

**Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Przyrodniczo-Technologiczny
Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin**



Marta Ćwiertniewska

**WSPÓLRZĘDNA UPRAWA
ŁUBINU WĄSKOLISTNEGO (*Lupinus angustifolius* L.)
Z PSZENŻYTEM JARYM (*x Triticosecale* Wittm.)**

**Intercropping of narrow-leaf lupine (*Lupinus angustifolius* L.)
and spring triticale (*x Triticosecale* Wittm.)**

**Praca doktorska
wykonana pod kierunkiem
prof. dr. hab. Andrzeja Koteckiego**

Wrocław 2013

Badania były współfinansowane przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach projektu systemowego pn. „Przedsiębiorczy doktorant - inwestycja w innowacyjny rozwój regionu”.

(Program Operacyjny Kapitał Ludzki, Priorytet VIII Regionalne Kadry Gospodarki, Działanie 8.2 Transfer Wiedzy, Poddziałania 8.2.2 Regionalne Strategie Innowacji).



*Składam serdeczne podziękowania
Panu prof. dr. hab. Andrzejowi Koteckiemu
za życzliwość, cierpliwość i wyrozumiałość
oraz merytoryczną opiekę
podczas przygotowywania pracy.*

*Dziękuję serdecznie Wszystkim,
którzy przyczynili się do powstania niniejszej pracy.*

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP.....	5
2. PRZEGLĄD LITERATURY	7
3. CEL BADAŃ	18
4. METODYKA BADAŃ	19
4.1 Badania polowe.....	19
4.2 Biometria roślin	20
4.3 Badania laboratoryjne	21
4.4 Oddziaływania międzygatunkowe	22
4.5 Opracowanie statystyczne.....	23
5. WARUNKI PROWADZENIA BADAŃ	24
5.1 Glebowe	24
5.2 Klimatyczne	26
5.3 Agrotechniczne	31
5.4 Zachwaszczenie	32
6. ROZWÓJ FAZOWY ROŚLIN.....	33
6.1 Łubin wąskolistny	33
6.2 Pszenżyto jare	36
7. OBSADA ROŚLIN.....	39
8. WYNIKI BADAŃ I Dyskusja.....	42
8.1 Morfologia łubinu wąskolistnego	42
8.2 Morfologia pszenżyta jarego.....	47
8.3 Skład mineralny łubinu wąskolistnego i pszenżyta jarego	50
8.4 Zawartość składników pokarmowych w łubinie wąskolistnym i pszenżycie jarym	61
8.5 Plony łubinu wąskolistnego i pszenżyta jarego	66
8.6 Wskaźniki ekologicznej efektywności.....	76
9. WNIOSKI	82
10. BIBLIOGRAFIA	83

1. WSTĘP

Zadaniem rolnictwa jest zaspokojenie rosnących potrzeb pokarmowych stale zwiększającej się populacji ludzkiej. Możliwe jest to przez intensywny postęp biologiczny, który w ponad 70% decyduje o wzroście plonów. Nakłady na przemysłowe środki produkcji, w tym: środki ochrony roślin, herbicydy, fungicydy, insektycydy, retardanty, nawozy mineralne, kształtują przyrost plonu w około 23%. Jednocześnie obserwuje się rozwój alternatywnego, dla rolnictwa intensywnego, kierunku rozwoju produkcji roślinnej opartego na wykorzystaniu zasobów siedliska z ograniczaniem nakładów na przemysłowe środki produkcji. W obrębie tego sposobu gospodarowania można wyróżnić integrowaną uprawę roślin, rolnictwo ekologiczne i biodynamiczne. Produkty, wymienionych wyżej systemów uprawy, skierowane są, głównie, do zamożnych konsumentów krajów wysokorozwiniętych, gdyż większe nakłady pracy generują wyższe koszty produkcji. Rosnąca świadomość ekologiczna społeczeństw wymusza na rolnikach szukania nowych rozwiązań, które pozwolą na maksymalne wykorzystanie zasobów siedliska w warunkach ograniczania nakładów na środki produkcji.

Konsumenci coraz częściej żądają, aby produkcja roślinna odbywała się w warunkach minimalnego zużycia nawozów mineralnych oraz środków ochrony roślin i wykazują duże zainteresowanie produktami wolnymi od skutków używania przemysłowych środków produkcji. Podstawowym celem jest ograniczanie wpływu skutków chemizacji rolnictwa na środowisko przyrodnicze. Dążenie do optymalnego wykorzystania zasobów środowiska naturalnego prowadzi do jego postrzegania jako układu wzajemnie współdziałających systemów. Właściwe działania w obszarze rolnictwa ekologicznego, wymagają głębokiej wiedzy i kompleksowego podejścia do uprawy roślin. Współistnienie i wzajemne oddziaływanie na siebie poszczególnych komponentów jest nieodzowną cechą żywych organizmów. Myśląc o produkcji żywności należy dostrzegać obieg pierwiastków, jaki zachodzi pomiędzy glebą, rośliną, zwierzętami i ludźmi (Voisin 1999). Oczekując równowagi w tym układzie należy troszczyć się o zrównoważony obieg makro- i mikroelementów między poszczególnymi składnikami ekosystemu. Zwłaszcza w odniesieniu do związków chemicznych wprowadzonych od środowiska w ilościach spoza optymalnego zakresu stężeń, które

stanowią zagrożenie dla organizmów żywych – niezależnie od tego czy jest to niedobór czy nadmiar.

Siedlisko pełni funkcję plonotwórczą względem roślin uprawnych, a jego zasoby są ograniczone nie tylko przez zawartość dostępnych dla roślin składników pokarmowych, ale też jako przestrzeń użytkowa w skali kraju, kontynentu czy globu. Możliwość pozyskiwania nowych obszarów użytkowanych rolniczo, w celu zwiększenia produkcji roślinnej, często koliduje z ich wykorzystaniem dla innych potrzeb. Dlatego ważne jest wykorzystanie w pełni naturalnych zasobów środowiska w istniejących agroekosystemach. W ten system gospodarowania wpisuje się uprawa wielogatunkowych mieszanek roślin tak dobranych, aby mogły komplementarnie czerpać z dostępnych zasobów siedliska. Wprowadzanie mieszanek, w skład których wchodzi rośliny z rodziny bobowatych, ma szczególnie pozytywne znaczenie dla siedliska ze względu na ich zdolność do symbiozy z bakteriami diazotrofowymi. Dzięki temu w niewielkim stopniu korzystają one z rezerw azotu w glebie, a ponadto same dostarczają azot w formach łatwo dostępnych dla innych roślin uprawianych współrzędnie lub w mieszance.

Zwiększanie areалу upraw roślin strączkowych w Polsce ma szczególne znaczenie w świetle dużego uzależnienia produkcji zwierzęcej od importu śruty sojowej GMO. Aktualnie Polska importuje ponad 2,2 mln ton śruty sojowej, a rodzime źródła białka pokrywają potrzeby paszowe w 23%. Zwiększenie areалу uprawy roślin strączkowych do 500 tys. ha pozwoli ograniczyć import śruty sojowej o 20% przy produkcji białka paszowego na poziomie 250 tys. ton. Należy zaznaczyć, że wzrost areálu uprawy roślin strączkowych ograniczy nie tylko import pasz, ale zmniejszy udział zbóż w strukturze zasiewów. Wzrost areálu upraw roślin strączkowych w Polsce pozwoli częściowo zastąpić importowaną śrutę sojową w żywieniu zwierząt (Hanczakowska i Książak 2012) i stworzy korzystniejsze warunki siedliskowe do uprawy innych gatunków roślin.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

Struktura zasiewów w Polsce, w ostatnich latach, nie uległa znaczącym zmianom. Największy spadek w powierzchni upraw dotyczy ziemniaków, które jeszcze w 2000 roku zajmowały 10% ogółu upraw, a w roku 2011 tylko 3,7% (FAOSTAT 2012, GUS 2012). Wzrost odnotowano w powierzchni upraw roślin przemysłowych z 6,5% w 2000 roku do 10,2% w 2011 roku. Powierzchnia upraw roślin pastewnych oscyluje w granicach 8%, natomiast pozostałych waha się od 2,5 do 4%. Niezmiennie w strukturze zasiewów dominują zboża z średnio 74% udziałem w ciągu ostatnich 10 lat. Około 20% wszystkich gruntów ornych w Polsce obsiewanych jest pszenicą, a 11% stanowią mieszanki zbożowe. Zaś areał pszenżyta wzrósł dwukrotnie z 5,6% w 2000 roku do 12% w 2011 roku, z czego około 1% stanowi pszenżyto jare. Udział zbóż w strukturze zasiewów jest stały. Dla porównania rośliny strączkowe uprawiane na nasiona w 2011 roku zajmowały 1,5% ogółu upraw w Polsce, w tym 1,1% to strączkowe pastewne. To najwyższy ich udział w ciągu ostatnich lat i jest efektem polityki wspierania upraw wybranych gatunków roślin bobowatych przez system dopłat współfinansowanych z funduszy strukturalnych Unii Europejskiej.

Konsekwencje, jakie niesie z sobą wieloletnia monokultura zbożowa, zostały opisane przez wielu autorów (Smagacz i Podolska 2010, Małecka i in. 2010, Smagacz i Kuś 2010, Kwiatkowski i Wesołowski 2005). Jaskulski i in. (2012) zaobserwowali spadek plonowania pszenicy ozimej po pszenicy, w porównaniu do uprawy po rzepaku ozimym niezależnie od sposobu uprawy roli – płużnego, minimalnego i bezorkowego. Ścigalska i in. (2011) stwierdzili niższą zawartość pierwiastków śladowych w ziarnie pszenżyta jarego, które było uprawiane w monokulturze w porównaniu do uprawy w płodozmianie. Parylak (2006) odnotowała wzrost porażenia korzeni pszenicy ozimej uprawianej po sobie w porównaniu do uprawy w płodozmianie. Monokultury zbożowe są również przyczyną wzrostu zachwaszczenia roślin, które negatywnie wpływa na produktywność ładu (Kwiatkowski 2009, Deryło i Szymankiewicz 2003). Utrzymanie zdrowotności uprawy zbóż w monokulturze wymaga stosowania intensywnej technologii produkcji, która jest związana z większymi nakładami finansowymi na środki ochrony roślin (Nieróbca 2011, Szeleźniak i in. 2008). Poprawę zdrowotności zbóż uprawianych w krótkotrwałych monokulturach można uzyskać przez siewy mieszane, które mogą być mieszaniną odmian bądź gatunków. Boligłowa i Klima (2010) stwierdzili, że siew

mieszany pszenżyta z innymi zbożami zapewnił lepszą zdrowotność roślin zarówno w uprawie konwencjonalnej jak i ekologicznej.

W celu ograniczenia negatywnego wpływu płodozmianów silnie wysyconych zbożami należy dążyć do zwiększenia bioróżnorodności upraw. Ważną rolę odgrywają tu rośliny strączkowe uprawiane w siewie czystym bądź w mieszankach. Ich szczególna rola w środowisku jest wynikiem charakterystycznej dla tej grupy roślin symbiozy z bakteriami diazotrofowymi mającymi zdolność wiązania azotu atmosferycznego. Współżyjące w symbiozie z bobowatymi bakterie z rzędu *Rhizobiales* produkują enzym nitrogenazę przekształcającą azot atmosferyczny w przyswajalny dla roślin amoniak, dzięki czemu wiążą rocznie około 90 mln ton azotu z atmosfery (Martyniuk 2008, Graham i Vance 2003). Występowanie bakterii symbiotycznych w glebach na terenie Polski jest zróżnicowane. Dość powszechnie występują bakterie typowe dla grochu i bobiku, natomiast bakterie symbiotyczne łubinu występowały w glebach najkorzystniejszych do uprawy łubinu, czyli lekkich i średnio zwięzłych o lekko kwaśnym odczynie, natomiast brak ich w glebach żyznych i ciężkich (Martyniuk 2012). Obecność bakterii jest istotna dla procesu nodulacji, którego efektem jest wiązanie azotu i, co się z tym wiąże, wielkość i jakość plonu. Natomiast efektywność tego procesu może być zwiększona poprzez inokulację, która umożliwia w pełni wykorzystanie potencjału plonotwórczego roślin strączkowych (Hardarson i Atkins 2003). Za przykład, jak duży potencjał plonotwórczy ma łubin wąskolistny mogą służyć dane Eickmeyera (2008), który uzyskał w warunkach optymalnych, na terenie Niemiec, plon nasion odmiany Boregine $5,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Obecność roślin bobowatych przyczynia się do zasilenia puli azotu glebowego, z którego korzystają rośliny należące do innych rodzin i rosnące w sąsiedztwie (Książak 2012). Nadmiar związanego przez bakterie brodawkowe azotu przechodzi w postaci kwasu asparaginowego i β -alaniny z brodawek korzeniowych rośliny bobowatej do podłoża. Część azotu pochodzącego z tego źródła jest pobierana i zużywana przez rośliny zbożowe.

Strączkowe uprawiane są zarówno na paszę, jak i do konsumpcji bezpośredniej. Statystyki podają, iż areał upraw roślin strączkowych jest około 20-krotnie większy w krajach rozwijających się (Azja, Ameryka Południowa, Afryka) w porównaniu do reszty świata (Europa, Ameryka Północna, Australia, Nowa Zelandia i Japonia) i wynosi w przybliżeniu 75 mln ha. Jednak plony są około dwukrotnie wyższe w krajach

rozwiniętych niż rozwijających się. Średni plon nasion roślin strączkowych wynosi 0,89 t·ha⁻¹ (FAOSTAT 2012, Akibode i Maredia 2011).

Rośliny bobowate, ze względu na szerokie możliwości wykorzystywania, zdolność redukcji emisji gazów cieplarnianych i wspomagania sekwestracji węgla są ważnym elementem w rozwoju zrównoważonych systemów uzyskiwania pokarmu oraz energii (Jensen i in. 2012). Celem bezpośrednim zwiększenia areалу upraw roślin strączkowych i motylkowych w Polsce jest rozwój własnej bazy paszowego białka pochodzenia roślinnego. Dodatkowo rośliny te pełnią w przyrodzie ważną rolę sanitarną poprawiając strukturę gleby, wiążąc azot atmosferyczny i pozostawiając stanowisko w lepszym stanie niż zastały (Książak 2000). Harasimowicz-Herman (1998) stwierdziła, że uprawa łubinu żółtego, seradeli oraz lucerny zwiększała zasobność gleby w potas. Ponadto rośliny uprawiane na nasiona gromadziły mniej potasu niż uprawiane na zielonkę.

Wpływ roślin bobowatych na zaopatrzenie gleby w składniki pokarmowe widoczny jest w doświadczeniach gdzie były one stosowane jako przedplon lub międzyplon. Wielu badaczy zaobserwowało tendencję wzrostu plonu wywołaną obecnością na polu roślin bobowatych w stosunku do uprawy w monokulturze (Harasim i Gawęda 2010, Salmerón i in. 2008, Monotti i Stagnari 2008). Sosulski i in. (2011) w 23-letnim eksperymencie odnotowali znacząco wyższe plony ziemniaka, żyta, pszenicy ozimej i jęczmienia jarego uprawianego w płodozmianie z koniczyną czerwoną lub łubinem niż w przypadku monokultur bądź płodozmianów nie zawierających roślin z rodziny bobowatych. Buraczyńska i Ceglarek (2008) odnotowali istotny wzrost plonu ziarna pszenicy ozimej uprawianej po grochu siewnym i mieszance grochu siewnego z pszenżytem jarym. Piekarczyk (2007) wykazał istotnie większą liczbę i masę ziaren pszenicy ozimej po przedplonie z łubinu wąskolistnego w porównaniu do przedplonu z jęczmienia jarego. Natomiast Kozak i Kotecki (2006) zaobserwowali, iż pszenica ozima uprawiana po grochu siewnym plonuje tym wyżej im więcej resztek poźniwnych pozostawiono na stanowisku i im większą obsadę grochu zastosowano. Ponadto większa masa resztek poźniwnych skutkuje wzrostem wydajności białka ogólnego i wartości energetycznej plonu ziarna. Podobne badania przeprowadzili Adhikary i in. (1991) otrzymując większy plon pszenicy po przedplonie z różnych roślin strączkowych bądź ich mieszanek z kukurydzą niż po samej kukurydzy. Ponadto stanowiska, na których

wysiewane były strączkowe w siewie mieszanym lub czystym charakteryzowały się większą zasobnością w węgiel organiczny, potas i fosfor. Pozytywny wpływ bobowatych na glebę przejawia się w poprawie stanu fitosanitarnego, struktury, a także wzrostem aktywności biologicznej i retencji wodnej (Kostuch i Janowski 1999). Strączkowe i motylkowe sprawdzają się również jako rośliny stosowane w siewach mieszanych ze zbożami wnosząc szereg korzyści do takich upraw. W mieszankach plonują wierniej, obniżają koszty uprawy gdyż zapotrzebowanie na nawóz azotowy, środki ochrony roślin i herbicydy jest mniejsze (Noworolnik 2000).

Rozwój chorób podsuszkowych wśród monokultur zbożowych, wzrost zużycia środków ochrony roślin, wysokie zapotrzebowanie na nawozy mineralne i konsekwencja tego – wzrost zanieczyszczenia wód na skutek wymywania niewykorzystanej części nawozów – oto niekorzystne efekty niewłaściwego płodozmiannu. Od wielu lat na całym świecie poszukuje się możliwości wzrostu produktywności roślin nie tylko przez zwiększanie nakładów na przemysłowe środki produkcji, ale również wykorzystywanie zasobów środowiskowych. Prostem i od dawna znanym rozwiązaniem na przełamanie monokulturowej uprawy jest jednoczesny dwóch (lub więcej) roślin na tym samym stanowisku. Wysiew mieszanki roślin może odbywać się na kilka sposobów – od nieuporządkowanego do różnych form siewu uporządkowanego jak rzędowy czy pasowy (Wiech i Kałmuk 2005). Celem jednoczesnej uprawy dwóch bądź większej ilości roślin jest optymalne wykorzystanie przestrzeni zarówno glebowej jak i ponad glebą (Ndakidemi 2006). Dlatego taka uprawa jest popularna w ogrodnictwie czy sadownictwie. Szczególnie ważna jest na obszarach ubogich w ziemię nadające się do uprawy, gdzie ma wielowiekową tradycję np. w Azji, Afryce czy Ameryce Południowej. Bardzo ważny jest efekt stabilizacji plonu gwarantowany przez taki dobór roślin, aby warunki termo-wilgotnościowe zawsze były korzystne choć dla jednego z komponentów. Ponadto mieszanki zbożowo-strączkowe wymagają mniejszych nakładów na środki ochrony roślin oraz nawozy predysponując je do upraw ekologicznych i zrównoważonych.

Główne zalety oprócz optymalnego wykorzystania przestrzeni i gwarantowania stabilności plonu to również stworzenie bariery w przemieszczaniu się chorób i szkodników oraz wzbogacenie bioróżnorodności środowiska rolniczego (Francis 1989). Uprawy mieszane sprzyjają ograniczaniu pojawiania się agrofityfagów oraz wzrostowi

zasiedlania przez pożyteczną entomofaunę (Pridham i Entz 2008, Hurej i Twardowski 2003). Mniejsza podatność mieszanek na porażenie chorobami i szkodnikami jest skutkiem obniżonej ich mobilności w łąnie. To efekt naturalnej fizycznej bariery, jaka powstaje w wyniku sąsiedowania ze sobą różnych gatunków lub odmian roślin. Dodatkowo w sytuacji ograniczonej możliwości ekspansji między agrofagami występuje nasilona konkurencja o pokarm i przestrzeń, co przyczynia się do opóźnienia lub zminimalizowania epidemii. Uprawy współrzędne roślin regulują liczebność oraz skład gatunkowy występujących w nich owadów zarówno pożytecznych, jak i szkodliwych (Tukahirva i Coaker 1982, Farell 1966).

Komponenty mieszanki mogą pełnić względem siebie różne funkcje dodatkowe, jak na przykład podporowa w przypadku gdy roślina o stabilnej łodydze wspiera inną o łodydze wiotkiej (Podleśny 1994). Innym przykładem jest funkcja okrywowa, gdy roślina płożąca się pokrywa odsłoniętą glebę pomiędzy wyżej rosnącymi roślinami chroniąc ją przed utratą wody i zachwaszczeniem. Jednak pojawienie się nowego gatunku w siedlisku związane jest ze zjawiskiem konkurencji międzygatunkowej o składniki odżywcze, wodę i światło. Efektem tego może być lepsze pozyskiwanie składników pokarmowych czy wzrost i rozwój roślin, ale także w niekorzystnej sytuacji obniżka plonów (Gliessman 1985). Chcąc dokładnie określić efektywność uprawy współrzędnej na danym obszarze istotne jest, aby badania prowadzone były w różnych siedliskach. Zróżnicowanie gatunkowe, jakie istnieje w mieszankach zbożowo-strączkowych wykazuje pozytywne oddziaływanie na poziomie strukturalnym, fizjologicznym oraz konkurencyjnym między roślinami objawiające się komplementarnym wykorzystaniem zasobów siedliska (Martin i Snaydon 1982). Rośliny konkurują nie tylko o zasoby glebowe, ale także o światło niezbędne do ich wzrostu i rozwoju. Pojedyncza roślina strączkowa ma większy potencjał konkurencyjny niż jedna roślina zbożowa, jednak ze względu na stosowane gęstości siewu komponent zbożowy ma większą liczebność i wywiera większą presję konkurencyjną na komponent strączkowy. Zboża są z reguły wyższe od strączkowych i w początkowych fazach rozwoju szybciej rosną, co uwidacznia się w warunkach dobrego zaopatrzenia gleby w azot, powodując zacienianie i wolniejszy rozwój strączkowych. Zatem w przypadku konkurowania pod względem wzrostu o plonie mieszanki decyduje komponent słabszy, ale istotnym czynnikiem mającym wpływ

na siłę rywalizacji wewnątrzgatunkowej są wzajemne proporcje wysiewu poszczególnych komponentów.

Wyniki wielu prac potwierdzają wzrost plonu roślin uprawianych wspólnie w porównaniu do siewu czystego, szczególnie gdy jednym z komponentów mieszanki jest roślina bobowata (Pappa i in. 2012, Mahapatra 2011, Ahmad i in. 2008, Tuna i Orak 2007, Grzegorzczuk i Olszewska 1997). Rośliny strączkowe w uprawie wspólniej z roślinami zbożowymi dojrzewają równomierniej, natomiast zboża wykorzystują zasymilowany przez bakterie symbiotyczne i wydzielony do gleby w przyswajalnej formie azot. Drugim pozytywnym efektem obserwowanym w uprawie mieszanek jest zabezpieczenie stabilności plonu przez kompensacyjny wzrost i rozwój gatunków zależnie od warunków siedliskowych i termiczno-wilgotnościowych (Kotecki i in. 2001, Szczygielski 1993, Zielińska i Rutkowski 1980). Ponadto uprawy mieszane oprócz podnoszenia i stabilizacji plonu, redukcji ilości chwastów oraz patogenów chorobotwórczych umożliwiają lepsze wykorzystanie zasobów siedliska jednocześnie nie eksploatując go nadmiernie (Jensen i in. 2005). Strączkowe uprawiane wspólnie np. ze zbożami wiążą więcej azotu atmosferycznego niż pobierają z gleby w porównaniu do ich upraw monokulturowych (Liu i in. 2011). O wysokim potencjale samozaopatrzenia strączkowych w azot świadczy fakt, że azot atmosferyczny stanowi od 86 do 98% całkowitego azotu wbudowanego przez rośliny łubinu wąskolistnego podczas wzrostu (Palmason i in. 1992). Potencjał ten nie jest wykorzystany w sytuacji obfitego zasobu azotu glebowego, którego pobranie przez roślinę jest łatwiejsze niż wiązanie azotu atmosferycznego (Phillips 1980). Zasymilowany azot wydzielany do gleby w przyswajalnej formie jest częściowo pobierany przez komponent zbożowy przyczyniając się do gromadzenia większej ilości białka w ziarnie.

Uprawa wspólna z roślinami strączkowymi dostarcza glebie dodatkowych ilości azotu oraz węgla organicznego, obniża zapotrzebowanie na herbicydy i ryzyko porażki uprawy rośliny w siewie czystym, ale również umożliwia zredukowanie niekorzystnego wpływu suszy na produktywność roślin (Asgharipour i Rafiei 2010). Mieszanki poprawiają uwilgotnienie gleby oraz panujące w niej warunki mikrobiologiczne, co skutkuje większym potencjałem produkcyjnym (Babajewa 2010). Gawęda i Kwiatkowski (2012) stwierdzili redukujący wpływ międzyplonu ścierniskowego w postaci mieszanki łubinu wąskolistnego z grochem siewnym

na liczbę gatunków chwastów pojawiających się w uprawie płuznej pszenicy ozimej w porównaniu do obiektu bez międzyplonu. W mieszankach zbożowo-strączkowych komponent zbożowy wykazuje największą konkurencyjność wobec chwastów, co może być efektem większego pobierania azotu z gleby dzięki jego zwiększonej dostępności wynikającej z obecności komponentu strączkowego, a to pozwala na ograniczeniu stosowania herbicydów (Poggio 2005). Wpływ mieszanek na ograniczenie zachwaszczenia upraw jest co najmniej neutralny, a na pewno zapewniają one zwiększoną dostępność azotu dla zbóż wzmagając ich zdolność konkurencji (Hayden i in. 2012). Głowacka (2006) zaobserwowała, iż zachwaszczenie uprawy pszenicy jarej zostało najsilniej ograniczone przez uprawę współrzedną w porównaniu do płodozmianu i monokultury.

Niektórzy autorzy opisują interakcje między uprawianymi w mieszance gatunkami przez allelopatię, która polega na wydzielaniu przez rośliny do środowiska glebowego specyficznych substancji chemicznych. Mogą one wywoływać efekt pozytywny, negatywny bądź brak reakcji. Ponieważ jednak wszystkie żywe organizmy w glebie wydzielają swoje własne substancje, a dodatkowo w wyniku działalności człowieka wprowadzane są jeszcze inne jak herbicydy czy insektycydy, złożoność takiego układu sugeruje ostrożne interpretowanie tego typu oddziaływań (Gałęzewski 2007, Duer 1997). Przykładem możliwości wykorzystania allelopatycznego oddziaływania roślin bobowatych w mieszance jest stosowanie w Afryce rośliny z rodzaju *Desmodium*, należącej do rodziny bobowatych, do regulacji zachwaszczenia upraw kukurydzy przez półpasożytniczy chwast *Striga* (Hooper i in. 2009).

Produktywność mieszanki często jest wyższa niż zasiewów monokulturowych, jednak otrzymany plon mieszanki zazwyczaj mieści się pomiędzy plonami komponentów w siewach czystych. Aby móc ocenić przydatność danej mieszanki należy oszacować wskaźniki ekwiwalentu terenowego (LER) oraz całkowitego plonu względnego (RYT). W przypadkach, gdy wskaźniki te osiągają wartości wyższe od jedności oznacza to wyższą produktywność mieszanki niż upraw jednogatunkowych. Współczynnik ekwiwalentu terenowego LER w doświadczeniu Ahmada i in. (2008) był najwyższy dla siewu współrzednego roślin w jednym rzędzie w proporcji 1:1 kukurydzy z orzechem ziemnym. Również Hauggaard-Nielsen i in. (2003) potwierdził, przez wyliczenie LER, większą produktywność mieszanki grochu z jęczmieniem niż ich siewów czystych.

Korzystny wpływ uprawy współrzędnej na plony relatywne komponentów odnotowano w licznych pracach (Pappa i in. 2012, Ćupina i in. 2011, Mousa i in. 2007, Bulson i in. 1997, Adhikary i in. 1991).

Skuteczność mieszanki przejawiająca się w lepszym plonowaniu komponentów w porównaniu do upraw monokulturowych w dużej mierze związana jest z odpowiednim dobozem roślin. Wybrane do wspólnej uprawy gatunki oraz ich poszczególne odmiany powinny mieć przede wszystkim podobne wymagania siedliskowe i termin dojrzewania. Zbyt wysoka konkurencyjność roślin względem siebie skutkuje brakiem efektu synergii jaki powinna prezentować mieszanka (Michalska i in. 2008a,b, Rudnicki i Gałęzewski 2007). Rośliny strączkowe są w mieszankach ze zbożami zwykle mniej konkurencyjnym komponentem (Ignaczak i Andrzejewska 1997, Andrzejewska i Ignaczak 1997), natomiast konkurencyjność zbóż rośnie wraz ze wzrostem ich udziału w mieszance (Gałęzewski 2010a,b). Sobkowicz (2005) wskazuje na większe współzawodnictwo korzeni roślin niż kielków w początkowej fazie interakcji pomiędzy komponentami mieszanki. W pełni rozwoju systemy korzeniowe obu komponentów są bardziej komplementarne gdyż zboża płytkim systemem wiązkowym penetrują wierzchnią warstwę gleby, podczas gdy strączkowe posiadają system palowy wnikający głębiej niż zboża w glebę. W doświadczeniu Giunta i in. (2009) porównywano pobranie azotu i w zależności od intensywności fotosyntezy między wybranymi zbożami (pszenica i pszenżyto) i roślinami strączkowymi (bobik i groszek). Największą produktywnością zarówno w plonie ziarna jak i biomasy końcowej wykazało się pszenżyto. Zawartość białka w ziarnie zbóż i nasionach strączkowych w mieszankach zbożowo-strączkowych ustalała się na zasadzie dynamicznej równowagi.

Pszenżyto jest zbożem o ogromnym potencjale plonotwórczym, które po życie odziedziczyło małe wymagania glebowe i wykazuje jeszcze stosunkowo dużą odporność na choroby (Mergoum i in. 2004). Nie wymaga szczególnie dużych nakładów finansowych na przemysłowe środki produkcji (Hackett i Burke 2004). Jest to przede wszystkim zboże paszowe, wykorzystywane w żywieniu większości zwierząt gospodarskich w postaci ziarna, kiszonki, zielonki lub siana (Salmon i in. 2004). Sprawdza się w uprawie monogatunkowej jak i w różnych mieszankach uzupełniając komplementarnie z pozostałymi komponentami paszę w każdej wymienionej wcześniej postaci (Myer i Lozano del Rio 2004). Wszystkie gatunki zbóż można uprawiać

współrzędnie z roślinami strączkowymi, ale ze względu na możliwość wysiewu mieszanki w jednym czasie stosuje się formę jarą zbóż. Mieszanki z udziałem pszenicy wymagają wysiewu na glebach dobrych, jednak biorąc pod uwagę aspekt ekonomiczny rolnicy preferują przeznaczenie takich gleb na uprawę w siewie czystym. Z tego powodu bardziej powszechne są mieszanki z jęczmieniem, pszenżytem lub owsem, które są odpowiednie do wysiewu na glebach średnich i słabych. W przypadku jęczmienia i owsa preferowane są odmiany krótkosłome odporne na wyleganie. Kotwica i Rudnicki (2004) badali kombinacje mieszanek z udziałem łubinu żółtego, grochu pszenżyta, owsa i jęczmienia oraz porównali efekty produkcyjne mieszanek między sobą i z siewami czystymi typując jako najbardziej przydatne mieszanki łubinu z pszenżytem, a następnie z owsem. Natomiast Zawieja i Wojciechowski (2004) stwierdzili istotny statystycznie wzrost plonu pszenżyta uprawianego z soczewicą, czego nie zaobserwowali dla tych samych proporcji wysiewu soczewicy z owsem nagim.

Wysokość roślin zbożowych może powodować zacienianie strączkowych i w ten sposób ograniczać ich rozwój, wtedy plon będzie uzależniony od gatunku wykazującego szybsze tempo wzrostu (Sobkowicz i Podgórska-Lesiak 2007). W ramach komponentu strączkowego, w Polsce najczęściej wysiewany jest groch pastewny i jadalny, łubin żółty i wąskolistny, a także bobik, wyka oraz soczewica. Grochy i bobik wymagają gleb żyznych, zatem dobrze się komponują z pszenicą czy jęczmieniem. Łubiny korzystniej plonują na glebach mniej żyznych, lekkich, o słabo kwaśnym odczynie glebowym (Książak 2007a,b). Ze względu na fakt, że gleby klasy IV i V łącznie stanowią ponad 60% ogółu użytków rolnych w Polsce (GUS 2011), dlatego łubiny mają największe znaczenie gospodarcze spośród strączkowych uprawianych na paszę. Na żyznych glebach okres wegetacji łubinów wydłuża się, natomiast dojrzewanie jest nierównomiernie rozłożone w czasie. Zaletą łubinu żółtego jest większa odporność na pęknięcie strąków, natomiast łubin wąskolistny jest bardziej odporny na antraknozę. Mała podatność łubinu wąskolistnego na antraknozę pozwala wiązać duże nadzieje z zwiększaniem areалу upraw tego gatunku, co może przyczynić się do ograniczania wystąpienia tego patogenu wśród upraw strączkowych oraz zwyczajki ich średnich plonów (Frencel 1997).

Ważnym aspektem wysiewu mieszanki jest udział poszczególnych komponentów, gdyż to on decyduje o wielkości plonu i jego jakości. Najczęściej

spotykany w literaturze jest równy udział składnika zbożowego i strączkowego. Badania na zmiennym udziale komponentów mieszanki nie przynoszą jednak jednoznacznych rezultatów wskazując na polepszenie jednych cech plonu, a pogorszenie innych zależnie od proporcji wysiewu (Księżak i Staniak 2009, Kotecki i in. 2003a,b).

Mieszanki roślin strączkowych ze zbożami są dedykowane na cele paszowe. Mogą być zbierane w różnych fazach dojrzałości, co decyduje o ich przeznaczeniu oraz sposobie wykorzystania. Zwierzęta mogą być żywione zielonką, bądź też zielona masa może być zakiszana. Zbiór odbywający się w dojrzałości pełnej prowadzi do otrzymania mieszanki ziarna z nasionami stanowiącej paszę treściwą o polepszonym składzie aminokwasowym. W uprawie oba komponenty mogą wpływać na siebie powodując uzyskanie korzystniejszej pod względem składu chemicznego mieszanki, niż w wyniku połączenia płodów uprawianych w monokulturze (Pozdišek i in. 2011). Ze względu na obecność w nasionach strączkowych niektórych związków antyżywniowych, wśród których najbardziej niepożądane są alkaloidy, istnieje niechęć do stosowania ich w celach paszowych. Nie jest to uzasadnione, gdyż na skutek pracy hodowlanej obecnie dostępnych jest wiele odmian łubinu o śladowej zawartości alkaloidów. Ponadto w trakcie procesu pozyskiwania preparatów białkowych alkaloidy jako związki rozpuszczalne w wodzie są usuwane (Lampart-Szczapa 1997). Niektóre alkaloidy łubinu i ich pochodne wykazują potencjalne działanie regulujące metabolizm węglowodanów (Dworacka i in. 2006), między innymi sekrecję insuliny przy zbyt wysokim stężeniu glukozy, co mogłyby być wykorzystane w terapii hiperglikemii (Gurrola-Díaz i in. 2008). Zaobserwowano pozytywny wpływ dodatku roślin strączkowych do diety na obniżenie miażdżycogennej frakcji LDL cholesterolu u żywionych zwierząt (Sanaa i in. 2012, Martins i in. 2005, Macarulla i in. 2001). Dodatkowym atutem roślin strączkowych jest wysoka aktywność antyoksydacyjna związków zawartych w mące z nasion w porównaniu do mąki ze zbóż prawdziwych lub rzekomych (Tozzi i in. 2008).

Korzyści ekonomiczne i środowiskowe wynikające z jednoczesnego uprawiania zbóż z roślinami strączkowymi stale wzbudzają zainteresowanie tym sposobem uprawy na całym świecie. Jednak ze względu na fakt, że badania prowadzone są w zróżnicowanych warunkach środowiskowych ich wyniki są często sprzeczne. Agrocenoza, w skład której wchodzi dwie rośliny, generuje dodatkowe interakcje kształtujące różnorodne efekty końcowe takiej uprawy. Ponadto możliwość ochrony

chemicznej roślin jest znacznie ograniczona przez odmienność między jednoliściennymi a dwuliściennymi, co ma swoje konsekwencje ekonomiczne. Mimo licznych badań nie udało się dotychczas jednoznacznie wskazać najkorzystniejszego udziału komponentów mieszanki odpowiednich gatunków dających optymalny efekt takiej uprawy wyrażony w najlepszym pod względem ilości i jakości plonie.

3. CEL BADAŃ

Przeprowadzony eksperyment miał na celu zbadanie wpływu uprawy współrzędnej na plony, cechy morfologiczne oraz na skład chemiczny pszenżyta jarego i łubinu wąskolistnego. Siew współrzędny wykonywany był w czterech różnych proporcjach by wytypować najkorzystniejszą z nich do wysiewu komponentów w skali użytkowej. Ponadto w doświadczeniu użyto dwóch odmian łubinu wąskolistnego. Miało to na celu zbadanie wpływu odmiany łubinu wąskolistnego na kształtowanie się różnic w parametrach otrzymanego plonu poszczególnych komponentów mieszanki.

Celem badań było również określenie możliwości produkcyjnych oraz jakości plonów, co ma istotne znaczenie praktyczne z punktu widzenia potrzeb rynku paszowego. Zdolność produkcyjna mieszanek została opisana za pomocą wskaźników służących analizie oddziaływań międzygatunkowych. Pozwoliło to również zbadać ekologiczny aspekt wysiewanych mieszanek.

4. METODYKA BADAŃ

4.1 Badania polowe

Badania polowe przeprowadzono w latach 2009-2011, na terenie stacji doświadczalnej należącej do Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, która znajduje się na wrocławskim osiedlu Pawłowice (17°02'E, 51°31'N) i jest położona na wysokości 122 m. n. p. m.

Doświadczenie założono metodą „split-plot” na dwa czynniki zmienne, którymi w kolejności były:

I - odmiany łubinu wąskolistnego:

- Graf
- Zeus

II - proporcje wysiewu wyrażone w liczbie nasion i ziaren na 1m²

Łubin wąskolistny	Pszenżyto jare
100	0
80	80
60	160
40	240
20	320
0	400

Wielkość poletek wynosiła 15,0 m². Doświadczenie założone było w czterech powtórzeniach. W celu uniknięcia efektu brzeżnego na skrajnych poletkach wykonano obsiew. Obie odmiany łubinu wąskolistnego wysiewane były z pszenżytem jarym odmiany Dublet.

4.2 Biometria roślin

Przed założeniem doświadczenia określono wartość materiału siewnego określając masę tysiąca sztuk, zdolność kiełkowania oraz czystość. W trakcie wegetacji prowadzono obserwacje rozwoju roślin. Określono liczbę roślin na 1m² po wschodach i przed zbiorem. Na 10 losowo wybranych roślinach każdego gatunku z poletek określono przed zbiorem cechy morfologiczne roślin.

1. Łubin wąskolistny:

- wysokość roślin do wierzchołka pędu głównego,
- wysokość osadzenia I. strąka,
- liczba rozgałęzień I. rzędu,
- liczba strąków na roślinie,
- liczba nasion z 1 rośliny,
- masa nasion z 1 rośliny,
- liczba nasion z 1 strąka,
- masa nasion z 1 strąka,
- masa strączyn z 1 rośliny,
- masa łodyg z 1 rośliny.

2. Pszenżyto jare:

- wysokość roślin,
- długość liścia flagowego,
- długość kłosa,
- liczba ziarniaków w 1 kłosie,
- masa ziarniaków z 1 kłosa,
- masa ziarniaków ze źdźbła produkcyjnego.

Ponadto po zbiorze określono:

- plon nasion i ziarna (sprowadzono do zawartości wody 13%),
- plon słomy (przy zawartości wody 15%),
- masę 1000 sztuk nasion i ziaren.

Z siewów współrzędnych pobrano 500g mieszanki, którą rozdzielono na poszczególne komponenty i określono procentowy udział pszenżyta jarego i łubinu wąskolistnego.

4.3 Badania laboratoryjne

Analizy składu chemicznego nasion i słomy łubinu wąskolistnego oraz ziarna i słomy pszenżyta jarego wykonano w laboratorium Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin. Materiał roślinny przebadano na próbach zbiorczych z czterech powtórzeń.

W nasionach łubinu wąskolistnego i ziarnie pszenżyta jarego oznaczono:

- suchą masę – metodą suszarkowo-wagową,
- azot ogólny (białko ogółem) – zmodyfikowaną metodą Kjeldahla,
- tłuszcz surowy (ekstrakt eterowy) – metodą odtłuszczonej reszty w aparacie Soxhleta,
- włókno surowe – metodą Henneberga-Stohmanna, z użyciem aparatu do ekstrakcji Velp,
- popiół surowy – przez spalanie w temperaturze 600°C,
- K, Ca, Na – metodą fotometrii płomieniowej, z użyciem aparatu Flapho 4,
- Mg, P – metodą kolorymetryczną, z użyciem aparatu Spekol 10.

W słomie łubinu wąskolistnego i pszenżyta jarego oznaczono:

- suchą masę – metodą suszarkowo-wagową,
- azot ogólny (białko ogółem) – zmodyfikowaną metodą Kjeldahla,
- K, Ca, Na – metodą fotometrii płomieniowej, z użyciem aparatu Flapho 4,
- Mg, P – metodą kolorymetryczną, z użyciem aparatu Spekol 10.

Zawartość bezazotowych związków wyciągowych wyliczono odejmując od 100 sumaryczną zawartość białka ogółem, tłuszczu, włókna i popiołu surowego.

Na podstawie wykonanych analiz chemicznych obliczono wydajność białka ogółem i tłuszczu surowego w organach generatywnych z 1 ha, a także określono nagromadzenie makroskładników w części generatywnej i wegetatywnej.

4.4 Oddziaływania międzygatunkowe

By w pełni opisać produktywność roślin uprawianych w mieszankach odniesiono się do współczynnika LER (współczynnik ekwiwalentu terenowego, z ang. *land equivalent ratio*), który wyliczono na podstawie otrzymanych plonów. Za pomocą tego wskaźnika dokonano oceny konkurencji międzygatunkowej pomiędzy komponentami mieszanki. Wskaźnik obliczono w następujący sposób:

$$LER = RYa + RYb \quad \text{gdzie} \quad RYa = \frac{Ya1}{Ya2} \quad \text{oraz} \quad RYb = \frac{Yb1}{Yb2}$$

Ya1 – plon pierwszego komponentu w mieszance z drugim,

Yb1 – plon drugiego komponentu w mieszance z pierwszym,

Ya2 – plon pierwszego komponentu w siewie czystym,

Yb2 – plon drugiego komponentu w siewie czystym.

Wartość wskaźnika powyżej 1 świadczy o pozytywnym oddziaływaniu pomiędzy danymi komponentami.

Po uwzględnieniu udziałów ziarna i nasion (p_1 i p_2) komponentów w mieszance porównano wskaźniki równowagi konkurencyjnej C_b (z ang. *competitive balance index*) obliczane ze wzoru:

$$Cb = \ln \left[\frac{Ya1}{Yb1} \div \frac{Ya2}{Yb2} \times \frac{p1}{p2} \right]$$

Porównano plony mieszanki z średnimi ważonymi plonami komponentów, które były uprawiane w siewie czystym, co wykorzystano do wyznaczenia stosunku plonu rzeczywistego do oczekiwanego A/E (z ang. *actual/expected field ratio*).

$$A/E = Ym \div \frac{p1Ya2 + p2Yb2}{p1 + p2}$$

Gdzie Y_m to plon ziarna/nasion w mieszance, a średnia ważona wyliczona została bazując na udziale komponentów w mieszance.

Oceniono również wskaźnik efektywności wykorzystania azotu NUE (z ang. *nitrogen utilization efficiency*), który porównuje plon ziarna do zawartości azotu w tym ziarnie. Indeks żniwny azotu NHI (z ang. *nitrogen harvest index*) mierzy stosunek azotu zawartego w nasionach do azotu ogółem w nadziemnej części rośliny.

$$NHI = \frac{YNz}{YNzs} \quad NUE = \frac{Yz}{YNzs}$$

Gdzie:

Yz – plon ziarna

YNz – ilość azotu w ziarnie

YNzs – ilość azotu w ziarnie i słomie

4.5 Opracowanie statystyczne

Badane parametry poddane zostały analizie statystycznej i ocenione na poziomie istotności $\alpha=0.05$. Do obliczeń wykorzystano program AWA (Bartkowiak 1978). Przyjęto następujące oznaczenia wyników statystycznie istotnych: * dla $\alpha=0.05$, ** dla $\alpha=0.01$, *** dla $\alpha=0.001$.

5. WARUNKI PROWADZENIA BADAŃ

5.1 Glebowe

Pola doświadczalne usytuowane są w zlewni rzeki Dobra (prawostronny dopływ Widawy). Doświadczenie prowadzone było na glebie lekkiej należącej do klasy bonitacyjnej V (mąda rzeczna, luźny piasek i żwir piaszczysty), który zalicza się do kompleksu zbożowo-pastewnego słabego – odpowiadający żyt niemu słabemu. Wysoki poziom wód gruntowych związany jest z obniżeniem terenu, które powoduje okresowe nadmierne uwilgotnienie. Obecność warstw trudno przepuszczalnych w profilu glebowym jest czynnikiem wzmagającym podmokanie gleby. Jednak w trakcie przebiegu wegetacji gleby tego kompleksu tracą wodę, przez co mogą wykazywać niedobory wilgoci. Skład granulometryczny gleby – piaski gliniaste lekkie podścielone żwirem piaszczystym lub luźnym piaskiem oraz piaski słabo gliniaste głębokie nadają glebie charakter przepuszczalny. Mała zdolność gleb do zatrzymywania wody wiąże się z niską zawartością składników pokarmowych. Ponadto działanie nawozów mineralnych jest ograniczone przez niedobory wody lub nadmiar wody opadowej powodujący szybkie wymywanie niewykorzystanych składników pokarmowych.

Opis profilu glebowego (Liszka-Podkowa A., 2010):

Ap 0-26 (30) cm, poziom próchniczny barwy 10YR 4/1, struktura subangularna słaba, stan uwilgotnienia świeży, układ pulchno-zwięzły, spotykane pojedyncze otoczaki i węgielki, piasek słabogliniasty, przejście poziomu ostre, nieciągłe,

Ap/Cgg 30-38 (40) cm, poziom mieszany barwy 10YR 4/1/ 10YR 7/3, struktura subangularna słaba, stan uwilgotnienia świeży, układ pulchno-zwięzły, widoczne cechy redukcyjne w postaci pojedynczych plamek i pieprzy, piasek słabogliniasty, przejście poziomu ostre nieciągłe,

Cgg1 40-66 (70) cm, poziom skały macierzystej barwy 10YR 7/3 struktura subangularna słaba, nagromadzenia żelaziste barwy 7,5YR 5/6 obecne w postaci plam, zacieków, rurek przykorzeniowych, pieprzy i skupisk rudawców, stan uwilgotnienia

wilgotny, układ pulchno-zwięzły, oglejenie plamiste, piasek luźny, przejście poziomu wyraźnie faliste,

Cgg2 70-88 cm poziom skały macierzystej barwy 10YR 7/2 struktura subangularna słaba, nagromadzenia żelaziste barwy 7,5YR 5/6 obecne w postaci plam, zacieków, rurek przykorzeniowych, stan uwilgotnienia mokry, układ pulchno-zwięzły, oglejenie strefowe, piasek luźny, przejście poziomu ostro-faliste,

G ponad 88 cm, poziom glejowy barwy 10YR 7/1, struktura rozdzielno ziarnista, układ luźny, stan uwilgotnienia mokry, układ pulchno zwięzły, oglejenie całkowite, piasek luźny zwirowaty przechodzący w żwir.

W poziomie dolnym wyraźnie widoczne jest warstwowanie piasków. Poziom wody glebowo-gruntowej na tym terenie odnotowano na głębokości 85 cm.

W laboratorium Katedry Żywienia Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu dokonano oszacowania zasobności gleby w składniki pokarmowe (P, K, Mg), a także oznaczono odczyn i wartość pH (1M KCl, Tab.1).

Tab.1 Odczyn gleby i zawartość makroelementów ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby)

rok	pH	odczyn	P	K	Mg		
2009	5,79	kwaśny	116	bardzo wysoka	71 średnia	12,3	bardzo niska
2010	6,75	obojętny	119	bardzo wysoka	97 niska	35,9	średnia
2011	6,80	obojętny	222	bardzo wysoka	151 wysoka	28,7	niska

5.2 Klimatyczne

Wrocław znajduje się w strefie klimatu umiarkowanego w typie klimatu przejściowego podlegającego wpływom kontynentalnym oraz oceanicznym. Średnia roczna temperatura powietrza to 9°C, natomiast średnia temperatura w okresie wegetacji wynosi 14,5°C. Roczna suma opadów wynosi 500-600 mm, z czego 350 mm przypada na okres wegetacyjny. Roczny przebieg warunków pogodowych w obszarze Wrocławia cechuje najdłuższy w Polsce okres wegetacji trwający średnio 234 dni. Okres bezprzymrozkowy wynosi 270 dni. Średnie usłonecznienie wynosi 1605 godzin w roku, co odpowiada 4 godzinom i 40 minutom dziennie stanowiąc 37% długości dnia (Dubicki i in. 2002, Kosiba 1948).

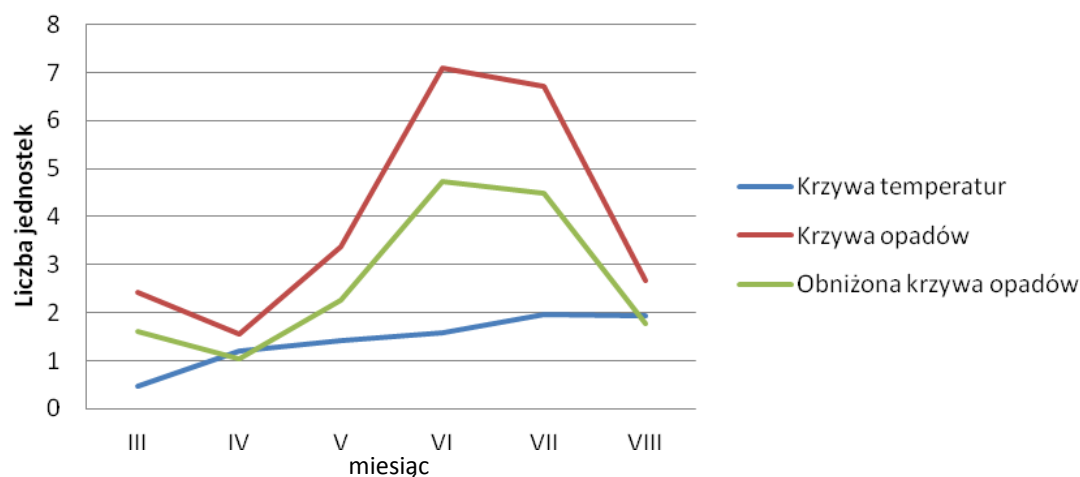
Dane meteorologiczne pochodzą z należącej do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu stacji meteorologicznej znajdującej się na Swojcu i oddalonej o 10 km od miejsca doświadczenia. W roku 2009 średnie temperatury miesięczne były wyższe od średnich wieloletnich w prawie w całym okresie wegetacyjnym. Średnia temperatura kwietnia była o 3,3°C wyższa od wielolecia. Jedynie w lipcu temperatura średnia była niższa od średniej wieloletniej o 1,3°C. Sumy opadów w marcu, kwietniu, maju i sierpniu były zbliżone do średnich wieloletnich. Jednak w czerwcu i lipcu liczne burze z ulewnymi deszczami dały sumę opadów znacznie przekraczającą średnie dla wielolecia. Zwłaszcza w czerwcu suma opadów była ponad 100% wyższa od średniej sumy z lat 1979-2008 (Tab.2). Wykres Waltera przebiegu pogody dla roku 2009 ukazuje wystąpienie krótkich okresów posuchy w kwietniu i sierpniu oraz nadmiar opadów w czerwcu i lipcu (Rys.1).

Temperatury średnie roku 2010 były zbliżone do średnich wieloletnich. Średnia temperatura w roku 2010 w marcu, kwietniu, czerwcu i sierpniu była o niecały 1°C wyższa, w porównaniu z wieloleciem. Średnia temperatura w lipcu była najwyższa w całym okresie wegetacyjnym 2010 roku i wyższa od średniej wieloletniej o 2,5°C. Natomiast w maju temperatura była niższa od średniej z wielolecia. Sumy opadów w marcu, kwietniu i lipcu były zbliżone do średnich sum wieloletnich. W maju suma opadów była niemal trzykrotnie większa niż w latach 1979-2008, a w sierpniu prawie dwukrotnie wyższa. Natomiast czerwiec był miesiącem o najniższej sumie opadów w całym okresie wegetacyjnym, odnotowano wtedy dwukrotnie mniej opadów niż dla wielolecia (Tab.3).

Tab.2 Średnie wartości temperatury i opadów w wybranych miesiącach w roku 2009

Miesiąc	III	IV	V	VI	VII	VIII
Dekada	Temperatura (°C)					
I	5,7	11,9	13,7	13,9	19,9	20,0
II	3,2	11,0	13,7	15,8	19,5	19,2
III	4,9	13,2	15,2	17,6	19,3	18,8
Średnie miesięczne	4,6	12,0	14,2	15,8	19,6	19,3
Średnie wieloletnie z lat 1979-2008	3,4	8,7	14,2	17,1	18,9	18,4
Dekada	Opady (mm)					
I	7,6	0,1	2,5	12,1	58,2	28,4
II	16,8	0,2	25,8	26,8	55,2	19,4
III	23,9	30,6	39,3	102,8	20,8	5,7
Sumy miesięczne	48,3	30,9	67,6	141,7	134,2	53,5
Średnie sumy wieloletnie z lat 1979-2008	34,6	35,4	53,4	67,1	85,9	69,6

Diagram przebiegu pogody w roku 2009

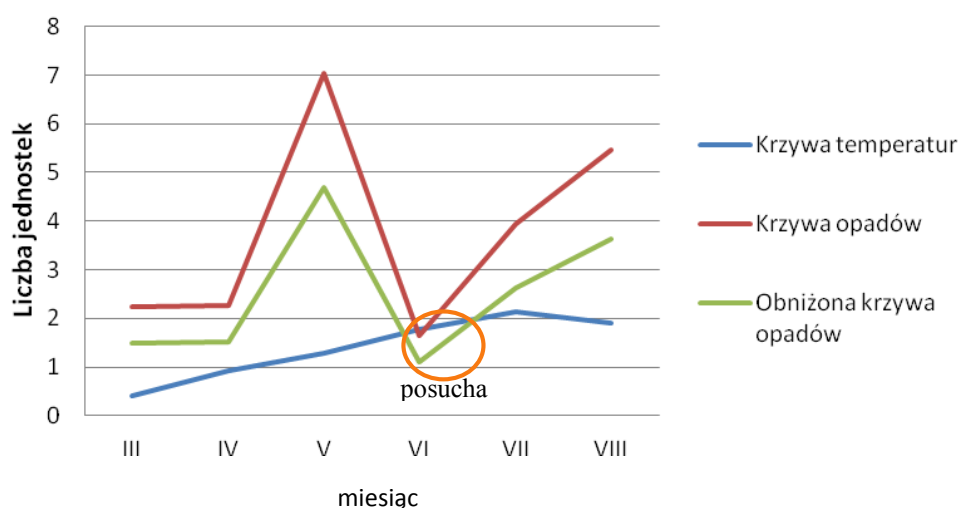


Rys.1 Wykres Waltera przebiegu pogody od marca do sierpnia w roku 2009

Tab.3 Średnie wartości temperatury i opadów w wybranych miesiącach w roku 2010

Miesiąc	III	IV	V	VI	VII	VIII
Dekada	Temperatura (°C)					
I	- 1,1	7,3	12,4	18,6	20,9	19,6
II	3,4	9,5	11,0	16,6	23,7	19,5
III	9,8	11,3	14,6	18,5	19,7	17,9
Średnie miesięczne	4,0	9,3	12,7	17,9	21,4	19,0
Średnie wieloletnie z lat 1979-2008	3,4	8,7	14,2	17,1	18,9	18,4
	Opady (mm)					
I	0,7	19,7	32,1	12,2	2,8	27,3
II	18,4	14,0	75,6	20,7	24,3	34,2
III	25,8	11,7	33,0	-	51,5	47,6
Sumy miesięczne	44,9	45,4	140,7	32,9	78,6	109,1
Średnie sumy wieloletnie z lat 1979-2008	34,6	35,4	53,4	67,1	85,9	69,6

Diagram przebiegu pogody w roku 2010



Rys.2 Wykres Waltera przebiegu pogody od marca do sierpnia w 2010 roku

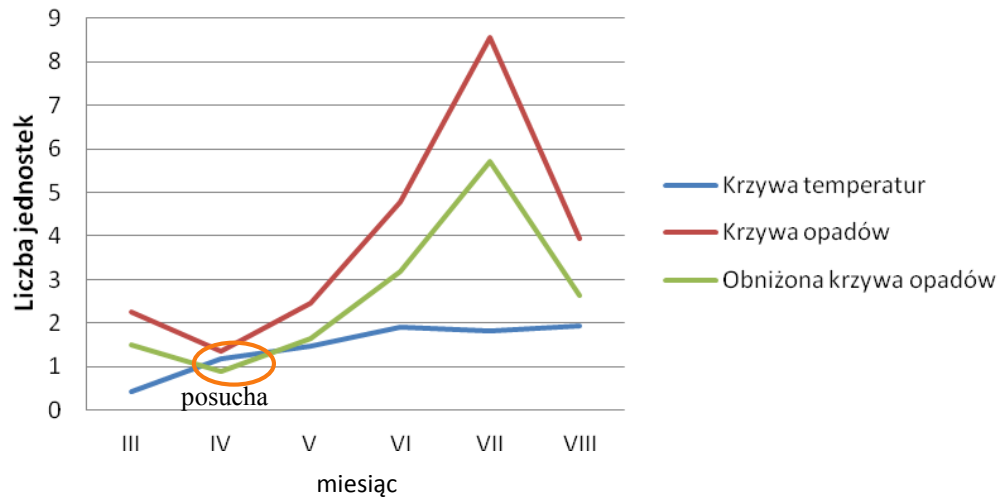
Gdy na wykresie Waltera obniżona krzywa opadów przecina krzywą temperatur występuje posucha, jeśli natomiast krzywa opadów przecina krzywą temperatur obrazuje to okresową suszę. W czerwcu 2010 roku w wyniku niewielkich opadów wystąpiła okresowa posucha, która na wykresie silnie kontrastuje z bardzo wysokimi opadami w maju (Rys.2).

Rok 2011 miał przebieg średnich temperatur zbliżony do średnich z lat 1979-2008. Wszystkie miesiące podczas okresu wegetacji, z wyjątkiem lipca, były cieplejsze w porównaniu do średnich z wielolecia. W kwietniu średnia temperatura była wyższa od wielolecia o 3,2°C, a w czerwcu o 2°C. Sumy opadów od marca do maja oraz w sierpniu były podobne do średnich sum z wielolecia. W czerwcu suma opadów znacznie przekraczała średnią z wielolecia natomiast w lipcu osiągnęła wartość ponad dwukrotnie większą od średniej (Tab.4). Wykres Waltera obrazuje okres posuchy w kwietniu i nadmiar opadów w lipcu (Rys.3).

Tab.4 Średnie wartości temperatury i opadów w wybranych miesiącach w roku 2011

Miesiąc	III	IV	V	VI	VII	VIII
Dekada	Temperatura (°C)					
I	0,3	11,4	10,2	20,5	18,1	19,3
II	6,00	9,7	16,0	18,7	20,3	19,4
III	7,3	14,6	17,9	18,2	16,4	19,2
Średnie miesięczne	4,5	11,9	14,7	19,1	18,3	19,3
Średnie wieloletnie z lat 1979-2008	3,4	8,7	14,2	17,1	18,9	18,4
	Opady (mm)					
I	3,1	10,5	20,3	33,4	54,7	14,1
II	40,7	4,0	17,4	3,1	34,7	34,9
III	1,4	12,5	11,7	59,2	81,5	29,9
Sumy miesięczne	45,2	27,0	49,4	95,7	170,9	78,9
Średnie sumy wieloletnie z lat 1979-2008	34,6	35,4	53,4	67,1	85,9	69,6

Diagram przebiegu pogody w roku 2011



Rys.3 Wykres Waltera przebiegu pogody od marca do sierpnia w 2011 roku

5.3 Agrotechniczne

We wszystkich latach badań, po zebranych przedplonie, resztki poźniwne wprowadzano do gleby gruberem. Później wykonywano orkę zimową. Zespół uprawek przedsięwziętych wiosennych corocznie obejmował zabiegi spulchniająco-wyrównujące wykonane broną ciężką oraz agregatem uprawowym czynnym złożonym z kultywatora sprężynowego i wału strunowego. Siew rozdzielny wykonywany był poletkowym siewnikiem firmy Wintersteiger na głębokość 2-3 cm w przypadku pszenżyta i 3-4 cm w przypadku łubinu wąskolistnego, przy rozstawie rzędów 15 cm. Natomiast jednoczesny zbiór odbywał się za pomocą kombajnu poletkowego Wintersteiger Classic. Nie stosowano herbicydowej regulacji zachwaszczenia. W 2009 roku stosowano oprysk fungicydem, po zaobserwowaniu pierwszych objawów antraknozy na pojedynczych roślinach łubinu wąskolistnego. W pozostałych latach nie obserwowano porażenia antraknozą (Tab.5).

Nawożenie mineralne stosowane było przedsięwzięcie w następujących dawkach:

- N – dawka $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (dodatkowo $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w siewie czystym pszenżyta w fazie strzelania w źdźbło) w formie 32% saletry amonowej,
- P_2O_5 – dawka $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w formie 46% superfosfatu potrójnego,
- K_2O – dawka $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w formie 60% soli potasowej.

Tab.5 Elementy zmienne uprawy w poszczególnych latach

Element uprawy	2009	2010	2011
Przedplon	kukurydza (na ziarno)	ziemniaki	sorgo (na kiszonkę)
Siew	2 IV	26 III	25 III
Oprysk fungicydem (nazwa, dawka, termin)	Amistar 250 SC, $1 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, 13 VII	brak	brak
Oprysk desykantem (nazwa, dawka, termin)	Reglone 200 SL, $3 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, 13 VIII	Reglone 200 SL, $3 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, 5 VIII	Reglone 200 SL, $3 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, 3 VIII
Zbiór	21 VIII	21 VIII	12 VIII

5.4 Zachwaszczenie

Ze względu na dwugatunkowy skład mieszanek chwasty usuwano ręcznie. Chwasty pojawiały się corocznie, na każdym poletku, a ich ilość zależała od zmienności glebowej oraz od składu mieszanki. Suma suchej masy chwastów była najmniejsza w siewach czystych pszenżyta i średnio wynosiła 4,6 gr i zwiększała się wraz ze wzrostem udziału łubinu wąskolistnego w mieszance osiągając najwyższą średnią wartość 28,5 gr w siewach czystych łubinu (Fot.1).

Dominujące gatunki chwastów należały do klasy dwuliściennych: komosa biała (*Chenopodium album* L.) i żóltlica drobnokwiatowa (*Galinsoga parviflora* Cav.) stanowiąc ilościowo w każdym roku badań więcej niż 50% wszystkich gatunków chwastów. Inne regularnie pojawiające się chwasty dwuliścienne to: rdest powojowy (*Fallopia convolvulus* L. A. Löve) i kolankowaty (*Polygonum lapathifolium* L. subsp. *Lapathifolium*), tasznik pospolity (*Capsella bursa pastoris* L.), tobołki polne (*Thlaspi arvense* L.). Z gatunków jednoliściennych spotykano perz właściwy (*Elymus repens* L.) i chwastnicę jednostronną (*Echinochloa crus-galli* L.). Rodzina skrzypowatych reprezentowana była przez skrzyp polny (*Equisetum arvense* L.).

Gugała i Zarzecka (2012) odnotowali występowanie i dominację w większości tych samych gatunków chwastów w uprawie łubinu wąskolistnego odmiany Sonet w warunkach województwo mazowieckiego. Natomiast Buraczyńska (2011) także zaobserwowała, że liczba i powietrznie sucha masa chwastów zwiększała się wraz ze wzrostem udziału łubinu wąskolistnego w mieszance z owsem.



Fot.1 Wschody chwastów a) siew czysty łubinu b) siew mieszany łubinu z pszenżytem

6. ROZWÓJ FAZOWY ROŚLIN

Wybrano najważniejsze fazy rozwojowe i określono liczbę dni od siewu do ich początku. Poszczególne poletka dojrzewały nierównomiernie, zatem za wartość wyznaczającą pojawienie się danej fazy rozwojowej przyjęto osiągnięcie fazy przez 50% roślin w całym eksperymencie.

6.1 Łubin wąskolistny

Rozwój fazowy łubinu wąskolistnego (Fot.2) uzależniony był od warunków pogodowych w latach badań. Niezależnie od czynnika pogodowego odmiana Zeus charakteryzowała się szybszym tempem rozwoju wegetatywnego niż odmiana Graf, a w odniesieniu do rozwoju generatywnego było odwrotnie. Dlatego odmiana łubinu wąskolistnego Zeus jest dedykowana do uprawy na zielonkę. Różne u badanych odmian tempo rozwoju wegetatywnego i generatywnego spowodowało, że na długość okresu wegetacji nie miał wpływu czynnik genetyczny.

W 2009 roku po siewie odnotowano w kwietniu posuchę, która sprawiła, że okres rozwoju wegetatywnego łubinu był najkrótszy w trzyletnich badaniach. Odmiana Graf rozpoczęła kwitnienie z ponad tygodniowym opóźnieniem w porównaniu z odmianą Zeus. Stosunkowo wysokie opady w czerwcu i lipcu sprawiły, że dojrzewanie strąków było wydłużone i zaistniało zagrożenie porażenia antraknozą, dlatego w celu ochrony plonu zastosowano oprysk fungicydem Amistar 250 SC.

Podczas siewów w roku 2010 notowano większą sumę opadów i niższe temperatury niż w 2009 roku, co skutkowało najdłuższym rozwojem wegetatywnym łubinu w całym trzyleciu. Okres kwitnienia wydłużył się wskutek opadów przekraczających o 90 mm średnią sumę w maju i zbiegł się z okresem posuchy, jaki pojawił się w czerwcu. Kolejne fazy osiągnięcia dojrzałości przez nasiona trwały dłużej niż w pozostałych latach i dlatego okres wegetacji był najdłuższy w trzyleciu.

W roku 2011 suma opadów w kwietniu była niższa od średniej wieloletniej, co było przyczyną okresowej posuchy. Nadmiar opadów notowano w lipcu. Taki przebieg pogody nie wpłynął znacząco na wydłużenie faz rozwojowych, które w 2011 roku trwały podobnie jak w poprzednich latach. Jednak widocznym skutkiem takiego przebiegu pogody były niskie plony.

Zbyt wysokie temperatury w początkowym okresie rozwoju łubinu skutkują nadmiernym przyrostem masy wegetatywnej, co ma negatywny wpływ na plon nasion (Jasińska i Kotecki 1993). Ponadto susza w miesiącach letnich może przyczynić się do obniżki plonu, gdyż minimalne wymagania wodne łubinu wąskolistnego w okresie rozwoju generatywnego wynoszą: w czerwcu 80,6 mm, w lipcu 46,9 mm (Dzieżyc, 1989). W badaniach własnych miało to miejsce w roku 2010, kiedy w czerwcu odnotowano okresową posuchę i opady były znacznie poniżej minimalnych wymagań wodnych łubinu wąskolistnego.



Fot.2 Wybrane fazy rozwojowe łubinu a) wschody, b) kwitnienie, c) dojrzewanie nasion

Tab.7 Fazy rozwojowe łubinu wąskolistnego wg skali BBCH w latach 2009-2011

Odmiana łubinu	Data osiągnięcia fazy						Liczba dni od siewu do osiągnięcia fazy					
	Graf			Zeus			Graf			Zeus		
Faza rozwojowa	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Siew – suche nasiona	2 IV	26 III	25 III	2 IV	26 III	25 III	0	0	0	0	0	0
Wschody	10 IV	5 IV	3 IV	8 IV	3 IV	1 IV	8	10	9	6	8	7
Listnienie	20 IV	14 IV	13 IV	17 IV	13 IV	11 IV	18	18	18	15	17	16
Formowanie pędu	5 V	10 V	7 V	2 V	8 V	5 V	33	44	42	30	42	40
Pąkowanie	5 VI	4 VI	29 V	24 V	27 V	22 V	64	69	64	52	61	57
Kwitnienie	14 VI	12 VI	7 VI	1 VI	2 VI	29 V	73	77	73	60	67	64
Koniec kwitnienia	22 VI	27 VI	16 VI	9 VI	11 VI	6 VI	81	92	82	69	76	72
Dojrzałość: zielona	2 VII	5 VII	26 VI	25 VI	24 VI	20 VI	91	100	92	84	89	86
 żółta	21 VII	23 VII	12 VII	20 VII	19 VII	9 VII	110	118	108	109	114	105
 pełna	8 VIII	9 VIII	29 VII	7 VIII	8 VIII	29 VII	128	135	125	127	134	125

6.2 Pszenżyto jare

Rozwój fazowy pszenżyta jarego (Fot.3) miał zmienny przebieg w latach badań wskutek zróżnicowanych warunków termiczno-wilgotnościowych. W porównaniu do średnich wieloletnich w kwietniu 2009 roku, mała suma opadów oraz wysoka średnia temperatura wywołała okresową posuchę, co znacznie przyspieszyło rozwój roślin po wschodach. Opady w maju, a następnie duża ich suma w czerwcu spowodowały szybki wzrost roślin, a kwitnienie było rozciągnięte w czasie. Duża suma opadów w lipcu przyczyniła się do wydłużenia okresu rozwoju generatywnego.

Rok 2010 charakteryzował się odmiennym przebiegiem pogody w porównaniu do pozostałych lat prowadzenia badań. Wysiew odbył się tydzień wcześniej w porównaniu do roku poprzedniego, co spowodowało wydłużenie okresu wschodów. Ponieważ temperatura na początku rozwoju wegetatywnego była niższa niż w roku 2009, fazy związane z tym rozwojem wydłużyły się. Podczas rozwoju generatywnego początkowe fazy uległy skróceniu, gdyż po okresie dużych opadów w maju, nastąpiła okresowa susza w czerwcu. Duża suma opadów w sierpniu, znacznie przekraczająca średnią sumę wieloletnią, wydłużyła dojrzewanie ziarna.

W roku 2011 wysiew miał miejsce pod koniec marca, natomiast warunki pogodowe były zbliżone do 2009 roku. Początkowo opady były niewielkie, z okresową posuchą w kwietniu i niskimi temperaturami, co przedłużyło niektóre fazy rozwoju wegetatywnego. Duże sumy opadów miały miejsce dopiero w czerwcu i lipcu, czego skutkiem było wydłużenie dojrzewania ziarna.

Kalbarczyk (2010) stwierdziła, że pszenżyto jare dobrze znosi okresy suche, jednak reaguje zmniejszeniem plonów na skutek bardzo suchych i skrajnie suchych warunków opadowych w całym okresie wegetacji, a szczególnie podczas rozwoju generatywnego.

Rytm rozwojowy pszenżyta jarego i łubinu wąskolistnego (Fot.4) był dobrze zsynchronizowany gdyż oba gatunki osiągnęły pełną dojrzałość w zbliżonym terminie.

Tab.6 Fazy rozwojowe pszenżyta jarego wg skali BBCH w latach 2009-2011

Faza rozwojowa	Skala BBCH	Liczba dni od siewu do osiągnięcia fazy			Data osiągnięcia fazy		
		2009	2010	2011	2009	2010	2011
Siew – suche nasiona	00	0	0	0	2 IV	26 III	25 III
Wschody	10	8	11	9	10 IV	6 IV	3 IV
Krzewienie	21	33	42	38	5 V	7 V	2 V
Strzelanie w źdźbło	31	43	54	49	15 V	19 V	13 V
Kłoszenie	45	50	67	61	22 V	1 VI	25 V
Kwitnienie	65	72	81	71	13 VI	15 VI	4 VI
Dojrzałość mleczna	75	96	104	94	7 VII	8 VII	27 VI
Dojrzałość woskowa	85	103	111	104	14 VII	15 VII	7 VII
Dojrzałość pełna	99	128	139	126	8 VIII	12 VIII	29 VII



Fot.3 Wybrane fazy rozwojowe pszenżyta jarego a) kwitnienie, b) dojrzałość mleczna



Fot.4 Mieszanka łąbinu wąskolistnego z pszenżytem jarym a) formowanie pędu łąbinu i strzelanie w źdźbło pszenżyta, b) kwitnienia łąbinu i kłoszenie pszenżyta, c) dojrzałość zielona nasion łąbinu i mleczna ziarna pszenżyta, d) dojrzałość pełna nasion i ziarna

7. OBSADA ROŚLIN

Obsada była liczona w dwóch terminach: po wschodach oraz przed zbiorem. W pierwszym przypadku liczone były rośliny łubinu w fazie 2 liści oraz pszenżyta w fazie piórkowania bądź 2 liści.

Nie odnotowano istotnych różnic pomiędzy odmianami łubinu pod względem obsady przez cały sezon wegetacyjny. Ilość wysiewu jest bezpośrednio związana z obsadą. Rok 2009 różnił się istotnie pod względem obsady łubinu od pozostałych lat (Tab.8).

Tab.8 Obsada łubinu wąskolistnego po wschodach i przed zbiorem (średnie dla badanych czynników i lat)

Czynnik	Liczba roślin na 1m ²		
	po wschodach	przed zbiorem	
Odmiana	Graf	53	53
	Zeus	53	52
	<i>NIR</i>	r.n.	r.n.
Liczba nasion na 1m²	100	89	87
	80	73	73
	60	53	53
	40	33	33
	20	17	16
	<i>NIR</i>	2***	2***
Lata	2009	57	55
	2010	52	52
	2011	51	51
	<i>NIR</i>	3**	3*

Liczba roślin pszenżyta jarego po wschodach była zbliżona do założeń teoretycznych. W wyniku krzewienia liczba źdźbeł pszenżyta na 1 m² przed zbiorem była większa od liczby roślin po wschodach, dlatego dla pszenżyta jarego wyliczono współczynnik krzewienia produkcyjnego (Tab.9).

Stopień rozkrzewienia zbóż zależy od wielu czynników, a do najważniejszych zalicza się termin siewu, warunki pogodowe, dostęp do wody i składników pokarmowych. Formy jare krzewią się mniej niż ozime. Rzadsze siewy wpływają na wzrost krzewistości (Tab.9).

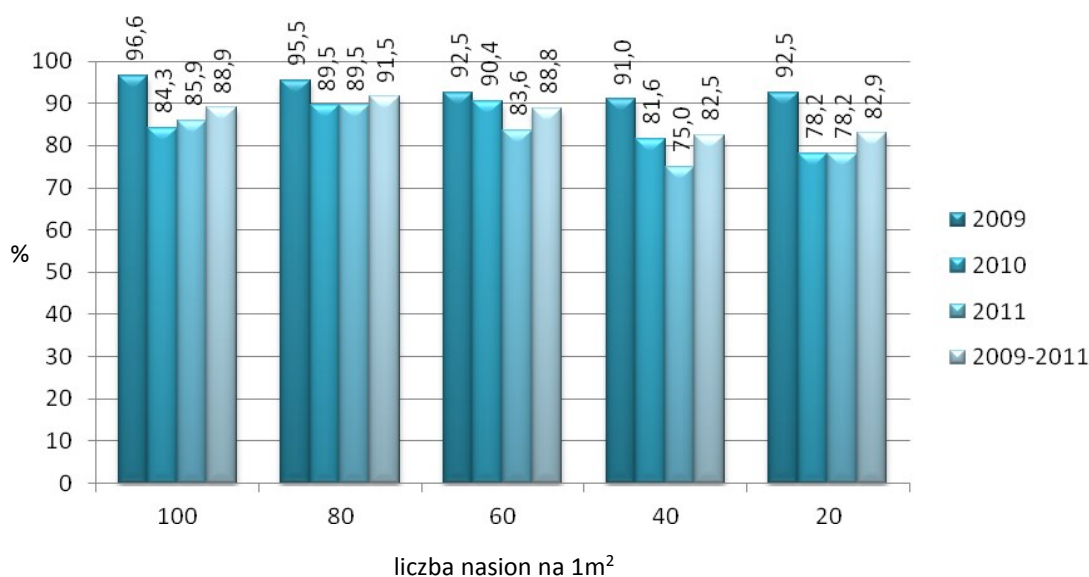
Tab.9 Obsada po wschodach i liczba źdźbeł produkcyjnych przed zbiorem oraz współczynnik krzewienia produkcyjnego pszenżyta jarego (średnie dla badanych czynników i lat)

Czynnik		Liczba roślin po wschodach na 1m ²	Liczba źdźbeł produkcyjnych przed zbiorem na 1m ²	Krzewienie produkcyjne
Odmiana łubinu	Graf	226	274	1,30
	Zeus	225	273	1,31
	<i>NIR</i>	r.n.	r.n.	r.n.
Liczba ziaren na 1m²	80	77	120	1,60
	160	147	200	1,37
	240	225	268	1,21
	320	298	352	1,20
	400	381	429	1,14
	<i>NIR</i>	16***	7***	0,13***
Lata	2009	233	246	1,11
	2010	217	286	1,40
	2011	227	289	1,41
	<i>NIR</i>	r.n.	4***	0,10***

Istotne różnice w obsadzie wynikają przede wszystkim z proporcji wysiewu. Obsadę rzeczywistą odniesiono do teoretycznej i obliczono połowę zdolność wschodów, co pozwoliło porównać wschody w poszczególnych mieszankach i latach. Wyniki przedstawiono na rysunkach 4-5.

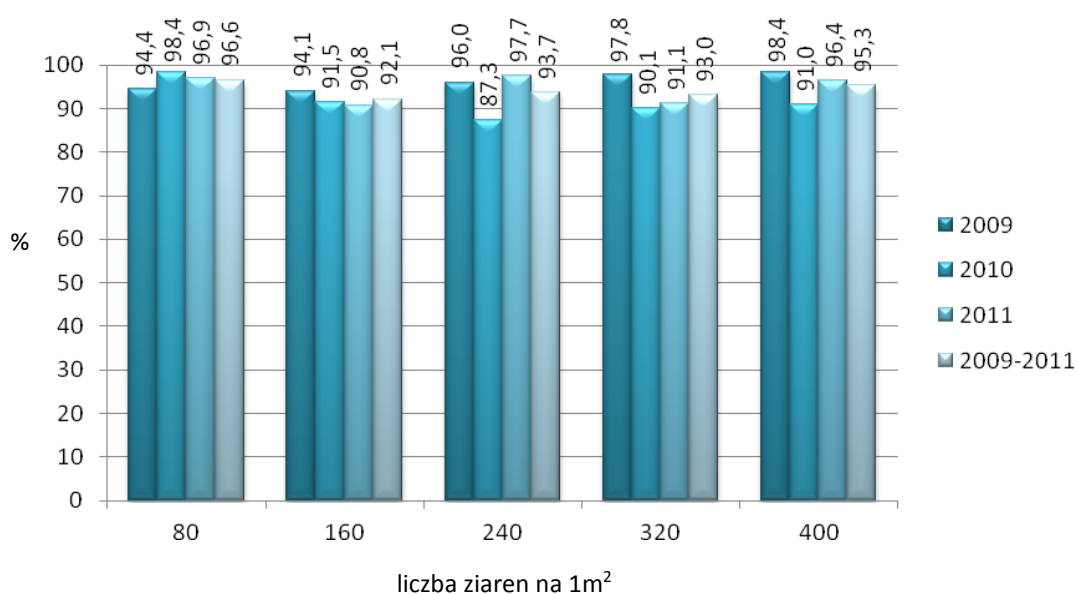
Niezależnie od proporcji wysiewu łubinu wąskolistnego i pszenżyta jarego połowa zdolność wschodów była najwyższa w pierwszym roku badań. Połowa zdolność wschodów łubinu w 2009 roku wahała się w zakresie 90-97%, natomiast w 2010 roku wynosiła 78-90,5%, a w 2011 roku 75-90% (Rys.4).

Rys.4 Polowa zdolność wschodów (%) łubinu wąskolistnego w latach 2009-2011 w zależności od liczba wysiewu 100, 80, 60, 40 lub 20 nasion na 1m²



Polowa zdolność wschodów pszenżyta jarego kształtowała się odmiennie w różnych latach i ilościach wysiewu ziaren. Najwyższą wartość osiągnęła w roku 2009 w siewie czystym. W tym samym roku była również najwyższa w siewie 320 i 160 ziaren na 1m². W roku 2011 pszenżyto najlepiej wschodziło w siewie 240 ziarniaków na 1m², a w 2010 przy wysiewie 80 ziarniaków na 1m² (Rys.5).

Rys.5 Polowa zdolność wschodów (%) pszenżyta jarego w latach 2009-2011 w zależności od ilości wysiewu 80, 160, 240, 320 lub 400 ziaren na 1m²



8. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

8.1 Morfologia łubinu wąskolistnego

Warunki termiczno-wilgotnościowe kształtujące się odmiennie w kolejnych latach doświadczenia były czynnikiem wpływającym istotnie na wszystkie badane cechy morfologiczne łubinu wąskolistnego. Wysokość roślin oraz osadzenia pierwszego strąka, liczba rozgałęzień pierwszego rzędu, strąków na jednej roślinie i nasion z jednej rośliny osiągnęły największe wartości w pierwszym, a najmniejsze w ostatnim roku doświadczenia. Warunki pogodowe w roku 2009 były najkorzystniejsze dla wzrostu i rozwoju łubinu wąskolistnego. Odwrotnie proporcjonalnie do liczby nasion zmieniała się masa tysiąca nasion, która w początkowych dwóch latach miała tą samą wartość a w ostatnim roku była istotnie wyższa od poprzednich (Tab.10-11). Podobny efekt kompensacji można znaleźć w badaniach Koteckiego i in. (2003a) odnośnie łubinu żółtego uprawianego z pszenżytem jarym.

W odniesieniu do wysokości roślin i osadzenia pierwszego strąka oraz liczby rozgałęzień pierwszego rzędu nie zaobserwowano wpływu odmiany łubinu na wartości liczbowe tych cech. Jednak masa tysiąca nasion była istotnie większa u odmiany Zeus (Tab.10). Liczba rozgałęzień pierwszego rzędu, strąków i nasion z jednej rośliny oraz nasion w jednym strąku nie zależała od liczby wysianych nasion łubinu na 1 m². Wysokość roślin i osadzenia pierwszego strąka były istotnie największe w siewie czystym łubinu i malały wraz z spadkiem udziału łubinu w mieszance osiągając istotnie najmniejszą wartość przy najmniejszym wysiewie. Masa tysiąca nasion była istotnie najmniejsza w siewach o największej gęstości – 100 i 80 nasion na 1 m², a największa przy najmniejszym udziale łubinu w mieszance. Masa nasion w jednym strąku była istotnie największa przy siewie 20 i 40 nasion łubinu na 1 m², natomiast najmniejszą wartość osiągnęła w siewie czystym (Tab.11).

Szpunar-Krok i in. (2009) wykazali, że wysokość roślin bobiku, liczba strąków i nasion, masa nasion z rośliny oraz masa tysiąca nasion były wyższe w siewach czystych bobiku niż w siewach mieszanych z owsem. Również Kotecki i in. (2003a) dla mieszanki łubinu żółtego z pszenżytem wykazali, że takie cechy morfologiczne łubinu jak wysokość roślin, liczba rozgałęzień, strąków, nasion oraz masa nasion z rośliny i masa tysiąca nasion przyjmują najkorzystniejsze wartości w siewie czystym.

Tab.10 Cechy morfologiczne łubinu wąskolistnego (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		Wysokość roślin (cm)	Wysokość osadzenia I strąka (cm)	Liczba rozgałęzień I rzędu (szt.)	Masa 1000 nasion (g)
Odmiana	Graf	67	46	3,6	124
	Zeus	68	47	3,3	134
	<i>NIR</i>	r.n.	r.n.	r.n.	4***
Wysiew na 1 m ² (łubin/pszenżyto)	100/0	71	49	3,5	122
	80/80	68	48	3,3	127
	60/160	67	47	3,5	132
	40/240	67	46	3,3	129
	20/320	65	45	3,7	135
	<i>NIR</i>	4*	2**	r.n.	7**
Lata	2009	81	49	4,6	123
	2010	74	55	3,8	123
	2011	45	37	1,9	141
	<i>NIR</i>	5***	3***	0,7***	5***

Tab. 11 Cechy morfologiczne łubinu wąskolistnego – c.d. (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		Liczba strąków na 1 roślinie (szt.)	Liczba nasion z 1 rośliny (szt.)	Liczba nasion w 1 strąku (szt.)	Masa nasion w 1 strąku (g)
Odmiana	Graf	11,9	44,7	3,94	0,48
	Zeus	10,0	36,9	3,75	0,50
	<i>NIR</i>	1,6*	6,5*	r.n.	r.n.
Wysiew na 1 m² (łubin/pszenżyto)	100/0	10,3	38,0	3,88	0,46
	80/80	10,9	40,0	3,73	0,48
	60/160	11,7	43,8	3,78	0,49
	40/240	10,9	41,2	3,93	0,52
	20/320	11,0	40,8	3,92	0,52
		<i>NIR</i>	r.n.	r.n.	r.n.
Lata	2009	16,4	62,2	3,76	0,45
	2010	11,6	42,7	4,23	0,54
	2011	4,8	17,4	3,56	0,48
		<i>NIR</i>	1,9***	7,9***	0,25***

Sobkowicz i Śniady (1999) w badaniach nad mieszankami wyki z pszenżytem stwierdzili wzrost masy i liczby nasion oraz masy tysiąca nasion wyki uprawianej w mieszance w stosunku do jej zasiewów czystych. Podgórska-Lesiak (2009) zaobserwowała, w stosunku do siewu czystego, wzrost liczby strąków grochu uprawianego w mieszance z jęczmieniem oraz spadek liczby i masy nasion w strąku, a także masy tysiąca nasion.

Masa i liczba nasion w jednym strąku nie różniły się istotnie między odmianami łubinu, natomiast liczba strąków i nasion na jednej roślinie były istotnie większe u odmiany Graf (Tab.11). Masa poszczególnych składowych nadziemnej części rośliny - nasion, strączyn, łodyg oraz ich suma - nie kształtowała się pod wpływem odmiany i proporcji wysiewu. Wszystkie składowe masy rośliny zależały istotnie od warunków termiczno-wilgotnościowych i były największe w pierwszym roku badań, a najmniejsze w ostatnim. Struktura plonu wykazuje istotną zależność od badanych czynników. Wszystkie elementy struktury zależały istotnie od ilości wysiewu, a udział nasion i strączyn był najniższy w siewie czystym łubinu i rósł w miarę zmniejszania ilości wysiewu, natomiast udział łodyg był najwyższy w siewie czystym i malał, przyjmując najniższą wartość dla siewu 20 nasion na 1 m². Udział nasion i łodyg zmieniał się w latach badań - w 2010 roku największy był udział nasion, a najmniejszy łodyg. Udział strączyn istotnie zależał od odmiany łubinu wąskolistnego i był największy u odmiany Zeus (Tab.12).

W badaniach Koteckiego i in. (2003a) udział łodyg w strukturze plonu zależał od proporcji wysiewu i był wyższy w mieszance z najmniejszą ilością wysiewu łubinu na 1m². Udział nasion także był uzależniony od ilości wysiewu i największą wartość osiągnął w siewie czystym łubinu. W tych badaniach zarówno przebieg pogody, jak i odmiany, kształtowały udział poszczególnych części roślin w strukturze plonu.

Tab.12 Masa nasion, strączyń i łodyg łubinu wąskolistnego oraz ich udział w strukturze plonu (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		Masa części nadziemnej rośliny (g s.m.)				Struktura plonu (%)		
		nasiona	strączyń	łodygi	razem	nasiona	strączyń	łodygi
Odmiana	Graf	5,30	2,44	4,75	12,65	41,90	19,34	38,76
	Zeus	4,91	2,37	4,45	11,57	41,97	20,25	37,78
	<i>NIR</i>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,70*	r.n.
Wysiew na 1 m ² (łubin/pszenżyto)	100/0	4,46	2,14	5,04	11,64	39,34	18,63	42,03
	80/80	4,88	2,34	4,64	11,85	41,33	19,80	38,87
	60/160	5,54	2,55	4,55	12,55	43,09	19,68	37,23
	40/240	5,31	2,52	4,54	12,49	42,17	20,37	37,46
	20/320	5,34	2,50	4,23	12,01	43,74	20,51	35,75
		<i>NIR</i>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	2,03***	0,81***
Lata	2009	7,52	3,73	7,15	18,39	40,45	20,06	39,49
	2010	5,46	2,39	4,41	12,26	44,49	19,50	36,01
	2011	2,33	1,11	2,24	5,67	40,86	19,83	39,31
		<i>NIR</i>	1,05***	0,48***	0,95***	1,77***	1,80***	r.n.

8.2 Morfologia pszenżyta jarego

Wszystkie badane cechy morfologiczne pszenżyta jarego nie zależały od odmiany łubinu wąskolistnego. Jednak każda z nich zależała od ilości wysiewu pszenżyta w mieszance z łubinem. Wysokość roślin, długość liścia flagowego, długość kłosa i liczba ziaren z jednego kłosa osiągnęły największe wartości przy najrzadszym siewie pszenżyta i stopniowo malały aż do najniższych wartości w siewie czystym. Wysokość roślin i długość liścia flagowego zmieniały się istotnie w latach i osiągnęły najwyższe wartości w 2010 roku, a najniższe w 2011. Długość kłosa była istotnie najmniejsza w 2009, a największa w 2011. Liczba ziaren z jednego kłosa nie zmieniała się istotnie w latach (Tab.13).

Masy nadziemnych części zdźbła produkcyjnego, jak również ich udział w strukturze plonu nie zależały od odmiany łubinu wąskolistnego. Ilość wysiewu pszenżyta nie miała wpływu na strukturę plonu, ale różnicowała istotnie masy poszczególnych elementów plonu oraz sumaryczną. Zarówno masa ziarna jak i słomy były największe przy siewie 80 ziaren na 1 m² i sukcesywnie malały osiągając najmniejszą wartość w siewie czystym pszenżyta. Wszystkie opisywane w tabeli 14 cechy zależne były od warunków termiczno-wilgotnościowych w latach. Masy ziarna, słomy i sumaryczna (nasion i słomy) w pierwszym roku badań miały najmniejsze wartości, a w drugim roku masa słomy oraz sumaryczna osiągnęły najwyższe wartości. Największą masę ziarna odnotowano w roku 2011. Udział ziarna w strukturze plonów rósł odwrotnie proporcjonalnie do udziału słomy pszenżyta (Tab.14).

W badaniach Koteckiego i in. (2003a) wysokość roślin i liczba ziaren w kłosie, a także masa ziaren i słomy z jednej rośliny były największe w mieszankach z najmniejszym udziałem pszenżyta. Masa tysiąca ziaren była istotnie najwyższa w mieszankach przy wysiewie 80 i 160 ziaren na 1 m². Księżak (2010) nie odnotował wpływu udziału grochu w mieszance i odmiany grochu na masę tysiąca ziaren i wysokość roślin jęczmienia jarego. Natomiast Rudnicki i Gałęzewski (2007) wykazali spadek masy ziarna w wieszce i masy zdźbła, wysokości roślin i krzewienia produkcyjnego owsa wraz z rosnącym udziałem zboża w mieszance z łubinem żółtym.

Tab.13 Cechy morfologiczne pszenżyta jarego (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		Wysokość roślin (cm)	Długość liścia flagowego (cm)	Długość kłosa (cm)	Liczba ziaren z 1 kłosa (szt.)	Masa 1000 ziaren (g)
Odmiana	Graf	91	10,9	7,0	41,1	44,6
	Zeus	92	10,9	7,0	43,7	44,0
	NIR	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Wysiew na 1 m² (lubin/pszenżyto)	80/80	95	12,7	8,0	48,1	46,6
	60/160	93	11,3	7,3	44,4	45,5
	40/240	91	10,6	7,0	44,2	44,0
	20/320	91	10,2	6,7	40,2	43,0
	0/400	88	9,7	6,1	35,1	42,4
	NIR	3***	0,7***	0,4***	4,8***	1,3***
Lata	2009	95	9,9	6,4	40,3	37,7
	2010	100	13,3	7,2	43,4	44,1
	2011	80	9,6	7,5	43,5	51,2
	NIR	3***	0,7***	0,3***	r.n.	2,4***

Tab.14 Masa ziarna i słomy pszenżyta jarego oraz ich udział w strukturze plonu (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		Masa nadziemnej części źdźbła produkcyjnego (g)			Struktura plonu (%)	
		ziarno	słoma	razem	ziarno	słoma
Odmiana	Graf	1,79	1,68	3,33	51,73	48,27
	Zeus	1,90	1,61	3,32	52,96	47,04
	NIR	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Wysiew na 1 m² (łubin/pszenżyto)	80/80	2,18	2,08	4,26	50,70	49,30
	60/160	1,95	1,75	3,63	52,66	47,34
	40/240	1,82	1,61	3,38	53,29	46,71
	20/320	1,74	1,51	2,77	52,35	47,65
	0/400	1,53	1,29	2,61	52,75	47,25
	NIR	0,23***	0,19***	0,40***	r.n.	r.n.
Lata	2009	1,39	1,39	2,78	49,77	50,23
	2010	1,92	1,89	3,81	50,35	49,65
	2011	2,22	1,66	3,39	56,92	43,08
	NIR	0,24***	0,16***	0,57**	1,85***	1,85***

8.3 Skład mineralny łubinu wąskolistnego i pszenżyta jarego

Zróznicowany układ warunków pogodowych w latach badań był czynnikiem istotnie różnicującym zawartość wszystkich składników mineralnych w nasionach łubinu wąskolistnego. Najwięcej potasu odnotowano w roku 2009, wapnia w 2010 roku, a magnezu w 2010 i 2011 roku. Sód i fosfor występowały w największej ilości w 2011 roku. Najwyższą zawartość magnezu miały nasiona z mieszanki o najmniejszym udziale łubinu. Odmiana łubinu wąskolistnego kształtowała zawartość sodu w nasionach. Zawartość azotu w nasionach zależała od wszystkich badanych czynników i w największym stopniu była determinowana przez przebieg pogody, a następnie w mniejszym stopniu od ilości wysiewu i odmiany (Tab.15).

Masa nagromadzonych składników mineralnych w nasionach łubinu wąskolistnego zależała od wszystkich badanych czynników i była funkcją plonu i zawartości pierwiastka. Ponieważ plon nasion zmieniał się w większym stopniu niż skład chemiczny, dlatego wydajność składników była proporcjonalna do plonów i osiągnęła najwyższą wartość w siewie czystym. Odmiana łubinu Graf gromadziła istotnie więcej K, P, Ca, Mg i Na niż odmiana Zeus. Fosforu, potasu i magnezu nasiona łubinu zgromadziły istotnie najwięcej w 2009 roku, wapnia w roku 2010, a sodu w 2011 (Tab.16).

Zawartość składników mineralnych w słomie łubinu wąskolistnego zależała istotnie, w większości przypadków, od odmiany łubinu oraz od lat. Azotu, fosforu potasu i wapnia było więcej u odmiany Graf niż u Zeus, a zawartość sodu była uzależniona od ilości wysiewu łubinu w mieszance. W rok 2009 w słomie łubinu było najwięcej azotu, fosforu, potasu i sodu, w roku 2010 magnezu, a w ostatnim roku badań wapnia 2010 (Tab.17).

Nagromadzenie makroelementów związane było z ilością wysiewu i dlatego najwyższe wartości notowano w warunkach czystego siewu. Przebieg pogody w latach istotnie różnicował nagromadzenie składników w słomie łubinu i w każdym przypadku największa ich masa była w roku 2009, co było związane z największymi plonami. Nagromadzenie magnezu i sodu nie różniło się między odmianami, a pozostałe składniki w większej ilości występowały w odmianie łubinu Graf (Tab.18).

Tab.15 Zawartość składników mineralnych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w nasionach łubinu wąskolistnego (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		N	P	K	Mg	Ca	Na
Odmiana	Graf	60,1	5,09	8,01	3,18	2,38	0,25
	Zeus	56,2	5,11	7,84	3,21	2,30	0,21
	<i>NIR</i>	1,1***	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,03*
Wysiew na 1 m ² (łubin/pszenżyto)	100/0	54,6	5,04	7,67	3,16	2,29	0,22
	80/80	58,0	5,19	8,10	3,14	2,34	0,25
	60/160	59,3	5,14	8,12	3,23	2,37	0,21
	40/240	59,4	5,07	7,84	3,03	2,40	0,22
	20/320	59,2	5,08	7,92	3,41	2,30	0,24
		<i>NIR</i>	1,7***	r.n.	r.n.	0,17**	r.n.
Lata	2009	55,2	5,09	8,83	2,93	1,69	0,11
	2010	61,5	4,93	7,73	3,33	3,19	0,09
	2011	57,6	5,27	7,23	3,33	2,13	0,48
		<i>NIR</i>	1,3***	0,12***	0,37***	0,13***	0,17***

Tab.16 Nagromadzenie składników mineralnych (kg·ha⁻¹) w nasionach łubinu wąskolistnego (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		N	P	K	Mg	Ca	Na
Odmiana	Graf	112,9	9,7	15,7	5,9	4,5	0,37
	Zeus	89,5	8,3	13,3	5,0	3,5	0,21
	<i>NIR</i>	11,8**	1,3*	2,3*	0,8*	0,3****	0,09**
Wysiew na 1 m ² (łubin/pszenżyto)	100/0	165,8	15,0	23,4	9,3	6,9	0,50
	80/80	128,6	11,3	18,5	6,8	5,1	0,43
	60/160	99,9	8,7	14,6	5,4	3,8	0,24
	40/240	74,5	6,5	10,5	3,8	2,8	0,19
	20/320	37,3	3,3	5,4	2,1	1,4	0,10
	<i>NIR</i>	18,6****	2,1****	3,7****	1,3****	0,4****	0,14****
Lata	2009	146,4	13,5	23,5	7,7	4,5	0,29
	2010	109,1	8,9	13,7	5,9	5,7	0,16
	2011	48,1	4,5	6,2	2,8	1,8	0,42
	<i>NIR</i>	14,4****	1,6****	2,8****	1,0****	0,3****	0,11**

Tab.17 Zawartość składników mineralnych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w słomie łubinu wąskolistnego (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		N	P	K	Mg	Ca	Na
Odmiana	Graf	8,4	2,05	6,13	2,46	5,10	0,48
	Zeus	7,0	1,59	4,31	2,46	3,95	0,54
	<i>NIR</i>	0,7***	0,23**	0,95**	r.n.	0,49***	0,05*
Wysiew na 1 m ² (lubin/pszenżyto)	100/0	8,3	1,92	5,41	2,48	4,34	0,46
	80/80	7,9	1,87	5,52	2,45	4,80	0,50
	60/160	7,1	1,66	5,46	2,36	4,20	0,49
	40/240	7,5	1,72	5,43	2,50	4,62	0,48
	20/320	7,6	1,93	5,08	2,52	4,63	0,61
		<i>NIR</i>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Lata	2009	9,5	2,37	9,94	2,50	3,79	0,98
	2010	6,4	0,91	3,82	1,94	6,14	0,22
	2011	7,3	2,17	1,90	2,95	3,66	0,33
		<i>NIR</i>	0,8***	0,28***	1,16***	0,30***	0,59***

Tab.18 Nagromadzenie składników mineralnych (kg·ha⁻¹) w słomie łubinu wąskolistnego (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		N	P	K	Mg	Ca	Na
Odmiana	Graf	36,2	8,36	31,1	9,42	19,8	2,06
	Zeus	27,3	6,08	21,5	8,48	13,9	2,56
	<i>NIR</i>	6,7*	2,00*	9,6*	r.n.	3,4**	r.n.
Wysiew na 1 m ² (łubin/pszenżyto)	100/0	58,8	13,44	46,6	15,55	28,8	3,70
	80/80	44,6	10,18	38,4	11,78	24,9	3,19
	60/160	27,3	6,02	22,2	8,52	14,2	2,34
	40/240	19,0	4,16	17,1	6,04	11,0	1,43
	20/320	9,0	2,31	7,4	2,87	5,5	0,89
		<i>NIR</i>	10,6***	3,16***	15,2**	3,00***	5,4***
Lata	2009	59,8	14,74	62,6	14,87	22,7	5,60
	2010	23,0	3,16	13,4	6,73	21,5	0,75
	2011	12,4	3,76	3,1	5,25	6,4	0,59
		<i>NIR</i>	8,2***	2,45***	11,8***	2,32***	4,2***

Zawartość żadnego ze składników mineralnych w ziarnie pszenżyta uprawianego współrzędnie z łubinem nie zależała istotnie od odmiany łubinu. Zarówno azot, fosfor jak i potas różnicował pod wpływem udziału łubinu i pszenżyta w mieszance. Ich zawartość malała wraz ze wzrostem gęstości siewu zboża, a spadkiem udziału komponentu strączkowego. Zawartość pozostałych składników nie różnicowała się pod wpływem tego czynnika. Natomiast warunki termiczno-wilgotnościowe w poszczególnych latach miały duży wpływ na skład chemiczny ziarna. W roku 2009 w ziarnie było najwięcej azotu i potasu, w 2010 wapnia, natomiast w 2011 fosforu, magnezu i sodu (Tab.19).

Nagromadzenie wszystkich makroskładników było związane z ilością wysiewu pszenżyta w mieszance i zwiększało się ze wzrostem jego udziału, osiągając największą wartość w siewie czystym. Odmiana łubinu miała istotny wpływ tylko na nagromadzenie sodu, którego więcej było w ziarnie pszenżyta uprawianego z odmianą Zeus. Średnie nagromadzenie badanych składników mineralnych w latach było znacząco różnicowane w przypadku potasu – największe w roku 2009, magnezu i wapnia – największe w 2010 roku, sodu – największe w roku 2011 (Tab.20).

Zawartość makroskładników w słomie pszenżyta zależała od przebiegu pogody w latach. Najwięcej azotu, fosforu, potasu i sodu było w roku 2009, wapnia w 2010 roku, a magnezu w ostatnim roku badań. Odmiana łubinu wpłynęła istotnie na zawartość fosforu, którego większą zawartość odnotowano w mieszankach z odmianą Graf. W słomie pszenżyta udział komponentów w mieszance miał wpływ na zawartość azotu, fosforu i potasu, a ich poziom był proporcjonalny do udziału łubinu w mieszance (Tab.21).

Nagromadzenie azotu w słomie pszenżyta zależało istotnie tylko od składu mieszanki i rosło z ilością wysiewu pszenżyta. Masa potasu i sodu była największa w 2009 roku, fosforu i magnezu w roku 2011, a potasu w 2010 roku. Proporcje wysiewu w mieszankach kształtowały w słomie masę magnezu, wapnia i sodu. (Tab.22).

Większe gromadzenie azotu przez nasiona strączkowych i w ziarnie zbóż dla mniejszych ilości wysiewu w mieszankach może być związane konkurencją o zasoby środowiska. Taki efekt zaobserwowali Martin i in. (1998) w uprawie soi w siewie czystym i współrzędnym. Książak i Staniak (2009) w nadziemnej masie roślin pochodzących z mieszanek zbożowo-strączkowych nie stwierdzili zmian zawartości

składników mineralnych w latach, ale wykazali większą zawartość fosforu i wapnia w mieszankach z 75% udziałem strączkowych oraz potasu w mieszankach z 50% udziałem. Borowiecki i Książak (1998) także nie odnotowali zmiany zawartości makroskładników w całych roślinach w latach, a jedynie tendencję do większej zawartości wapnia w mieszankach grochu i jęczmienia oraz potasu w mieszankach grochu z owsem. Badania Próchnickiej (2013) dowiodły, że termin zbioru ma istotny wpływ na koncentrację składników mineralnych, co ma związek z fazą rozwojową roślin. Kotecki i in. (2003b) nie stwierdzili wpływu proporcji wysiewu na skład mineralny nasion łubinu żółtego ani ziarna pszenżyta. Wyjątkiem jest zawartość azotu w ziarnie, która analogicznie jak w badaniach własnych była tym większa im mniejszy był udział pszenżyta w mieszance. Skład mineralny słomy zależał istotnie od ilości wysiewu i w przypadku każdego makroelementu malał wraz ze wzrostem udziału pszenżyta w mieszance. Natomiast nagromadzenie składników mineralnych w nasionach łubinu żółtego i ziarnie pszenżyta jarego niemal w każdym przypadku było zależne od odmiany łubinu, ilości wysiewu oraz lat. W badaniach Liszki-Podkowy (2010) uzyskano wzrost zawartość magnezu i wapnia oraz poprawę stosunku molowego $K:(Mg+Ca)$ w roślinach uprawianych współrzędnie.

Odpowiednia zasobność i dostępność makroskładników jest szczególnie ważna dla jakości plonu nasion niskoalkaloidowych odmian łubinu. Dowiedziono, że niedobór fosforu, a zwłaszcza nadmiar potasu może ograniczać akumulację alkaloidów w nasionach (Gremigni i in., 2003; Gremigni i in., 2001).

Tab.19 Zawartość składników mineralnych ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w ziarnie pszenżyta (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		N	P	K	Mg	Ca	Na
Odmiana	Graf	19,9	3,22	3,04	2,64	0,32	0,18
	Zeus	20,2	3,30	3,07	2,61	0,31	0,21
	<i>NIR</i>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Wysiew na 1 m ² (lubin/pszenżyto)	80/80	22,5	3,41	3,21	2,76	0,34	0,19
	60/160	20,6	3,26	3,09	2,68	0,36	0,18
	40/240	20,0	3,27	3,11	2,43	0,31	0,19
	20/320	18,7	3,17	2,94	2,52	0,27	0,19
	0/400	18,5	3,18	2,95	2,73	0,30	0,21
		<i>NIR</i>	1,1***	0,13*	0,16*	r.n.	r.n.
Lata	2009	20,7	3,39	3,74	2,10	0,32	0,22
	2010	19,5	2,93	2,96	3,03	0,51	0,00
	2011	19,9	3,45	2,49	2,73	0,12	0,36
		<i>NIR</i>	0,9*	0,10***	0,12***	0,26***	0,07***

Tab.20 Nagromadzenie składników mineralnych (kg·ha⁻¹) w ziarnie pszenżyta jarego (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		N	P	K	Mg	Ca	Na
Odmiana	Graf	52,1	8,55	8,07	7,01	0,85	0,47
	Zeus	52,4	8,60	8,11	6,98	0,85	0,52
	<i>NIR</i>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,05*
Wysiew na 1 m ² (lubin/pszenżyto)	80/80	34,4	5,22	4,89	4,26	0,52	0,29
	60/160	47,1	7,46	7,03	6,21	0,83	0,42
	40/240	53,9	8,79	8,35	6,62	0,83	0,49
	20/320	58,4	9,90	9,29	7,87	0,87	0,58
	0/400	67,6	11,51	10,90	10,03	1,18	0,70
		<i>NIR</i>	7,7***	1,08***	1,06***	1,16***	0,21**
Lata	2009	52,3	8,75	9,58	5,54	0,75	0,59
	2010	55,6	8,43	8,55	8,75	1,49	0,00
	2011	49,0	8,54	6,14	6,71	0,30	0,90
		<i>NIR</i>	r.n.	r.n.	0,82***	0,90***	0,16***

Tab.21 Zawartość składników mineralnych (g·kg⁻¹) w słomie pszenżyta (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		N	P	K	Mg	Ca	Na
Odmiana	Graf	4,42	1,03	5,12	2,15	1,20	0,19
	Zeus	4,34	0,94	5,05	2,06	1,16	0,17
	<i>NIR</i>	r.n.	0,07*	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Wysiew na 1 m ² (lubin/pszenżyto)	80/80	5,13	1,26	6,82	2,19	1,24	0,18
	60/160	4,53	1,04	5,69	1,98	1,19	0,18
	40/240	4,13	0,97	5,09	2,06	1,20	0,18
	20/320	3,98	0,86	4,18	2,08	1,17	0,18
	0/400	4,11	0,78	3,67	2,22	1,09	0,18
	<i>NIR</i>	0,29***	0,11***	0,90***	r.n.	r.n.	r.n.
Lata	2009	5,09	1,14	7,18	2,32	0,85	0,34
	2010	3,71	0,71	5,84	1,30	1,87	0,07
	2011	4,33	1,09	2,25	2,70	0,82	0,14
	<i>NIR</i>	0,23***	0,09***	0,70***	0,17***	0,14***	0,03***

Tab.22 Nagromadzenie składników mineralnych (kg·ha⁻¹) w słomie pszenżyta jarego (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		N	P	K	Mg	Ca	Na
Odmiana	Graf	17,3	3,89	19,5	8,61	5,23	0,70
	Zeus	15,8	3,30	18,3	7,52	4,61	0,58
	<i>NIR</i>	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,61*	0,12*
Wysiew na 1 m² (lubin/pszenżyto)	80/80	12,3	3,07	16,2	5,33	3,25	0,43
	60/160	13,6	3,10	15,9	6,22	3,58	0,50
	40/240	17,3	4,00	22,2	8,29	5,60	0,71
	20/320	18,1	3,80	20,3	9,13	5,83	0,77
	0/400	21,5	4,01	20,0	11,35	6,34	0,80
		<i>NIR</i>	4,2**	r.n.	r.n.	2,44**	0,96***
Lata	2009	15,2	3,38	20,9	7,28	2,62	1,10
	2010	17,7	3,23	27,2	6,38	8,99	0,29
	2011	16,8	4,18	8,6	10,53	3,15	0,54
		<i>NIR</i>	r.n.	0,73*	5,2***	1,89**	0,75***

8.4 Zawartość składników pokarmowych w łubinie wąskolistnym i pszenżycie jarym

Zawartość popiołu surowego w nasionach łubinu nie zależała w istotny sposób od badanych czynników (Tab.23). Ilość wysiewu łubinu w mieszance kształtowała zawartość białka ogółem, a najmniejszą wartość notowano w siewie czystym. Odmiana Graf miała więcej białka ogółem i włókna surowego niż Zeus. W roku 2009 nasiona zawierały najwięcej tłuszczu surowego i bezazotowych związków wyciągowych, a w 2010 roku białka ogółem.

Zawartość białka ogółem w ziarnie pszenżyta zmieniała się istotnie w latach badań i zależała od udziału w mieszance komponentów. Jego zawartość istotnie malała wraz ze wzrostem udziału zboża osiągając najmniejszą wartość w siewie czystym pszenżyta, a najwięcej tego składnika było 2009 roku. Suma opadów w okresie wegetacyjnym w 2009 roku była porównywalna z pozostałymi latami prowadzenia badań jednak ich rozkład w poszczególnych miesiącach był odmienny. Największe sumy opadów przypadały na czerwiec i lipiec, co umożliwiło gromadzenie składników pokarmowych w nasionach. Natomiast sierpień był stosunkowo suchy, dzięki czemu nasiona szybciej dojrzewały. Poziom tłuszczu, włókna i popiołu surowego kształtował się pod wpływem przebiegu pogody w latach (Tab.24).

Zawartość białka ogółem oraz popiołu surowego w słomie łubinu zależała przebiegu pogody w latach i odmiany. W odniesieniu do wymienionych wyżej składników była wyższa u odmiany Graf niż Zeus. Największą zawartość białka ogółem odnotowano w 2009 roku, a popiołu surowego w 2011 (Tab.25).

Zawartość białka ogółem i popiołu surowego w słomie pszenżyta w istotnym stopniu zależała od przebiegu pogody. Poziom białka ogółem był najwyższy w 2009 roku, a ponadto jego zawartość kształtowała się pod wpływem ilości wysiewu i osiągnęła największe wartości przy siewie 80 i 160 ziaren pszenżyta na 1 m² (Tab.26).

Tab.23 Zawartość składników pokarmowych (g·kg⁻¹) w nasionach łubinu (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		Białko ogółem	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	Popiół surowy	BAW*
Odmiana	Graf	375,2	59,8	189,9	45,3	329,8
	Zeus	351,0	64,4	179,3	44,7	360,6
	<i>NIR</i>	6,7***	2,5**	7,7*	r.n.	11,6***
Wysiew na 1 m² (łubin/pszenżyto)	100/0	341,2	60,1	191,6	45,0	362,3
	80/80	362,7	62,7	182,3	44,8	347,6
	60/160	370,8	63,7	179,9	45,3	340,3
	40/240	371,1	61,8	185,8	44,8	336,5
	20/320	370,0	62,0	183,5	45,2	339,4
		<i>NIR</i>	10,7***	r.n.	r.n.	r.n.
Lata	2009	344,9	67,4	185,2	45,0	357,6
	2010	384,2	60,9	179,1	44,7	331,0
	2011	360,2	57,8	189,5	45,4	347,1
		<i>NIR</i>	8,3***	3,0***	r.n.	r.n.

*BAW – związki bezazotowe wyciągowe

Tab.24 Zawartość składników pokarmowych (g·kg⁻¹) w ziarnie pszenżyta (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		Białko ogółem	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	Popiół surowe	*BAW
Odmiana	Graf	116,1	17,0	35,0	21,5	810,5
	Zeus	117,7	16,9	35,1	22,5	807,8
	<i>NIR</i>	r.n.	r.n.	r.n.	0,6**	r.n.
Wysiew na 1 m ² (lubin/pszenżyto)	80/80	131,2	17,4	36,1	22,9	792,5
	60/160	120,1	15,9	34,5	21,8	807,7
	40/240	116,5	17,2	35,0	21,9	809,4
	20/320	108,8	16,6	34,7	21,5	818,5
	0/400	107,8	17,6	35,1	21,9	817,6
	<i>NIR</i>	6,5***	r.n.	r.n.	r.n.	6,9***
Lata	2009	120,5	18,4	31,7	23,1	806,3
	2010	113,9	18,7	35,4	21,9	810,1
	2011	116,3	13,7	38,1	21,0	811,0
	<i>NIR</i>	5,0*	1,9***	2,3**	0,7***	r.n.

*BAW – związki bezazotowe wyciągowe

Tab.25 Zawartość białka ogółem i popiołu surowego ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w słomie łubinu wąskolistnego (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		Białko ogółem	Popiół surowy
Odmiana	Graf	52,7	59,3
	Zeus	43,5	41,6
	<i>NIR</i>	4,1***	6,6***
Wysiew na 1 m ² (łubin/pszenżyto)	100/0	52,1	50,5
	80/80	49,7	52,2
	60/160	44,6	52,0
	40/240	46,7	49,5
	20/320	47,6	47,9
	<i>NIR</i>	r.n.	r.n.
Lata	2009	59,2	54,7
	2010	39,8	39,2
	2011	45,4	57,4
	<i>NIR</i>	5,0***	8,1**

Tab.26 Zawartość białka ogółem i popiołu surowego ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w słomie pszenżyta (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		Białko ogółem	Popiół surowy
Odmiana	Graf	26,7	73,1
	Zeus	26,4	74,7
	<i>NIR</i>	r.n.	r.n.
Wysiew na 1 m ² (łubin/pszenżyto)	80/80	31,2	76,9
	60/160	27,6	73,2
	40/240	25,2	74,4
	20/320	24,3	72,9
	0/400	25,2	71,9
	<i>NIR</i>	1,8***	r.n.
Lata	2009	29,7	57,9
	2010	23,2	74,1
	2011	27,0	89,5
	<i>NIR</i>	1,4***	5,3***

Większą zawartość białka w ziarnie zbóż – pszenicy, pszenżycie, owsie i jęczmieniu - uprawianych wraz z roślinami strączkowymi niż w siewie czystym uzyskali Kadziuliene i in. (2008), Podgórska-Lesiak i in. (2011). Buraczyńska i Ceglarek (2009a) uzyskali w nasionach większą zawartość białka, tłuszczu i włókna mieszanek bobiku i pszenicy jarej niż z mieszanek grochu siewnego z pszenżytem jarym. Ponadto stwierdzili, że niezależnie od składu gatunkowego mieszanki dostarczają więcej białka niż zboża z siewu czystego. Badania Płazy i in. (2008) wskazują, że spadek udziału grochu w mieszance z pszenżytem skutkuje zmniejszeniem plonu białka w nasionach i ziarnie. Malejący udział rośliny strączkowej powoduje wzrost zawartości tłuszczu oraz bezazotowych związków wyciągowych i spadek zawartości plonu białka, włókna i popiołu w nasionach (Buraczyńska i in., 2008). Ceglarek i in. (1997) otrzymali najwyższe plony białka z mieszanek o równym udziale komponentu zbożowego i strączkowego. Próchnicka (2013) uzyskała największy plon białka całych roślin z mieszanki o 50% udziale łubinu wąskolistnego i żyta jarego. Niższe plony białka autorka otrzymała z uprawy łubinu z owsem. Zbiór roślin w fazie kwitnienia sprawił, że mieszanka zawierała więcej białka ogólnego, popiołu surowego i bezazotowych związków wyciągowych, a mniej tłuszczu surowego i włókna surowego w porównaniu do roślin zbieranych w późniejszej fazie. W badaniach Koteckiego i in. (2003) zawartość składników pokarmowych w nasionach i ziarnie nie zależała istotnie od odmiany łubinu żółtego. Jedynie zawartość białka ogólnego w nasionach była zmienna w proporcjach wysiewu i malała ze wzrostem udziału pszenżyta. Liszka-Podkova (2010) uzyskała wzrost zawartości włókna w całych roślinach w uprawie kukurydzy z łubinem żółtym, a także wzrost zawartości białka ogółem całych roślin w uprawie współrzędnej, w porównaniu do kukurydzy w siewie czystym. Natomiast Podleśny i Strobel (2006) stwierdzili wpływ opóźnienia terminu siewu na wzrost zawartości białka i alkaloidów, a spadek popiołu, włókna oraz bezazotowych związków wyciągowych w nasionach. Ponadto wykazali również różnice pomiędzy badanymi odmianami łubinu w zawartości tłuszczu i alkaloidów, ale odnotowali podobną zawartość białka w nasionach.

8.5 Plony łubinu wąskolistnego i pszenżyta jarego

Plonowanie mieszanek strączkowo-zbożowych było przedmiotem wielu badań. Wielokrotnie wykazano, że plony mieszanek zależą od uwarunkowań termiczno-wilgotnościowych oraz stanowiska (Płaza i in. 2008, Buraczyńska i in. 2004 oraz Ostrowski i Daczewska 1993). Kotwica i Rudnicki (2004) wykazali brak wierności plonowania mieszanek w latach i tendencje do stabilizacyjnego działania domieszek zbóż do upraw strączkowych, wśród których jęczmień wpływał korzystniej niż owies. Podobne wyniki uzyskali Rudnicki i Wenda-Piesik (2007) wskazując jako najbardziej produktywne mieszanki grochu z jęczmieniem i pszenżytem przy gęstości siewu grochu 60 nasion na 1 m². Na plonowanie mieszanek ma wpływ rozstawa rzędów i gęstość siewu w współrzędnej uprawie roślin o zróżnicowanym pokroju, a przez to nierównomiernym dostępem światła słonecznego. Tsubo i Walker (2004) uzyskali spadek plonów fasoli na skutek mniejszego eksponowania roślin na działanie światła w uprawie z kukurydzą.

Skład mieszanki decyduje o ilości i jakości plonu. Zadaniem komponentu zbożowego jest utrzymanie stabilności plonu, gdyż wzrost udziału zboża w mieszance powoduje przyrost plonu, co potwierdzają wyniki wielu badań (Buraczyńska i in. 2008, Kotecki i in. 2003a, Ceglarek i in. 1997, Siuta 1994, Rudnicki i Gałęzewski 2007). Buraczyńska i Ceglarek (2009) uzyskali istotnie większy plon nasion z mieszanek grochu siewnego z pszenżytem jarym niż z bobiku z pszenicą jarą, a najkorzystniejszy efekt był przy 50 i 75% udziale grochu siewnego. Natomiast Kotwica i Rudnicki (2004) wśród możliwych mieszanek pomiędzy owsem, pszenżytem, jęczmieniem, grochem i łubinem żółtym najwyższy łączny plon ziarna i nasion uzyskali z mieszanki owsa z łubinem, a białka z mieszanki pszenżyta z łubinem żółtym. Noworolnik (2007) uzyskał większe plony nasion i białka mieszanek jęczmienia z grochem w porównaniu do owsa z grochem. Najbardziej produktywna była mieszanka z wysiewu 250 ziaren jęczmienia i 35 nasion grochu na 1 m², a formy oplewione jęczmienia i owsa plonowały wyżej od form nagich. Podgórska-Lesiak (2009) uzyskała wyższe plony grochu w mieszankach z jęczmieniem niż w siewach czystych. Tłumaczy to korzystnym skutkiem podporowego oddziaływania zboża i zmniejszonymi stratami plonu w porównaniu do grochu łatwo wylegającego w siewie czystym. Jednak siew mieszany wpłynął niekorzystnie na zawartość białka w nasionach grochu, chociaż sprzyjał gromadzeniu białka w ziarnie jęczmienia. Buraczyńska (2010) stwierdza, iż uprawa łubinu wąskolistnego z owsem

zapewnia większy plon nasion, słomy i białka ogólnego niż siew czysty łubinu. Jednak plony nasion i słomy maleją, a zawartość białka ogólnego w nasionach i słomie rośnie wraz ze zmniejszającym się udziałem owsa. Liszka-Podkowa (2010) stwierdziła, że zmniejszenie ilości wysiewu kukurydzy w uprawie współrzędnej o 20% i wprowadzenie roślin strączkowych zapewniło najwyższą wydajność suchej masy, białka ogółem i tłuszczu surowego. Z badań nad mieszankami łubinu wąskolistnego z wybranymi zbożami jarymi wynika, że lepszym zbożem do uprawy współrzędnej jest jęczmień niż owies, gdyż mniej ogranicza rozwój generatywny łubinu (Księżak 2007a).

Następczy wpływ roślin strączkowych na plon nasion i białka ogólnego ziarna zbóż jarych wykazała Buraczyńska i Ceglarek (2009b). Wymienieni autorzy uzyskali istotny wzrost zawartości białka ogólnego w ziarnie pszenżyta uprawianego po grochu siewnym i mieszankach grochu z pszenżytem i pszenicą.

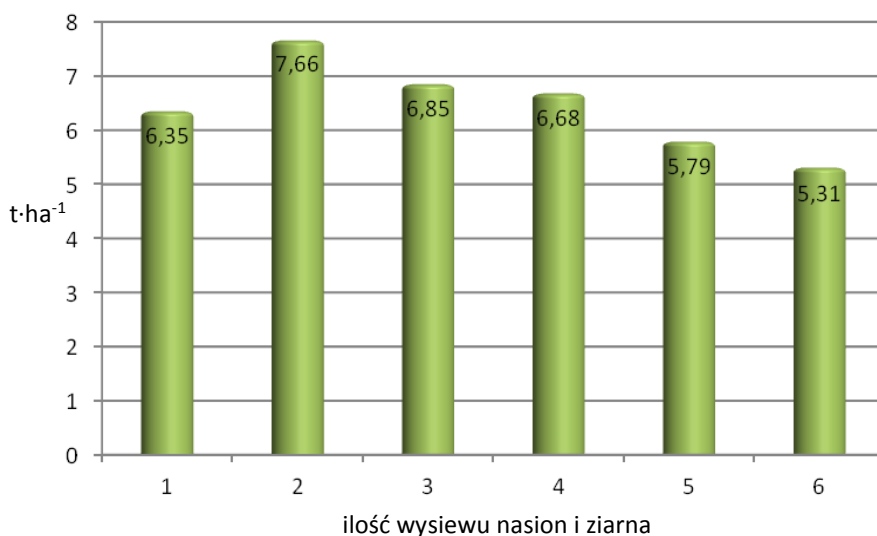
W badaniach własnych wykazano, że plon nasion, ziarna i słomy łubinu oraz pszenżyta kształtowały warunki termiczno-wilgotnościowe. Plony nasion i słomy łubinu były najwyższe w roku 2009, natomiast pszenżyta w 2010 roku. Plony nasion, ziarna i słomy były wprost proporcjonalnie uzależnione od ilości wysiewu komponentów tworzących mieszankę. Plon nasion łubinu był wyższy u odmiany Graf niż Zeus. Czynniki odmianowy nie miał wpływu na plon słomy łubinu (Tab.27).

Sumaryczny plon słomy, dla obu wysiewanych odmian łubinu, był najniższy w siewie czystym pszenżyta. Istotnie najwyższy średni plon słomy otrzymano z wysiewu mieszanego 80 nasion łubinu i 80 ziaren pszenżyta na 1m², a także z mieszanek 60 nasion łubinu i 160 ziaren pszenżyta oraz 40 nasion łubinu i 240 ziaren pszenżyta na 1m² (Rys.6). W strukturze plonu słomy mieszanek udział pszenżyta jest większy niż mogłoby to wynikać z proporcji wysiewu (Rys.7).

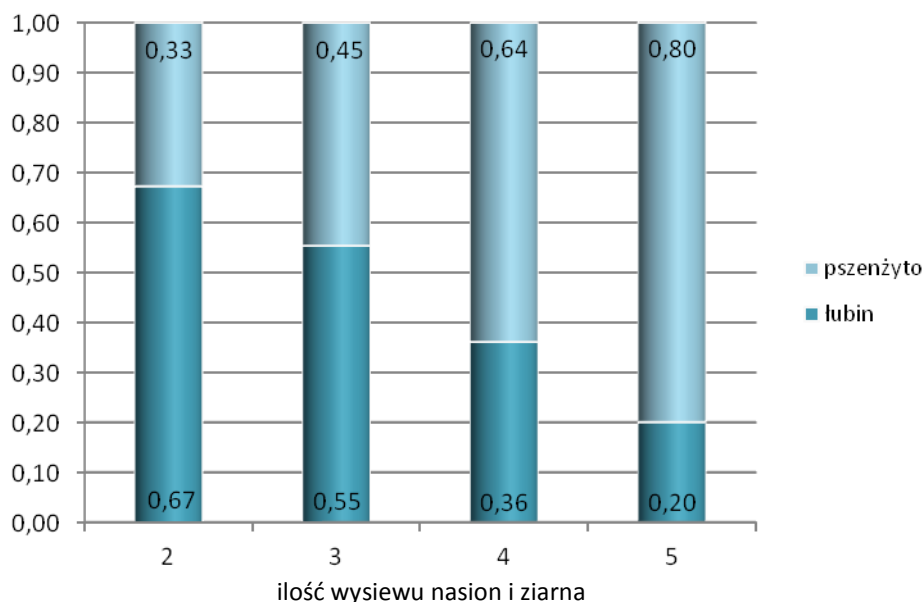
Sumaryczny plon nasion łubinu i ziarna pszenżyta był istotnie najwyższy w mieszankach z udziałem 60 nasion łubinu i 160 ziaren pszenżyta oraz 40 nasion łubinu i 240 ziaren pszenżyta na 1m². Najmniejsze plony nasion i ziarna otrzymano z siewów czystych (Rys.8). W strukturze plonu mieszanek dominuje komponent zbożowy, co potwierdza jego stabilizujący wpływ na plon mieszanki (Rys.9).

Tab.27 Plony nasion i słomy łubinu wąskolistnego oraz ziarna i słomy pszenżyta jarego (t·ha⁻¹) (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

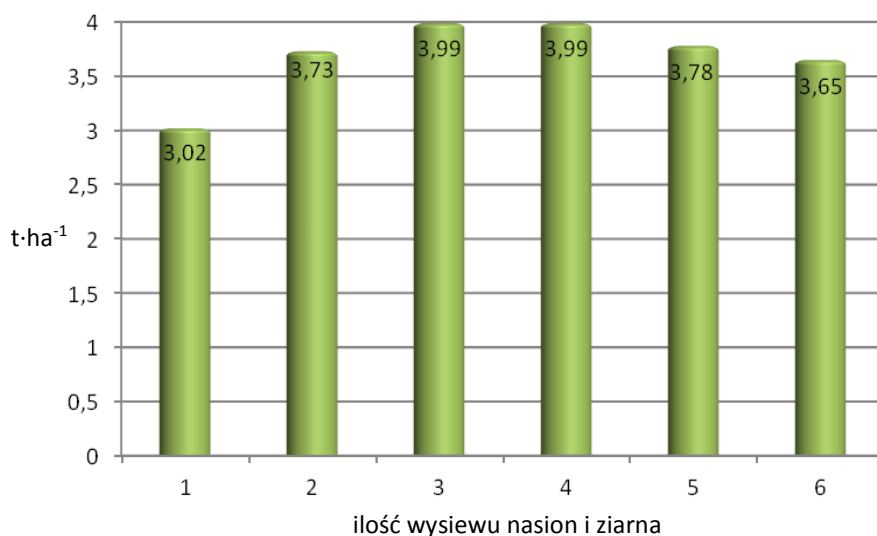
Czynnik		Plon nasion	Plon słomy łubinu	Plon ziarna	Plon słomy pszenżyta
Odmiana	Graf	1,91	3,88	2,69	4,11
	Zeus	1,63	3,67	2,64	3,80
	<i>NIR</i>	0,27*	r.n.	r.n.	r.n.
Wysiew szt. na 1 m ² (łubin/pszenżyto)	100/0	3,02	6,35	-	-
	80/80	2,20	5,15	1,53	2,51
	60/160	1,70	3,79	2,29	3,06
	40/240	1,28	2,41	2,71	4,27
	20/320	0,65	1,16	3,13	4,63
	0/400	-	-	3,65	5,31
	<i>NIR</i>	0,18***	1,06***	0,25***	0,55***
Lata	2009	2,66	6,05	2,61	3,14
	2010	1,79	3,50	2,90	4,87
	2011	0,85	1,76	2,48	3,86
	<i>NIR</i>	0,34**	0,77***	r.n.	0,76***



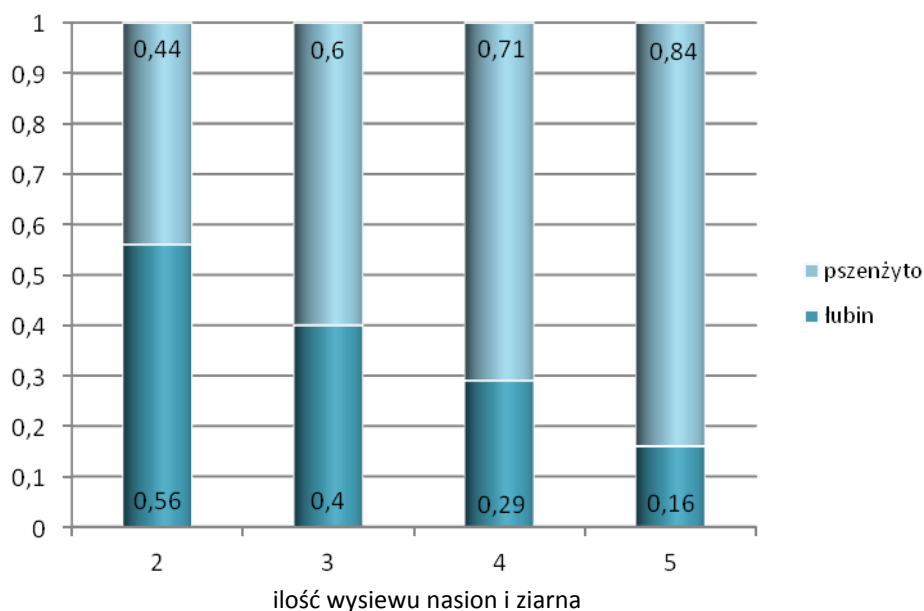
Rys.6 Plon sumaryczny słomy pszenżyta i łubinu (t·ha⁻¹) średnia z lat 2009-2011 dla siewów 1 – 100 nasion łubinu, 2 – 80 nasion łubinu i 80 ziaren pszenżyta, 3 – 60 nasion łubinu i 160 ziaren pszenżyta, 4 – 40 nasion łubinu i 240 ziaren pszenżyta, 5 – 20 nasion łubinu i 320 ziaren pszenżyta, 6 – 400 ziaren pszenżyta, NIR=1,11**



Rys.7 Struktura plonu słomy z siewu mieszanego łubinu wąskolistnego i pszenżyta jarego w zależności od ilości wysiewu: 2 – 80 nasion łubinu i 80 ziaren pszenżyta, 3 – 60 nasion łubinu i 160 ziaren pszenżyta, 4 – 40 nasion łubinu i 240 ziaren pszenżyta, 5 – 20 nasion łubinu i 320 ziaren pszenżyta (średnia z lat 2009-2011)



Rys.8 Plon sumaryczny nasion łubinu wąskolistnego i ziaren pszenżyta jarego – średnia z lat 2009-2011 (t·ha⁻¹) dla siewów: 1 – 100 nasion łubinu, 2 – 80 nasion łubinu i 80 ziaren pszenżyta, 3 – 60 nasion łubinu i 160 ziaren pszenżyta, 4 – 40 nasion łubinu i 240 ziaren pszenżyta, 5 – 20 nasion łubinu i 320 ziaren pszenżyta, 6 – 400 ziaren pszenżyta, NIR=0,26***



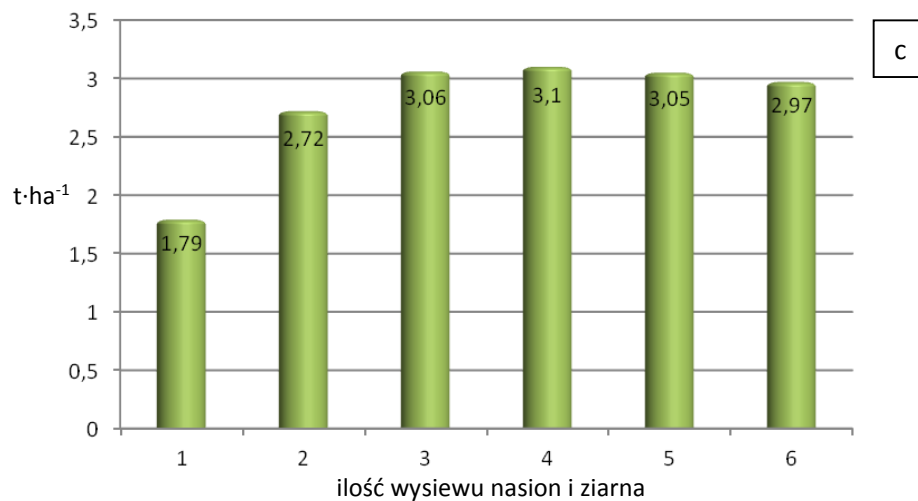
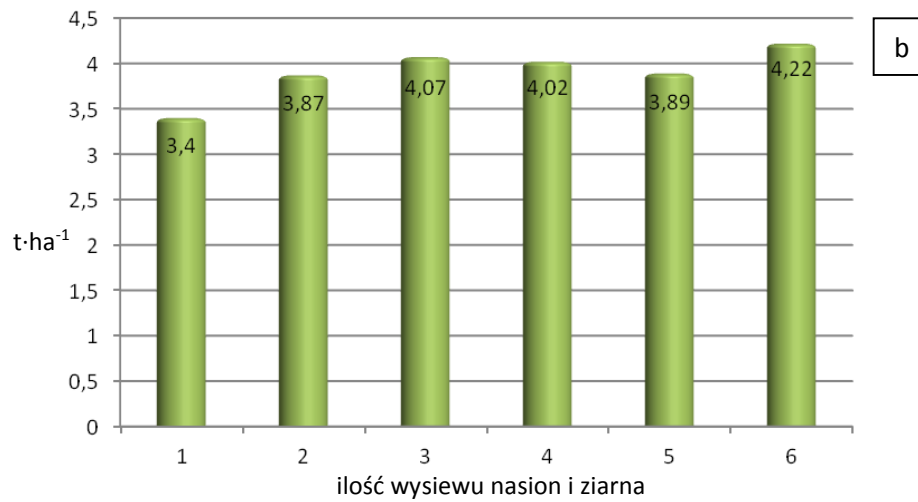
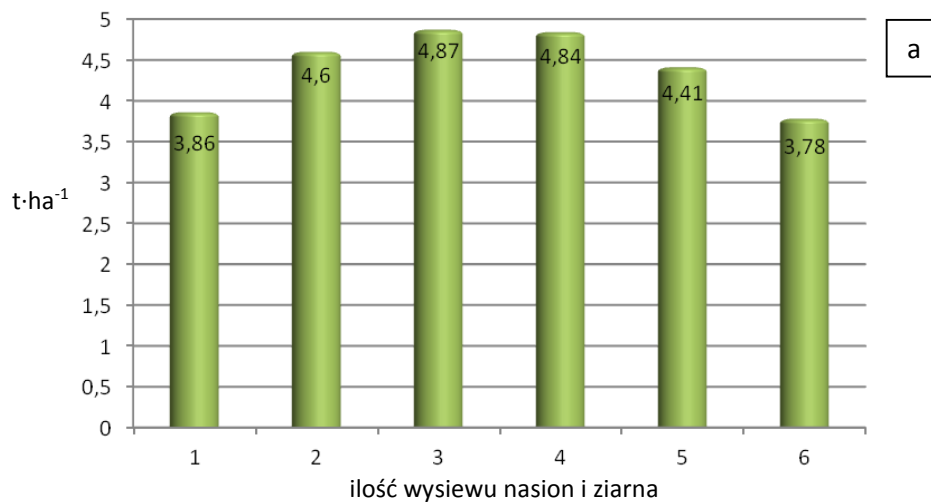
Rys.9 Struktura plonu nasion i ziarna z siewu mieszanego łubinu wąskolistnego i pszenżyta jarego w zależności od ilości wysiewu: 2 – 80 nasion łubinu i 80 ziaren pszenżyta, 3 – 60 nasion łubinu i 160 ziaren pszenżyta, 4 – 40 nasion łubinu i 240 ziaren pszenżyta, 5 – 20 nasion łubinu i 320 ziaren pszenżyta (średnia z lat 2009-2011)

Ze względu na zróżnicowane warunki termiczno-wilgotnościowe w latach badań obserwowano zmienny udział komponentów mieszanek w tworzeniu plonów części generatywnych. Rok 2009 sprzyjał plonowaniu łubinu wąskolistnego. W tym roku najniższy plon uzyskano z siewu czystego pszenżyta, a najwyższy z mieszanek o wysiewie 60 nasion łubinu i 160 ziaren pszenżyta oraz 40 nasion łubinu i 240 ziaren pszenżyta na 1m². Plony mieszanek były istotnie wyższe niż ich komponentów w siewie czystym (Rys.10a).

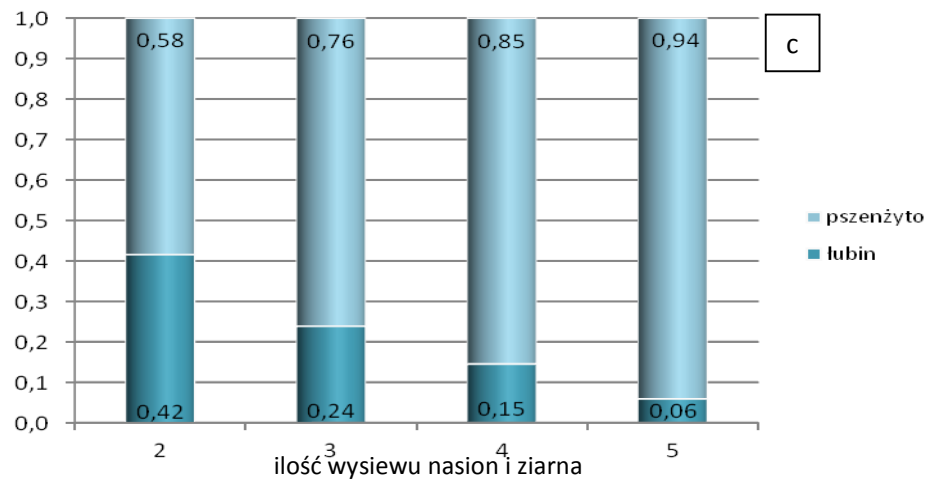
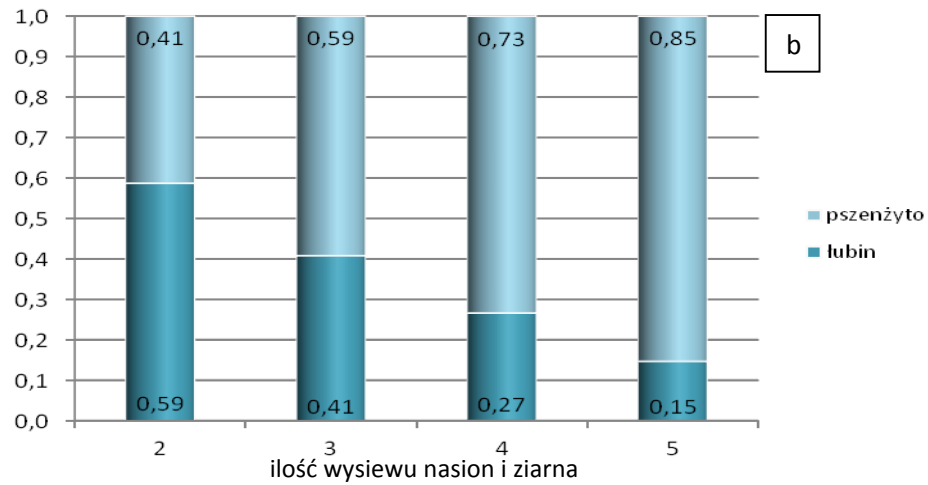
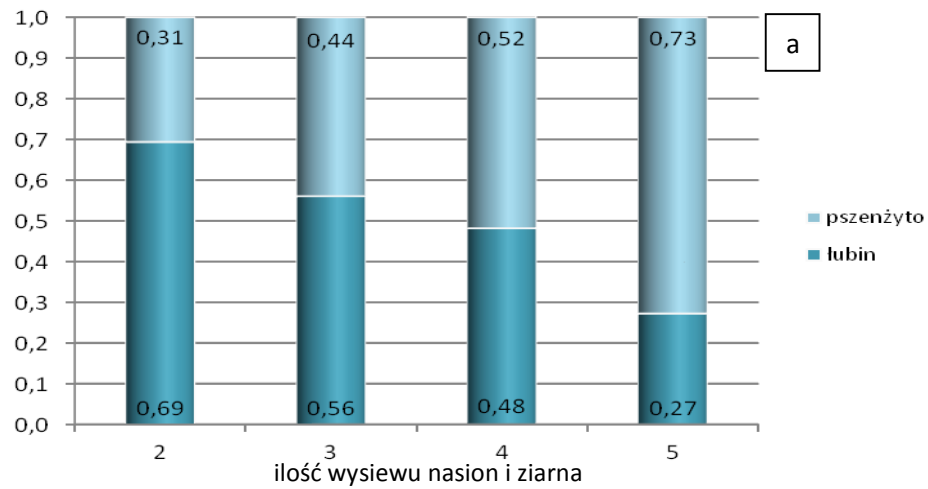
W roku 2010 warunki pogodowe były najbardziej korzystne do uprawy pszenżyta. W tym roku średni plon tego zboża przewyższał nieznacznie średnie plony z mieszanek, które niezależnie od udziału komponentów plonowały na tym samym poziomie. Istotnie najniższy plon uzyskano z czystego siewu łubinu wąskolistnego (Rys.10b).

W ostatnim roku badań warunki pogodowe wyraźnie nie sprzyjały uprawie łubinu wąskolistnego. Plon nasion z siewu czystego łubinu był istotnie niższy w porównaniu do bardziej wyrównanych plonów mieszanek i siewu czystego pszenżyta oraz był znacząco niższy niż w poprzednich latach. W roku 2011 ponownie najlepiej plonowały mieszanki przy wysiewie: 60 nasion łubinu i 160 ziaren pszenżyta oraz 40 nasion łubinu i 240 ziaren pszenżyta na 1m² (Rys.10c). We wszystkich latach badań uwidocznił się stabilizujący efekt wpływu zboża na sumaryczny plon mieszanki widoczny w większym udziale w strukturze plonu ziarna niż wynika to z proporcji wysiewu (Rys.11a, b, c).

Noworolnik (2007) badając mieszanki grochu z jęczmieniem i owsem stwierdził, że udział grochu w plonie nasion był mały niezależnie od ilości jego wysiewu w mieszance. Buraczyńska (2010) otrzymała plony mieszanek owsa z łubinem wąskolistnym odznaczające się udziałem ziarna owsa w strukturze plonu w granicach 89-96%. Książak (2007a) uzyskał większy udział nasion łubinu wąskolistnego w mieszance z jęczmieniem niż z owsem, zwłaszcza na glebie lżejszej w porównaniu do mady rzecznej.



Rys.10 Plon sumaryczny nasion łubinu wąskolistnego i ziarna pszenżyta jarego (t·ha⁻¹) w zależności od ilości wysiewu na 1 m²: 1 – 100 nasion łubinu, 2 – 80 nasion łubinu i 80 ziaren pszenżyta, 3 – 60 nasion łubinu i 160 ziaren pszenżyta, 4 – 40 nasion łubinu i 240 ziaren pszenżyta, 5 – 20 nasion łubinu i 320 ziaren pszenżyta, 6 – 400 ziaren pszenżyta (a-2009, b-2010, c-2011); NIR_a=0,52***, NIR_b=0,51*, NIR_c=0,51***



Rys.11 Udział nasion łubinu wąskolistnego i ziarna pszenżyta jarego w plonie sumarycznym w zależności od ilości wysiewu na 1 m²: 2 – 80 nasion łubinu i 80 ziaren pszenżyta, 3 – 60 nasion łubinu i 160 ziaren pszenżyta, 4 – 40 nasion łubinu i 240 ziaren pszenżyta, 5 – 20 nasion łubinu i 320 ziaren pszenżyta, (a-2009, b-2010, c-2011)

Wydajność białka ogółem i tłuszczu surowego była proporcjonalna do uzyskanych plonów (Tab.28). Odmiana łubinu wąskolistnego nie wpływała na wydajność żadnego ze składników w ziarnie pszenżyta jarego i na wydajność tłuszczu surowego w nasionach łubinu. Wykazano natomiast odmianowe różnice w wydajności białka ogółem z nasion łubinu, a więcej tego składnika uzyskano z odmiany Graf niż z Zeus. Ponieważ wydajności składników związane są wielkością uzyskanego plonu, dlatego pomiędzy poszczególnymi proporcjami wysiewu mieszanek są istotne różnice w wydajności białka ogółem i tłuszczu surowego. Ta sama relacja dotyczy lat, z wyjątkiem wydajności białka z ziarna pszenżyta, która we wszystkich latach była zbliżona, mimo że plony ziarna były różne. Można to wyjaśniać zjawiskiem kompensacji plonu ziarna z jego składem jakościowym, w związku z czym w uprawie mieszanej otrzymano podobną wydajność białka ogółem w latach mimo różnic w wielkości plonów.

Podobne wyniki otrzymali Kotecki i in. (2003b) uprawiając pszenżyto jare z łubinem żółtym. Nie zaobserwowali oni jednak efektu kompensacji zawartości białka ogółem i plonu w przypadku pszenżyta. Podleśny i Podleśna (2010) zalecają wysiew łubinu wąskolistnego, niezależnie od termoneutralności odmiany, najpóźniej na początku kwietnia by obniżka plonu była jak najmniejsza. Podleśny i Strobel (2006) zaobserwowali mniejszy wpływ terminu siewu na plon białka niż nasion, co wynika ze wzrostu zawartości białka wraz z opóźnieniem terminu siewu, a przez to zmniejszenia różnicy w plonie tego składnika. Wilgotność strąków poniżej 17% oraz niewielkie opady i wysokie temperatury w fazie dojrzewania prowadzą do samoistnego pęknięcia strąków łubinu wąskolistnego i w efekcie straty plonu (Strobel i Pszczółkowski 2007).

Tab.28 Wydajność białka ogółem i tłuszczu surowego (kg·ha⁻¹; średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		Białko ogółem		Tłuszcz surowy	
		Łubin	Pszenżyto	Łubin	Pszenżyto
Odmiana	Graf	681	300	112	43
	Zeus	532	301	102	43
	NIR	<i>90**</i>	r.n.	r.n.	r.n.
Wysiew szt. na 1 m ² (lubin/pszenżyto)	100/0	1054	-	183	-
	80/80	749	192	130	24
	60/160	580	263	105	33
	40/240	434	300	77	42
	20/320	217	323	40	47
	0/400	-	427	-	66
	NIR	<i>142***</i>	<i>43***</i>	<i>23***</i>	<i>7***</i>
Lata	2009	852	280	164	44
	2010	632	319	99	50
	2011	336	304	58	34
	NIR	<i>110***</i>	r.n.	<i>18***</i>	<i>6***</i>

8.6 Wskaźniki ekologicznej efektywności

W celu dokonania pełnego porównania efektywności siewu współrzędnego należy odnieść się do plonów względnych tych roślin oraz współczynnika ekwiwalentu terenowego. Plony względne komponentów mieszanki przedstawiają ich reakcję na konkurencję międzygatunkową, jaka ma miejsce w mieszance. Nie odnotowano istotnego wpływu odmiany łubinu na plony względne żadnego z komponentów. Jednak odmiana Graf zareagowała korzystniejszym średnim plonem względnym niż odmiana Zeus na uprawę w mieszance. Średni plon względny pszenżyta był korzystniejszy od oczekiwanego niezależnie od odmiany łubinu.

Proporcje wysiewu wpływały istotnie na plon względny zarówno u pszenżyta, jak i łubinu. Uzyskany plon względny łubinu był niższy bądź równy oczekiwanemu, wynikającemu z początkowego udziału tego gatunku w mieszance, co świadczy o niekorzystnej reakcji łubinu na uprawę w siewie współrzędnym. Jednocześnie względny plon pszenżyta był wyższy w przypadku każdej proporcji mieszanki i jestem skutkiem pozytywnej reakcji tego zboża na uprawę w mieszance. Wykazano, że reakcja pszenżyta jest korzystniejsza w mieszankach z mniejszym udziałem zboża. Wpływ pogody w latach badań na kształtowanie się plonów względnych był również istotny. Średni plon względny łubinu był wyższy od oczekiwanego wyłącznie w 2009 roku, który był najkorzystniejszy do uprawy łubinu w czasie trwania doświadczenia. Najgorszy plon względny łubinu został uzyskany w 2011 roku. Pszenżyto dało bardziej wyrównane w latach plony względne, a szczególnie korzystny okazał się być rok 2011.

Współczynnik ekwiwalentu terenowego LER opierającego się o plony względne komponentów mieszanek opisuje efektywność wykorzystania zasobów środowiskowych przez mieszankę w porównaniu do zasiewów czystych komponentów mieszanki. Za reakcję obojętną gatunków na uprawę współrzędną uważa się wartość LER wynoszącą 1. W wyniku badań uzyskano współczynnik LER zawsze większy od jedności, co świadczy o pozytywnej reakcji mieszanki niezależnie od zastosowanej odmiany łubinu, proporcji siewu czy warunków pogodowych. Najkorzystniejsza według wskaźnika LER okazała się uprawa mieszanki w siewie 60 nasion łubinu i 160 ziaren pszenżyta na 1 m², z odmianą łubinu Graf, w roku 2009 (Tab.29).

Tab.29 Współczynnik ekwiwalentu terenowego (LER) i plony względne (RY) łąbinu wąskolistnego oraz pszenżyta jarego w mieszankach (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		RY łąbinu	RY pszenżyta	LER
Odmiana	Graf	0,51	0,67	1,17
	Zeus	0,42	0,68	1,10
	NIR	r.n.	r.n.	r.n.
Wysiew na 1 m² (łąbin/pszenżyto)	80/80	0,71	0,43	1,14
	60/160	0,54	0,64	1,18
	40/240	0,39	0,75	1,14
	20/320	0,20	0,87	1,06
	NIR	<i>0,05***</i>	<i>0,06***</i>	<i>0,06**</i>
Lata	2009	0,63	0,61	1,24
	2010	0,41	0,61	1,02
	2011	0,35	0,79	1,14
	NIR	<i>0,11***</i>	<i>0,14*</i>	r.n.

Obliczono również stosunek plonu rzeczywistego do oczekiwanego A/E, a także wskaźnik równowagi konkurencyjnej Cb. Stosunek plonów większy od jedności w każdym analizowanym przypadku wykazał, że plon z mieszanek jest korzystniejszy od plonów komponentów uprawianych osobno. Odmiana łubinu nie miała istotnego wpływu na wskaźnik A/E. Stosunek plonów był korzystniejszy w roku 2011, gdy udział pszenżyta w plonie był najwyższy. Natomiast w przypadku wysiewu najlepiej wypadła mieszanka z udziałem 60 nasion łubinu i 160 ziaren pszenżyta na 1 m², a najgorzej z najwyższym udziałem pszenżyta.

Wskaźnik równowagi konkurencyjnej porównuje wzajemną reakcję roślin w mieszance. Wartość wskaźnika powyżej zera świadczy o większej konkurencyjności pszenżyta względem łubinu. Brak konkurencji ma miejsce, gdy wskaźnik Cb jest bliski zeru. Pszenżyto okazało się być bardziej konkurencyjne względem odmiany Zeus niż Graf. W zależności od ilości wysiewu największa konkurencja odpowiadała najmniejszemu udziałowi zboża w mieszance i malała wraz ze wzrostem jego udziału. Rośliny pszenżyta były najmniej konkurencyjne względem łubinu w 2009 roku, a najbardziej w 2011 (Tab.30).

Tab.30 Wskaźnik równowagi konkurencyjnej (Cb) i stosunek plonu rzeczywistego do oczekiwanego (A/E) (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		Cb	A/E
Odmiana	Graf	0,45	1,80
	Zeus	0,62	1,85
NIR		r.n.	r.n.
Wysiew szt. na 1 m ² (łubin/pszenżyto)	80/80	0,89	1,93
	60/160	0,63	2,10
	40/240	0,39	1,85
	20/320	0,24	1,43
NIR		0,17***	0,09***
Lata	2009	0,03	1,78
	2010	0,53	1,79
	2011	1,06	1,91
NIR		0,41**	0,08*

Tab.31 Indeks żniwny azotu (NHI) oraz efektywność wykorzystania azotu (NUE) łubinu wąskolistnego i pszenżyta jarego (średnie z lat 2009-2011 dla odmian, ilości wysiewu i w latach)

Czynnik		Łubin		Pszenżyto	
		NUE	NHI	NUE	NHI
Odmiana	Graf	13,98	0,78	43,07	0,75
	Zeus	14,85	0,77	43,02	0,77
	NIR	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Wysiew szt. na 1 m² (łubin/pszenżyto)	80/80	14,07	0,76	42,07	0,73
	60/160	14,35	0,79	42,36	0,77
	40/240	13,84	0,77	46,05	0,75
	20/320	14,32	0,78	48,27	0,76
	siew czysty	15,51	0,78	36,48	0,79
	NIR	r.n.	r.n.	4,10***	r.n.
Lata	2009	14,10	0,72	44,38	0,77
	2010	14,53	0,83	42,49	0,75
	2011	14,62	0,78	42,47	0,75
	NIR	r.n.	0,06*	r.n.	r.n.

Ilość azotu pobranego z plonem ziarna i słomy pozwoliła określić indeks żniwny azotu NHI dla poszczególnych komponentów oraz efektywność wykorzystania azotu przez rośliny NUE. Indeks żniwny azotu pszenżyta był wyrównany i nie zależał istotnie od czynników doświadczenia. Nieznacznie wyższy w większości przypadków był indeks żniwny łubinu, jakkolwiek wartości były bardzo podobne do NHI zboża i odnotowano tylko istotny wpływ lat – najwyższy był indeks w roku 2010. Nie stwierdzono wpływu czynników doświadczenia na efektywność wykorzystania azotu przez łubin. W przypadku pszenżyta nie zaobserwowano wpływu lat ani odmiany łubinu, w przeciwieństwie do ilości wysiewu. Istotnie najmniej efektywnie pszenżyto wykorzystywało azot w siewie czystym, a najbardziej w siewie mieszanki z udziałem 20 nasion łubinu i 320 ziaren pszenżyta na 1 m² (Tab.31).

Wielu autorów opisując oddziaływania międzygatunkowe w mieszankach posiłkuje się wskaźnikami ekologicznymi (Pappa i in. 2012, Szumigalski i Van Acker 2006, Adhikary i in. 1991). Podórgska-Lesiak i in. (2011) badając indeks żniwny azotu oraz efektywność wykorzystania azotu przez groch i jęczmień wysiewany stwierdzili, że roślina strączkowa lepiej niż zboże wykorzystuje azot w mieszance. Odmienne wyniki otrzymali Sobkowicz i Śniady (2004), gdyż wskaźniki NHI i NUE bobiku uprawianego w mieszance z pszenżytem malały. Sobkowicz i Podgórska-Lesiak (2009) zaobserwowali, iż intensywność oddziaływań konkurencyjnych między komponentami mieszanki wzmacnia się, gdy stosowane jest nawożenie azotowe oraz że niezależnie od nawożenia zboże jest zawsze bardziej konkurencyjne. Mariotti i in. (2011) uzyskali wzrost konkurencyjności w mieszance pod wpływem nawożenia azotem. Yilmaz i in. (2008) wykazali, że wskaźnik równowagi konkurencyjnej wskazuje na większą konkurencyjność zboża i jest wyższy dla kukurydzy niż dla strączkowych, z których wspięga wężowata była bardziej konkurencyjna wobec kukurydzy niż fasola zwykła. Lithourgidis i in. (2011) obliczyli wskaźnik konkurencyjności trzech mieszanek z udziałem grochu, w których przy większym wysiewie zbóż groch był bardziej konkurencyjny z pszenżytem i żytem, a mniej z pszenicą. W siewach z najmniejszym udziałem zbóż groch był zawsze mniej konkurencyjny. Sobkowicz (2006) stwierdził dominację pszenżyta w stosunku do bobiku w mieszankach przy różnych gęstościach siewu. Mariotti i in. (2011) wskazali, że bardziej konkurencyjny był bobik w stosunku do pszenicy, ale jego zdolność konkurencji malała znacząco w obiektach z nawożeniem

azotowym. Sugerują oni ze względu na uzyskanie większego LER bazującego na plonie białka w porównaniu do opierającego się o plon suchej masy, iż konkurencja o azot jest mniejsza niż o ogół składników pokarmowych i azot nie jest czynnikiem limitującym w uprawie współrzędnej. Liszka-Podkowa (2010) oceniając produktywność badanych mieszanek uzyskała współczynnik LER wyższy od jedności dla uprawy współrzędnej kukurydzy z fasolą wielokwiatową, czego nie udało się osiągnąć w przypadku uprawy kukurydzy z łubinem żółtym. Sobkowicz (2006) na podstawie obliczonych wskaźników ekologicznych określił, że najbardziej produktywna jest mieszanka z 50% udziałem rośliny strączkowej i zbożowej.

9. WNIOSKI

Przeprowadzone w latach 2009 - 2011 badania polowe i laboratoryjne w warunkach przyrodniczych Wrocławia pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Rozwój roślin, cechy morfologiczne, struktura plonu, plon nasion i ziarna oraz skład chemiczny części generatywnych i wegetatywnych, wydajność składników mineralnych, białka ogółem oraz tłuszczu surowego zależały przede wszystkim od układu warunków wilgotnościowo-termicznych w większym stopniu niż badane czynniki.

2. Cech morfologiczne łubinu wąskolistnego i pszenżyta jarego kształtowały się w większym stopniu pod wpływem zmiennego udziału roślin w mieszankach, a w małym stopniu zależały od odmiany łubinu, która miała między innymi wpływ na liczbę nasion z rośliny, plony nasion łubinu, zawartość składników organicznych w nasionach łubinu i mineralnych w słomie łubinu, a także zawartość fosforu w słomie pszenżyta.

3. W porównaniu z czystym siewem łubinu wzrost udziału pszenżyta w mieszance powodował między innymi zwiększenie masy nasion w strąku, zawartości magnezu, a także azotu i przez to białka ogółem, oraz zmniejszenie plonu nasion.

4. W porównaniu z czystym siewem pszenżyta jarego wzrost udziału łubinu w mieszance skutkowało zwiększeniem liczby ziaren z jednego kłosa, masy tysiąca ziaren, masy ziarna z jednego kłosa, zawartości azotu i białka ogółem, fosforu i potasu w ziarnie, a także powodowało zmniejszenie zawartości bezazotowych związków wyciągowych oraz plonu ziarna.

5. Dominującym komponentem mieszanek było pszenżyto jare, które skutkowało większym od proporcjonalnego przyrostem plonu niż wynikałoby to z udziału tego gatunku w mieszance.

6. Dla warunków przyrodniczych Dolnego Śląska można polecać uprawę mieszanek przy wysiewie na 1 m² 60 nasion łubinu wąskolistnego z 160 ziarnami pszenżyta jarego lub 40 nasion łubinu wąskolistnego z 240 ziarnami pszenżyta jarego.

10. BIBLIOGRAFIA

1. Adhikary S., Bagchi D. K., Ghosal P., Banerjee N., Chatterjee B. N., 1991. Studies on maize-legume intercropping and their residual effects on soil fertility status and succeeding crop in upland situation, *Journal of Agronomy and Crop Sciences*, 167, 289-293
2. Ahmad Z., Mezeri H., Duhoky M., 2008. Effect of intercropping systems and nitrogen fertilizer on yield, yield component of corn (*Zea Mays* L.) and peanut (*Arachis Hypogaea* L.), *Journal of Dohuk University*, 11(1), 206-216
3. Akibode S., Maredia M., 2011. Global and Regional Trends in Production, Trade and Consumption of Food Legume Crops, Department of Agricultural, Food and Resource Economics, Michigan State University, SPIA Report, 27 March 2011, 1-83
4. Andrzejewska J., Ignaczak S., 1997. Rozwój i produktywność bobiku oraz zbóż w siewach jednogatunkowych lub mieszanych, Cz. II. Nodulacja bobiku i zmiany zawartości azotu w roślinach, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 446, 363-367
5. Asgharipour M., Rafiei M., 2010. Intercropping of Isabgol (*Plantago ovate* L.) and Lentil as Influenced by Drought Stress, *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 9(1), 62-69
6. Babajewa K. M., 2010. Wpływ mieszanek motylkowato-trawiastych i nawożenia mineralnego na dynamikę przemian przyswajalnych form azotu w glebie w warunkach jej pustynnienia, *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 10, 4(32), 7-14
7. Bartkowiak A., 1978. Analiza wariancji dla układów ortogonalnych. Program *awa*. W: Opis merytoryczny programów statystycznych opracowanych w Instytucie Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, 43–60
8. Boligłowa E., Klima K., 2010. Zdrowotność pszenżyta jarego w uprawie ekologicznej i konwencjonalnej, *Postępy w Ochronie Roślin*, 50(2), 615-620

9. Borowiecki J., Książak J., 1998. Ocena wartości pokarmowej mieszanek strączkowo-zbożowych jako surowca do produkcji kiszonek, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 462, 41-48
10. Bulson H. A. J., Snaydon R. W., Stopes C. E., 1997. Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system, *Journal of Agricultural Science*, 128, 1, 59-71
11. Buraczyńska D., 2011. Zachwaszczenie mieszanek owsa z łubinem wąskolistnym, *Postępy w Ochronie Roślin*, 51(1), 448-452
12. Buraczyńska D., 2010. Porównanie plonowania i zawartości białka mieszanek owsa oplewionego i łubinu wąskolistnego, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3(70), 160-173
13. a) Buraczyńska D., Ceglarek F., 2009. Plon i skład chemiczny nasion mieszanek strączkowo-zbożowych, *Fragmenta Agronomica*, 26(3), 15-24
b) Buraczyńska D., Ceglarek F., 2009. Plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od przedplonu, *Fragmenta Agronomica*, 26(1), 9-18
14. Buraczyńska D., Ceglarek F., 2008. Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej po różnych przedplonach, *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 7(1), 27-37
15. Buraczyńska D., Ceglarek F., Gąsiorowska B., Płaza A., 2008. Yield and chemical compositions of faba bean – spring wheat mixtures, *Production of forage crops and climatic changes, Nitra*, 13th ICFC, 76-77
16. Buraczyńska D., Ceglarek F., Płaza A., 2004. Wpływ składu gatunkowo-ilościowego mieszanek strączkowo-zbożowych na wydajność biomasy i jej jakość paszową, *Pamiętnik Puławski*, 137, 17-32
17. Ceglarek F., Pała J., Brodowski H., Buraczyńska D., 1997. Plonowanie i wartość paszowa mieszanek pszenżyta jarego z łubinem żółtym, *Zeszyty Naukowe Akademia Rolnicza w Szczecinie, Rolnictwo*, 175, 65, 61-65

18. Čupina B., Mikić A., Stoddard F. L., Krstić D., Justes E., Bedoussac L., Fustec J., Pejić B., 2011. Mutual legume intercropping for forage production in temperate regions, *Genetics, Biofuels and Local farming Systems, Sustainable Agriculture Reviews*, 7, 347-365
19. Deryło S., Szymankiewicz K., 2003. Dynamika bioróżnorodności flory zachwaszczającej rośliny uprawiane w monokulturze wielogatunkowej zbożowej, *Acta Agrophysica*, 1(4), 623-630
20. Dubicki A., Dubicka M., Szymanowski M., 2002. Klimat Wrocławia, Środowisko Wrocławia – Informator 2002, Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław, 9-25
21. Duer I., 1997. System gospodarowania a zmęczenie gleby powodowane allelopatią, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 452, 51-57
22. Dworacka M., Kuczyński S., Wysocka W., Garcia Lopez P.M., Winiarska H., Bobkiewicz-Kozłowska T., 2006. Działanie hipoglikemizujące alkaloidów chinolizydynowych u szczurów, *Herba polonica*, 52, 3, 60
23. Dzieżyc J., 1989. Potrzeby wodne roślin uprawnych, PWN, Warszawa
24. Eickmeyer F., 2008. Narrow leafed lupin breeding in Saatzucht Steinach a private company integrated in a network of research and development. Proceedigs of the 12th International Lupin Conference, J.A. Palta and J.B. Berger, Australia, 312-314
25. FAOSTAT, 2012. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (04.04.2013)
26. Farrell J. A. K., 1966. Effects of groundnuts crop density on the population dynamics of *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera, Aphididae) in Malawi, *Bulletin of Entomological Research*, 66, 317-329
27. Francis C. A., 1989. Biological efficiencies in multiple-cropping systems, *Advanced in Agronomy*, 42, 1-42
28. Frencel I., 1997. Nowa choroba łubinów - antraknoza, Centrum Doradztwa i Edukacji w Rolnictwie

29. Gawęda D., Kwiatkowski C. A., 2012. Weed infestation of spring common wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in monoculture depending on the cover crop and weed control method, *Acta Agrobotanica*, 65(3), 119-126
30. a) Gałęzewski L., 2010. Competition between oat and yellow lupine plants in mixtures of these species. Part I. Intensity of competition depending on soil moisture, *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 9(3), 37-44
b) Gałęzewski L., 2010. Competition between oat and yellow lupine plants in mixtures of these species. Part II. Intensity of competition depending on species ratio in mixture, *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 9(3), 45-52
31. Gałęzewski L., 2007. Ocena oddziaływań allelopatycznych owsa na rośliny łubinu żółtego, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 516, 37-44
32. Giunta F., Pruneddu G., Motzo R., 2009. Radiation interception and biomass and nitro gen accumulation in different cereal and grain species, *Field Crop Research*, 110, 76-84
33. Gliessman S. R., 1985. Multiple Cropping Systems: A Basis for developing an alternative agriculture, *Innovative biological technologies for lesser developed countries - workshop proceedings*, OTA, Washington, 69-83
34. Głowacka A., 2006. Wpływ monokultury, płodozmianu i uprawy współrzędnej na bioróżnorodność chwastów w pszenicy jarej, *Acta Agrophysica*, 8(3), 569-577
35. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, Roczniki statystyczne rolnictwa (lata: 2000 - 2012), http://www.stat.gov.pl/gus/roczniki_PLK_HTML.htm (04.04.2013)
36. Graham P. H., Vance C. P., 2003. Legumes: Importance and constraints to greater use, *Plant Physiology*, 131, 3, 872-877
37. Gremigni P., Hamblin J., Harris D., Cowling W. A., 2003. The interaction of phosphorus and potassium with seed alkaloid concentrations, yield and mineral content in narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.), *Plant and Soil*, 253, 413-427

38. Gremigni P., Wong M. T. F., Edwards N. K., Harris D., Hamblin J., 2001. Potassium nutrition effects on seed alkaloid concentrations, yield and mineral content of lupins (*Lupinus angustifolius*), *Plant and Soil*, 234, 131-142
39. Grzegorzczak S., Olszewska M., 1997. Rośliny motylkowate w mieszankach z trawami jako czynnik ograniczający nawożenie azotowe, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 453, 209-215
40. Gugala M., Zarzecka K., 2012, Wpływ metod uprawy roli i sposobów pielęgnacji na zachwaszczenie i plonowanie łubinu wąskolistnego odmiany Sonet, *Fragmenta Agronomica*, 29(1), 16-24
41. Gurrola-Diaz C.M., Borelli M.I., Przybył A.K., Garcia-Lopez J.S., de la Mora P.G., Garcia-Lopez P.M., 2008. Insulin secretion effect of 2,17-dioxosparteine, 17-thionosparteine, multiflorine and 17-hydroxy-lupanine on rat langerhan's islets, *Proceedings of the 12th International Lupin Conference*, J.A. Palta and J.B. Berger, Australia, 484-487
42. Hackett R., Burke J. I., 2004. Potential for triticale in low cost production systems, *Teagasc Crop Research Centre, Proceedings National Tillage Conference*, Oak Park, Carlow, Ireland, 88-102
43. Hanczakowska E., Księżak J., 2012. Krajowe źródła białkowych pasz roślinnych jako zamienniki śruty sojowej gmo w żywieniu świń, *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 39, 2, 171-187
44. Harasim E., Gawęda D., 2010. Wpływ międzyplonów ścierniskowych na plonowanie i efektywność energetyczną produkcji zbóż jarych. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin-Polonia, Sectio E, LXV (1)*, 64-72
45. Harasimowicz-Herman G., 1998. Wpływ roślin motylkowych na zasobność gleby w potas przyswajalny, *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*, 52, 55-64
46. Hardarson G., Atkins C., 2003. Optimising biological N₂ fixation by legumes in farming systems, *Plant and soil*, 252, 41-54
47. Hauggaard-Nielsen H., Ambus P., Jensen E. S., 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 65, 3, 289-300

48. Hayden Z. D., Brainard D. C., Henshaw B., Ngouajio M., 2012. Winter annual weed suppression in rye-vetch cover crop mixtures, *Weed Technology*, 26(4), 818-825
49. Hooper A. M., Hassanali A., Chamberlain K., Khan Z., Pickett J. A., 2009. New genetic opportunities from legume intercrops for controlling *Striga* spp. parasitic weeds, *Pest Management Science*, 65, 546-552
50. Hurej M., Twardowski J., 2003. Wpływ uprawy mieszanej łubinu żółtego z pszenżytem jarym na występowanie owadów szkodliwych i pożytecznych, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 495, 243-250
51. Ignaczak S., Andrzejewska J., 1997. Rozwój i produktywność bobiku oraz zbóż w siewach jednogatunkowych lub mieszanych, Cz. I. Rozwój Roślin, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 446, 355-363
52. Jasińska Z., Kotecki A., 1993. Rośliny strączkowe, PWN, Warszawa
53. Jaskulski D., Kotwica K., Jaskulska I., Piekarczyk M., Osiński G., Pochylski B., 2012. Elementy współczesnych systemów uprawy roli i roślin – skutki produkcyjne oraz środowiskowe, *Fragmenta Agronomica*, 29(3), 61-70
54. Jensen E. S., Hauggaard-Nielsen H., Kinane J., Andersen M. K., Jørgensen B., 2005. Intercropping – the practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems, *Researching Sustainable Systems*, ISOFAR, Bonn, Germany, 22-25
55. Jensen E. S., Peoples M. B., Boddey R. M., Gresshoff P. M., Hauggaard-Nielsen H., Alves B. J. R., Morrison M. J., 2012. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review, *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 329-364
56. Kadziuliene Z., Sarunaite L., Deveikyte I., Maikstieniene S., Arlauskienė A., Cesnuleviciene R., Zekaitė V., 2008. Effect of pea/spring cereals intercrops on field and quality parameters of crops in organic farming, *Italian Journal of Agronomy*, 10th ESA Congress, 3, 3, 339-340
57. Kalbarczyk E., 2010. Zmienność plonu ziarna pszenżyta jarego w Polsce w warunkach różnego nasilenia suszy atmosferycznej, *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 1(47), 20-33

58. Kosiba A., 1948. Klimat Ziemi Śląskich, Wydawnictwa Instytutu Śląskiego, Katowice-Wrocław
59. Kostuch R., Janowski B., 1999. Ekologiczna rola roślin motylkowatych, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, 347, 203-212
60. a) Kotecki A., Kozak M., Malarz W., 2003. Ocena przydatności odmian łąbinu żółtego do współrzędnej uprawy z pszenżytem jarym, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 495, 129-143
b) Kotecki A., Kozak M., Malarz W., 2003. Wpływ współrzędnej uprawy łąbinu żółtego z pszenżytem jarym na skład chemiczny i gromadzenie składników mineralnych w nasionach i resztkach pozbiorowych, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 495, 145-161
61. Kotecki A., Kozak M., Wincewicz E., Zawadzki W., 2001. Uprawa łąbinu żółtego na nasiona w siewie czystym i współrzędnym z pszenżytem jarym, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Rolnictwo, LXXXI, 73-92
62. Kotwica K., Rudnicki F., 2004. Efekty uprawy jarych mieszanek zbożowych i zbożowo-strączkowych na glebie kompleksu żytniego dobrego, Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura, 3(1), 149-156
63. Kozak M., Kotecki A., 2006. Następczy wpływ odmian grochu siewnego na rozwój i plonowanie pszenicy ozimej. Część III. Rozwój i plonowanie pszenicy ozimej, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Rolnictwo, LXXXIX, 546, 160-175
64. Książak J., 2012. Sposób na odbudowę arealu roślin strączkowych w Polsce, Materiały konferencyjne, Przysiek, 2 marca 2012, 15-18
65. Książak J., 2010. Plonowanie mieszanek grochu z jęczmieniem jarym w systemie uprawy ekologicznej, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 55(3), 200-204
66. a) Książak J., 2007. Plonowanie mieszanek łąbinu wąskolistnego ze zbożami jarymi na różnych typach gleb, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 522, 255-261

- b) Książak J., 2007. Rozwój roślin grochu i jęczmienia jarego w mieszankach na różnych typach gleb, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 516, 83-90
67. Książak J., 2000. Rola roślin strączkowych w systemie rolnictwa zrównoważonego, *Pamiętnik Puławski*, 120, 239-245
68. Książak J., Staniak M., 2009. Ocena mieszanek strączkowo-zbożowych uprawianych ekologicznie jako surowca do produkcji kiszonek, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 54(3), 157-163
69. Kwiatkowski C., 2009. Struktura zachwaszczenia i produktywność biomasy pszenicy ozimej oraz chwastów w zależności od systemu następstwa roślin i sposobu pielęgnacji, *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin, Agricultura*, 64 (3), 69-78
70. Kwiatkowski C., Wesołowski M., 2005. Jakość ziarna jęczmienia jarego uprawianego w płodozmianie i monokulturze w zależności od sposobu pielęgnacji łąnu, *Pamiętnik Puławski*, 139, 97-104
71. Lampart-Szczapa E., 1997. Nasiona roślin strączkowych w żywieniu człowieka. Wartość biologiczna i technologiczna, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 446, 61-81
72. Liszka-Podkowa A., 2010. Uprawa współrzędna kukurydzy z łubinem żółtym i fasolą wielokwiatową z przeznaczeniem na kiszonkę, *Praca doktorska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*, 158-159
73. Lithourgidis A. S., Vlachostergios D. N., Dordas C. A., Damalas C. A., 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems, *European Journal of Agronomy*, 34, 287-294
74. Liu Y., Wu L., Baddeley J. A., Watson C. A., 2011. Models of biological nitrogen fixation of legumes, *Sustainable Agriculture*, 2, 883-905
75. Macarulla M. T., Medina C., De Diego M. A., Chávarri M., Zulet M. A., Martínez J. A., Noël-Suberville C., Higuieret P., Portillo M., 2001. Effects of the whole seed and a protein isolate of faba bean (*Vicia faba*) on the cholesterol metabolism of hypercholesterolaemic rats, *British Journal of Nutrition*, 85, 607-614

76. Mahapatra S.C., 2011. Study of grass-legume intercropping system in terms of competition indices and monetary advantage index under acid lateritic soil of India, *American Journal of Experimental Agriculture*, 1(1), 1-6
77. Małecka I., Blecharczyk A., Sawińska Z., Hagedorn M., 2010. Wpływ przedplonu i nawożenia na zdrowotność pszenżyta ozimego w doświadczeniu wieloletnim, *Postępy w Ochronie Roślin*, 50(2), 935-939
78. Mariotti M., Masoni A., Ercoli L., Arduini I., 2011. Optimizing forage field of durum wheat/field Bean intercropping through N fertilization and row ratio, *Grass and Forage Science*, 67, 243-254
79. Martin R. C., Astatkie T., Cooper J. M., 1998. The effect of Bradyrhizobium strains on monocropped and intercropped soybean (*Glycine max* L. Merr.) biomass and protein, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 181, 1-6
80. Martin M. P. L. D., Snaydon R. W., 1982. Intercropping barley and beans, I. Effects of planting pattern, *Experimental Agriculture*, 18, 139-148
81. Martins J. M., Riottot M., de Abreu M. C., Viegas-Crespo A. M., Lanca M. J., Almeida J. A., Freire J. B., Bento O. P., 2005. Cholesterol-lowering effects of dietary blue lupin (*Lupinus angustifolius* L.) in intact and ileorectal anastomosed pigs, *Journal of Lipid Research*, 46, 1539-1547
82. Martyniuk S., 2012. Naukowe i praktyczne aspekty symbiozy roślin strączkowych z bakteriami brodawkowymi, *Polish Journal of Agronomy*, 9, 17-22
83. Martyniuk S., 2008. Znaczenie procesu biologicznego wiązania azotu atmosferycznego w rolnictwie ekologicznym, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 53 (4), 9-14
84. Mergoum M., Pfeiffer W. H., Peña R. J., Ammar K., Rajaram S., 2004. Triticale crop improvement: the CIMMYT programme. Triticale improvement and production, Rome, FAO Plant Production and Protection Paper, 179
85. a) Michalska M., Wanic M., Kostrzevska M. K., 2008. Konkurencja pomiędzy jęczmieniem jarym a grochem siewnym w zróżnicowanych warunkach glebowych, Cz. I. Akumulacja biomasy i tempo wzrostu roślin, *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 7(2), 69-86

- b) Michalska M., Wanic M., Kostrzewska M. K., 2008. Konkurencja pomiędzy jęczmieniem jarym a grochem siewnym w zróżnicowanych warunkach glebowych, Cz. II. Intensywność oddziaływań konkurencyjnych, *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 7(2), 87-99
86. Monotti M., Stagnari F., 2008. Residual effects of legumes in wheat-based cropping systems in a temperate environment, *Italian Journal of Agronomy*, 10th ESA Congress, 3, 3, 225-226
87. Mousa M. A. A., Mohamed F. M., Dokashi M. H., Elnobi E. E. F. E., 2007. Intra-row intercropping of cowpea and cucumber with okra as influenced by planting date of secondary crops, *Assiut University Bulletin for Environmental Researches*, 10(1), 13-34
88. Myer R., Lozano del Rio A. J., 2004. Triticale as animal feed. Triticale improvement and production, Rome, FAO Plant Production and Protection Paper, 179
89. Ndakidemi P. A., 2006. Manipulating legume/cereal mixtures to optimize the above and below ground interactions in the traditional African cropping systems, *African Journal of Biotechnology*, 5(25), 2526-2533
90. Nieróbca A., 2010. Porażenie chorobami pszenicy ozimej uprawianej w płodozmianie zbożowym w zależności od stopnia intensywności technologii produkcji, *Postępy w Ochronie Roślin*, 50(4), 1812-1817
91. Noworolnik K., 2007. Przydatność nagoziarnistych form jęczmienia i owsa do mieszanek z grochem, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 516, 137-143
92. Noworolnik K., 2000. Mieszanki zbożowo-strączkowe w systemie rolnictwa zrównoważonego, *Pamiętnik Puławski*, 120, 325-329
93. Ostrowski R., Daszewska M., 1993. Płonowanie mieszanek zbożowo-strączkowych w warunkach Wielkopolski oraz wartość pokarmowa kiszzonek i suszu dla przeżuwaczy, *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 20 (2), 157-169

94. Palmason F., Danso S. K. A., Hardarson G., 1992. Nitrogen accumulation in sole and mixed stands of sweet-blue lupin (*Lupinus angustifolius* L.), ryegrass and oats, *Plant and Soil*, 142, 135-142
95. Pappa V. A., Rees R. M., Walker R. L., Baddeley J. A., Watson C. A., 2012. Legumes intercropped with spring barley contribute to increased biomass production and carry-over effects, *Journal of Agricultural Science*, 150, 584-594
96. Parylak D., 2006. Uprawa pszenicy ozimej po sobie z zastosowaniem uproszczeń w uprawie roli a występowanie chorób podstawy źdźbła, *Postępy w Ochronie Roślin*, 46(2), 509-511
97. Phillips D. A., 1980. Efficiency of symbiotic nitrogen fixation in legumes, *Annual Review Plant Physiology*, 31, 29-49
98. Piekarczyk M., 2007. Wartość przedplonowa łubinu wąskolistnego i jęczmienia jarego dla pszenicy ozimej w zależności od sposobu odchwaszczania ładu. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 6(3), 59-67
99. Płaza A., Ceglarek F., Buraczyńska D., Gąsiorowska B., 2008. The yielding of field pea and spring triticale mixture in climatic conditions of Poland, *Production of forage crops and climatic changes*, Nitra, 13th ICFC, 74-75
100. Podgórska-Lesiak M., Sobkowicz P., Lejman A., 2011. Dynamika pobierania i wykorzystanie azotu w mieszankach jęczmienia jarego z grochem siewnym, *Fragmenta Agronomica*, 28 (3), 100-111
101. Podgórska-Lesiak M., 2009. Produktywność i konkurencja w mieszankach jęczmienia jarego z grochem przy trzech poziomach nawożenia azotowego, *Praca doktorska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*, 32-38
102. Podleśny J., 1994. Możliwości zmniejszenia strat nasion grochu poprzez zastosowanie rośliny podporowej i różnych sposobów zbioru, *IUNG, Seria R*, 318, 71
103. Podleśny J., Podleśna A., 2010. Dynamika gromadzenia suchej masy przez termoneutralne i nietrmoneutralne odmiany łubinu wąskolistnego w zależności od terminu siewu, *Acta Agrophysica*, 16(1), 137-147

104. Podleśny J., Strobel W., 2006. Wpływ terminu siewu na kształtowanie wielkości plonu nasion i białka zróżnicowanych genotypów łubinu wąskolistnego, *Acta Agrophysica*, 8(4), 923-933
105. Poggio S. L., 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 109, 45-58
106. Pozdíšek J., Henriksen B., Ponížil A., Løes A.-K. 2011. Utilizing legume-cereal intercropping for increasing selfsufficiency on organic farms in feed for monogastric animals, *Agronomy Research*, 9(1–2), 343–356
107. Pridham J. C., Entz M. H., 2008. Intercropping spring wheat with cereal grains, legumes and oilseeds fails to improve productivity under organic management, *Agronomy Journal*, 100, 5, 1436-1442
108. Próchnicka M., 2013. Plonowanie i skład chemiczny mieszanek łubinu wąskolistnego z wybranymi gatunkami zbóż, Praca doktorska, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, 88-91
109. Rudnicki F., Gałęzewski L., 2007. Reakcje owsa i łubinu żółtego na uprawę w mieszankach o różnym składzie ilościowym oraz efekty produkcyjne uprawy mieszanek. Część I Reakcja owsa i łubinu żółtego na uprawę w mieszankach, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 516, 161-170
110. Rudnicki F., Wenda-Piesik A., 2007. Produkcyjność mieszanek zbóż jarych z grochem na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 516, 181-193
111. Salmon D. F., Mergoum M., Gomez Macpherson H., 2004. Triticale production and management. Triticale improvement and production, Rome, FAO Plant Production and Protection Paper, 179
112. Salmerón M., Isla R., Cavero J., 2008. Ability of different cover crops to reduce N leaching in irrigated maize under Mediterranean conditions, *Italian Journal of Agronomy*, 10th ESA Congress, 3, 3, 65-66
113. Sanaa A. M., Shahenda M. E., Hassan Z. H., 2012. Effects of some legumes on hypercholesterolemia in rats, *Journal of American Science*, 8(12), 1453-1460

114. Siuta A., 1994. Plonowanie mieszanek zbożowo-strączkowych i ich wartość przedplonowa dla zbóż, Materiały konferencyjne „Stan perspektyw uprawy mieszanek zbożowych”, Poznań, 40-44
115. Smagacz J., Kuś J., 2010. Wpływ długotrwałego stosowania płodozmianów zbożowych na plonowanie zbóż oraz wybrane chemiczne właściwości gleby, *Fragmenta Agronomica*, 27(4), 119-134
116. Smagacz J., Podolska G., 2010. Plonowanie i jakość ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od następstwa roślin i występowania chorób podstawy źdźbła, *Pamiętnik Puławski*, 152, 247-261
117. Sobkowicz P., 2006. Competition between triticale (*Triticosecale* Witt.) and field beans (*Vicia faba* var. *minor* L.) in additive intercrops, *Plant, Soil and Environment*, 52(2), 47-54
118. Sobkowicz P., 2005. Shoot and root competition between spring triticale and field beans during early growth, *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 4(1), 117-126
119. Sobkowicz P., Pogdórska-Lesiak M., 2009. Ocena oddziaływania jęczmienia uprawianego w mieszance z pszenżytem lub grochem w zależności od dawki nawożenia azotem, *Fragmenta Agronomica*, 26(1), 115-126
120. Sobkowicz P., Podgórska-Lesiak M., 2007. Experiments with crop mixtures: interactions, design and interpretation, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 10, 2
121. Sobkowicz P., Śniady R., 2004. Nitrogen uptake and its efficiency in triticale (*Triticosecale* Witt.) – field beans (*Vicia faba* var. *minor* L.) intercrop, *Plant, Soil and Environment*, 50, 500-506
122. Sobkowicz P., Śniady R., 1999. Wydajność mieszanek pszenżyta jarego z wyką siewną na nasiona w zależności od sposobu siewu i nawożenia azotem, Cz. I. Plonowanie wyki siewnej, *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Rolnictwo*, 74(367), 167-180
123. Sosulski T., Stępień W., Mercik S., Szara E., 2011. Crop yields and nitrogen balance in long-term fertilization experiments, *Nawozy i nawożenie*, 42, 41-50

124. Strobel W., Pszczółkowski P., 2007. Wpływ wilgotności strąków i czynników pogodowych na pękanie strąków i osypywanie nasion łubinu wąskolistnego, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 522, 317-323
125. Szczygielski T., 1993. Plonowanie mieszanek zbożowo-strączkowych, *Fragmenta Agronomica*, 4, 187-188
126. Szeleźniak E. F., Nieróbca P., Grabiński J., 2008. The influence of production technology intensity on weed infestation under cereal crop rotation, *Zemdirbyste-Agriculture*, 95(3), 180-185
127. Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D., Tobiasz-Salach R., 2009. Plonowanie owsa nagoziarnistego i bobiku uprawianych w siewie czystym i w mieszankach, *Fragmenta Agronomica*, 26(2), 145-151
128. Szumigalski A. R., Van Acker R. C., 2006. Nitrogen yield and land use efficiency in annual sole crops and intercrops, *Agronomy Journal*, 98, 1030-1040
129. Ścigalska B., Puła J., Łabuz B., 2011. Zawartość pierwiastków śladowych w ziarnie pszenżyta uprawianego w płodozmianie i monokulturach zbożowych, *Fragmenta Agronomica*, 28(3), 112-119
130. Tozzi D., Gagliardi A., Pastore D., Flagella Z., 2008. Evaluation of antioxidant activity of grains from Gramineae, Pseudocereals and Leguminosae, *Italian Journal of Agronomy*, 10th ESA Congress, 3(3), 465-466
131. Tsubo M., Walker S., 2004. Shade effects on *Phaseolus vulgaris* L. intercropped with *Zea mays* L. under well-watered conditions, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190, 168-176
132. Tukahirva E. M., Coaker T. H., 1982. Effect of mixed cropping on some insect pests of brassicas: reduced *Brevicoryne brassicae* infestations and influences on epigeal predators and the disturbance of oviposition behaviour in *Delia brassicae*, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 32, 129-140
133. Tuna C., Orak A., 2007. The role of intercropping on field potential of common vetch (*Vicia sativa* L.)/Oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures, *Journal of Agricultural and Biological Science*, 2(2), 14-19

134. Voisin A., 1999. Soil, grass and cancer, Acres U.S.A.
135. Wiech K., Kałmuk J., 2005. Uprawy współrzędne sposobem na urozmaicenie agrocenoz i zmniejszenie zużycia pestycydów, monografia Ochrona Środowiska Naturalnego w XXI wieku – nowe wyzwania i zagrożenia, Kraków, 126-137
136. Yilmaz S., Atak M., Erayman M., 2008. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solarity cropping through competition indices in the east mediterranean region, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32, 111-119
137. Zawieja J., Wojciechowski W., 2004. Reakcja owsa nagiego i pszenżyta jarego na uprawę współrzędną z soczewicą, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin, LIX, 3, Sectio E, 1335-1343
138. Zielińska A., Rutkowski M., 1980. Porównanie wydajności owsa, jęczmienia oraz czterech odmian peluszek w siewie czystym i współrzędnym, Acta Academiae Agriculturae Technicae Olstenensis, 46, 113-124