza kwitnienia łubinu wąskolistnego	faza płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego
łubin wąskolistny blue lupin	pszenżyto jare spring triticale	flowering stage of blue lupin	flat green pod stage of blue lupin
100	0	153,2	148,7
75	25	142,7	139,7
50	50	137,8	132,8
25	75	130,6	127,5
0	100	121,3	116,2
Średnia/Means		137,1	133,0
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}			
B			0,60
A × B			1,27



Ryc. 2. Zawartość białka ogółem mieszanek łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym w zależności od terminu zbioru w latach 2016–2018 (t ha⁻¹)

Fig. 2. Total protein content in blue lupin /spring triticale mixtures according to harvest date in the research years 2016–2018 (t ha⁻¹)

W badaniach własnych wykazano współdziałanie badanych czynników, z którego wynika, że najwyższą koncentrację białka ogółem odnotowano w łubinie wąskolistnym zebrany w fazie kwitnienia, a spośród mieszanek w mieszance łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym o udziale komponentów 75% + 25% również zebranej w fazie kwitnienia łubinu wąskolistnego. Natomiast najniższą zawartość białka ogółem odnotowano w pszenżycie jarym zebrany w fazie płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego.

Wykazano także interakcję warunków sezonu wegetacyjnego z terminem zbioru. Najwyższą zawartość białka ogółem odnotowano w 2018 r. w mieszankach łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym zebranych w fazie kwitnienia łubinu wąskolistnego, a najniższą – w 2017 r. w mieszankach zebranych w fazie płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego (rys. 2).

WNIOSKI

Największy plon świeżej masy otrzymano z mieszanki łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym o udziale komponentów 50% + 50% zebranej w fazie płaskiego zielonego strąka łubinu wąskolistnego. Łubin wąskolistny uprawiany w siewie czystym charakteryzował się najwyższą zawartością białka ogółem, a spośród mieszanek – łubin wąskolistny z pszenżytem jarym o udziale komponentów 75% + 25% zebrana w fazie kwitnienia łubinu wąskolistnego. Warunki sezonu wegetacyjnego istotnie różnicowały plon świeżej masy i zawartość białka ogółem w mieszankach łubinu wąskolistnego z pszenżytem jarym.

PIŚMIENNICTWO

- Agegnehu G., Ghizaw A., Sinebo W., 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *Eur. J. Agron.* 25(3), 202207. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002>
- Amine-Khodja I.R., Boscari A., Riah N., Kechid M., Maougal R.T., Belbekri N., Djekoun A., 2022. Impact of two strains of *Rhizobium leguminosarum* on the adaptation to terminal water deficit of two cultivars *Vicia faba*. *Plants* 11(4), 515. <https://doi.org/10.3390/plants11040515>
- Ayub M., Shoaib M., 2009. Studies on fodder yield and quality of sorghum grown alone and in mixture with guara under different planting techniques. *Pakistan J. Agric. Sci.* 46(1), 25–29.
- Bacchi M., Monti M., Calvi A., Lo Presti E., Pellicano A., Preiti G., 2021. Forage potential of cereal/legume intercrops: agronomic performances, yield, quality forage and LER in two harvesting times in a mediterranean environment. *Agronomy* 11(1), 121. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010121>
- Bojarszczuk J., Księżak J., Staniak M., 2014. Evaluation of yielding of oat – pea mixtures cultivated in organic farming. *J. Res. Applic. Agric. Eng.* 59(3), 12–17.
- Buraczyńska D., Ceglarek F., 2009. Plon i skład chemiczny nasion mieszanek strączkowo – zbożowych. *Fragm. Agron.* 26(3), 15 – 24.
- Faligowska A., Selwet M., Panasiewicz K., Szymańska G., 2014. Quality and hygienic conditions of white lupin silage, affected by forage stage of growth and use of silage additives. *Turk. J. Field Crops.* 19(2), 252–257.
- Gecaitė V., Arlauskienė A., Cesevičienė J., 2021. Competition effects and productivity in oat–forage legume relay intercropping systems under organic farming conditions. *Agriculture* 11(2), 99. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020099>

- Komisja Europejska, 2019. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Europejski Zielony Ład, COM(2019) 640 final.
- Komisja Europejska, 2020. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Unijna strategia na rzecz bioróżnorodności 2030 Przywracanie przyrody do naszego życia COM(2020) 380 final.
- Kotecki A. (red.), 2014. Współrzędna uprawa bobiku i łubinu żółtego z pszenżytem jarym. Wyd. UP Wrocław, ss. 104.
- Kotwica K., Rudnicki F., 2004. Efekty uprawy jarych mieszanek zbożowych i zbożowo-strączkowych na glebie kompleksu żyniego dobrego. *Acta Sci. Pol. Agric.* 3(1), 149–156.
- Krga Ā., Simić A., Mandić V., Bjelčić Z., Dželetović, Z., Vasiljević S., Adžić S., 2019. Forage yield and protein content of different field pea cultivars and oat mixtures grown as winter crops. *Turk. J. Field Crops* 24(2), 170–177. <https://doi.org/10.17557/tjfc.643524>
- Książak J., Bojarszczuk J., Staniak M., 2016. Evaluation of yielding of mixtures of *Pisum sativum* L. with *Triticum aestivum* L. grown in organic farming. *Acta Agrobot.* 69(3), 1681. <http://dx.doi.org/10.5586/aa.1681>
- Książak J., Staniak M., 2009. Ocena mieszanek strączkowo – zbożowych uprawianych ekologicznie jako surowca do produkcji kiszonek. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 54(3), 157–163.
- Makarewicz A., Płaza A., Gąsiorowska B., Cybulska A., 2015. Zawartość składników pokarmowych w mieszankach łubinu wąskolistnego z żytem jarym uprawianych na zieloną masę. *Ann. UMCS, Sect. E Agric.* 70(3), 73–82.
- Noworolnik K., 2000. Mieszanki zbożowo-strączkowe w systemie rolnictwa równoważonego. *Pam. Puł.* 120(2), 325–329.
- Płaza A., Gąsiorowska B., Makarewicz A., 2014. Białko w mieszankach łubinu wąskolistnego z żytem jarym uprawianych na zieloną masę. *Fragm. Agron.* 31(2), 64–73.
- Piltz J.W., Rodham C.A., Wilkins J.F., Hackney B.F., 2021. A comparison of cereal and cereal/vetch crops for fodder conservation. *Agriculture* 11(5), 459. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050459>
- Piltz J.W., Rodham C.A., 2022. Effect of sowing rate and maturity on the yield and nutritive value of triticale–field pea forage crops. *Sustainability* 14(6), 3637. <https://doi.org/10.3390/su14063637>
- Rad S.V., Valadabadi S.A.R., Pouryousef M., Saifzadeh S., Zakrin H.R., Mastinu A., 2020. Quantitative and qualitative evaluation of *Sorghum bicolor* L. under intercropping with legumes and different weed control methods. *Horticulturae* 6(4), 78. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040078>
- Sohail S., Ansar M., Skalicky M., Wasaya A., Soufan W., Ahmad Yasir T., El-Shehawi A.M., Brestic M., Sohailul Islam M., Ali Raza M., EL Sabagh A., 2021. Influence of tillage systems and cereals–legume mixture on fodder yield, quality and net returns under rainfed conditions. *Sustainability* 13(4), 2172. <https://doi.org/10.3390/su13042172>
- Soufan W., Al-Suhaibani N.A., 2020. Optimizing yield and quality of silage and hay for pea–barley mixtures ratio under irrigated arid environments. *Sustainability* 13(24), 13621. <https://doi.org/10.3390/su132413621>
- Swarnalakshmi K., Yadav V., Tyagi D., Dhar D.W., Kannepalli A., Kumar S., 2020. Significance of plant growth promoting Rhizobacteria in grain legumes: Growth promotion and crop production. *Plants* 9(11), 1596. <https://doi.org/10.3390/plants9111596>
- Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D., Tobiasz-Salach R., 2009a. Plonowanie owsa nagoziarnistego i bobiku uprawianych w siewie czystym i w mieszankach. *Fragm. Agron.* 26(2), 145–151.

- Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D., Tobiasz-Salach R., Kubit P., 2009b. Skład chemiczny ziarna owsa nagoziarnistego i nasion bobiku uprawianego w siewie czystym i w mieszankach. *Frag. Agron.* 26(2), 152–157.
- Wiśniewska M., Boros D., Zych J., 2020. Wartość pokarmowa wybranych mieszanek zbóż jarych z roślinami bobowatymi grubonasiennymi. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.* 289, 51–62. <https://doi.org/10.37317/biul-2020-0021>
- Wrzaszcz W., Prandecki K., 2020. Rolnictwo a Europejski Zielony Ład. *Zagad. Ekon. Rol./ Probl. Agric. Econ.* 4(365), 156–179. <https://doi.org/10.30858/zer/131841>

Źródło finansowania: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, zadanie badawcze nr 29/20/B.

Summary: Progressive climate change and an increase in the level of environmental pollution make it necessary to search for crops with stable yields and the lowest possible impact on the environment. This paper presents the results of a 2016–2018 study that aimed to evaluate the yield and total protein content of mixtures of blue lupin with spring triticale. Two factors were studied in the experiment: I. the proportion of components in the mixture: blue lupine – pure sowing 100%, spring triticale – pure sowing 100%, blue lupine 75% + spring triticale 25%, blue lupine 50% + spring triticale 50%, blue lupine 25% + spring triticale 75%; II. harvest date: flowering stage of blue lupine (BBCH 65), flat green pod stage of blue lupine (BBCH 79). The highest fresh and dry matter yield was obtained from a mixture of blue lupine and spring triticale with an equal share of both components harvested at the flat green pod stage of blue lupine. The highest total protein content, among the mixtures, was characterized by the mixture of blue lupine with spring triticale with a share of components of 75 + 25%, respectively, harvested at the flowering stage of blue lupine.

Key words: blue lupin, spring triticale, fresh weight yield, total protein

Otrzymano/Received: 23.09.2022
Zaakceptowano/Accepted: 23.03.2023