

**ROZPRAWY NAUKOWE**  
**504**

**AGNIESZKA FALIGOWSKA**

**PLONOWANIE I JAKOŚĆ NASION ŁUBINU ŻÓLTEGO  
ORAZ JEGO WPŁYW NASTĘPCZY W WARUNKACH  
STOSOWANIA KONWENCJONALNEJ UPRAWY ROLI  
I WIELOLETNICH UPROSZCZEŃ UPRAWOWYCH**



**POZNAŃ 2018**

# PLONOWANIE I JAKOŚĆ NASION ŁUBINU ŻÓŁTEGO ORAZ JEGO WPŁYW NASTĘPCZY W WARUNKACH STOSOWANIA KONWENCJONALNEJ UPRAWY ROLI I WIELOLETNIICH UPROSZCZEŃ UPRAWOWYCH

## ABSTRAKT

**Cel badań.** Głównym celem badań było określenie wpływu trzech systemów uprawy roli (konwencjonalnego, uproszczonego i siewu bezpośredniego) na rozwój roślin, plonowanie, wartość siewną i paszową nasion oraz efekty ekonomiczne uprawy łubinu żółtego. Dodatkowo oceniono wpływ systemu uprawy roli i zróżnicowanego nawożenia azotem na plonowanie pszenicy ozimej i rzepaku ozimego oraz wpływ następczy łubinu żółtego.

**Materiał i metody.** Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2012–2017 w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym w Złotnikach, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Doświadczenia założono jako dwuczynnikowe, w układzie split-plot w czterech powtórzeniach. Czynnikiem pierwszego rzędu był system uprawy roli (konwencjonalny, uproszczony, siew bezpośredni). Czynnikiem drugiego rzędu w doświadczeniach z pszenicą ozimą i rzepakiem ozimym było nawożenie azotem w dawkach: 0, 60, 120, 180 kg·ha<sup>-1</sup>.

**Podsumowanie.** Rozwój łubinu żółtego był najbardziej determinowany warunkami pogodowymi w czasie wegetacji. W doświadczeniu nie stwierdzono istotnych różnic między uprawą konwencjonalną a uproszczoną: w obsadzie roślin, LAI, suchej masie korzeni i brodawek korzeniowych, liczbie kwiatów na pędzie głównym i na pędach bocznych na roślinie, kwiatów poddanych aborcji, wysokości roślin, liczbie strąków i nasion na roślinie, a także w plonie nasion i wydajności białka. Uprawa konwencjonalna zapewniała najwyższy dochód rolniczy oraz najniższy koszt produkcji nasion.

Na podstawie przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że pszenica ozima uprawiana bezpośrednio po łubinie żółtym plonowała wyżej o 1,2 t·ha<sup>-1</sup> (19,3%) niż na stanowisku po rzepaku ozimym. Optymalna dawka azotu dla pszenicy wynosiła 120 kg·ha<sup>-1</sup>. Dawka azotu 180 kg·ha<sup>-1</sup> nie powodowała istotnego przyrostu plonu pszenicy ozimej w porównaniu z dawką 120 kg·ha<sup>-1</sup>.

W porównaniu z uprawą konwencjonalną, rzepak ozimy plonował istotnie niżej, o 12,0% w uprawie uproszczonej i o 47,7% w siewie bezpośrednim. Najwyższy plon rzepaku ozimego uzyskano po zastosowaniu dawki azotu 180 kg·ha<sup>-1</sup>.

**Słowa kluczowe:** łubin żółty, uprawa, plonowanie, przedplon pszenica ozima, rzepak ozimy

## THE YIELD AND QUALITY OF YELLOW LUPIN SEEDS AND THEIR EFFECT RESULTING FROM THE USE OF CONVENTIONAL AND LONG-TERM REDUCED SOIL TILLAGE SYSTEMS

### ABSTRACT

**Aim of study.** The main aim of the study was to determine the influence of three soil tillage systems (conventional, reduced, and direct sowing) on the development, yield, sowing value, feed value and economic effect of yellow lupin cultivation. In addition, the research included assessment of the influence of the tillage system and diversified nitrogen fertilization on the yield of winter wheat and winter rape as well as the influence of yellow lupin as a forecrop.

**Material and methods.** Between 2012 and 2017 field experiments were conducted at the Research Station in Złotniki, Poznań University of Life Sciences, Poland. The experiments were two-factorial trials in a split-plot design in four replications. The first factor was the soil tillage system (conventional, reduced, direct sowing). The other factor in the experiments on winter wheat and rape was nitrogen fertilization at doses of 0, 60, 120, and 180 kg N·ha<sup>-1</sup>.

**Summary.** During the growing season the development of yellow lupin depended on the weather conditions most. There were no significant differences between the conventional and reduced tillage systems in: the plant density, LAI, the dry mass of roots and nodules, the number of flowers on the main stem and branches per plant, the number of flowers shed, the height of plants, the number of pods and seeds per plant, the seed yield and protein efficiency. Conventional tillage ensured the highest income and the lowest costs of seed production.

The experiment showed that the yield of winter wheat cultivated after yellow lupin was about 1.2 t·ha<sup>-1</sup> (19.3%) greater than the yield of winter wheat cultivated after winter rape. The optimal dose of nitrogen fertilization for winter wheat was 120 kg N·ha<sup>-1</sup>. The dose of 180 kg N·ha<sup>-1</sup> did not increase the winter wheat yield significantly, as compared with the dose of 120 kg N·ha<sup>-1</sup>.

In comparison with the conventional tillage system the reduced tillage system and direct sowing decreased the yield of winter rape by about 12.0% and 47.7%, respectively. The highest yield of winter rape was obtained after the application of 180 kg N·ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** yellow lupin, cultivation, yielding, forecrop winter wheat, winter rape

KOMITET REDAKCYJNY

**Anna Golcz, Anna Gramza-Michałowska, Stanisław Grześ,  
Jolanta Komisarek, Andrzej Krauss, Andrzej Mazur, Sebastian Nowaczewski,  
Julita Reguła, Arkadiusz Sadowski, Jacek Wójtowski (przewodniczący),  
Anna Zielińska-Krybus**

Redaktor Działu  
**dr hab. Stanisław Grześ**

Recenzent  
**prof. dr hab. Janusz Podleśny**  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –  
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu  
Poznań 2018, Poland



Książka jest dostępna na licencji Creative Commons – Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne – Bez utworów zależnych 4.0 Międzynarodowe (CC BY-NC-ND 4.0)

ISSN 1896-1894

ISBN 978-83-7160-911-4

e-ISBN 978-83-67112-88-8

<https://doi.org/10.17306/978-83-67112-88-8>

<https://wydawnictwo.up.poznan.pl/book.html?isbn=978-83-67112-88-8>

Redakcja  
Lucyna Borowczyk

Skład i łamanie  
Donata Latusek

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO W POZNANIU  
ul. Witosza 45, 60-693 Poznań  
tel.: 61 848 7808, e-mail: [wydawnictwo@up.poznan.pl](mailto:wydawnictwo@up.poznan.pl)  
<https://wydawnictwo.up.poznan.pl/>

Ark. wyd. 10,5.

Wersja elektroniczna dostępna na stronie <https://wydawnictwo.up.poznan.pl/books.html?dostepnosc=open%20access> oraz w serwisie <https://www.ibuk.pl/>

## SPIS TREŚCI

1. WSTĘP I CEL PRACY . . . . .	7
2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ . . . . .	10
2.1. Opis doświadczeń . . . . .	10
2.2. Metodyka i zakres badań . . . . .	11
2.3. Statystyczne opracowanie wyników . . . . .	15
3. WARUNKI PROWADZENIA DOŚWIADCZEŃ . . . . .	17
3.1. Warunki glebowe . . . . .	17
3.2. Warunki agrotechniczne . . . . .	17
3.3. Warunki pogodowe . . . . .	18
4. WYNIKI BADAŃ . . . . .	22
4.1. Wpływ warunków pogodowych na wzrost, rozwój i plonowanie łą- binu żółtego . . . . .	22
4.2. Wyniki badań wykonanych w czasie wegetacji i po zbiorze łąbinu żółtego . . . . .	32
4.2.1. Biologiczne właściwości gleby . . . . .	32
4.2.2. Zachwaszczenie . . . . .	37
4.2.3. Obsada roślin . . . . .	40
4.2.4. Indeks LAI i SPAD . . . . .	42
4.2.5. Sucha masa korzeni i brodawek korzeniowych . . . . .	42
4.2.6. Liczba kwiatów na roślinie i liczba kwiatów zrzucanych przez roślinę . . . . .	43
4.2.7. Cechy biometryczne . . . . .	46
4.2.8. Plon nasion . . . . .	48
4.2.9. Wartość siewna i wigor nasion . . . . .	54
4.2.10. Zawartość składników organicznych i popiołu w nasionach .	57
4.2.11. Wydajność białka . . . . .	58
4.2.12. Wartość energetyczna nasion . . . . .	59
4.2.13. Wydajność energetyczna plonu nasion . . . . .	60
4.2.14. Plon suchej masy organów wegetatywnych . . . . .	62
4.2.15. Skład mineralny i nagromadzenie składników mineralnych w organach wegetatywnych . . . . .	63

5. ANALIZA EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI UPRAWY ŁUBINU ŻÓŁTEGO . . . . .	65
6. PLONOWANIE ROŚLIN NASTĘPCZYCH W PŁODOZMIANIE . . . . .	68
6.1. Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej w drugim roku zmianowania . . . . .	68
6.2. Plonowanie rzepaku ozimego uprawianego w trzecim roku zmianowania . . . . .	70
6.3. Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej w czwartym roku zmianowania . . . . .	71
7. PORÓWNANIE PLONOWANIA PSZENICY OZIMEJ UPRAWIANEJ W DRUGIM I CZWARTYM ROKU ZMIANOWANIA . . . . .	74
8. DYSKUSJA . . . . .	76
9. PODSUMOWANIE I WNIOSKI . . . . .	93
LITERATURA . . . . .	96

## 1. WSTĘP I CEL PRACY

Powierzchnia uprawy roślin strączkowych w Polsce, w tym łubinu, w latach dziewięćdziesiątych XX wieku uległa znacznemu ograniczeniu. Przyczyną tego zjawiska była zmniejszająca się opłacalność uprawy, ograniczenie zużycia nasion na paszę i możliwości eksportu nasion, a w przypadku łubinu także wystąpienie groźnej choroby – antraknozy. Zmniejszający się udział roślin strączkowych w strukturze zasiewów był także spowodowany wprowadzeniem gospodarki wolnorynkowej, w wyniku której nastąpił systematyczny wzrost importu poekstrakcyjnej śruty sojowej (Podleśny i Książak, 2009). Po 1989 roku gospodarka wolnorynkowa doprowadziła m.in. do zmian struktury agrarnej i uproszczenia płodozmianów. Efektem tego był wzrost udziału zbóż w strukturze zasiewów do ponad 74%, a w niektórych rejonach Polski nawet do 80%. Następstwem tych zmian było także zmniejszenie dopływu materii organicznej do gleby poprzez zaniechanie wprowadzania resztek pozbiorowych (Kotecki, red., 2012). W ostatnich latach można zaobserwować jednak wzrost zainteresowania uprawą tej grupy roślin. Złożyło się na to kilka czynników, wśród których można wymienić prośrodowiskową politykę rolną Unii Europejskiej, której celem jest efektywna produkcja żywności wysokiej jakości z wykorzystaniem optymalnych technologii, niezagrażających środowisku przyrodniczemu. Rośliny strączkowe doskonale nadają się do opisanego celu dzięki uprawie w siewie czystym, mieszankach zbożowo-strączkowych bądź w międzyplonach. Dlatego ta grupa roślin uwzględniana jest w licznych programach rolnośrodowiskowych, a opłacalność uprawy podnoszą dopłaty z Unii Europejskiej. W tym kontekście rośliny strączkowe mają zalety zarówno ekonomiczne, jak i ekologiczne (Raport końcowy..., 2015), wynikające głównie ze zdolności do wiązania azotu atmosferycznego przez bakterie brodawkowe, z którymi wchodzi w symbiozę (Podleśny, 2005; Sawicka-Sienkiewicz i in., 2007; Nemecek i in., 2008; Florek i in., 2012; Voisin i in., 2014; Foyer i in., 2016).

Ważnym zagadnieniem, które ma wpływ na wzrost zainteresowania uprawą roślin strączkowych jest dążenie do zapewnienia „białkowego bezpieczeństwa kraju” w oparciu na produkcji pasz wysokobiałkowych z wykorzystaniem rodzimych gatunków roślin. Nie bez znaczenia pozostaje również konieczność realizacji w przyszłości przepisu zawartego w art. 15 ustawy z 22 lipca 2006 roku o paszach (Dz.U. z 2006, nr 144, poz. 1045, z późn. zm.), w którym ustanowiono zakaz wprowadzania do obrotu na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej pasz genetycznie modyfikowanych oraz organizmów genetycznie modyfikowanych przeznaczonych do użytku paszowego (Raport końcowy..., 2015).

Dane statystyczne (GUS, 2017) wskazują, iż w 2016 roku powierzchnia zasiewów strączkowych na nasiona wraz z mieszankami wynosiła około 226 tys. ha, z czego na zielonkę uprawiano 34,2 tys. ha, a największy udział w tej powierzchni

stanowił łubin – 147 tys. ha. Mimo iż wiodącym gatunkiem jest łubin wąskolistny, to uprawa łubinu żółtego jest ważna głównie z punktu widzenia jego mniejszych wymagań względem stanowiska i większej tolerancji na zakwaszenie gleby (French i in., 2001; Wolko i in., 2011; Dymarska i Grabowska, 2014; Jarecki i in., 2017). Jako roślina gleb lekkich może być wprowadzany do zmianowania tam, gdzie dobór innych gatunków roślin uprawnych jest ograniczony. Rośliny strączkowe, w tym łubin żółty, dzięki głębokiemu i dobrze rozwiniętemu systemowi korzeniowemu ograniczają degradację gleb poprzez działanie strukturotwórcze i melioracyjne (Florek i in., 2012). Ponadto wzbogacają glebę w substancję organiczną, pozostawiając po zbiorze resztki poźniwne zasobne w makro- i mikroelementy (Jasińska i Kotecki, 2001; Malarz i in., 2010), czym poprawiają kulturę gleby oraz wpływają na utrzymanie dobrego jej stanu i zwiększenie wydajności roślin następczych (Sadowski i in., 2000; Świącicki i in., 2007).

Znaczenie gospodarcze roślin strączkowych wynika głównie z wykorzystania nasion w żywieniu zwierząt (Podleśny, 2005; Nemecek i in., 2008; Voisin i in., 2014; Foyer i in., 2016). Jak podają Buraczewska i in. (2010), spośród trzech gatunków łubinu nasiona łubinu żółtego zawierają (w suchej masie) najwięcej białka, dzięki czemu są cennym składnikiem pasz dla trzody chlewnej, drobiu i ryb (Peireira i Oliva-Teles, 2004; Kim i in., 2008; Zduńczyk i in., 2014). Ponadto łubin żółty sprawdza się w uprawie na zielonkę i kiszonkę (Podleśny, 2008; Faligowska i Szukała, 2009; Faligowska i Selwet, 2012; Jarecki i Bobrecka-Jamro, 2014). Dodatkowo, ze względu na właściwości prozdrowotne, podjęto badania nad możliwością wykorzystania tego gatunku w żywieniu ludzi, jako składnik tzw. żywności funkcjonalnej (Skibniewska i in., 2003; Lampart-Szczapa i in., 2007; Lampart-Szczapa i Łoza, 2007).

We współczesnym rolnictwie kluczowe zagadnienie ma obniżenie kosztów produkcji (Małecka i in., 2012b). Obecnie w celu ich ograniczenia dąży się do zmniejszenia intensywności uprawy, zwłaszcza spłylenia orki lub zastąpienia jej innymi zabiegami (Orzech i in., 2003). Niewątpliwie orka ma wiele zalet, z których wymienić należy: dobre spulchnienie, odwrócenie i rozdrobnienie warstwy ornej, łatwość wprowadzenia do głębszych warstw gleby resztek poźniwnych oraz wyrównanie zawartości składników pokarmowych w całej warstwie ornej. Jednak zabieg ten wpływa również niekorzystnie na glebę, a mianowicie: niszczy jej naturalną strukturę, sprzyja erozji, przyczynia się do zaskorupienia gleby, spowalnia tempo pracy i zwiększa zużycie paliwa (Holland, 2004; Dzieńka i in., 2006; Morris i in., 2010). Stąd też rośnie zainteresowanie różnymi rozwiązaniami ograniczającymi koszty produkcji i mechaniczną ingerencję w glebę. Najbardziej popularna staje się uprawa uproszczona (bezorkowa), w której następuje inkorporacja resztek roślinnych w powierzchniowej warstwie, lecz ich część pozostaje na powierzchni gleby (Małecka i in., 2012b). W innej metodzie uprawy bezorkowej całkowicie rezygnuje się z zabiegów uprawowych od zbioru przedplonu do siewu rośliny następczej, a siew wykonywany jest specjalistycznymi siewnikami z redlicami talerzowymi. Takie rozwiązanie, w którym pozostawiane są wszystkie resztki roślinne na powierzchni pola, jest nazywane siewem bezpośrednim lub uprawą zerową (Małecka i in., 2012b).



Wzrost zainteresowania rolników uprawą roślin strączkowych wymaga nie tylko prac badawczych nad zwiększeniem wielkości i wierności ich plonowania, ale także działań w zakresie poprawienia opłacalności produkcji. Nadmienić należy, że dopłaty do roślin strączkowych wprowadzone w 2010 roku stały się głównym czynnikiem motywującym rolników do ich uprawy. Dzięki temu udział tej grupy roślin w strukturze zasiewów powoli, ale systematycznie wzrastał z 1,7% w 2010 do 3,0% w 2016 roku (GUS, 2017). Ze względu na małe zainteresowanie uprawą roślin strączkowych po okresie transformacji ustrojowej nastąpił w ich agrotechnice, w porównaniu z innymi roślinami uprawnymi, niewielki postęp, a plony uzyskiwane w praktyce wzrosły nieznacznie. Podczas gdy potencjalny postęp ilościowy, obliczony na podstawie plonów wzorca w doświadczeniach COBORU, w ciągu 36-lecia wynosił dla łubinu żółtego 18 kg rocznie (Prusiński, 2007). Jak podają Podleśny i Księżak (2009), ważną przyczyną niskich plonów nasion jest zanik tradycji uprawy tych roślin oraz błędy popełniane w ich agrotechnice. W tym czasie nastąpił duży postęp technologiczny w uprawie takich roślin, jak zboża, rzepak, buraki cukrowe i kukurydza, który wynikał z wprowadzania bardziej opłacalnych, uproszczonych systemów uprawy roli oraz dostępności wyspecjalizowanych maszyn rolniczych (Budzyński i in., 2000; Jankowski i Budzyński, 2000; Głowacka, 2007; Koziara i in., 2007; Pabin i in., 2008; Piechota i in., 2013; Zimny i in., 2015; Jaskulska i in., 2017). Badania własne nad możliwością stosowania uprawy uproszczonej oraz siewu bezpośredniego łubinu żółtego i wąskolistnego prowadzono już w latach 2002–2004 w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym w Złotnikach, ale miały one charakter zastosowania jednorazowego. Wówczas wskazywano, że bardziej opłacalna w stosunku do tradycyjnej uprawy orkowej jest uprawa uproszczona (bezorkowa). Nie rozwiązano jednak problemu dotyczącego plonowania łubinu w warunkach stosowania wieloletnich uproszczeń w uprawie roli w zmianowaniach. Dlatego po 15 latach stosowania uproszczeń w uprawie roli podjęto badania z łubinem żółtym, mające na celu ocenę plonowania i jakości nasion, zmian biologicznych w środowisku glebowym oraz opłacalności w warunkach konwencjonalnej i uproszczonej uprawy roli, a także siewu bezpośredniego.

Cele pomocnicze dotyczyły:

- oceny wpływu czynników pogodowych na wzrost, rozwój i plonowanie łubinu żółtego uprawianego w czteropolowym płodozmianie, z 50-procentowym udziałem zbóż
- określenia wpływu długoletniego stosowania uproszczeń uprawowych na właściwości biologiczne gleby, zachwaszczenie, rozwój generatywny oraz zawiązywanie brodawek korzeniowych łubinu
- ustalenia optymalnej dawki nawożenia azotem dla roślin następczych, którymi były w kolejności: pszenica ozima, rzepak ozimy, pszenica ozima
- poznania wpływu następczego łubinu żółtego na plonowanie pszenicy ozimej i rzepaku ozimego w warunkach uprawy konwencjonalnej, uproszczonej i siewu bezpośredniego
- określenia opłacalności produkcji nasion łubinu żółtego w zróżnicowanych systemach uprawy roli.

Badania prowadzono w ramach programu wieloletniego „Ulepszanie krajowych źródeł białka roślinnego, ich produkcji, systemu obrotu i wykorzystania w paszach”, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

## 2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

### 2.1. Opis doświadczeń

Materiał do pracy stanowiły wyniki statycznych, ścisłych doświadczeń polowych przeprowadzonych w latach 2008–2017 w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Gorzyń, Stacja Złotniki (N: 52°29'0" E: 16°49'53"), należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Doświadczenia założono jako dwuczynnikowe, w układzie split-plot w czterech powtórzeniach, w czteropolowym płodozmianie z 50-procentowym udziałem zbóż: łubin żółty (odm. 'Mister') – pszenica ozima (odm. 'Bamberka') – rzepak ozimy (odm. 'DK Exquisite') – pszenica ozima (odm. 'Bamberka').

I. Doświadczenie z łubinem żółtym. Czynnikiem badawczymi były:

1. System uprawy roli
  - A – uprawa konwencjonalna
  - B – uprawa uproszczona
  - C – siew bezpośredni w ściernisko
2. Nawożenie azotem przedplonu ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

Wobec nieudowodnionego statystycznie wpływu dawek azotu stosowanych pod przedplon na plonowanie i badane cechy łubinu żółtego, w pracy poddano analizie tylko wyniki kombinacji czynnika pierwszego.

II. Doświadczenia następcze z pszenicą ozimą i rzepakiem ozimym. Czynnikiem badawczymi były:

1. System uprawy roli
  - A – uprawa konwencjonalna
  - B – uprawa uproszczona
  - C – siew bezpośredni w ściernisko
2. Nawożenie azotem ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
  - $N_0$  – 0
  - $N_1$  – 60
  - $N_2$  – 120
  - $N_3$  – 180

Kolejność zmianowania w płodozmianie z 50-procentowym udziałem zbóż przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Zmianowanie w latach 2012–2017  
**Table 1.** Crop rotation in years 2012–2017

Zmianowanie – Crop rotation					
2012	2013	2014	2015	2016	2017
łubin żółty yellow lupin	pszenica ozima* winter wheat*	rzepak ozimy winter rape	pszenica ozima** winter wheat**	–	–
–	łubin żółty yellow lupin	pszenica ozima* winter wheat*	rzepak ozimy winter rape	pszenica ozima** winter wheat**	–
–	–	łubin żółty yellow lupin	pszenica ozima* winter wheat*	rzepak ozimy winter rape	pszenica ozima** winter wheat**
–	–	–	łubin żółty yellow lupin	pszenica ozima* winter wheat*	rzepak ozimy winter rape

\*Pszenica ozima uprawiana w pierwszym roku po łubinie żółtym.

\*\*Pszenica ozima uprawiana w trzecim roku po łubinie żółtym.

\*Winter wheat cultivated in the first year after yellow lupin.

\*\*Winter wheat cultivated in the third year after yellow lupin.

## 2.2. Metodyka i zakres badań

W trakcie realizacji doświadczeń wykonano wymienione poniżej badania polowe, analizy laboratoryjne oraz obliczenia.

### I. Doświadczenie z łubinem żółtym

1. Łubin żółty był uprawiany w tym samym płodozmianie od 2008 do 2015 roku. Pozwoliło to na ocenę wpływu warunków pogodowych na wzrost, rozwój i plonowanie tego gatunku w 8-letnim okresie badań. W czasie wegetacji prowadzono m.in. obserwacje przebiegu faz rozwojowych łubinu żółtego. W celu ich oznaczenia posłużono się skalą BBCH (Krawczyk i Mrówczyński, 2012).
2. W latach 2012–2014 wykonano badania liczebności wybranych grup drobnoustrojów glebowych oraz badania biochemiczne aktywności enzymatycznej gleby w warstwach: 0–10 cm i 10–20 cm. Glebę do analiz pobierano w trzech terminach: I – po siewie łubinu żółtego (BBCH 01-03), II – po kwitnieniu (BBCH 69), III – po zbiorze łubinu. W badaniach uwzględniono trzy grupy mikroorganizmów glebowych: ogólną liczebność bakterii, grzybów oraz promieniowców. Oznaczenia dotyczące drobnoustrojów przeprowadzono metodą płytkową, natomiast badania biochemiczne polegały na oznaczeniu

w glebie aktywności kompleksu dehydrogenaz metodą Thalmanna (Brzezińska i Włodarczyk, 2005) oraz ureazy metodą Zantua (Jezińska-Tys i in., 2004) z użyciem spektrofotometru NOVASPEC II. Analizy wykonano w laboratorium Katedry Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Oznaczenia w doświadczeniu z łubinem żółtym, wymienione niżej, wykonano w latach 2012–2015.

3. Liczbę chwastów oraz skład gatunkowy zachwaszczenia oznaczono metodą ramkową przed zbiorem na powierzchni 1 m<sup>2</sup> na każdym poletku. Po wysuszeniu zebranych chwastów oznaczono również suchą masę chwastów. Zmiany różnorodności florystycznej badanych zbiorowisk roślinnych analizowano z wykorzystaniem wskaźnika Shannona-Wienera (Weiner, 2003), wskaźnika Simpsona (Sienkiewicz, 2010) oraz Margalefa (Grey, 2000).
4. Obsadę roślin na każdym poletku określano przed zbiorem metodą ramkową na powierzchni 1 m<sup>2</sup>.
5. Stan odżywienia roślin azotem (SPAD) oznaczono za pomocą urządzenia N-tester, a stosunek powierzchni asymilacyjnej liści łubinu żółtego do powierzchni pola LAI wyznaczono LAI-metrem firmy Li-Cor w fazie kwitnienia łubinu (BBCH 61-63).
6. Suchą masę korzeni i brodawek korzeniowych oraz liczbę kwiatów na roślinie oznaczono w czterech powtórzeniach. Każde powtórzenie składało się z pięciu roślin rosnących kolejno w jednym rzędzie, które pobrane zostały w fazie pełni kwitnienia (BBCH 63-64). Próby pobierano metodą dołków (Malicki, 1968), wykopując rośliny z losowo wybranych miejsc na poletkach kontrolnych. Rośliny opłukano z gleby na sitach pod strumieniem bieżącej wody, osuszono bibułą i poddano pomiarom. Korzenie i oddzielone od korzeni brodawki wysuszono w temperaturze 80°C i po 48 godzinach oznaczono ich suchą masę.
7. Liczbę strąków i nasion na roślinie oraz liczbę nasion w strąku ustalono na 10 kolejno rosnących roślinach w jednym rzędzie, pobranych przed zbiorem z każdego poletka. W tabelach zamieszczono średnie z 10 roślin.
8. Masę tysiąca nasion oznaczono zgodnie z PN-68/R-74017 (1969).
9. Plon nasion łubinu żółtego przeliczono dla wilgotności 15%.
10. Wartość siewną nasion określano na próbie 100 nasion pobranych losowo z każdego poletka, które poddano kiełkowaniu. Parametry wartości siewnej (energię kiełkowania i zdolność kiełkowania, udział nasion pleśniejących i gnijących oraz nienormalnie kiełkujących) oznaczono według ISTA (2006).
11. Wigor nasion oceniano metodą konduktometryczną zgodnie z metodyką ISTA (2006) oraz wykonano dodatkowe testy wigorowe: test wzrostu siewki i test szybkości wzrostu siewki według metodyki Dąbrowskiej i in. (2000).

12. Plon suchej masy organów wegetatywnych (wyrażony w  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) został wyliczony na podstawie przeliczenia suchej masy organów wegetatywnych roślin łąbinu żółtego, które pobrano przed zbiorem z każdego poletka z powierzchni  $1 \text{ m}^2$ .
13. Analizy składu chemicznego nasion wykonywano w laboratorium chemicznym Katedry Agronomii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu zgodnie z powszechnie stosowanymi metodami. Białko ogólne oznaczono metodą Kjeldahla, tłuszcz surowy – metodą Soxhleta, włókno surowe – metodą zhydrolizowania pozostałych składników materiału roślinnego, popiół surowy – metodą spalania na sucho, bezazotowe związki wyciągowe – przez odjęcie od 100-procentowej zawartości pozostałych składników.
14. Zawartość składników mineralnych (azotu N, fosforu P, potasu K, magnezu Mg, wapnia Ca) w organach wegetatywnych oznaczono w firmie AgroEkspert Polska w Kościelcu (N – metodą Kjeldahla, P – metodą kolorymetryczną, Mg, Ca i K – metodą spektroskopii odbiciowej w bliskiej podczerwieni NIRS).
15. Na podstawie analiz chemicznych obliczono wydajność białka z nasion oraz nagromadzenie składników mineralnych w organach wegetatywnych łąbinu żółtego, jako iloczyn procentowej zawartości tych składników w suchej masie zebranego odpowiednio plonu nasion i suchej masy organów wegetatywnych.
16. Zawartość energii metabolicznej (EM) w paszy przeznaczony dla trzody chlewnej obliczono na podstawie zawartości składników pokarmowych według wzoru (Grela i Skomial, red., 2015):  

$$\text{EM} (\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}) = 0,0205 \cdot \text{BS} + 0,0398 \cdot \text{TS} + 0,0173 \cdot \text{S} + 0,0160 \cdot \text{C} + 0,0147 \cdot \text{FSO}$$
gdzie: BS – białko strawne, TS – tłuszcz strawny, S – skrobia, C – cukry proste, FSO – reszta substancji organicznie strawnej, tj. substancja organicznie strawna (SOS) –  $(\text{BS} + \text{TS} + \text{S} + \text{C})$ , wszystkie składniki wyrażono w  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$  Współczynniki przy BS, TS, S, C oznaczają wartość energetyczną tych składników (EM,  $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ).
17. Zawartość pozornej energii metabolicznej poprawionej o zerowy bilans azotu ( $\text{EM}_N$ ) w paszy przeznaczony dla drobiu obliczono na podstawie zawartości składników pokarmowych według wzoru (Smulikowska i Rutkowski, red., 2005):  

$$\text{EM}_N (\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}) = 18,03 \cdot \text{BOS} + 38,83 \cdot \text{TS} + 17,32 \cdot \text{ZBWS}$$
gdzie: BOS – strawne białko ogólne, TS – strawny tłuszcz, ZBWS – strawne związki bezazotowe wyciągowe (wszystkie składniki wyrażono w  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ ). Zawartość energii metabolicznej (EM) w paszy przeznaczony dla drobiu po przeliczeniu wyrażono w  $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$
18. Wydajność energetyczną plonu nasion wyliczono jako iloczyn wartości energetycznej  $1 \text{ kg}$  nasion i plonu suchej masy nasion z  $1 \text{ ha}$ .
19. W pracy zamieszczono kalkulację opłacalności uprawy łąbinu żółtego, którą wykonano zgodnie z założeniami „Ekonomii produkcji rolniczej” (Kisiel,

1999). Do wyliczenia opłacalności uprawy przyjęto średnie plony z lat 2012–2015, uzyskane w poszczególnych systemach uprawy. Efekty ekonomiczne wyliczono, posługując się cenami środków produkcji i stawkami dopłat za 2015 rok. Wartość nasion łubinu żółtego ustalono na podstawie ich ceny rynkowej. Dopłaty obejmowały: jednolitą płatność obszarową (453,7 zł), dopłaty do powierzchni obsianej roślinami strączkowymi (uprawa na nasiona 422,0 zł + zazielenienie 304,3 zł) oraz dopłatę do materiału siewnego (120 zł). W koszty bezpośrednie wliczono: materiał siewny, środki ochrony roślin oraz nawozy. Koszty pośrednie to: koszt pracy maszyn i zabiegów, podatek rolny i ubezpieczenie. W kalkulacjach nie uwzględniono wartości resztek poźniowych łubinu jako przedplonu ze względu na pozarynkowe jej wykorzystanie.

## II. Doświadczenia następcze z pszenicą ozimą i rzepakiem ozimym

1. W celu określenia wpływu następczego stanowiska po łubinie żółtym określono plony pszenicy ozimej uprawianej w pierwszym i trzecim roku po łubinie, które przeliczano dla wilgotności 15%. Natomiast plony nasion rzepaku ozimego uprawianego w drugim roku po łubinie żółtym przeliczono na 8% wilgotności.
2. Efektywność rolniczą wykorzystania azotu w uprawie pszenicy ozimej i rzepaku ozimego wyliczono jako stosunek przyrostu plonu pod wpływem nawożenia azotem do dawki zastosowanego nawożenia azotem (Novoa i Loomis, 1981).

### Dane meteorologiczne

W pracy przyjęto kryteria klasyfikacji temperatury powietrza według Łyczko i in. (2000) i na podstawie odchylenia temperatury od średniej z wielolecia. Lata określono jako:

- bardzo ciepłe  $>+2,0^{\circ}\text{C}$
- ciepłe  $0,5-2,0^{\circ}\text{C}$
- normalne (średnie)  $0,5-(-0,5^{\circ}\text{C})$
- chłodne  $-0,5-(-2,0^{\circ}\text{C})$
- bardzo chłodne  $<-2,0^{\circ}\text{C}$ .

Klasyfikację dla lat według sum opadów przyjęto za Kaczorowską (1962), dzieląc je na:

- skrajnie suche, suma opadów poniżej 50% normy średniej sumy wieloletniej (niedobór opadów przekracza 50%)
- bardzo suche, suma opadów stanowi 50–74% normy (niedobór wynosi 26–50%)
- suche, suma opadów stanowi 75–89% normy (niedobór wynosi 11–25%)
- przeciętne, suma opadów mieści się w granicach 90–110% normy (odchylenie od przeciętnej sumy wieloletniej nie przekracza 10%)
- wilgotne, suma opadów stanowi 111–125% normy (nadmiar opadów wynosi 11–25%)
- bardzo wilgotne, suma opadów stanowi 126–150% normy (nadmiar opadów wynosi 26–50%)

- skrajnie wilgotne, suma opadów przewyższa 150% normy (nadmiar opadów przekracza 50%).

Wartość współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa ( $K$ ) wyliczono według wzoru (Molga, 1986):

$$K = \frac{P}{0,1 \sum_t}$$

gdzie:  $P$  – suma opadów atmosferycznych w analizowanym okresie (mm),

$\sum_t$  – suma średniej dobowej temperatury powietrza w analizowanym okresie ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Miesięczne sumy temperatury obliczono, mnożąc średnią miesięczną temperaturę przez liczbę dni w miesiącu. Do interpretacji współczynnika  $K$  wykorzystano 10-stopniowy przedział wartości według Skowery i Puły (2004):

- skrajnie suchy – extremely dry (ss)  $k \leq 0,4$
- bardzo suchy – very dry (bs)  $0,4 < k \leq 0,7$
- suchy – dry (s)  $0,7 < k \leq 1,0$
- dość suchy – quite dry (ds)  $1,0 < k \leq 1,3$
- optymalny – optimum (o)  $1,3 < k \leq 1,6$
- dość wilgotny – quite moist (dw)  $1,6 < k \leq 2,0$
- wilgotny – moist (w)  $2,0 < k \leq 2,5$
- bardzo wilgotny – very moist (bw)  $2,5 < k \leq 3,0$
- skrajnie wilgotny – extremely moist (sw)  $k > 3,0$ .

### 2.3. Statystyczne opracowanie wyników

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej, stosując metodę analizy wariancji dla doświadczeń czynnikowych ortogonalnych i analizę wariancji w układzie split-plot (Elandt, 1964; Łubkowski, 1968). Test szczegółowy szacowano według Tukeya na poziomie ufności  $P = 0,95$ .

W ocenie właściwości biologicznych gleby czynnik pierwszego rzędu stanowił system uprawy roli, jako czynnik drugiego rzędu przyjęto termin pobrania prób do analiz, a czynnikiem trzeciego rzędu była warstwa gleby, z której pobrano próbki.

W ocenie wpływu następczego uprawy łubinu żółtego na plonowanie pszenicy ozimej, czynnikiem pierwszego rzędu był system uprawy roli, natomiast drugiego rzędu pszenica ozima: uprawiana w pierwszym i w trzecim roku po łubinie żółtym.

Ocenę współzależności między badanymi cechami wykonano na podstawie wartości współczynników korelacji liniowej Pearsona.

W interpretacji wyników korelacji posłużono się skalą Stanisza (1998):

- $r_{xy} = 0$  – zmienne nie są skorelowane
- $0 < r_{xy} < 0,1$  – korelacja nikła
- $0,1 \leq r_{xy} < 0,3$  – korelacja słaba
- $0,3 \leq r_{xy} < 0,5$  – korelacja przeciętna

$0,5 \leq r_{xy} < 0,7$  – korelacja wysoka  
 $0,7 \leq r_{xy} < 0,9$  – korelacja bardzo wysoka  
 $0,9 \leq r_{xy} < 1,0$  – korelacja prawie pewna  
 $r_{xy} = 1$  – korelacja pewna.

Obliczono ponadto podstawowe parametry badanych zmiennych, tj. średnią, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności oraz wartość minimalną i maksymalną.

Współczynnik zmienności (CV) analizowanych cech wyliczono ze wzoru:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100 (\%)$$

gdzie:  $S$  – odchylenie standardowe,  
 $\bar{X}$  – średnia arytmetyczna.

Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą pakietu programów statystycznych STATPAKU.



### 3. WARUNKI PROWADZENIA DOŚWIADCZEŃ

#### 3.1. Warunki glebowe

Doświadczenia zlokalizowane były na wysoczyźnie morenowej wznoszącej się od 97,5 m do 102,5 m n.p.m. Warstwa przypowierzchniowa wysoczyzny została utworzona z glin i piasków wskutek bezpośredniej akumulacji lodowcowej zlodowacenia bałtyckiego. Wierzchnie warstwy gleb, na których zlokalizowano pole doświadczalne mają uziarnienie piasków gliniastych lekkich (miejscami piasków gliniastych mocnych) o udziale części spławialnych ( $\phi < 0,02$  mm) od 14% do 14,5%, w tym ilu koloidalnego 2–4%. W podłożu zalega glina lekka o zawartości części spławialnych na poziomie 27–32%. W warstwie tej występują tzw. kliny piaskowe, to znaczy szczeliny wypełnione piaskami luźnymi, które sięgają do głębokości 80–120 cm, wpływając na większe i szybsze przesychnanie gleby. Miąższość poziomu orno-próchnicznego waha się od 26 cm do 28 cm. Okresowe przesychnanie gleby wynika z niskiego poziomu wody gruntowej i budowy podłoża.

Glebę o odczynie pH 5,7 (w 1 M KCl) cechuje: duża zawartość fosforu ( $8,3 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g gleby}^{-1}$ ), średnia – potasu ( $9,4 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g gleby}^{-1}$ ) i magnezu ( $3,5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g gleby}^{-1}$ ) oraz próchnicy na poziomie ok. 1,1%.

Według aktualnie obowiązującej Systematyki gleb Polski (Marcinek i Komisarrek, 2011) glebę pola doświadczalnego zakwalifikowano do:

rząd: gleby płowoziemne (P)

typ: gleby płowe (PW)

podtyp: gleby płowe typowe (PWt)

rodzaj: glina zwałowa

gatunek: piasek gliniasty lekki płytko zalegający na glinie lekkiej.

W ocenie bonitacyjnej gleba pola doświadczalnego jest zaliczana do klas IVa i IVb, a według przydatności rolniczej do kompleksów: 4 (żytni bardzo dobry) i 5 (żytni dobry).

#### 3.2. Warunki agrotechniczne

Doświadczenie z łubinem żółtym stanowiło jedno z pól statycznego płodozmianu czteropolowego z 50-procentowym udziałem zbóż.

Łubin żółty odmiany 'Mister', pszenicę ozimą odmiany 'Bamberka' i rzepak ozimy odmiany 'DK Exquisite' uprawiano w płodozmianie, w którym od 1997 roku został zachowany statyczny układ poziomów badanych czynników.

W uprawie konwencjonalnej wykonano pełen zakres uprawek po zbiorze przedplonu: bronę talerzową, orkę przedzimową i uprawki przedsiewne. W uprawie uproszczonej orkę zastąpiono broną talerzową. Natomiast w siewie bezpośrednim w ściernisko zaniechano wszelkich uprawek mechanicznych, ograniczając się do jednokrotnego zastosowania jesienią herbicydu Roundup 360 SL (glifosat) w dawce  $3,0 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Na wszystkich obiektach z trzema systemami uprawy roli stosowano jesienią co roku wysiew potasu w formie soli potasowej (60%  $\text{K}_2\text{O}$ ) w dawce  $100 \text{ kg K}_2\text{O}$  ( $83 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) oraz fosforu w postaci superfosfatu potrójnego granulowanego (46%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), w dawce  $80 \text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$  ( $34,9 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Nawożenie azotem przedplonów w formie saletry amonowej (34% N) stosowano w trzech terminach. W pszenicy ozimej:  $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  wiosną przed ruszeniem vegetacji oraz na odpowiednich obiektach kolejne  $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w fazie krzewienia i  $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w fazie kłoszenia. Natomiast w rzepaku ozimym:  $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  wiosną przed ruszeniem vegetacji oraz na odpowiednich obiektach kolejne  $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  po ruszeniu vegetacji i  $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  na początku kwitnienia.

Na wszystkich poletkach nasiona wysiewano siewnikiem do siewu bezpośredniego firmy Great Plains. Łubin żółty siano w ilości 100 kielkujących nasion na  $1 \text{ m}^2$ , uwzględniając co roku masę 1000 nasion i zdolność kielkowania. Przed siewem nasiona łubinu zaprawiono preparatem Vitavax 200 FS oraz szczepiono Nitraginą. Bezpośrednio po siewie w celu redukcji zachwaszczenia stosowano Afalon Dyspersyjny 450 SC (linuron) w dawce  $1,5 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W trakcie vegetacji na oprzędziki stosowano oprysk preparatem Karate Zeon 050 CS (lambda-cyhalotryna) w dawce  $0,15 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a na antraknozę – profilaktycznie w fazie pąkowania Gwarant 500 SC (chlorotalonil) w dawce  $0,15 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Jeśli w sezonie panowały warunki pogodowe sprzyjające porażeniu *Colletotrichum lupini*, wykonywano dodatkowe opryski ww. fungicydem.

Powierzchnia każdego z dwunastu obiektów badawczych wynosiła  $24 \text{ m}^2$ , z czego do zbioru przeznaczono  $11,25 \text{ m}^2$ . Zbiór wykonywano jednoetapowo kombajnem poletkowym Wintersteiger, po uprzedniej desykcji preparatem Reglone 200 SL w dawce  $2,5 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Terminy siewu i zbioru łubinu żółtego przedstawiono w tabeli 6.

Pszenicę ozimą i rzepak ozimy uprawiano zgodnie z opisanym schematem, stosując opcjonalnie w czasie vegetacji środki ochrony roślin zalecane dla danych gatunków.

### 3.3. Warunki pogodowe

Dane meteorologiczne dotyczące temperatury i opadów w latach badań oraz średnie wieloletnie zestawiono na podstawie danych pozyskanych z Stacji Meteorologicznej w Złotnikach.

Dekadowy rozkład temperatury i opadów w latach 2012–2015 w trakcie vegetacji łubinu żółtego przedstawiono w tabeli 2. W 2012 roku warunki meteoro-

**Tabela 2.** Temperatura powietrza oraz suma opadów w okresie wegetacji łubinu żółtego według Stacji Meteorologicznej w Złotnikach w latach 2012–2015

**Table 2.** The air temperature and total rainfall during the growing season of yellow lupin in years 2012–2015 at Meteorological Station in Złotniki

Dekada Days	Średnia temperatura powietrza (°C) Mean air temperature (°C)						Suma opadów (mm) Total rainfall (mm)					
	miesiąc – month											
	III	IV	V	VI	VII	VIII	III	IV	V	VI	VII	VIII
2012												
I (1 <sup>st</sup> –10 <sup>th</sup> )	1,3	4,5	15,0	13,4	21,1	19,1	6,0	8,6	43,6	20,2	63,8	20,4
II (11 <sup>th</sup> –20 <sup>th</sup> )	7,0	7,6	12,7	16,9	16,0	17,6	1,8	5,6	13,6	57,4	56,2	13,2
III (21 <sup>st</sup> –30 <sup>th</sup> /31 <sup>st</sup> )	8,2	15,0	17,3	17,1	19,9	18,0	4,0	10,8	0,8	46,8	29,4	22,8
$\bar{x}^*/\sum^{**}$	5,5*	9,0	15,0	15,8	19,0	18,2	11,8**	25,0	58,0	124,4	149,4	56,4
2013												
I (1 <sup>st</sup> –10 <sup>th</sup> )	1,6	1,1	15,0	16,1	19,3	22,3	17,9	5,0	20,0	21,4	2,2	23,8
II (11 <sup>th</sup> –20 <sup>th</sup> )	–4,9	11,3	15,9	19,6	17,6	17,6	9,8	7,4	4,4	0,2	6,6	19,4
III (21 <sup>st</sup> –30 <sup>th</sup> /31 <sup>st</sup> )	–3,5	11,7	12,5	16,3	21,6	16,4	6,1	5,0	56,6	84,4	37,4	1,0
$\bar{x}^*/\sum^{**}$	–2,3*	8,0	14,5	17,3	19,5	18,8	33,8**	17,4	81,0	106,0	46,2	44,2
2014												
I (1 <sup>st</sup> –10 <sup>th</sup> )	5,0	8,7	9,9	17,4	20,8	21,3	0,4	15,4	15,8	14,6	18,8	55,4
II (11 <sup>th</sup> –20 <sup>th</sup> )	7,1	8,1	12,4	15,7	21,4	16,7	22,6	17,0	25,8	11,4	5,4	14,8
III (21 <sup>st</sup> –30 <sup>th</sup> /31 <sup>st</sup> )	8,0	14,3	17,2	14,8	22,1	14,2	37,0	24,8	50,8	16,4	22,4	19,6
$\bar{x}^*/\sum^{**}$	6,7*	10,4	13,2	16,0	21,4	17,4	60,0**	57,2	92,4	42,4	46,6	89,8
2015												
I (1 <sup>st</sup> –10 <sup>th</sup> )	4,4	4,5	12,9	16,7	20,6	24,0	6,6	10,4	22,2	32,4	12,8	11,4
II (11 <sup>th</sup> –20 <sup>th</sup> )	5,3	9,0	12,5	15,6	18,9	23,2	2,6	0,4	10,6	16,0	22,0	12,8
III (21 <sup>st</sup> –30 <sup>th</sup> /31 <sup>st</sup> )	5,7	11,3	13,3	14,9	18,1	20,1	37,0	7,6	3,4	33,6	30,2	1,0
$\bar{x}^*/\sum^{**}$	5,1	8,3	12,9	15,7	19,2	22,4	46,2	18,4	36,2	82,0	65,0	25,2
$\bar{X}$ 1951–2015	3,5*	8,8	14,3	17,5	19,3	18,6	31,7**	31,0	50,5	59,4	77,2	55,4

\*Średnia temperatura w miesiącu (°C).

\*\*Suma opadów w miesiącu (mm).

\*Mean monthly air temperature (°C).

\*\*Total monthly rainfall (mm).

logiczne pozwoliły na wysiew łubinu żółtego w trzeciej dekadzie marca. Temperatura w tym okresie kształtowała się na poziomie 8,2°C i był to okres bardzo suchy (opady 4 mm). W kwietniu suma opadów była również niska (25 mm), co wpłynęło niekorzystnie na obsadę roślin. W okresie krytycznym, tzn. w czasie kwitnienia i formowania strąków (od drugiej dekady czerwca do drugiej dekady lipca) opady wynosiły 224,2 mm. Taka ilość w zupełności pokryła zapotrzebowanie łubinu żółtego na wodę i pozwoliła uzyskać satysfakcjonujący plon nasion.

W 2013 roku po siecie sumy opadów w drugiej i trzeciej dekadzie kwietnia stanowiły razem zaledwie 12,4 mm, co wpłynęło na nierównomierne kiełkowanie i wschody roślin. Bardziej korzystne warunki do wzrostu i rozwoju łubinu wystąpiły w pierwszej i trzeciej dekadzie maja. Korzystne były także opady w czerwcu, a zwłaszcza w trzeciej dekadzie tego miesiąca (84,4 mm), kiedy łubin był w fazie kwitnienia. Warunki pogodowe w lipcu 2013 roku sprzyjały równomiernemu dojrzewaniu nasion.

W 2014 roku łubin wysiano bardzo późno, bo w trzeciej dekadzie kwietnia. Suma opadów w tym miesiącu wyniosła 57,2 mm, co bezpośrednio przełożyło się na uzyskanie lepszej obsady roślin w tym roku. Jednak w czerwcu i w lipcu, kiedy łubin żółty był w fazie kwitnienia i zawiązywał strąki, opady wynosiły odpowiednio 42,4 i 46,6 mm, co wpłynęło bezpośrednio na zadowalający plon nasion.

W 2015 roku łubin żółty wysiano bardzo wcześnie, w drugiej dekadzie marca. W trzeciej dekadzie tego miesiąca suma opadów wynosiła 37 mm, co pozwoliło uzyskać satysfakcjonującą obsadę roślin. Był to jednak okres chłodny, temperatura kształtowała się na poziomie 5–6°C i dlatego łubin wschodził dość długo (12 dni). Tego roku łubin żółty osiągnął fazy kwitnienia i formowania strąków w czerwcu przy sumie opadów 82 mm, a względnie suchy lipiec pozwolił na zbiór łubinu w trzeciej dekadzie tego miesiąca.

Wartości współczynnika Sielianinowa potwierdzają zróżnicowanie warunków pogodowych w poszczególnych miesiącach w okresie wegetacji łubinu żółtego (tab. 3). Na podstawie kryterium Skowery i Puły (2004) można określić marzec, a więc miesiąc wysiewu łubinu żółtego w latach 2012 i 2015, odpowiednio jako: bardzo suchy i skrajnie suchy. Natomiast w 2013 i 2014 roku miesiąc siewu łubinu żółtego – kwiecień można określić odpowiednio jako: suchy i dość wilgotny. Czerwiec, miesiąc kwitnienia łubinu w 2012 roku można scharakteryzować jako bardzo wilgotny, w 2013 roku jako wilgotny, a w latach 2014 i 2015 odpowiednio jako: suchy i bardzo suchy. Warunki wilgotnościowe w okresie formowania strąków i dojrzewania nasion – w lipcu były: bardzo suche w 2014 roku, suche w 2013 i 2015 roku oraz bardzo wilgotne w 2012 roku. Natomiast sierpień, miesiąc zbioru nasion w latach 2012 i 2013 można opisać jako suchy, w 2014 roku – dość wilgotny, a 2015 roku – bardzo wilgotny.

**Tabela 3.** Wartość współczynnika Sielianinowa w latach 2012–2015  
**Table 3.** Sielianinov's coefficient in years 2012–2015

Rok Year	Miesiąc – Month											
	III		IV		V		VI		VII		VIII	
	wartość value	klasa class	wartość value	klasa class	wartość value	klasa class	wartość value	klasa class	wartość value	klasa class	wartość value	klasa class
2012	0,68	bs	0,92	s	1,24	ds	2,62	bw	2,53	bw	1,00	s
2013	3,5	sw	0,72	s	1,81	dw	2,04	w	0,76	s	0,76	s
2014	1,01	ds	1,81	dw	2,25	w	0,89	s	0,70	bs	1,68	dw
2015	0,36	ss	1,34	o	1,10	ds	0,57	bs	0,91	s	2,74	bw

Interpretacja współczynnika *K* na stronie 15.  
Interpretation of *K* coefficient on page 15.

Średnie miesięczne temperatury powietrza oraz sumy opadów w latach 2008–2017 zamieszczono w tabelach 4 i 5. Roczne średnie temperatury w analizowanym okresie były zbliżone do średniej z wielolecia (9,0°C) i wahały się od 8,5°C w 2010 roku do 10°C w latach 2014 i 2015. Z wyjątkiem 2011 i 2016 roku, w listopadzie odnotowano temperatury wyższe o 1–2°C w porównaniu ze średnią z lat 1951–2015. Przyjmując kryteria klasyfikacji temperatur powietrza według Łyczko i in. (2000), ujęte w pracy lata można podzielić na: normalne (średnie) – 2010, 2012, 2013, 2016 i 2017 rok oraz ciepłe – 2008, 2009, 2011, 2014 i 2015 rok.

Roczne sumy opadów kształtowały się od 461,4 mm w 2015 do 774,8 mm w 2010 roku i generalnie były wyższe od średniej z wielolecia (518 mm) z wyjątkiem lat 2008 i 2015, w których sumy opadów stanowiły odpowiednio 98% i 89% średniej sumy opadów z wielolecia. Przyjmując kryteria klasyfikacji rocznych sum opadów atmosferycznych według Kaczorowskiej (1962), ujęte w pracy lata można podzielić na: bardzo wilgotne – 2009, 2010, 2012, 2016 i 2017 rok, przeciętne – 2008, 2011, 2013 i 2014 rok oraz jeden rok suchy – 2015.

**Tabela 4.** Temperatura powietrza według Stacji Meteorologicznej w Złotnikach w latach 2008–2017 (°C)

**Table 4.** The air temperature in years 2008–2017 according to Meteorological Station in Złotniki (°C)

Miesiąc Month	Lata – Years										Średnia z wielolecia Mean temperature 1951–2015
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
I	2,4	-2,4	-6,5	0,6	2,2	-2,4	-1,4	1,8	-1,9	-2,2	-1,2
II	4,4	0,1	-0,5	-1,7	-1,4	-0,3	3,5	1,0	3,4	0,4	-0,2
III	5,4	4,5	4,2	4,5	5,6	-2,3	6,7	5,2	3,7	6,2	3,5
IV	10,0	14,2	10,5	12,7	9,0	8,0	10,6	8,3	8,6	7,3	8,8
V	16,2	15,1	12,0	15,3	15,1	14,4	13,3	12,9	15,4	13,7	14,3
VI	20,6	16,7	19,2	18,4	15,8	17,3	15,9	15,7	18,3	17,4	17,5
VII	22,2	21,7	23,0	17,5	19,0	19,6	21,4	19,1	18,8	18,0	19,3
VIII	19,7	21,4	19,6	18,9	18,3	18,7	17,3	22,3	17,5	18,9	18,6
IX	14,4	17,0	13,4	15,0	14,1	12,4	15,2	14,5	16,5	13,3	13,9
X	9,9	7,9	6,9	9,1	8,3	10,3	10,8	7,7	8,0	10,6	9,1
XI	5,4	6,6	4,9	3,7	5,2	4,9	5,7	5,9	2,9	5,1	3,9
XII	1,5	-0,3	-4,0	3,3	-1,5	2,6	1,6	5,5	1,7	2,6	0,2
Średnia Mean	11,0	10,2	8,5	9,8	9,1	8,6	10,1	10,0	9,4	9,3	9,0

**Tabela 5.** Suma opadów według Stacji Meteorologicznej w Złotnikach w latach 2008–2017 (mm)

**Table 5.** Total rainfall in years 2008–2017 according to Meteorological Station in Złotniki (mm)

Miesiąc Month	Lata – Years										Średnia z wielolecia Mean rainfall 1951–2015
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
I	72,8	16,3	34,4	22,1	86,6	43,6	40,3	38,2	31,6	17,7	31,5
II	15,4	32,9	22,8	36,0	52,0	41,3	12,6	11,8	36,8	18,4	27,7
III	54,8	56,8	33,8	15,2	11,8	33,8	60,0	46,2	49,0	45,4	31,7
IV	77,5	16,0	38,5	4,1	25,0	17,4	57,2	18,4	37,4	40,6	31,0
V	9,5	92,3	134,6	17,5	58,0	81,0	92,4	36,2	43,0	56,8	50,5
VI	8,4	129,1	26,6	62,4	124,4	106,0	42,4	82,0	83,6	68,2	59,4
VII	46,6	104,6	100,9	214,8	149,4	46,2	46,6	65,0	148,8	168,0	77,2
VIII	88,6	26,1	132,4	38,0	56,4	11,2	89,8	25,2	40,6	82,0	55,4
IX	16,8	53,9	68,5	28,6	30,4	74,8	45,8	23,6	5,6	45,6	45,2
X	69,4	59,4	7,2	21,8	32,8	16,4	13,4	25,8	105,0	91,8	34,1
XI	20,5	38,2	115,0	3,2	28,6	47,4	17,4	55,4	47,8	50,0	35,6
XII	25,0	31,8	60,1	61,6	22,9	28,8	43,0	33,6	42,6	33,8	38,9
Suma Total	505,3	657,4	774,8	525,3	678,3	547,9	560,9	461,4	671,8	720,3	518,2

## 4. WYNIKI BADAŃ

### 4.1. Wpływ warunków pogodowych na wzrost, rozwój i plonowanie łubinu żółtego

Uwzględniając uwarunkowania pogodowe oraz potrzeby badanego gatunku, termin siewu łubinu żółtego w latach 2008–2015 przypadał między 19 marca a 23 kwietnia (tab. 6). Średnio w całym okresie wegetacji liczba dni od siewu do dojrzałości pełnej wynosiła 116. Najkrótszy okres wegetacji (97 dni) odnotowano w 2014 roku, kiedy to nadmierna ilość opadów na przełomie marca i kwietnia utrudniała wykonanie prac polowych i łubin został wysiany dopiero w trzeciej dekadzie kwietnia. Najdłuższy okres wegetacji stwierdzono w 2015 roku i wynosił on

**Tabela 6.** Daty faz rozwojowych łubinu żółtego  
**Table 6.** Dates of yellow lupin development stages

Faza rozwojowa Stage of development	Lata – Years							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Siew Sowing BBCH 01	5.04	9.04	12.04	7.04	29.03	19.04	23.04	19.03
Wschody Emergence BBCH 11	16.04	20.04	24.04	22.04	11.04	29.04	30.04	31.03
Faza 2-3 liści 2-3 leaves BBCH 21-23	25.04	28.04	29.04	29.04	20.04	6.05	5.05	14.04
Formowanie pędu Stem formation BBCH 31-33	19.05	14.05	26.05	20.05	16.05	19.05	21.05	15.05
Pąkowanie Budding BBCH 53	3.06	8.06	14.06	30.05	31.05	12.06	2.06	29.05
Kwitnienie Flowering BBCH 61-63	16.06	23.06	21.06	8.06	15.06	20.06	12.06	9.06
Formowanie strąków Pods formation BBCH 71-73	26.06	10.07	15.07	17.06	11.07	15.07	1.07	26.06

**Tabela 6 cd.**  
**Table 6 cont.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dojrzałość pełna Full maturity BBCH 92	25.07	14.08	16.08	20.07	2.08	30.07	29.07	31.07
Termin zbioru Harvest date	7.08	21.08	21.08	1.08	9.08	11.08	9.08	10.08
Okres wegetacji (dni) Growing period (days)	111	128	126	104	126	102	97	134

**Tabela 7.** Charakterystyki statystyczne poszczególnych okresów rozwojowych łubinu żółtego  
**Table 7.** Statistical characteristics of individual periods of yellow lupin development

Okres rozwojowy Development period	Minimum Minimum (dni – days)	Maksimum Maximum (dni – days)	SD	CV
Siew – wschody Sowing – emergence BBCH 01-11	7	15	2,33	20,5
Wschody – faza 2-3 liści Emergence – 2-3 leaves BBCH 11-21/23	5	14	2,88	36,0
Faza 2-3 liści – formowanie pędu 2-3 leaves – stem formation BBCH 21/23-31/33	13	31	6,32	29,1
Formowanie pędu – pąkowanie Stem formation – budding BBCH 31/33-53	10	25	5,44	32,5
Pąkowanie – kwitnienie Budding – flowering BBCH 53-61/63	7	15	3,07	27,9
Kwitnienie – formowanie strąków Flowering – pods formation BBCH 61/63-71/73	9	26	6,50	35,4
Formowanie strąków – dojrzałość pełna Pods formation – full maturity BBCH 71/73-92	15	36	7,12	24,8
Siew – dojrzałość pełna Sowing – full maturity BBCH 01-92	97	134	14,11	12,2

SD – odchylenie standardowe.  
CV – współczynnik zmienności (%).  
SD – standard deviation.  
CV – coefficient of variation (%).

134 dni, co wynikało głównie z wczesnego terminu siewu, któremu sprzyjała ciepła wiosna i umiarkowane opady. Zbiór łubinu na ogół przypadał w pierwszej dekadzie sierpnia, z wyjątkiem lat 2009 i 2010, w których intensywne opady w okresie lipca–sierpnia (przekraczające 100 mm) utrudniały osiągnięcie dojrzałości pełnej, dlatego zbiór dokonano dopiero 21 sierpnia.

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że najdłuższą fazą rozwojową łubinu żółtego był okres od formowania strąków do osiągnięcia dojrzałości pełnej (tab. 7). Liczba dni w tym okresie wahała się od 15 w 2015 roku, w którym średnia temperatura w lipcu była najwyższa (21,4°C), a suma opadów niska (46,2 mm), do 36 dni w 2009 roku. Współczynnik zmienności dla tego okresu wyniósł 24,8%, a wartość odchylenia standardowego – 7,12. Z charakterystyki statystycznej wynika, że najwyższy współczynnik zmienności odnotowano w okresach od wschodów do fazy 2–3 liści oraz od kwitnienia do formowania strąków, odpowiednio 36% i 35,4%, co było rezultatem dużego zróżnicowania warunków pogodowych w poszczególnych latach.

Tabele 8 i 9 przedstawiają średnią temperaturę oraz sumę opadów atmosferycznych w poszczególnych fazach rozwojowych łubinu żółtego. Średnia tempera-

**Tabela 8.** Średnia temperatura w okresach rozwojowych łubinu żółtego (°C)

**Table 8.** The average temperature during the development of yellow lupin (°C)

Okres rozwojowy Development period	Lata – Years							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Siew – wschody Sowing – emergence BBCH 01-11	8,2	13,2	9,8	10,8	4,9	12,0	14,2	5,6
Wschody – faza 2–3 liści Emergence – 2–3 leaves BBCH 11-21/23	9,4	14,0	13,1	16,3	7,3	11,2	8,7	5,8
Faza 2–3 liści – formowanie pędu 2–3 leaves – stem formation BBCH 21/23-31/33	15,9	15,3	12,3	13,9	14,4	16,3	12,0	11,3
Formowanie pędu – pąkowanie Stem formation – budding BBCH 31/33-53	17,2	15,0	18,0	16,9	16,0	14,5	16,9	12,8
Pąkowanie – kwitnienie Budding – flowering BBCH 53-61/63	20,4	16,4	16,4	21,6	13,9	19,3	18,3	16,7
Kwitnienie – formowanie strąków Flowering – pods formation BBCH 61/63-71/73	20,2	22,0	22,7	18,1	18,9	17,8	14,8	14,5
Formowanie strąków – dojrzałość pełna Pods formation – full maturity BBCH 71/73-92	21,0	21,1	21,1	17,9	18,3	20,6	21,4	18,8
Siew – dojrzałość pełna Sowing – full maturity BBCH 01-92	16,0	16,7	16,2	16,5	13,4	16,0	15,2	12,2



**Tabela 9.** Suma opadów w okresach rozwojowych łubinu żółtego (mm)  
**Table 9.** The total rainfall during the development of yellow lupin (mm)

Okres rozwojowy Development period	Lata – Years							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Siew – wschody Sowing – emergence BBCH 01-11	44,3	4,0	4,5	4,1	12,4	3,4	17,2	26,4
Wschody – faza 2–3 liści Emergence – 2–3 leaves BBCH 11-21/23	29,0	12,0	9,5	0,0	5,4	2,4	3,6	21,4
Faza 2–3 liści – formowanie pędu 2–3 leaves – stem formation BBCH 21/23-31/33	8,5	9,5	93,5	11,3	68,0	23,6	38,0	37,8
Formowanie pędu – pąkowanie Stem formation – budding BBCH 31/33-53	1,0	107,1	62,1	6,2	1,0	78,0	50,8	4,8
Pąkowanie – kwitnienie Budding – flowering BBCH 53-61/63	0,8	8,0	4,6	0,4	43,2	0,2	15,6	18,6
Kwitnienie – formowanie strąków Flowering – pods formation BBCH 61/63-71/73	2,0	78,0	19,7	12,4	145,0	92,0	26,8	61,8
Formowanie strąków – dojrzałość pełna Pods formation – full maturity BBCH 71/73-92	50,4	83,7	130,8	140,2	85,6	38,4	44,2	65,8
Siew – dojrzałość pełna Sowing – full maturity BBCH 01-92	136,0	302,3	324,7	174,6	360,6	238,0	196,2	236,6

tura w okresie od siewu do osiągnięcia dojrzałości pełnej oscylowała w granicach 15–16°C, z wyjątkiem 2012 i 2015 roku, kiedy w okresie od siewu do fazy 2–3 liści odnotowano niższe temperatury niż w pozostałych sezonach. Najwyższą ilością opadów charakteryzował się okres wegetacji w 2012 roku (360,6 mm), kiedy to od kwitnienia do formowania strąków suma opadów wyniosła aż 145,0 mm i była znacznie większa niż w pozostałych siedmiu sezonach. Okresy wegetacji 2008 i 2011 roku były skrajnie suche, sumy opadów wynosiły zaledwie odpowiednio 136,0 mm i 174,6 mm. W 2008 roku od siewu do fazy 2–3 liści spadło 73,3 mm deszczu, a więc przeszło połowa całej sumy opadów w okresie od siewu do dojrzałości pełnej. Natomiast w 2011 roku od siewu do formowania strąków odnotowano zaledwie 34,4 mm opadu.

Wśród analizowanych czynników pogodowych (tab. 10 i 11), tj. temperatury i opadów, właśnie opady wykazały znacznie większe wartości odchylenia standardowego i dużą zmienność w poszczególnych okresach rozwoju łubinu żółtego. W przypadku temperatury najwyższe współczynniki zmienności dotyczyły okresów od siewu do wschodów (34,6%) oraz od wschodów do fazy 2–3 liści (33,3%). Różnica między temperaturą najniższą a najwyższą odnotowaną w tym okresie wyniosła odpowiednio 9,3 i 10,5°C. Temperatura w czasie od formowania strąków

**Tabela 10.** Charakterystyki statystyczne poszczególnych okresów rozwojowych łubinu żółtego w zależności od temperatury

**Table 10.** The statistical characteristics of individual periods of yellow lupin development depending on temperature

Okres rozwojowy Development period	Temperatura powietrza (°C) – Air temperature (°C)				
	minimalna minimum	maksymalna maximum	SD	CV	współczynnik korelacji correlation coefficient
Siew – wschody Sowing – emergence BBCH 01-11	4,9	14,2	3,4	34,6	-0,5402
Wschody – faza 2-3 liści Emergence – 2-3 leaves BBCH 11-21/23	5,8	16,3	3,6	33,3	-0,5746
Faza 2-3 liści – formowanie pędu 2-3 leaves – stem formation BBCH 21/23-31/33	11,3	16,3	1,9	13,5	-0,5269
Formowanie pędu – pąkowanie Stem formation – budding BBCH 31/33-53	12,8	18,0	1,7	10,8	-0,2803
Pąkowanie – kwitnienie Budding – flowering BBCH 53-61/63	13,9	21,6	2,5	14,0	-0,4268
Kwitnienie – formowanie strąków Flowering – pods formation BBCH 61/63-71/73	14,5	22,7	3,0	16,1	0,0726
Formowanie strąków – dojrzałość pełna Pods formation – full maturity BBCH 71/73-92	17,5	21,4	1,4	7,2	-0,0342
Siew – dojrzałość pełna Sowing – full maturity BBCH 01-92	12,2	16,7	1,6	10,5	-0,4669

SD – odchylenie standardowe.  
CV – współczynnik zmienności (%).  
SD – standard deviation.  
CV – coefficient of variation (%).

do osiągnięcia dojrzałości pełnej była najbardziej stabilna, współczynnik zmienności dla tego okresu stanowił 7,2%, a różnice temperatur 3,9°C. Współczynnik korelacji wyliczony w celu określenia związku między temperaturą a długością faz fenologicznych wykazał skrócenie czasu trwania prawie wszystkich fenofaz przy wzroście temperatury.

Czas trwania poszczególnych faz rozwojowych był dodatnio skorelowany z sumą opadów, z wyjątkiem okresu od siewu do wschodów charakteryzowanego słabą korelacją ujemną (tab. 11). Okresy najbardziej zróżnicowane, dla których współczynnik zmienności był większy niż 100% to: siew – wschody, formowanie pędu – pąkowanie, pąkowanie – kwitnienie. Dla całego okresu wegetacji łubinu żółtego od-

**Tabela 11.** Charakterystyki statystyczne poszczególnych okresów rozwojowych łubinu żółtego w zależności od opadów

**Table 11.** The statistical characteristics of individual periods of yellow lupin development depending on rainfall

Okres rozwojowy Development period	Opady (mm) – Rainfall (mm)				współczynnik korelacji correlation coefficient
	minimalne minimum	maksymalne maximum	SD	CV	
Siew – wschody Sowing – emergence BBCH 01-11	3,4	44,3	14,6	100,1	-0,1844
Wschody – faza 2-3 liści Emergence – 2-3 leaves BBCH 11-21/23	0,0	29,0	10,1	97,0	0,5952
Faza 2-3 liści – formowanie pędu 2-3 leaves – stem formation BBCH 21/23-31/33	8,5	93,5	30,6	84,4	0,4879
Formowanie pędu – pąkowanie Stem formation – budding BBCH 31/33-53	1,0	107,1	41,3	106,4	0,8180*
Pąkowanie – kwitnienie Budding – flowering BBCH 53-61/63	0,2	43,2	14,6	128,0	0,5440
Kwitnienie – formowanie strąków Flowering – pods formation BBCH 61/63-71/73	2,0	145,0	48,9	89,3	0,6825
Formowanie strąków – dojrzałość pełna Pods formation – full maturity BBCH 71/73-92	38,4	140,2	38,4	48,1	0,4760
Siew – dojrzałość pełna Sowing – full maturity BBCH 01-92	136,0	360,6	77,7	31,6	0,6434

SD – odchylenie standardowe.

CV – współczynnik zmienności (%).

\*Interpretacja współczynników korelacji na stronie 15.

SD – standard deviation.

CV – coefficient of variation (%).

\*Interpretation of simple correlation coefficient on page 15.

notowano dużą wartość odchylenia standardowego (77,7) oraz współczynnik zmienności na poziomie 31,6%.

Długość trwania poszczególnych faz rozwojowych, temperatura oraz opady w okresie wegetacji wpływały w różnym stopniu na plon oraz jego komponenty. Wykazano bardzo wysoką ujemną korelację liczby nasion i strąków na roślinie z długością okresu od formowania strąków do osiągnięcia dojrzałości pełnej (tab. 12). Podobnie była skorelowana liczba nasion na roślinie z długością całego okresu wegetacji łubinu żółtego. Ponadto liczba dni od kwitnienia do formowania strąków była wysoce dodatnio skorelowana z plonem nasion, natomiast okres od

**Tabela 12.** Współczynniki korelacji plonu nasion i komponentów plonowania z długością poszczególnych okresów rozwojowych roślin

**Table 12.** The correlation coefficients of the seed yield and yield components with the length of individual plant development periods

Okres rozwojowy Development period	Cecha – Trait			
	LNR NSP	LSR NPP	MTN WTS	plon yield
Siew – wschody Sowing – emergence BBCH 01-11	-0,3955	-0,3387	0,1638	-0,4790
Wschody – faza 2-3 liści Emergence – 2-3 leaves BBCH 11-21/23	-0,4781	-0,1575	0,2851	0,1235
Faza 2-3 liści – formowanie pędu 2-3 leaves – stem formation BBCH 21/23-31/33	-0,6755	-0,4044	0,4685	-0,1214
Formowanie pędu – pąkowanie Stem formation – budding BBCH 31/33-53	-0,1070	-0,2503	-0,6594	-0,0461
Pąkowanie – kwitnienie Budding – flowering BBCH 53-61/63	-0,3291	-0,3628	-0,0513	-0,1550
Kwitnienie – formowanie strąków Flowering – pods formation BBCH 61/63-71/73	0,2631	0,2757	-0,1052	0,6096
Formowanie strąków – dojrzałość pełna Pods formation – full maturity BBCH 71/73-92	-0,7120*	-0,7128*	-0,3649	-0,6911
Siew – dojrzałość pełna Sowing – full maturity BBCH 01-92	-0,8165*	-0,6775	-0,234	-0,2278

MTN – masa 1000 nasion.

LSR – liczba strąków na roślinie.

LNR – liczba nasion na roślinie.

\*Interpretacja współczynników korelacji na stronie 15.

WTS – weight of 1000 seeds.

NPP – number of pods per plant.

NSP – number of seeds per plant.

\*Interpretation of simple correlation coefficient on page 15.

formowania strąków do osiągnięcia dojrzałości pełnej w podobnym stopniu był skorelowany z plonem nasion, ale ta zależność była ujemna.

Analiza statystyczna wykazała również bardzo wysoką ujemną korelację liczby strąków na roślinie z temperaturą w okresie od kwitnienia do formowania strąków (tab. 13). Należy ponadto zauważyć, że plon nasion był skorelowany ujemnie z temperaturą, a najsilniej zaznaczyła się ta zależność w okresie od wschodów do fazy 2-3 liści oraz od kwitnienia do formowania strąków.

Ilość opadów w poszczególnych fazach rozwojowych również wpłynęła na kształtowanie się niektórych cech łubinu żółtego (tab. 14). W doświadczeniu wykazano bardzo wysoką ujemną korelację liczby nasion na roślinie z opadami w czasie

**Tabela 13.** Współczynniki korelacji plonu nasion i komponentów plonowania z temperaturą w poszczególnych okresach rozwojowych roślin

**Table 13.** The correlation coefficients of the seed yield and yield components with temperature at individual plant development periods

Okres rozwojowy Development period	Cecha – Trait			
	LNR NSP	LSR NPP	MTN WTS	plon yield
Siew – wschody Sowing – emergence BBCH 01-11	0,4525	0,1635	-0,6387	-0,1260
Wschody – faza 2–3 liści Emergence – 2–3 leaves BBCH 11-21/23	0,0234	-0,2690	-0,5439	-0,6854
Faza 2–3 liści – formowanie pędu 2–3 leaves – stem formation BBCH 21/23-31/33	0,1687	-0,0120	-0,0685	-0,1717
Formowanie pędu – pąkowanie Stem formation – budding BBCH 31/33-53	0,0637	-0,1709	0,1264	-0,4148
Pąkowanie – kwitnienie Budding – flowering BBCH 53-61/63	0,2894	0,2348	0,1766	-0,2587
Kwitnienie – formowanie strąków Flowering – pods formation BBCH 61/63-71/73	-0,4733	-0,7209*	-0,4176	-0,6944
Formowanie strąków – dojrzałość pełna Pods formation – full maturity BBCH 71/73-92	0,0005	-0,1781	-0,4203	-0,0576
Siew – dojrzałość pełna Sowing – full maturity BBCH 01-92	0,1318	-0,2131	-0,4808	-0,5822

MTN – masa 1000 nasion.

LSR – liczba strąków na roślinie.

LNR – liczba nasion na roślinie.

\*Interpretacja współczynników korelacji na stronie 15.

WTS – weight of 1000 seeds.

NPP – number of pods per plant.

NSP – number of seeds per plant.

\*Interpretation of simple correlation coefficient on page 15.

od wschodów do fazy 2–3 liści. Korelacja na podobnym poziomie wystąpiła między masą 1000 nasion a opadami w okresie od formowania pędu do pąkowania. Plon nasion był wysoko dodatnio skorelowany z opadami w czasie od kwitnienia do formowania strąków. Natomiast w okresie kolejnym, czyli od formowania strąków do dojrzałości pełnej, plon nasion był skorelowany wysoko ujemnie z opadami.

Zmienne warunki pogodowe w latach oraz czynnik agrotechniczny – system uprawy roli wpływały w różnym stopniu na plon i jego komponenty (tab. 15). Najmniej była zróżnicowana masa 1000 nasion. Współczynnik zmienności dla tej cechy wynosił 5,7% w uprawie konwencjonalnej, 4,7% w uproszczonej i 8,3% w siewie bezpośrednim. Plon nasion był najbardziej zróżnicowany w uprawie konwen-

**Tabela 14.** Współczynniki korelacji plonu nasion i komponentów plonowania z opadami w poszczególnych okresach rozwojowych roślin

**Table 14.** The correlation coefficients of the seed yield and yield components with rainfall at individual plant development periods

Okres rozwojowy Development period	Cecha – Trait			
	LNR NSP	LSR NPP	MTN WTS	plon yield
Siew – wschody Sowing – emergence BBCH 01-11	-0,3307	-0,1392	0,6044	0,0104
Wschody – faza 2-3 liści Emergence – 2-3 leaves BBCH 11-21/23	-0,7248*	-0,5561	0,2291	-0,2682
Faza 2-3 liści – formowanie pędu 2-3 leaves – stem formation BBCH 21/23-31/33	-0,1239	-0,0612	0,1251	0,2397
Formowanie pędu – pąkowanie Stem formation – budding BBCH 31/33-53	0,1171	-0,1279	-0,8831**	-0,0790
Pąkowanie – kwitnienie Budding – flowering BBCH 53-61/63	0,0138	0,1356	0,2843	0,4558
Kwitnienie – formowanie strąków Flowering – pods formation BBCH 61/63-71/73	0,1781	0,2249	-0,0547	0,5012
Formowanie strąków – dojrzałość pełna Pods formation – full maturity BBCH 71/73-92	-0,3384	-0,4348	-0,1813	-0,6262
Siew – dojrzałość pełna Sowing – full maturity BBCH 01-92	-0,1990	-0,2389	-0,3465	0,1129

MTN – masa 1000 nasion.

LSR – liczba strąków na roślinie.

LNR – liczba nasion na roślinie.

\*/\*\* Interpretacja współczynników korelacji na stronie 15.

WTS – weight of 1000 seeds.

NPP – number of pods per plant.

NSP – number of seeds per plant.

\*/\*\* Interpretation of simple correlation coefficient on page 15.

cyjonalnej, jego współczynnik zmienności wynosił 44,0%; w uprawie uproszczonej miał 37,9%, a w siewie bezpośrednim – 42,3%. Różnica między minimalną i maksymalną wartością plonu nasion wynosiła około 2,0 t·ha<sup>-1</sup>, niezależnie od systemu uprawy roli.

**Tabela 15.** Zmienność cech łubinu żółtego w zależności od systemu uprawy  
**Table 15.** The variability in yellow lupin traits depending on the soil tillage system

Cecha Trait	System uprawy roli Soil tillage system	Minimalna Minimum	Maksymalna Maximum	SD	CV
Obsada roślin na 1 m <sup>2</sup> Plant density per 1 m <sup>2</sup>	konwencjonalny conventional	31,3	99,4	22,9	34,1
	uproszczony reduced	45,0	87,5	15,5	22,4
	siew bezpośredni direct sowing	32,4	82,1	19,8	33,3
Liczba strąków na roślinie ogółem Total number of pods per plant	konwencjonalny conventional	2,90	14,2	3,72	40,6
	uproszczony reduced	4,70	13,0	3,06	34,2
	siew bezpośredni direct sowing	7,20	11,5	1,64	17,8
Liczba nasion na roślinie ogółem Total number of seeds per plant	konwencjonalny conventional	14,1	46,9	12,3	40,8
	uproszczony reduced	18,5	44,5	9,98	33,5
	siew bezpośredni direct sowing	20,1	43,8	9,22	29,2
Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	konwencjonalny conventional	117	143	7,48	5,69
	uproszczony reduced	118	136	6,04	4,67
	siew bezpośredni direct sowing	110	143	10,7	8,28
Plon nasion (t·ha <sup>-1</sup> ) Seed yield (t·ha <sup>-1</sup> )	konwencjonalny conventional	0,90	2,92	0,86	44,0
	uproszczony reduced	0,90	2,77	0,73	37,9
	siew bezpośredni direct sowing	0,89	2,93	0,76	42,3

SD – odchylenie standardowe.  
 CV – współczynnik zmienności (%).  
 SD – standard deviation.  
 CV – coefficient of variation (%).

Analiza statystyczna wykazała bardzo wysoką dodatnią korelację plonu nasion z obsadą roślin we wszystkich trzech zastosowanych systemach uprawy roli (tab. 16). Ponadto w uprawie konwencjonalnej oraz uproszczonej plon nasion był bardzo wysoce skorelowany z liczbą nasion na roślinie, a korelacja prawie była pewna w przypadku liczby strąków na roślinie.

**Tabela 16.** Współczynniki korelacji plonu nasion i komponentów plonowania w zależności od systemu uprawy roli

**Table 16.** Simple correlations coefficient of the seed yield and yield components depending on the soil tillage system

Zmienna Variable	Obsada roślin (szt. $\cdot$ m <sup>-2</sup> ) Plant density (pcs. $\cdot$ m <sup>-2</sup> ) (1)	Liczba strąków na roślinie ogółem Total number of pods per plant (2)	Liczba nasion na roślinie ogółem Total number of seeds per plant (3)	Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds (g) (4)	Plon nasion Seed yield (t $\cdot$ ha <sup>-1</sup> ) (5)
1	2	3	4	5	6
Konwencjonalny – Conventional					
1	1,000				
2	0,7317*	1,000			
3	0,6948	0,9563**	1,000		
4	-0,0116	0,2654	0,1682	1,000	
5	0,8807**	0,9134**	0,8539**	0,0119	1,000
Uproszczony – Reduced					
1	1,000				
2	0,6209	1,000			
3	0,5467	0,9337**	1,000		
4	0,2080	0,5458	0,3787	1,000	
5	0,8487**	0,9203**	0,8014*	0,4690	1,000
Siew bezpośredni – Direct sowing					
1	1,000				
2	0,2103	1,000			
3	0,0743	0,9311**	1,000		
4	0,0807	-0,1953	-0,3576	1,000	
5	0,8700**	0,4080	0,2990	0,0991	1,000

\*/\*\*Interpretacja współczynników korelacji na stronie 15.

\*/\*\*Interpretation of simple correlation coefficient on page 15.

## 4.2. Wyniki badań wykonanych w czasie wegetacji i po zbiorze łubinu żółtego

### 4.2.1. Biologiczne właściwości gleby

W prezentowanych badaniach zaobserwowano istotny wpływ systemu uprawy roli na liczebność grzybów (tab. 17). W wierzchniej warstwie gleby (0–10 cm) w obydwu uproszczonych systemach uprawy roli stwierdzono wyraźny wzrost liczebności grzybów, przy czym w porównaniu z uprawą konwencjonalną istotne zwiększenie odnotowano tylko w siewie bezpośrednim (o 60,0%). Natomiast w warstwie 10–20 cm wzrost liczebności grzybów wystąpił tylko w uprawie uproszczonej (o 50,0%) w porównaniu z konwencjonalną. Mimo iż nie stwierdzono statystycznie istotnego wpływu systemu uprawy roli na ogólną liczbę bakterii oraz promieniowców, odejście od uprawy konwencjonalnej na rzecz uprawy uproszczonej i siewu bezpośredniego skutkowało zwiększeniem liczebności tych



**Tabela 17.** Liczebność mikroorganizmów glebowych w zależności od systemu uprawy roli  
**Table 17.** Soil microbial population depending on the soil tillage system

System uprawy roli Soil tillage system	Warstwa gleby Soil layer (cm)	Ogólna liczba bakterii (szt. $\cdot 10^5 \cdot g^{-1}$ s.m. gleby) Total bacterial counts (cfu $\cdot 10^5 \cdot g^{-1}$ d.m. of soil)	Grzyby (szt. $\cdot 10^4 \cdot g^{-1}$ s.m. gleby) Fungi (cfu $\cdot 10^4 \cdot g^{-1}$ d.m. of soil)	Promieniowce (szt. $\cdot 10^5 \cdot g^{-1}$ s.m.) Actinomycetes (cfu $\cdot 10^5 \cdot g^{-1}$ d.m. of soil)
Konwencjonalny Conventional	0–10	25,1	8,7	15,8
Uproszczony Reduced		25,7	12,6	19,3
Siew bezpośredni Direct sowing		27,6	13,9	20,7
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		r.n. – n.s.	4,70	r.n. – n.s.
Konwencjonalny Conventional	10–20	20,7	5,0	17,2
Uproszczony Reduced		18,9	7,5	16,2
Siew bezpośredni Direct sowing		19,1	5,5	15,2
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		r.n. – n.s.	0,49	r.n. – n.s.

r.n. – różnice nieistotne.

n.s. – not significant differences.

**Tabela 18.** Liczebność mikroorganizmów glebowych w zależności od warstwy gleby  
**Table 18.** Soil microbial population depending on the soil layer

Warstwa gleby Soil layer (cm)	Ogólna liczba bakterii (szt. $\cdot 10^5 \cdot g^{-1}$ s.m. gleby) Total bacterial counts (cfu $\cdot 10^5 \cdot g^{-1}$ d.m. of soil)	Grzyby (szt. $\cdot 10^4 \cdot g^{-1}$ s.m. gleby) Fungi (cfu $\cdot 10^4 \cdot g^{-1}$ d.m. of soil)	Promieniowce (szt. $\cdot 10^5 \cdot g^{-1}$ s.m.) Actinomycetes (cfu $\cdot 10^5 \cdot g^{-1}$ d.m. of soil)
0-10	26,1	11,7	18,6
10-20	19,6	6,0	16,2
NIR <sub>0,05</sub> - LSD <sub>0,05</sub>	2,55	0,93	1,84

**Tabela 19.** Liczebność mikroorganizmów glebowych w zależności od terminu oceny  
**Table 19.** Soil microbial population depending on the evaluation term

Termin oceny Evaluation term	Warstwa gleby Soil layer (cm)	Ogólna liczba bakterii (szt. $\cdot 10^5 \cdot g^{-1}$ s.m. gleby) Total bacterial counts (cfu. $\cdot 10^5 \cdot g^{-1}$ d.m. of soil)	Grzyby (szt. $\cdot 10^4 \cdot g^{-1}$ s.m. gleby) Fungi (cfu. $\cdot 10^4 \cdot g^{-1}$ d.m. of soil)	Promieniowce (szt. $\cdot 10^5 \cdot g^{-1}$ s.m.) Actinomycetes (cfu. $\cdot 10^5 \cdot g^{-1}$ d.m. of soil)
I	0-10	31,7	15,6	21,7
II		26,2	11,6	18,5
III		20,5	7,9	15,6
NIR <sub>0,05</sub> - LSD <sub>0,05</sub>		7,73	3,46	4,40
I	10-20	25,7	10,3	19,7
II		21,4	4,2	18,8
III		11,5	3,6	10,1
NIR <sub>0,05</sub> - LSD <sub>0,05</sub>		5,63	2,64	4,23

mikroorganizmów w warstwie 0–10 cm, natomiast warstwę 10–20 cm charakteryzowała tendencja odwrotna.

Analizując liczebność mikroorganizmów w obu warstwach gleby, należy stwierdzić, że w wierzchniej warstwie 0–10 cm stwierdzono istotnie większą liczbę bakterii (o 33,2%), grzybów (o 95,0%) i promieniowców (o 14,8%), w porównaniu z warstwą 10–20 cm (tab. 18).

Liczebność mikroorganizmów glebowych w znacznym stopniu była modyfikowana terminem pobrania próbek glebowych do analiz (tab. 19). Największą liczebność bakterii, grzybów i promieniowców w obu warstwach gleby stwierdzono w terminie I, mniejszą, choć częściowo statystycznie nieudowodnioną, w terminie II, a istotnie mniejszą – w terminie III.

Przyjmując, że aktywność metaboliczna drobnoustrojów przejawia się również ich aktywnością enzymatyczną, w doświadczeniu wzięto pod uwagę zmiany aktywności dehydrogenaz oraz ureazy w glebie. Wyniki analizy statystycznej wykazały istotny wpływ systemu uprawy na aktywność ureazy w warstwie wierzchniej gleby (0–10 cm; tab. 20). W porównaniu z uprawą konwencjonalną stwierdzono wyższą aktywność ureazy w glebie pobranej z obiektów z uprawą uproszczoną (o 58,5%) i siewem bezpośrednim (o 78,0%). Ponadto istotnie większą aktywność enzymatyczną odnotowano w warstwie 0–10 cm w porównaniu z warstwą 10–20 cm (tab. 21). Dla dehydrogenaz ta różnica wynosiła  $0,03 \mu\text{mol TPF}\cdot\text{g}^{-1}$  s.m. gleby $\cdot\text{h}^{-1}$ , a dla ureazy  $2,12 \mu\text{mol N-NH}_4\cdot\text{ml}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ .

**Tabela 20.** Aktywność enzymatyczna gleby w zależności od systemu uprawy roli  
**Table 20.** Soil enzymatic activity depending on the soil tillage system

System uprawy roli Soil tillage system	Warstwa gleby Soil layer (cm)	Dehydrogenazy ( $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{g}^{-1}$ s.m. gleby $\cdot\text{h}^{-1}$ ) Dehydrogenase ( $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{g}^{-1}$ d.m. of soil $\cdot\text{h}^{-1}$ )	Ureaza ( $\mu\text{mol N-NH}_4\cdot\text{ml}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) Urease ( $\mu\text{mol N-NH}_4\cdot\text{ml}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ )
Konwencjonalny Conventional	0–10	0,05	2,41
Uproszczony Reduced		0,05	3,82
Siew bezpośredni Direct sowing		0,05	4,29
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		r.n. – n.s.	0,894
Konwencjonalny Conventional	10–20	0,02	1,26
Uproszczony Reduced		0,03	1,82
Siew bezpośredni Direct sowing		0,01	1,10
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		r.n. – n.s.	r.n. – n.s.

r.n. – różnice nieistotne.

n.s. – not significant differences.

Analizując aktywność enzymatyczną według terminów pobierania próbek glebowych do analiz, można stwierdzić, że im późniejszy był termin, tym mniejsza była aktywność dehydrogenaz (tab. 22). Istotne różnice stwierdzono między terminem I a III: w warstwie 0–10 cm wynosiła  $0,05 \mu\text{mol TPF}\cdot\text{g}^{-1}$  s.m. gleby $\cdot\text{h}^{-1}$ ,

**Tabela 21.** Aktywność enzymatyczna gleby w zależności od warstwy gleby  
**Table 21.** Soil enzymatic activity depending on the soil layer

Warstwa gleby Soil layer (cm)	Dehydrogenazy ( $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{g}^{-1}$ s.m. gleby $\cdot\text{h}^{-1}$ ) Dehydrogenase ( $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{g}^{-1}$ d.m. of soil $\cdot\text{h}^{-1}$ )	Ureaza ( $\mu\text{mol N-NH}_4\cdot\text{ml}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) Urease ( $\mu\text{mol N-NH}_4\cdot\text{ml}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ )
0–10	0,05	3,51
10–20	0,02	1,39
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,009	0,385

**Tabela 22.** Aktywność enzymatyczna gleby w zależności od terminu oceny  
**Table 22.** Soil enzymatic activity depending on the evaluation term

Termin oceny Evaluation term	Warstwa gleby Soil layer (cm)	Dehydrogenazy ( $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{g}^{-1}$ s.m. gleby $\cdot\text{h}^{-1}$ ) Dehydrogenase ( $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{g}^{-1}$ d.m. of soil $\cdot\text{h}^{-1}$ )	Ureaza ( $\mu\text{mol N-NH}_4\cdot\text{ml}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) Urease ( $\mu\text{mol N-NH}_4\cdot\text{ml}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ )
I	0–10	0,07	2,12
II		0,06	3,86
III		0,02	4,55
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		0,043	0,270
I	10–20	0,04	1,25
II		0,02	1,75
III		0,01	1,18
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		0,021	r.n. – n.s.

r.n. – różnice nieistotne.

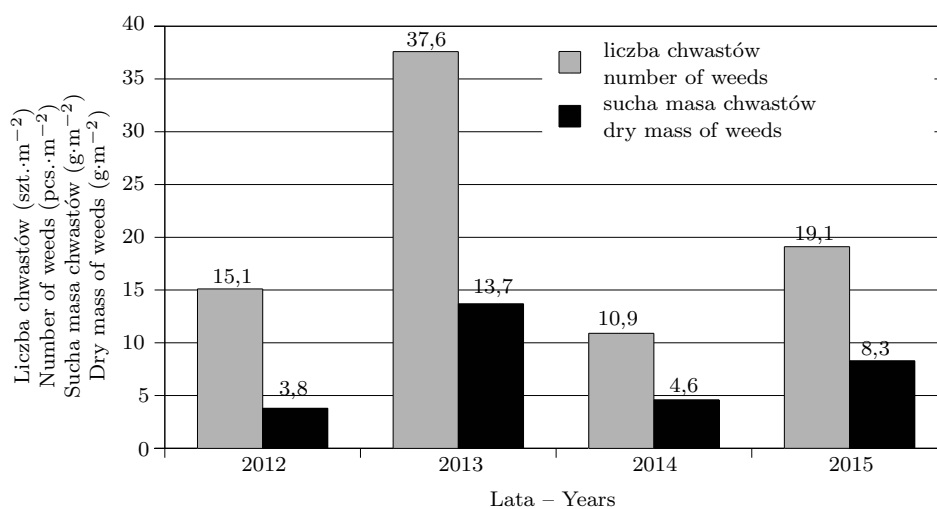
n.s. – not significant differences.

a w warstwie 10–20 cm – 0,03  $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{g}^{-1}$  s.m. gleby $\cdot\text{h}^{-1}$ . Natomiast w przypadku ureazy w warstwie wierzchniej odnotowano tendencję odwrotną, aktywność tego enzymu była znacznie większa w terminach późniejszych.

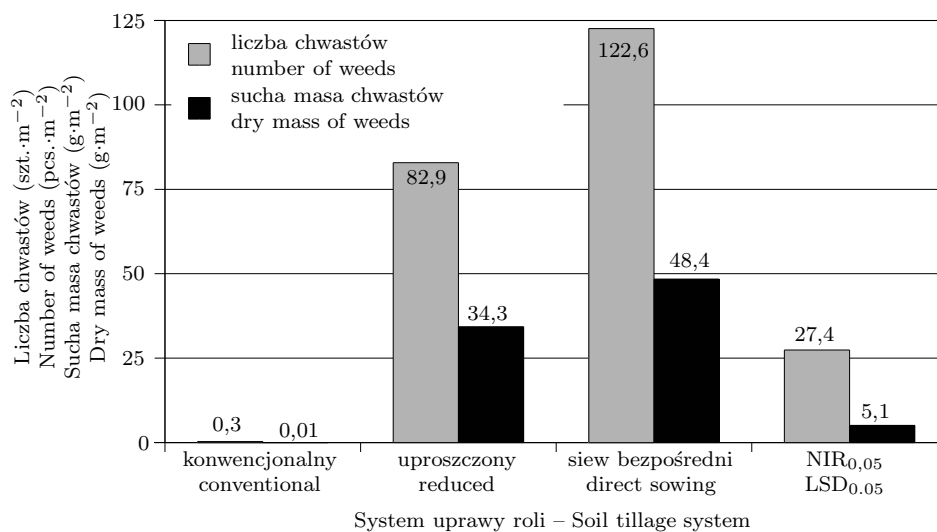
#### 4.2.2. Zachwaszczenie

W czasie prowadzenia doświadczenia oceniono liczbę i suchą masę chwastów na 1 m<sup>2</sup> oraz oznaczono ich skład gatunkowy. Zachwaszczenie było zróżnicowane w latach badań (rys. 1). Największą liczbę i suchą masę chwastów stwierdzono w 2013 roku. W pozostałych latach zarówno liczba, jak i sucha masa chwastów były na zbliżonym poziomie.

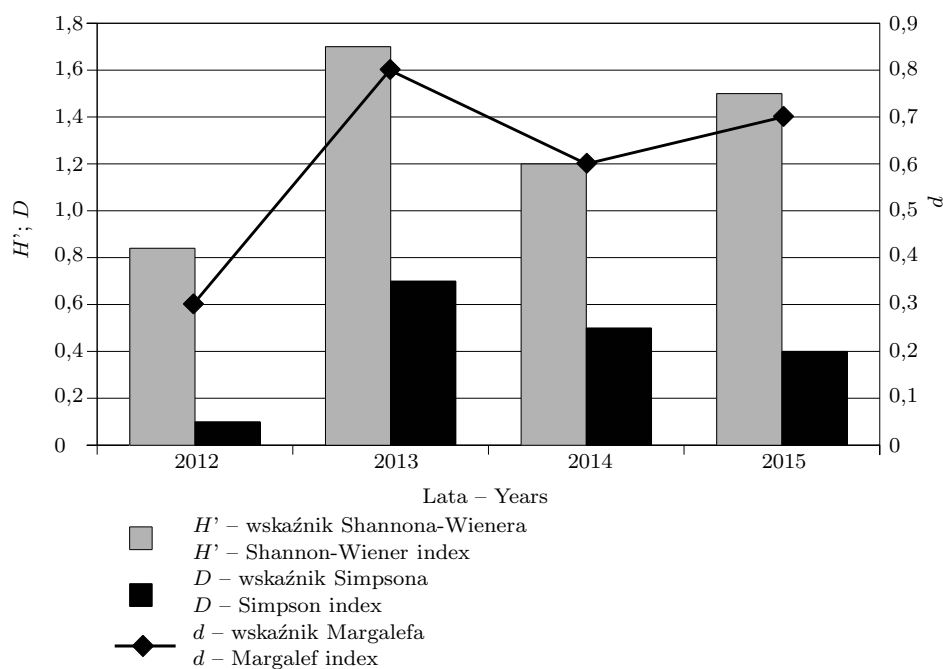
Jednozmienna analiza wariancji wykazała istotny wpływ systemu uprawy roli na liczbę i suchą masę chwastów na 1 m<sup>2</sup> (rys. 2). Zachwaszczenie było znikome w uprawie konwencjonalnej. Pozostałe systemy powodowały istotny jego wzrost pod względem zarówno liczby, jak i suchej masy chwastów. W siewie bezpośrednim liczba i sucha masa chwastów były większe odpowiednio o 47,9% i 41,1% w porównaniu z uprawą uproszczoną.



**Rys. 1.** Wpływ warunków pogodowych na liczbę i suchą masę chwastów  
**Fig. 1.** The influence of the weather conditions on the number and dry mass of weeds



**Rys. 2.** Wpływ systemu uprawy roli na liczbę i suchą masę chwastów  
**Fig. 2.** The influence of the soil tillage system on the number and dry mass of weeds



**Rys. 3.** Ocena różnorodności florystycznej chwastów w łanie lufki żółtej  
**Fig. 3.** The biodiversity of weed communities in yellow lupin

Analiza zmienności fitocenoz, przeprowadzona z wykorzystaniem wskaźników ekologicznych, wykazała różnice w zbiorowiskach chwastów w latach badań (rys. 3). Za pomocą wskaźnika Margalefa ( $d$ ) oceniono bogactwo gatunkowe zbiorowisk z uwzględnieniem zarówno osobników, jak i liczby gatunków. Otrzymane wyniki wskazują, że bogactwo gatunkowe zbiorowisk chwastów było największe w 2013, a najmniejsze w 2012 roku. Różnorodność biologiczna badanych powierzchni była mała, o czym świadczą wartości wskaźnika Shannona-Wienera ( $H'$ ). Do opisu równocześnie, czyli udziału poszczególnych gatunków w zbiorowisku wykorzystano wskaźnik Simpsona ( $D$ ). Jego wartości kształtowały się od 0,1 w 2012 roku do 0,7 w 2013 roku, a więc na poziomie od niskiego do umiarkowanego.

Skład gatunkowy chwastów był zróżnicowany najbardziej na poletkach z siewem bezpośrednim, na których oznaczono 15 gatunków, dziewięć gatunków w uprawie uproszczonej, a w uprawie konwencjonalnej zaledwie dwa gatunki (tab. 23). Gatunkiem dominującym na wszystkich obiektach doświadczenia była chwastnica jednostronna, która stanowiła od 34% całego zachwaszczenia w uprawie uproszczonej do 99% w uprawie konwencjonalnej. Ponadto w uprawie uproszczonej i w siewie bezpośrednim występowały w większym nasileniu: skrzyp polny (odpowiednio 20% i 15%) oraz bodziszek (odpowiednio 13% i 12%). W uprawie uproszczonej dodatkowo większy udział w zachwaszczeniu miały również przetaczniki (16% ogólnej liczby chwastów).

**Tabela 23.** Wpływ systemu uprawy roli na skład gatunkowy zachwaszczenia (%)**Table 23.** The influence of the soil tillage system on the botanical composition of weed infestation (%)

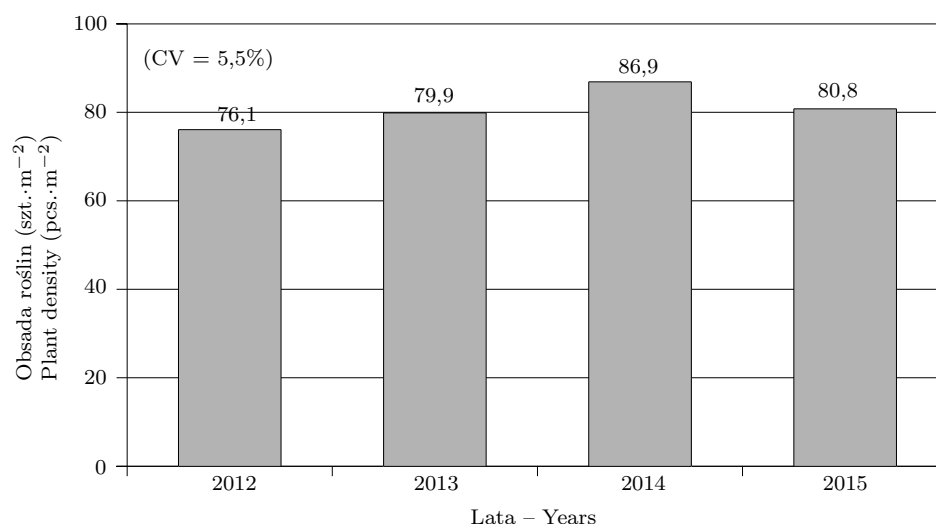
Gatunek Species	System uprawy roli – Soil tillage system		
	konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing
Bodziszek <i>Geranium</i> spp.	<1	13	12
Chwastnica jednostronna <i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	99	34	48
Fiołki <i>Viola</i> spp.	–	<1	2
Komosa biała <i>Chenopodium album</i> L.	–	1	2
Przetaczniki <i>Veronica</i> spp.	–	16	6
Przytulia czepna <i>Galium aparine</i> L.	–	7	8
Rdestówka powojowata <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. Löve	–	8	3
Samosiewy zbóż Volunteer cereals	–	<1	2
Skrzyp polny <i>Equisetum arvense</i> L.	–	20	15
Babka lancetowata <i>Plantago lanceolata</i> L.			
Jasnoty <i>Lamium</i> spp.			
Mak polny <i>Papaver rhoeas</i> L.	–	–	<1
Tasznik pospolity <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.			
Żmijowiec zwyczajny <i>Echium vulgare</i> L.			
Liczba gatunków Number of species	2	9	15

#### 4.2.3. Obsada roślin

Obsada łubinu żółtego była zróżnicowana w latach i wynosiła od 76,1 szt. $\cdot$ m<sup>-2</sup> w 2012 roku do 86,9 szt. $\cdot$ m<sup>-2</sup> w 2014 roku (rys. 4).

Jak wynika z tabeli 24, jedynie w 2012 roku najniższą obsadę stwierdzono na obiektach z uprawą konwencjonalną, a istotnie wyższą w siewie bezpośrednim. W pozostałych latach obsadę roślin w obu systemach uproszczonych charakteryzowała tendencja spadkowa, przy czym była istotnie mniejsza tylko w 2015 roku





**Rys. 4.** Obsada roślin przed zbiorem w latach 2012–2015

**Fig. 4.** Plant density before harvest in years 2012–2015

**Tabela 24.** Wpływ warunków pogodowych i systemu uprawy roli na obsadę roślin przed zbiorem (szt.·m<sup>-2</sup>)

**Table 24.** The influence of the weather conditions and soil tillage system on the plant density before harvest (pcs.·m<sup>-2</sup>)

Rok Year	System uprawy roli – Soil tillage system			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing	
2012	67,6	78,6	82,1	12,76
2013	87,5	79,3	73,0	r.n. – n.s.
2014	99,4	87,5	73,6	r.n. – n.s.
2015	84,3	80,0	78,2	5,17
Średnio – Mean	84,7	81,3	76,7	10,28
CV (%)	15,5	5,1	5,6	–

NIR<sub>0,05</sub> dla interakcji – 16,51.

r.n. – różnice nieistotne.

LSD<sub>0,05</sub> for interaction – 16.51.

n.s. – not significant differences.

z zastosowaniem siewu bezpośredniego. Średnio w siewie bezpośrednim stwierdzono istotnie niższą obsadę roślin (o 9,4%) w porównaniu z uprawą konwencjonalną, natomiast nie stwierdzono istotnych różnic między systemem uproszczonym a konwencjonalnym. Wyliczony współczynnik zmienności dla obsady roślin łąbinu żółtego w uprawie uproszczonej oraz w siewie bezpośrednim był trzykrotnie mniejszy w porównaniu ze współczynnikiem zmienności w uprawie konwencjonalnej.

#### 4.2.4. Indeks LAI i SPAD

W 2014 roku wykazano istotny wpływ systemów uprawy roli na wartość wskaźnika powierzchni liścia (LAI; tab. 25). Siew bezpośredni w porównaniu z uprawą konwencjonalną powodował istotne obniżenie indeksu LAI o 36,8%. Natomiast nie stwierdzono istotnych różnic między uprawą konwencjonalną a uproszczoną. Średnio największą wartość wskaźnika powierzchni liści LAI stwierdzono w uprawie konwencjonalnej, nieco mniejszą w uprawie uproszczonej i istotnie najmniejszą (o 16%) w siewie bezpośrednim.

**Tabela 25.** Wpływ warunków pogodowych i systemu uprawy roli na indeks powierzchni liści (LAI) i wartość wskaźnika zawartości chlorofilu w liściach (SPAD)

**Table 25.** The influence of the weather conditions and soil tillage system on the leaf area index (LAI) and leaf greenness index (SPAD)

Rok Year	System uprawy roli – Soil tillage system			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing	
LAI				
2012	2,5	2,6	2,8	r.n. – n.s.
2013	3,4	2,8	2,7	r.n. – n.s.
2014	3,8	3,4	2,4	0,93
2015	2,6	2,7	2,4	r.n. – n.s.
Średnio – Mean	3,1	2,9	2,6	0,49
CV (%)	12,4	7,4	4,5	–
NIR <sub>0,05</sub> dla interakcji – r.n. – LSD <sub>0,05</sub> for interaction – n.s.				
SPAD				
2012	705	759	745	32,54
2013	682	750	843	118,47
2014	698	769	771	r.n. – n.s.
2015	671	668	691	r.n. – n.s.
Średnio – Mean	689	737	763	39,84
CV (%)	2,2	6,3	8,3	–
NIR <sub>0,05</sub> dla interakcji – r.n. – LSD <sub>0,05</sub> for interaction – n.s.				

r.n. – różnice nieistotne.

n.s. – not significant differences.

Stan odżywienia roślin azotem był najmniejszy w suchym 2015 roku na wszystkich obiektach doświadczenia (tab. 25). W 2012 i 2013 roku indeks ten był modyfikowany przez systemy uprawy roli. Najniższy wskaźnik stanu odżywienia roślin azotem w obu latach badań uzyskano na obiektach z uprawą konwencjonalną. Średnio indeks SPAD łubinu żółtego w uprawie konwencjonalnej był istotnie niższy w porównaniu z uprawą uproszczoną i siewem bezpośrednim, odpowiednio o 7,0 i 10,7%.

#### 4.2.5. Sucha masa korzeni i brodawek korzeniowych

System uprawy roli nie różnicował istotnie suchej masy korzeni oraz brodawek korzeniowych w poszczególnych latach badań (tab. 26). Jednak w każdym

**Tabela 26.** Wpływ warunków pogodowych i systemu uprawy roli na suchą masę korzeni i brodawkowanie łubinu żółtego (g/roślinę)

**Table 26.** The influence of the weather conditions and soil tillage system on the dry mass of roots and nodulation of yellow lupin (g/plant)

Rok Year	System uprawy roli – Soil tillage system			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing	
Sucha masa korzeni – Dry mass of roots				
2012	1,70	2,08	1,85	r.n. – n.s.
2013	1,76	1,30	1,74	r.n. – n.s.
2014	1,47	1,27	1,33	r.n. – n.s.
2015	1,37	1,12	1,30	r.n. – n.s.
Średnio – Mean	1,57	1,44	1,55	r.n. – n.s.
NIR <sub>0,05</sub> dla interakcji – r.n. – LSD <sub>0,05</sub> for interaction – n.s.				
Sucha masa brodawek korzeniowych – Dry mass of nodules				
2012	0,26	0,25	0,32	r.n. – n.s.
2013	0,33	0,31	0,37	r.n. – n.s.
2014	0,42	0,43	0,44	r.n. – n.s.
2015	0,16	0,21	0,22	r.n. – n.s.
Średnio – Mean	0,29	0,31	0,34	0,030
NIR <sub>0,05</sub> dla interakcji – r.n. – LSD <sub>0,05</sub> for interaction – n.s.				

r.n. – różnice nieistotne.

n.s. – not significant differences.

roku badań największą suchą masę brodawek korzeniowych oznaczono na obiektach z siewem bezpośrednim. Średnio wykorzystanie siewu bezpośredniego spowodowało istotny wzrost suchej masy brodawek korzeniowych o 17,2% w porównaniu z uprawą konwencjonalną. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy uprawą konwencjonalną a uproszczoną.

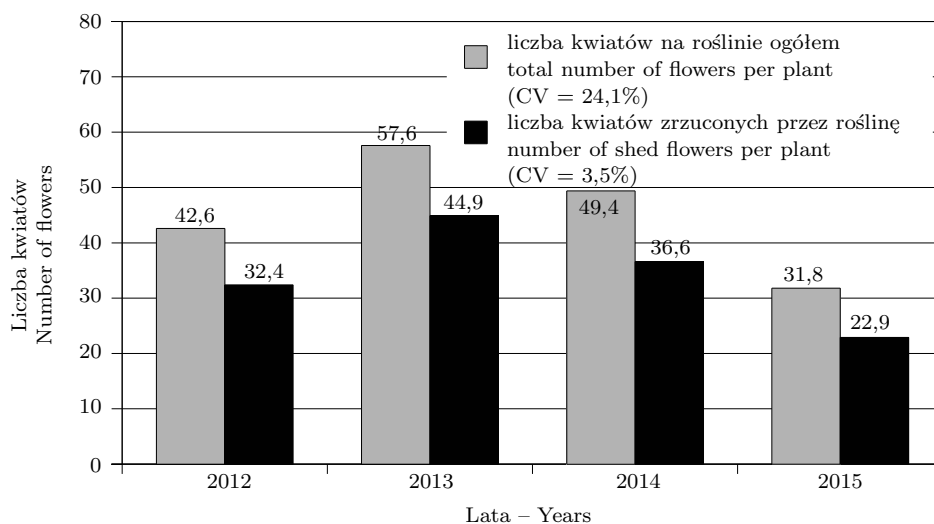
#### 4.2.6. Liczba kwiatów na roślinie i liczba kwiatów zrzucanych przez roślinę

Całkowita liczba kwiatów na roślinie była zróżnicowana w latach badań (rys. 5). Największą liczbę kwiatów na roślinie łubinu żółtego stwierdzono w 2013 roku, a najmniejszą – w suchym 2015 roku. Współczynnik zmienności dla tej cechy w latach wyniósł 24,1%.

Niezależnie od przebiegu warunków pogodowych udział kwiatów zrzucanych przez roślinę stanowił ponad 70% liczby kwiatów na roślinie, a współczynnik zmienności dla tej cechy był niewielki i wynosił zaledwie 3,5% (rys. 5).

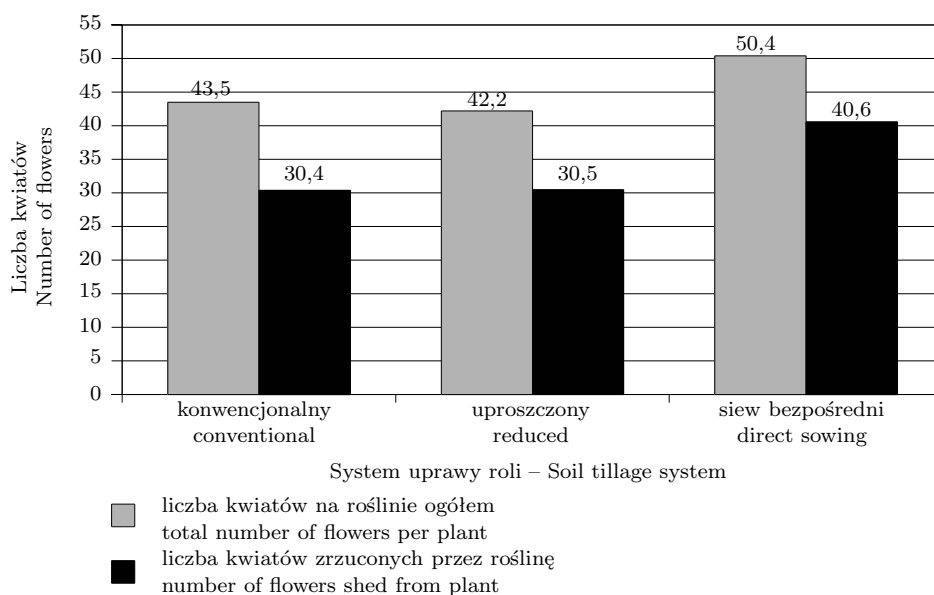
System uprawy roli modyfikował zarówno liczbę kwiatów na roślinie ogółem, jak i liczbę kwiatów zrzucanych przez roślinę. Jak wynika z rysunku 6, w porównaniu z konwencjonalnym systemem uprawy roli, siew bezpośredni powodował istotny wzrost liczby kwiatów na roślinie – o 15,8% oraz liczby kwiatów zrzucanych przez roślinę – o 33,6%. Nie stwierdzono istotnych różnic między uprawą konwencjonalną a uproszczoną.

Na pędzie głównym na roślinie, niezależnie od zastosowanego systemu uprawy, wykształcało się od 21 do 22 kwiatów i ta cecha nie była istotnie zróżnicowana



**Rys. 5.** Wpływ warunków pogodowych na liczbę kwiatów na roślinie ogółem i liczbę kwiatów zrzucanych przez roślinę

**Fig. 5.** The influence of the weather conditions on the total number of flowers per plant and the number of flowers shed from a plant



NIR<sub>0,05</sub> dla liczby kwiatów na roślinie ogółem – 3,18.

NIR<sub>0,05</sub> dla liczby kwiatów zrzucanych przez roślinę – 3,70.

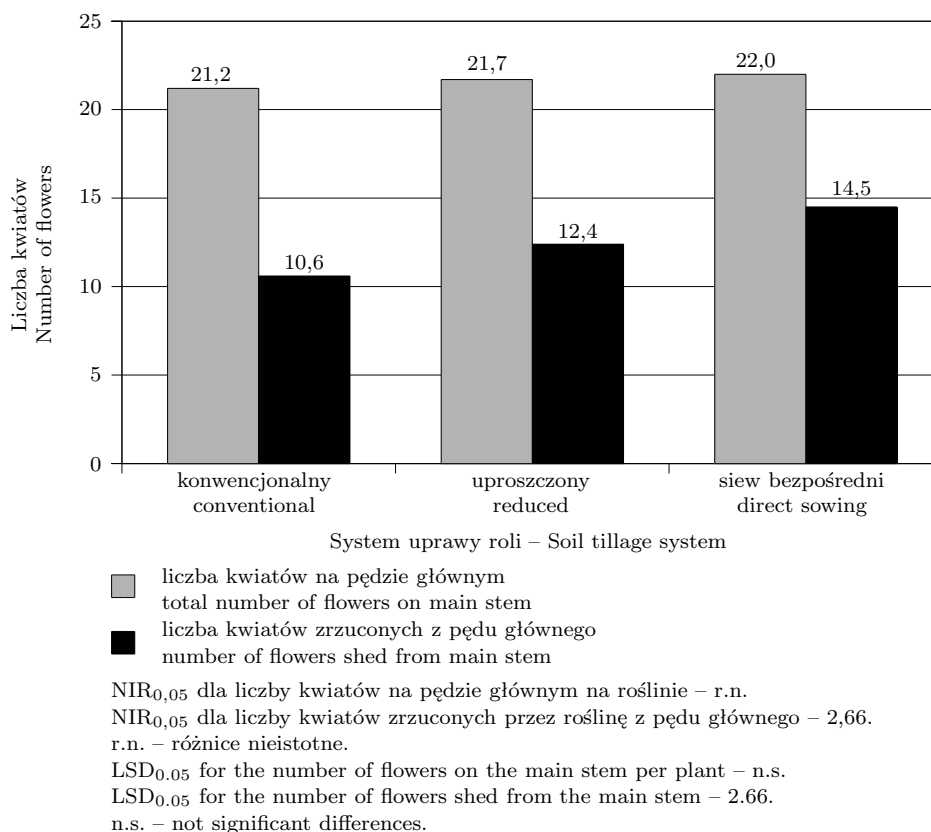
LSD<sub>0,05</sub> for the total number of flowers per plant – 3.18.

LSD<sub>0,05</sub> for the number of flowers shed from a plant – 3.70.

**Rys. 6.** Wpływ systemu uprawy roli na liczbę kwiatów na roślinie ogółem i na liczbę kwiatów zrzucanych przez roślinę

**Fig. 6.** The influence of the soil tillage system on the total number of flowers per plant and the number of flowers shed from a plant

(rys. 7). Natomiast istotnie zróżnicowana była liczba kwiatów zrzucanych przez roślinę z pędu głównego. Łubin żółty uprawiany w siewie bezpośrednim zrzucił istotnie więcej (o 36,8%) kwiatów z pędu głównego w porównaniu z uprawą konwencjonalną. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy uprawą konwencjonalną i uproszczoną.

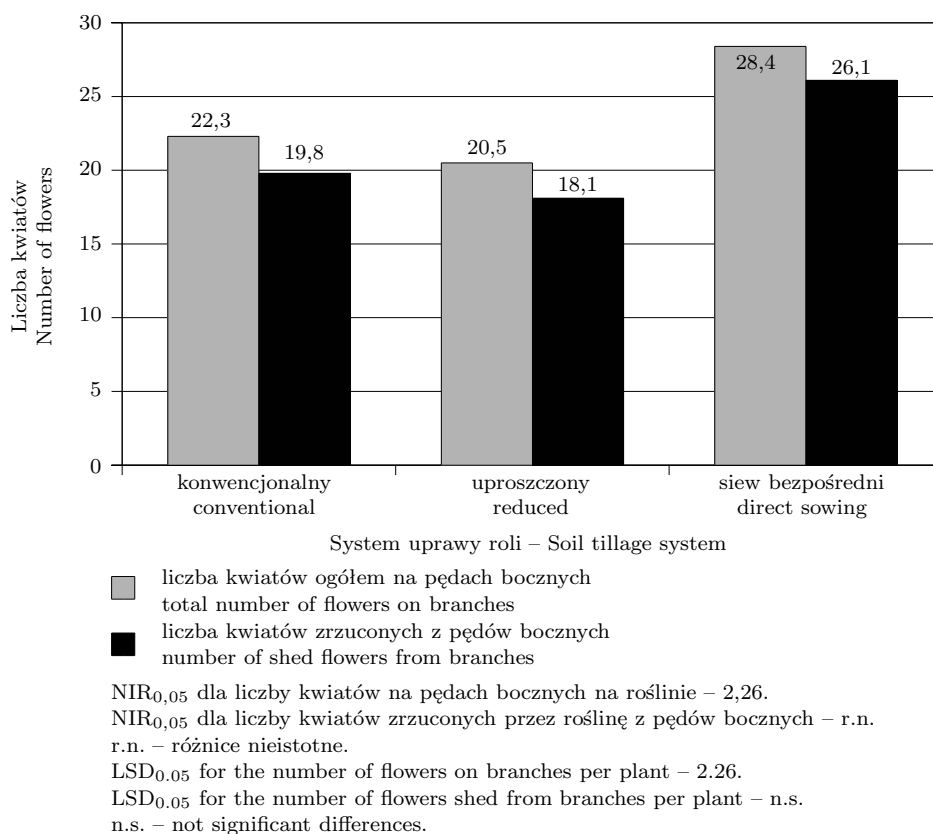


**Rys. 7.** Wpływ systemu uprawy roli na liczbę kwiatów na pędzie głównym rośliny i liczbę kwiatów zrzucanych przez roślinę z pędu głównego

**Fig. 7.** The influence of the soil tillage system on the number of flowers on the main stem and the number of flowers shed from the main stem

Łubin żółty uprawiany w systemach konwencjonalnym i uproszczonym wykształcił zbliżoną liczbę kwiatów na pędach bocznych na roślinie (rys. 8). Natomiast w siewie bezpośrednim liczba kwiatów na pędach bocznych na roślinie była istotnie wyższa o 27,4% w porównaniu z uprawą konwencjonalną. Niezależnie od zastosowanego systemu uprawy udział kwiatów poddanych redukcji na pędach bocznych był bardzo duży i wynosił od 88,3% w uprawie uproszczonej do 91,9% w siewie bezpośrednim.

Współczynniki korelacji prostej wyliczone dla systemów uprawy wskazują na duże znaczenie opadów w okresie od marca do czerwca w kształtowaniu: obsady roślin, suchej masy brodawek korzeniowych, wartości wskaźnika zawartości chlorofilu w liściach (SPAD), indeksu powierzchni liści (LAI) oraz liczby kwiatów na



**Rys. 8.** Wpływ systemu uprawy roli na liczbę kwiatów na pędach bocznych rośliny i na liczbę kwiatów zrzuconych przez roślinę z pędów bocznych

**Fig. 8.** The influence of the soil tillage system on the total number of flowers on branches per plant and the number of flowers shed from branches per plant

roślinie ogółem (tab. 27). Niezależnie od systemu uprawy korelacje między ilością opadów ww. okresie a suchą masą brodawek korzeniowych były od bardzo wysokich (w uprawie uproszczonej) do prawie pewnych (w uprawie konwencjonalnej i w siewie bezpośrednim). Ponadto w uprawie konwencjonalnej i uproszczonej stwierdzono odpowiednio korelacje bardzo wysokie i prawie pewne między obsadą roślin i suchą masą brodawek korzeniowych a indeksem powierzchni liści (LAI). Dodatkowo w siewie bezpośrednim odnotowano prawie pewną korelację między suchą masą brodawek korzeniowych a liczbą kwiatów na roślinie ogółem.

#### 4.2.7. Cechy biometryczne

Analiza cech biometrycznych łubinu żółtego wykazała dużą ich zależność od przebiegu warunków pogodowych w poszczególnych latach badań (tab. 28).

**Tabela 27.** Współczynniki korelacji liczby kwiatów na roślinie ogółem oraz sumy opadów od marca do czerwca, obsady roślin, suchej masy brodawek korzeniowych, wskaźnika SPAD, indeksu LAI w zależności od systemu uprawy roli

**Table 27.** The correlation coefficients for the total number of flowers per plant and total rainfall between March and June, plant density, dry mass of nodules, SPAD and LAI indexes depending on the soil tillage system

Zmienna Variable	Suma opadów od III do VI Total rainfall between March and June (mm) (1)	Obsada roślin (szt. $\cdot$ m <sup>-2</sup> ) Plant density (no. $\cdot$ m <sup>-2</sup> ) (2)	Sucha masa brodawek na roślinie Dry mass of nodules per plant (g) (3)	SPAD (4)	LAI (5)	Liczba kwiatów na roślinie ogółem (szt.) Total number of flowers per plant (pcs.) (6)
Konwencjonalny – Conventional						
1	1,000					
2	0,4655	1,000				
3	0,9814*	0,5979	1,000			
4	0,5901	-0,2538	0,5419	1,000		
5	0,8340	0,8718	0,8974	0,1240	1,000	
6	0,6619	-0,0119	0,5221	0,2497	0,4051	1,000
Uproszczony – Reduced						
1	1,000					
2	0,5680	1,000				
3	0,8363	0,9233	1,000			
4	0,9149	0,3525	0,6316	1,000		
5	0,6849	0,9802*	0,9718*	0,4375	1,000	
6	0,7610	0,0010	0,3755	0,6702	0,1913	1,000
Siew bezpośredni – Direct sowing						
1	1,000					
2	-0,5903	1,000				
3	0,9912**	-0,5980	1,000			
4	0,7709	-0,6465	0,6902	1,000		
5	0,1619	0,3909	0,0481	0,4438	1,000	
6	0,9649*	-0,7808	0,9579*	0,8183	0,0148	1,000

\*/\*\*Interpretacja współczynników korelacji na stronie 15.

\*/\*\*Interpretation of simple correlation coefficient on page 15.

Największą zmiennością charakteryzowały się: liczba nasion i liczba strąków na pędach bocznych rośliny. Cechą najbardziej stabilną była masa 1000 nasion ze współczynnikiem zmienności 2,3%. W 2013 roku uzyskano największą liczbę strąków na pędzie głównym i na roślinie ogółem oraz liczbę nasion na pędach bocznych i na roślinie ogółem. Natomiast mniejsza ilość opadów w 2015 roku wpłynęła negatywnie na pokrój roślin i spowodowała obniżenie wartości cech biometrycznych łubinu żółtego, z wyjątkiem masy 1000 nasion.

**Tabela 28.** Wpływ warunków pogodowych na cechy biometryczne łubinu żółtego  
**Table 28.** The influence of the weather conditions on the biometrical traits of yellow lupin

Wyszczególnienie Specification	Lata – Years				CV (%)
	2012	2013	2014	2015	
Wysokość roślin (cm) Height of plants (cm)	74,1	70,0	64,5	43,3	21,6
Liczba strąków na pędzie głównym na roślinie Number of pods on main stem per plant	8,3	9,9	8,2	7,9	10,5
Liczba strąków na pędach bocznych na roślinie Number of pods on branches per plant	1,8	3,0	4,0	1,1	53,2
Liczba strąków na roślinie ogółem Total number of pods per plant	10,0	12,9	12,2	9,0	16,6
Liczba nasion na pędzie głównym na roślinie Number of seeds on main stem per plant	29,9	33,4	34,8	19,5	23,5
Liczba nasion na pędach bocznych na roślinie Number of seeds on branches per plant	3,5	11,7	9,3	2,5	66,1
Liczba nasion na roślinie ogółem Total number of seeds per plant	33,4	45,1	44,1	22,0	29,9
Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod	3,5	3,7	3,8	2,9	11,2
Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	134,7	128,2	128,7	131,5	2,3

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ systemu uprawy roli na takie cechy biometryczne, jak: wysokość roślin oraz liczba strąków i nasion na pędzie głównym i na roślinie ogółem (tab. 29). Odejście od tradycyjnego sposobu uprawy na rzecz siewu bezpośredniego prowadziło do obniżenia wartości niektórych cech łubinu żółtego. W porównaniu z konwencjonalnym systemem uprawy, siew bezpośredni wpływał na istotne obniżenie: wysokości roślin (o 12,3%), liczby strąków na pędzie głównym (o 25,8%), liczby strąków na roślinie ogółem (o 19,8%), liczby nasion na pędzie głównym (o 16,9%) oraz ogólnej liczby nasion na roślinie (o 15,3%). Nie stwierdzono istotnych różnic badanych cech między uprawą konwencjonalną i uproszczoną.

#### 4.2.8. Plon nasion

Analiza statystyczna uzyskanych wyników badań wykazała zróżnicowanie plonu nasion w latach na poziomie 8,7% (rys. 9). Najwyższy plon nasion uzyskano

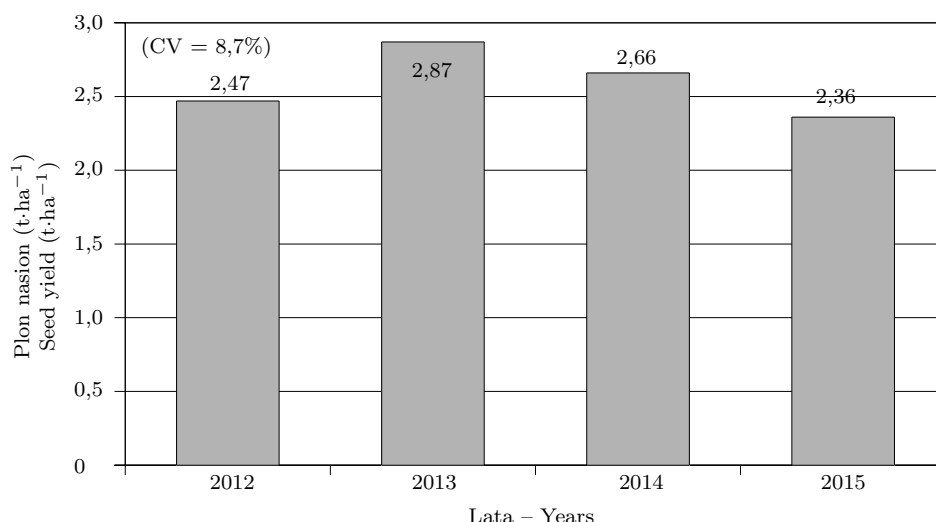


**Table 29.** Wpływ systemu uprawy roli na cechy biometryczne łubinu żółtego  
**Table 29.** The influence of the soil tillage system on the biometric traits of yellow lupin

Wyszczególnienie Specification	System uprawy roli – Soil tillage system			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing	
Wysokość roślin (cm) Height of plants (cm)	66,6	63,9	58,4	3,94
Liczba strąków na pędzie głównym na roślinie Number of pods on main stem per plant	9,7	8,8	7,2	1,56
Liczba strąków na pędach bocznych na roślinie Number of pods on branches per plant	2,4	2,4	2,5	r.n. – n.s.
Liczba strąków na roślinie ogółem Total number of pods per plant	12,1	11,2	9,7	1,88
Liczba nasion na pędzie głównym na roślinie Number of seeds on main stem per plant	32,0	29,6	26,6	4,45
Liczba nasion na pędach bocznych na roślinie Number of seeds on branches per plant	7,3	6,2	6,8	r.n. – n.s.
Liczba nasion na roślinie ogółem Total number of seeds per plant	39,3	35,8	33,3	4,27
Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod	3,5	3,4	3,6	r.n. – n.s.
Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	130,1	131,3	130,3	r.n. – n.s.

r.n. – różnice nieistotne.

n.s. – not significant differences.



**Rys. 9.** Wpływ warunków pogodowych na plon nasion

**Fig. 9.** The influence of the weather conditions on the seed yield

w 2013 roku, w pozostałych latach plony były niższe: w 2014 o 7,3%, w 2012 o 13,9%, a w 2015 roku o 17,8%.

Zróznicowanie plonowania łubinu żółtego w zależności od warunków pogodowych i systemu uprawy roli przedstawiono w tabeli 30. W 2012, 2013 i 2014 roku zastosowane systemy uprawy roli nie różnicowały plonu nasion. Natomiast w suchym 2015 roku najwyższy plon uzyskano na obiektach uprawianych systemem konwencjonalnym, a istotnie niższy w siewie bezpośrednim – o 0,48 t·ha<sup>-1</sup> (18,5%). Między uprawą konwencjonalną i uproszczoną nie stwierdzono różnic istotnych. Średnio siew bezpośredni wpłynął na obniżenie plonu nasion o 10,2% w porównaniu z uprawą konwencjonalną. Na poletkach z zastosowaną uprawą uproszczoną

**Tabela 30.** Wpływ warunków pogodowych i systemu uprawy roli na plon nasion (t·ha<sup>-1</sup>)

**Tabela 30.** The influence of the weather conditions and soil tillage system on the seed yield (t·ha<sup>-1</sup>)

Rok Year	System uprawy roli – Soil tillage system			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing	
2012	2,58	2,45	2,38	r.n. – n.s.
2013	2,92	2,77	2,93	r.n. – n.s.
2014	2,85	2,74	2,40	r.n. – n.s.
2015	2,60	2,36	2,12	0,332
Średnio – Mean	2,74	2,58	2,46	0,219
CV (%)	6,3	8,0	13,8	

NIR<sub>0,05</sub> dla interakcji – r.n.

r.n. – różnice nieistotne.

LSD<sub>0,05</sub> for interaction – n.s.

n.s. – not significant differences.

**Tabela 31.** Współczynniki korelacji plonu nasion i cech biometrycznych hubinu żółtego w uprawie konwencjonalnej  
**Table 31.** The correlation coefficients for the seed yield and biometric traits of yellow lupin in the conventional soil tillage system

Zmienna Variable	(1) Obsada roślin (szt.·m <sup>-2</sup> ) Plant density (pcs.·m <sup>-2</sup> )	(2) Liczba kwiatów na roślinie Number of flowers per plant	(3) Liczba strąków na pedzie głównym na roślinie Number of pods on main stem per plant	(4) Liczba strąków na pędach bocznych na roślinie Number of pods on branches per plant	(5) Liczba strąków na roślinie ogółem Total number of pods per plant	(6) Liczba nasion na pedzie głównym na roślinie Number of seeds on main stem per plant	(7) Liczba nasion na pędach bocznych na roślinie Number of seeds on branches per plant	(8) Liczba nasion na roślinie ogółem Total number of seeds per plant	(9) Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	(10) Plon nasion (t·ha <sup>-1</sup> ) Seed yield (t·ha <sup>-1</sup> )
1	1,000									
2	-0,0119	1,000	1,000							
3	0,0426	0,9826*	0,2683	1,000						
4	0,4698	0,3896	0,8873	0,6822	1,000					
5	0,2654	0,9309	0,6840	0,8495	0,9235	1,000				
6	0,1536	0,7932	0,8377	0,7467	0,9938**	0,9316	1,000			
7	0,3536	0,8849	0,7394	0,8306	0,9572*	0,9945**	0,9647*	1,000		
8	0,2116	0,8322	-0,4222	0,3594	-0,1556	0,2279	-0,1400	0,1245	1,000	
9	-0,4541	-0,2500	0,7155	0,5903	0,8308	0,6442	0,8620	0,7157	-0,5284	1,000
10	0,7219	0,6828	0,7155	0,5903	0,8308	0,6442	0,8620	0,7157	-0,5284	1,000

\*/\*\* Interpretacja współczynników korelacji na stronie 15.

\*\*/\*\* Interpretation of simple correlation coefficient on page 15.

**Tabela 32.** Współczynniki korelacji plonu nasion i cech biometrycznych łubinu żółtego w uprawie uproszczonej  
**Table 32.** The correlation coefficients for the seed yield and biometric traits of yellow lupin in the reduced soil tillage system

Zmienna Variable	(1) Obsada roślin (szt.·m <sup>-2</sup> ) Plant density (pcs.·m <sup>-2</sup> )	(2) Liczba kwiatów na roślinie Number of flowers per plant	(3) Liczba strąków na pedzie głównym na roślinie Number of pods on main stem per plant	(4) Liczba strąków na pędach bocznych na roślinie Number of pods on branches per plant	(5) Liczba strąków na roślinie ogółem Total number of pods per plant	(6) Liczba nasion na pedzie głównym na roślinie Number of seeds on main stem per plant	(7) Liczba nasion na pędach bocznych na roślinie Number of seeds on branches per plant	(8) Liczba nasion na roślinie ogółem Total number of seeds per plant	(9) Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	(10) Plon nasion (t·ha <sup>-1</sup> ) Seed yield (t·ha <sup>-1</sup> )
1	1,000									
2	0,0010	1,000								
3	-0,2206	0,9738*	1,000							
4	0,7748	0,6283	0,4365	1,000						
5	0,4769	0,8776	0,7463	0,9243	1,000					
6	0,3873	0,8029	0,7193	0,7688	0,8629	1,000				
7	0,4405	0,8403	0,7048	0,8928	0,9648*	0,7008	1,000			
8	0,4402	0,8843	0,7718	0,8835	0,9762*	0,9516*	0,8861	1,000		
9	-0,6189	-0,4413	-0,2597	-0,8061	-0,7186	-0,2983	-0,8489	-0,5590	1,000	
10	0,4888	0,8684	0,7332	0,9302	0,9994**	0,8460	0,9722*	0,9684*	-0,7421	1,000

\*/\*\* Interpretacja współczynników korelacji na stronie 15.

\*/\*\* Interpretation of simple correlation coefficient on page 15.

**Tabela 33.** Współczynniki korelacji plonu nasion i cech biometrycznych łubinu żółtego w siewie bezpośrednim  
**Table 33.** The correlation coefficients for the seed yield and biometric traits of yellow lupin in the direct sowing

Zmienna Variable	(1) Obsada roślin (szt.·m <sup>-2</sup> ) Plant density (pcs.·m <sup>-2</sup> )	(2) Liczba kwiatów na roślinie Number of flowers per plant	(3) Liczba strąków na pędzie głównym na roślinie Number of pods on main stem per plant	(4) Liczba strąków na pędach bocznych na roślinie Number of pods on branches per plant	(5) Liczba strąków na roślinie ogółem Total number of pods per plant	(6) Liczba nasion na pędzie głównym na roślinie Number of seeds on main stem per plant	(7) Liczba nasion na pędach bocznych na roślinie Number of seeds on branches per plant	(8) Liczba nasion na roślinie ogółem Total number of seeds per plant	(9) Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	(10) Plon nasion (t·ha <sup>-1</sup> ) Seed yield (t·ha <sup>-1</sup> )
1	1,000									
2	-0,7808	1,000								
3	-0,4280	-0,0486	1,000							
4	-0,8513	0,9791*	-0,0426	1,000						
5	-0,9574*	0,9158	0,3140	0,9351	1,000					
6	-0,6707	0,9859*	-0,2021	0,9513*	0,8357	1,000				
7	-0,9168	0,8845	0,4224	0,8727	0,9811*	0,7987	1,000			
8	-0,8252	0,9899*	0,0902	0,9639*	0,9509*	0,9565*	0,9395	1,000		
9	0,9808*	-0,8790	-0,2610	-0,9368	-0,9804*	-0,7958	-0,9270	-0,9014	1,000	
10	-0,5730	0,6909	0,4855	0,5769	0,7286	0,6336	0,8427	0,7708	-0,5807	1,000

\*Interpretacja współczynników korelacji na stronie 15.

\*Interpretation of simple correlation coefficient on page 15.

lubin żółty plonował na poziomie nieróżniącym się istotnie względem uprawy konwencjonalnej.

Redukcji zabiegów agrotechnicznych towarzyszył niewielki wzrost współczynnika zmienności plonu nasion: od 6,3% w uprawie konwencjonalnej do 13,8% w siewie bezpośrednim.

Współczynniki korelacji wyliczono w celu określenia wpływu na plon nasion takich parametrów, jak: obsada roślin, liczba kwiatów na roślinie, liczba strąków i nasion na pędzie głównym, pędach bocznych i na roślinie ogółem (tab. 31, 32, 33). W uprawie konwencjonalnej wymienione cechy, z wyjątkiem masy 1000 nasion, były skorelowane z plonem nasion dodatnio w stopniu wysokim lub bardzo wysokim. W uprawie uproszczonej te korelacje (z wyjątkiem związku z obsadą roślin) były jeszcze mocniejsze, bo od bardzo wysokich do prawie pewnych. Natomiast w siewie bezpośrednim na wielkość plonu nasion miały wpływ: liczba kwiatów na roślinie oraz liczba strąków i nasion na pędzie głównym, pędach bocznych i na roślinie ogółem. Korelacje te były wysokie i bardzo wysokie. Ponadto prawie pewne ujemne korelacje w siewie bezpośrednim stwierdzono między obsadą roślin a liczbą strąków na roślinie ogółem oraz między obsadą roślin a liczbą nasion na pędach bocznych. Obsada łubinu żółtego była również wysoce ujemnie skorelowana z plonem nasion, co świadczyło o dużym jej znaczeniu w kształtowaniu plonu nasion w siewie bezpośrednim. Wzrost obsady roślin w tym systemie uprawy prowadził do wykształcenia mniejszej liczby strąków na roślinie, a zwłaszcza liczby nasion na pędach bocznych, co miało bezpośrednie przełożenie na wielkość plonu nasion.

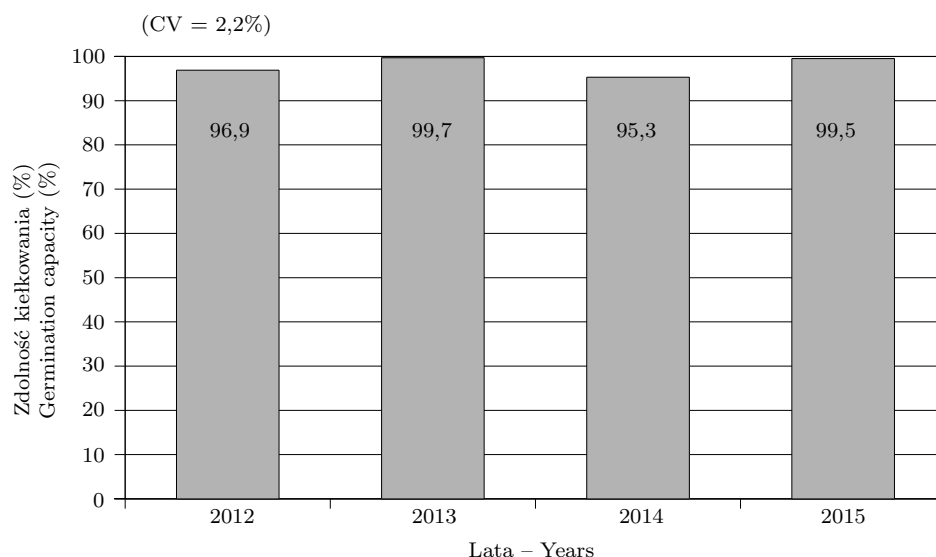
Niezależnie od systemu uprawy, masa 1000 nasion była skorelowana z plonem nasion ujemnie na poziomie wysokim (uprawa konwencjonalna i siew bezpośredni) lub bardzo wysokim (uprawa uproszczona). W siewie bezpośrednim wyraźnie widać tę zależność: wzrost liczby strąków i nasion na roślinie, zwłaszcza na pędach bocznych, wpływał na obniżenie masy 1000 nasion. I odwrotnie, gdy obsada roślin rosła, ulegała zmniejszeniu liczba strąków na roślinie, a szczególnie liczba nasion na pędach bocznych, natomiast większa była masa 1000 nasion.

#### 4.2.9. Wartość siewna i wigor nasion

Współczynnik zmienności na poziomie 2,2%, wyliczony dla określenia wpływu warunków pogodowych na zdolność kiełkowania łubinu żółtego, wskazuje na niewielkie zróżnicowanie wartości siewnej nasion między latami badań. Najwyższą, blisko 100-procentową zdolnością kiełkowania charakteryzowały się nasiona z 2013 i 2015 roku, natomiast najniższą (95,3%) nasiona z 2014 roku (rys. 10).

Analiza statystyczna wykazała, że systemy uprawy roli modyfikowały wartość siewną i wigor nasion łubinu żółtego (tab. 34). W porównaniu z uprawą konwencjonalną, w uprawie uproszczonej stwierdzono istotnie wyższą energię kiełkowania i zdolność kiełkowania, odpowiednio o 1,8% i 1,2%, oraz o połowę mniejszy udział nasion nienormalnie kiełkujących.

Wigor nasion, oznaczony testem elektroprzewodnictwa, nie wykazał istotnych różnic pomiędzy nasionami pochodzącymi z trzech różnych systemów uprawy. Natomiast wyniki testu wzrostu siewki oraz testu szybkości wzrostu siewki wykazały



**Rys. 10.** Wpływ warunków pogodowych na zdolność kielkowania nasion

**Fig. 10.** The influence of the weather conditions on the germination capacity

**Tabela 34.** Wpływ systemu uprawy roli na wartość siewną i wigor nasion

**Table 34.** The influence of the soil tillage system on the sowing value and vigour of seeds

Wyszczególnienie Specification	System uprawy roli – Soil tillage system			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing	
Wartość siewna (%) – Sowing value (%)				
Energia kielkowania Germination energy	95,9	97,7	96,3	1,22
Zdolność kielkowania Germination capacity	97,3	98,5	97,8	0,96
Nasiona pleśniejące i gnijące Moulded seeds	1,0	0,7	0,7	r.n. – n.s.
Nasiona nienormalnie kiełkujące Abnormally germinating seeds	1,7	0,8	1,5	0,63
Wigor – Vigour				
Test elektroprzewodnictwa ( $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) Electrical conductivity test ( $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ )	28,0	27,4	28,6	r.n. – n.s.
Test wzrostu siewki (cm) Seedling growth test (cm)	6,5	7,1	6,4	0,37
Test szybkości wzrostu siewki (mg) Seedling growth rate test (mg)	22,1	24,2	24,2	1,40

r.n. – różnice nieistotne.

n.s. – not significant differences.

**Tabela 35.** Współczynniki korelacji zdolności kiełkowania, wigoru nasion, plonu i komponentów plonowania tubinu żółtego  
**Table 35.** The correlation coefficients for the germination capacity, vigour, yield and yield components of yellow lupin

Zmienna Variable	Test wzrostu siewki Seedling growth test (cm)	Test szybkości wzrostu siewki Seedling growth rate test (mg)	Zdolność kiełkowania Germination capacity (%)
Liczba nasion na pędzie głównym na roślinie Number of seeds on main stem per plant	0,1953	-0,8549	-0,3556
Liczba nasion na pędach bocznych na roślinie Number of seeds on branches per plant	-0,8233	-0,8149	-0,9991**
Liczba nasion na roślinie ogółem Total number of seeds per plant	0,0365	-0,9266	-0,5000
Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds (g)	0,9582*	0,5949	0,9629*
Plon nasion ( $t \cdot ha^{-1}$ ) Seed yield ( $t \cdot ha^{-1}$ )	0,0501	-0,9214	-0,4881
Test wzrostu siewki (cm) Seedling growth test (cm)	1,000	0,3419	0,8472
Test szybkości wzrostu siewki (mg) Seedling growth rate test (mg)		1,000	0,7889
Zdolność kiełkowania (%) Germination capacity (%)			1,000

\*/\*\*Interpretacja współczynników korelacji na stronie 15.

\*/\*\*Interpretation of simple correlation coefficient on page 15.

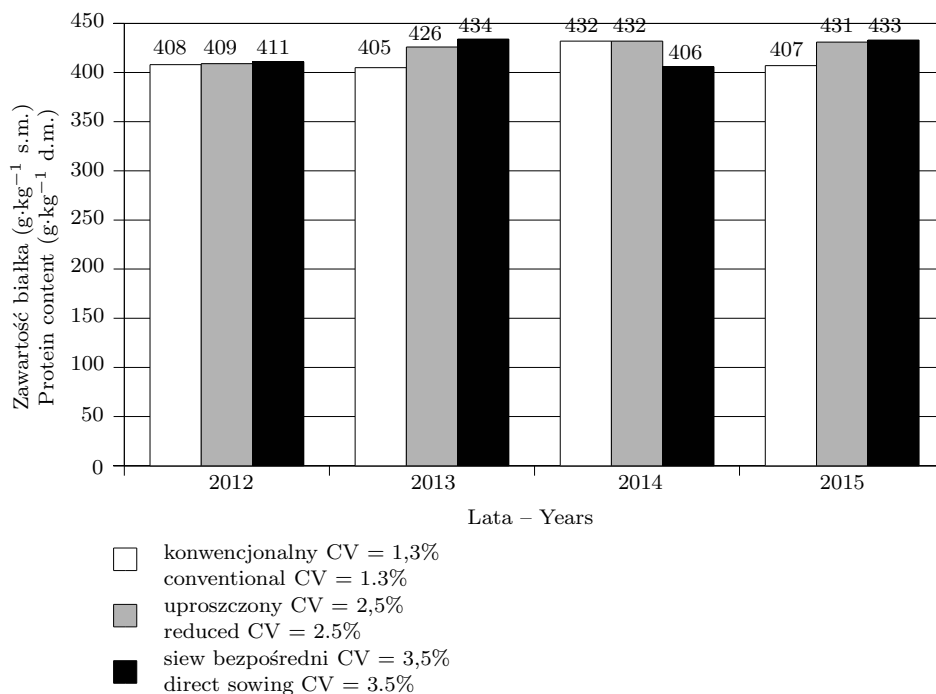


istotne zwiększenie wigoru nasion z uprawy uproszczonej w porównaniu z nasionami z systemu konwencjonalnego. Siewki z uprawy uproszczonej były istotnie dłuższe (o 8,5%) i miały większą masę (o 9,5%).

Korelacje przedstawione w tabeli 35 wskazują, iż na zdolność kiełkowania nasion miały największy wpływ takie cechy, jak: liczba nasion na pędach bocznych na roślinie oraz masa 1000 nasion. Obie korelacje były prawie pewne. Większa liczba nasion na pędach bocznych skutkowałą pogorszeniem jakości nasion poprzez zmniejszenie zdolności kiełkowania. Natomiast zwiększenie masy 1000 nasion wiązało się ze wzrostem zdolności kiełkowania. Lepsza zdolność kiełkowania to większy wigor nasion. Bardzo wysoka dodatnia korelacja łączyła zdolność kiełkowania z wynikami testów wzrostu siewki i testu szybkości wzrostu siewki. Ponadto wyniki testu szybkości wzrostu siewki były ujemnie skorelowane z liczbą nasion na pędzie głównym, pędach bocznych i ogółem na roślinie oraz z plonem nasion.

#### 4.2.10. Zawartość składników organicznych i popiołu w nasionach

Warunki pogodowe w niewielkim stopniu modyfikowały zawartość białka w nasionach łubinu żółtego w poszczególnych latach badań (rys. 11). Z wyjątkiem



**Rys. 11.** Wpływ warunków pogodowych na zawartość białka w nasionach łubinu żółtego

**Fig. 11.** The influence of the weather conditions on the content of protein in yellow lupin seeds

**Tabela 36.** Zawartość składników organicznych i popiołu w nasionach łubinu żółtego w zależności od systemu uprawy roli ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.)

**Table 36.** The content of organic components and ash in yellow lupin seeds depending on the soil tillage system ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  d.m.)

System uprawy roli Soil tillage system	Białko ogólne Crude protein	Włókno surowe Crude fiber	Tłuszcz surowy Crude fat	Bezazotowe związki wyciągowe Nitrogen – free extract	Popiół Ash
Konwencjonalny Conventional	409	177	56	308	50
Uproszczony Reduced	424	164	57	304	51
Siew bezpośredni Direct sowing	421	165	56	306	52
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.

r.n. – różnice nieistotne.

n.s. – not significant differences.

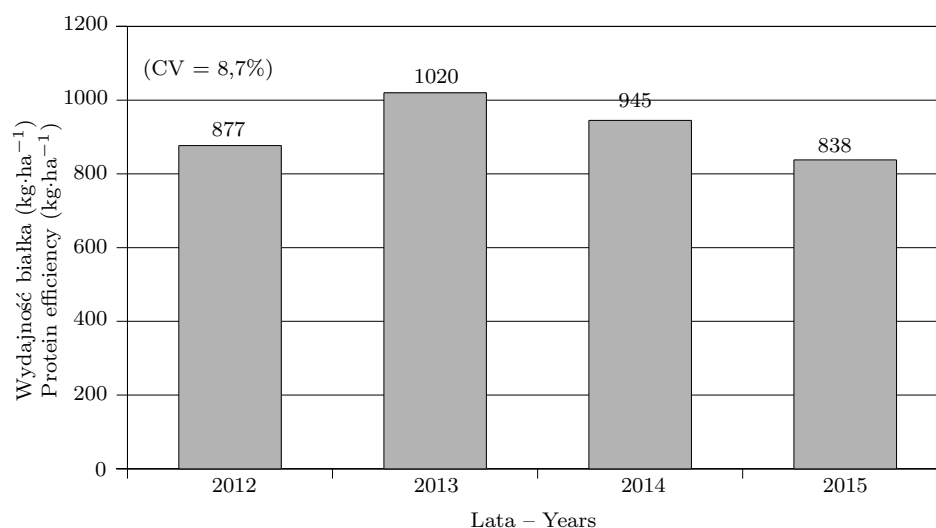
2014 roku, można zauważyć tendencję do wzrostu zawartości białka przy zastosowaniu uproszczonych systemów uprawy. Ponadto wyliczone współczynniki zmienności wskazują, że w systemie konwencjonalnym zawartość białka w nasionach była modyfikowana warunkami pogodowymi w najmniejszym stopniu ( $CV = 1,3\%$ ), a uproszczenia uprawowe zmniejszyły stabilność tej cechy, ponieważ w systemie uproszczonym współczynnik zmienności wynosił  $2,5\%$ , a w siewie bezpośrednim –  $3,5\%$ .

Analiza statystyczna składu chemicznego nasion wykazała brak istotnego wpływu systemu uprawy roli na jakość nasion łubinu żółtego (tab. 36). Można jednak zauważyć pewną tendencję do wzrostu zawartości białka ogólnego w nasionach łubinu uprawianego w systemie uproszczonym i w siewie bezpośrednim w stosunku do nasion z uprawy konwencjonalnej. Zwiększonemu udziałowi białka ogólnego w uprawach uproszczonych towarzyszyła tendencja do zmniejszenia zawartości włókna.

#### 4.2.11. Wydajność białka

Zależność wydajności białka łubinu żółtego od przebiegu warunków pogodowych przedstawiono na rysunku 12. Ponieważ wydajność białka wyliczono jako funkcję plonu suchej masy z poszczególnych obiektów doświadczalnych oraz koncentracji białka w suchej masie, kształtowała się ona podobnie jak plon nasion. Najwyższą wydajność białka uzyskano w 2013 roku, następnie niższą o  $7,4\%$  w 2014 roku i o  $14\%$  w 2012 roku, a najniższą, o  $17,8\%$ , w suchym 2015 roku.

Zależność wydajności białka łubinu żółtego od przebiegu warunków pogodowych i systemu uprawy roli przedstawiono w tabeli 37. W 2012, 2013 i 2014 roku system uprawy nie różnicował wydajności białka, natomiast w 2015 roku największą wydajność białka uzyskano w uprawie konwencjonalnej, a istotnie niższą –



**Rys. 12.** Wpływ warunków pogodowych na wydajność białka  
**Fig. 12.** The influence of the weather conditions on protein efficiency

**Tabela 37.** Wpływ warunków pogodowych i systemu uprawy roli na wydajność białka (kg·ha<sup>-1</sup>)  
**Table 37.** The influence of the weather conditions and soil tillage system on protein efficiency (kg·ha<sup>-1</sup>)

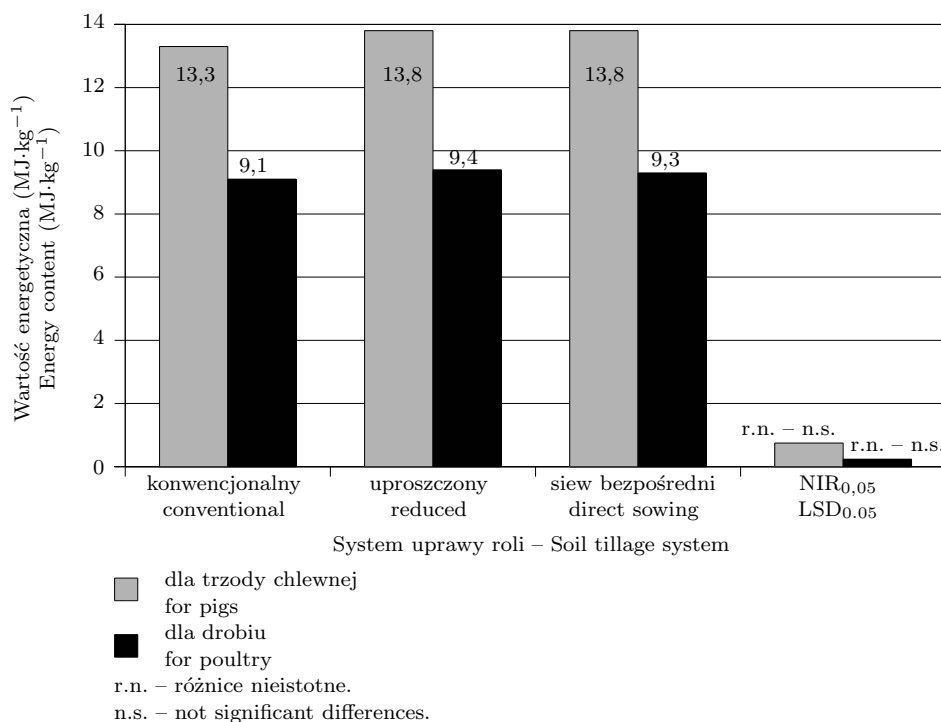
Rok Year	System uprawy roli – Soil tillage system			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing	
2012	896	883	852	r.n. – n.s.
2013	1 015	997	1 050	r.n. – n.s.
2014	992	987	859	r.n. – n.s.
2015	905	852	758	117,5
Średnio – Mean	952	930	880	r.n. – n.s.

NIR<sub>0,05</sub> dla interakcji – r.n.  
 r.n. – różnice nieistotne.  
 LSD<sub>0,05</sub> for interaction – n.s.  
 n.s. – not significant differences.

o 147 kg·ha<sup>-1</sup> (16,2%) – w siewie bezpośrednim. Średnio system uprawy roli nie różnicował wydajności białka łubinu żółtego.

#### 4.2.12. Wartość energetyczna nasion

Wartość energetyczna nasion łubinu żółtego z przeznaczeniem na paszę dla trzody chlewnej była wyższa o około 5 MJ·kg<sup>-1</sup> s.m. niż dla drobiu. Analizowane systemy uprawy roli nie różnicowały istotnie wartości energetycznej nasion przeznaczonych na paszę zarówno dla trzody chlewnej, jak i dla drobiu (rys. 13).

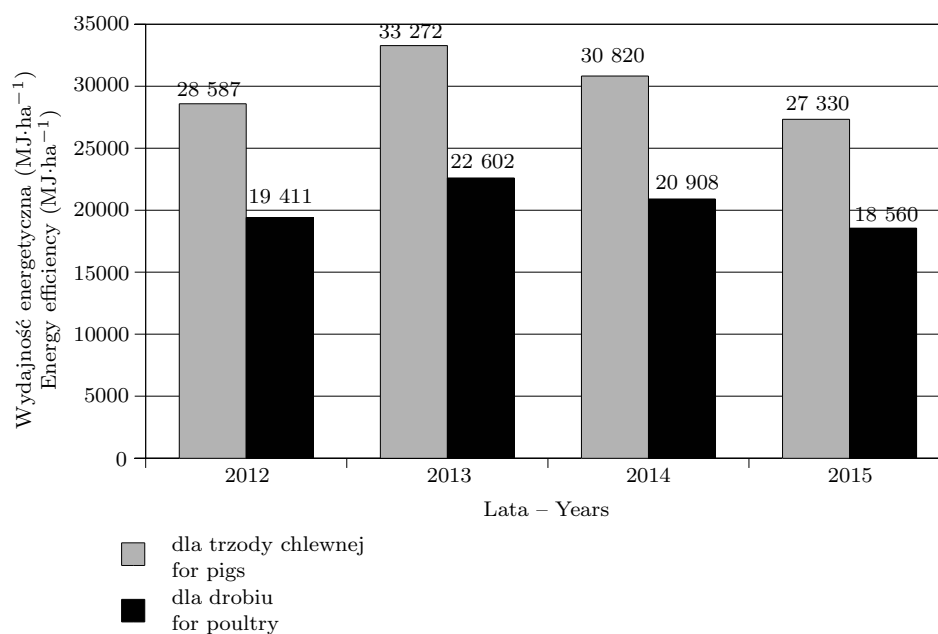


**Rys. 13.** Wpływ systemu uprawy roli na wartość energetyczną nasion  
**Fig. 13.** The influence of the soil tillage system on the energy content in seeds

#### 4.2.13. Wydajność energetyczna plonu nasion

Wydajność energetyczna plonu nasion dla trzody chlewnej i drobiu była zróżnicowana przebiegiem warunków pogodowych w poszczególnych latach badań (rys. 14). Największą wydajność dla obu grup zwierząt uzyskano w 2013 roku (w którym najwyższy był również plon nasion). Natomiast najniższą wydajność energetyczną plonu nasion stwierdzono w 2015 roku. Różnica pomiędzy tymi latami dla trzody chlewnej wynosiła  $5942 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a dla drobiu  $4042 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

W latach 2012–2014 system uprawy roli nie różnicował istotnie wydajności energetycznej plonu nasion z przeznaczeniem na paszę dla trzody chlewnej i dla drobiu (tab. 38). Istotne różnice w obu przypadkach stwierdzono w 2015 roku, w którym siew bezpośredni w porównaniu z uprawą konwencjonalną obniżył istotnie wydajność energetyczną plonu nasion: dla trzody chlewnej o 16%, dla drobiu o 17%. Nie stwierdzono istotnych różnic między systemem uproszczonym a konwencjonalnym. Średnio system uprawy roli nie różnicował wydajności energetycznej plonu nasion łubinu żółtego.



**Rys. 14.** Wpływ warunków pogodowych na wydajność energetyczną plonu nasion  
**Fig. 14.** The influence of the weather conditions on the energy efficiency of the seed yield

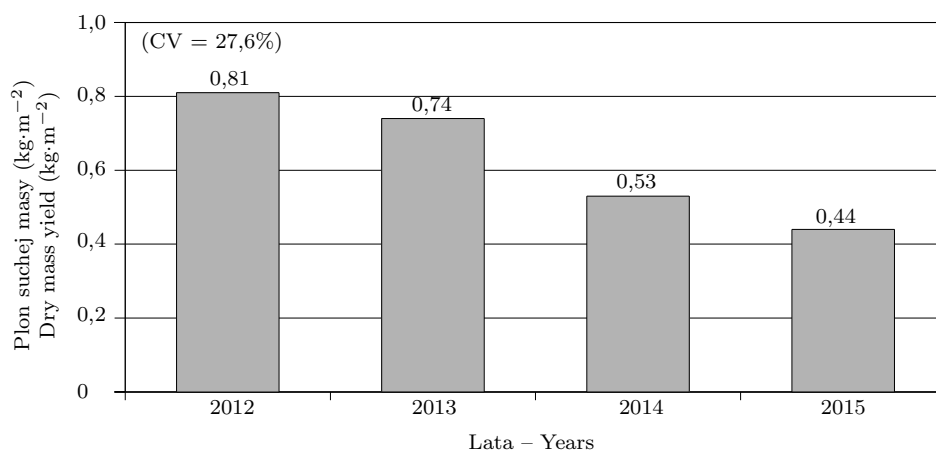
**Tabela 38.** Wpływ warunków pogodowych i systemu uprawy roli na wydajność energetyczną plonu nasion ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ )  
**Table 38.** The influence of the weather conditions and soil tillage system on the energy efficiency of the seed yield ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

Rok Year	System uprawy roli – Soil tillage system			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing	
Dla trzody chlewnej – For pigs				
2012	29 165	28 758	27 837	r.n. – n.s.
2013	33 008	32 498	34 309	r.n. – n.s.
2014	32 316	32 117	28 029	r.n. – n.s.
2015	29 478	27 747	24 768	3 238,9
Średnio – Mean	30 992	30 280	28 736	r.n. – n.s.
NIR <sub>0,05</sub> dla interakcji – r.n. – LSD <sub>0,05</sub> for interaction – n.s.				
Dla drobiu – For poultry				
2012	19 933	19 527	18 772	r.n. – n.s.
2013	22 576	22 077	23 154	r.n. – n.s.
2014	22 047	21 782	18 897	r.n. – n.s.
2015	20 138	18 835	16 707	2 341,0
Średnio – Mean	21 173	20 554	19 382	r.n. – n.s.
NIR <sub>0,05</sub> dla interakcji – r.n. – LSD <sub>0,05</sub> for interaction – n.s.				

r.n. – różnice nieistotne.  
n.s. – not significant differences.

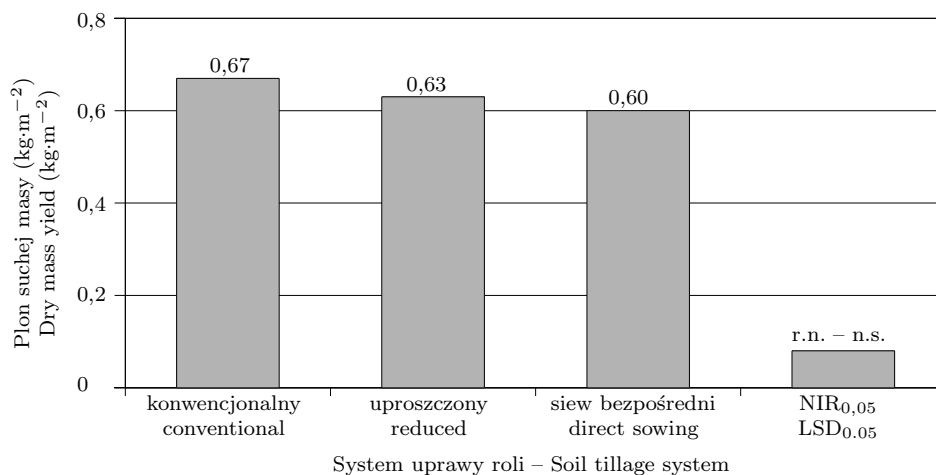
#### 4.2.14. Plon suchej masy organów wegetatywnych

Warunki pogodowe w poszczególnych latach badań różnicowały plon suchej masy organów wegetatywnych łubinu żółtego (rys. 15). W 2012 roku, który według klasyfikacji Kaczorowskiej (1962) możemy uznać za bardzo wilgotny, plon suchej masy był najwyższy. W latach przeciętnych pod względem ilości opadów



**Rys. 15.** Wpływ warunków pogodowych na plon suchej masy organów wegetatywnych łubinu żółtego

**Fig. 15.** The influence of the weather conditions on the yield of dry mass of vegetative parts of yellow lupin



r.n. - różnice nieistotne.

n.s. - not significant differences.

**Rys. 16.** Wpływ systemu uprawy roli na plon suchej masy organów wegetatywnych łubinu żółtego

**Fig. 16.** The influence of the soil tillage system on the yield of dry mass of vegetative parts of yellow lupin

(2013 i 2014) był on niższy odpowiednio o 8,6% i 34,6%. Natomiast uzyskany plon suchej masy w suchym 2015 roku był niższy prawie o połowę w porównaniu z 2012 rokiem.

Zastosowane w doświadczeniu systemy uprawy nie różnicowały istotnie suchej masy organów wegetatywnych łubinu żółtego, plon ten wahał się średnio od  $0,60 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  w siewie bezpośrednim do  $0,67 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  w uprawie konwencjonalnej (rys. 16).

#### 4.2.15. Skład mineralny i nagromadzenie składników mineralnych w organach wegetatywnych

Analiza wariancji wykazała brak istotnego wpływu czynnika badawczego na skład mineralny organów wegetatywnych łubinu żółtego (tab. 39).

**Tabela 39.** Skład mineralny organów wegetatywnych łubinu żółtego ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.)

**Table 39.** The mineral composition of vegetative parts of yellow lupin ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  d.m.)

System uprawy roli Soil tillage system	N	P	K	Mg	Ca
Konwencjonalny Conventional	10,5	2,2	8,6	2,0	5,3
Uproszczony Reduced	9,7	1,8	9,0	2,8	6,4
Siew bezpośredni Direct sowing	9,5	2,6	8,6	2,4	5,1
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.

r.n. – różnice nieistotne.

n.s. – not significant differences.

**Tabela 40.** Nagromadzenie składników mineralnych w organach wegetatywnych łubinu żółtego ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

**Table 40.** The concentration of minerals in the vegetative parts of yellow lupin ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

System uprawy roli Soil tillage system	N	P	K	Mg	Ca
Konwencjonalny Conventional	70,6	14,6	57,8	13,4	35,6
Uproszczony Reduced	60,9	11,5	56,7	17,8	40,0
Siew bezpośredni Direct sowing	57,0	15,4	51,8	14,2	30,8
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	8,45	1,90	r.n. – n.s.	1,89	4,55

r.n. – różnice nieistotne.

n.s. – not significant differences.

System uprawy roli różnicował nagromadzenie składników mineralnych w organach wegetatywnych (tab. 40). W porównaniu z uprawą konwencjonalną stwierdzono istotnie niższe nagromadzenie azotu w organach wegetatywnych roślin

z obiektów z uprawą uproszczoną i siewem bezpośrednim (odpowiednio o 13,7% i 19,3%). Uprawa uproszczona przyczyniła się do istotnego wzrostu nagromadzenia magnezu i wapnia w organach wegetatywnych w porównaniu z uprawą konwencjonalną – odpowiednio o 33,5% i 12,4% – oraz spowodowała obniżenie nagromadzenia fosforu – o 21,4%. System uprawy roli nie różnicował natomiast nagromadzenia potasu w roślinach łubinu żółtego.



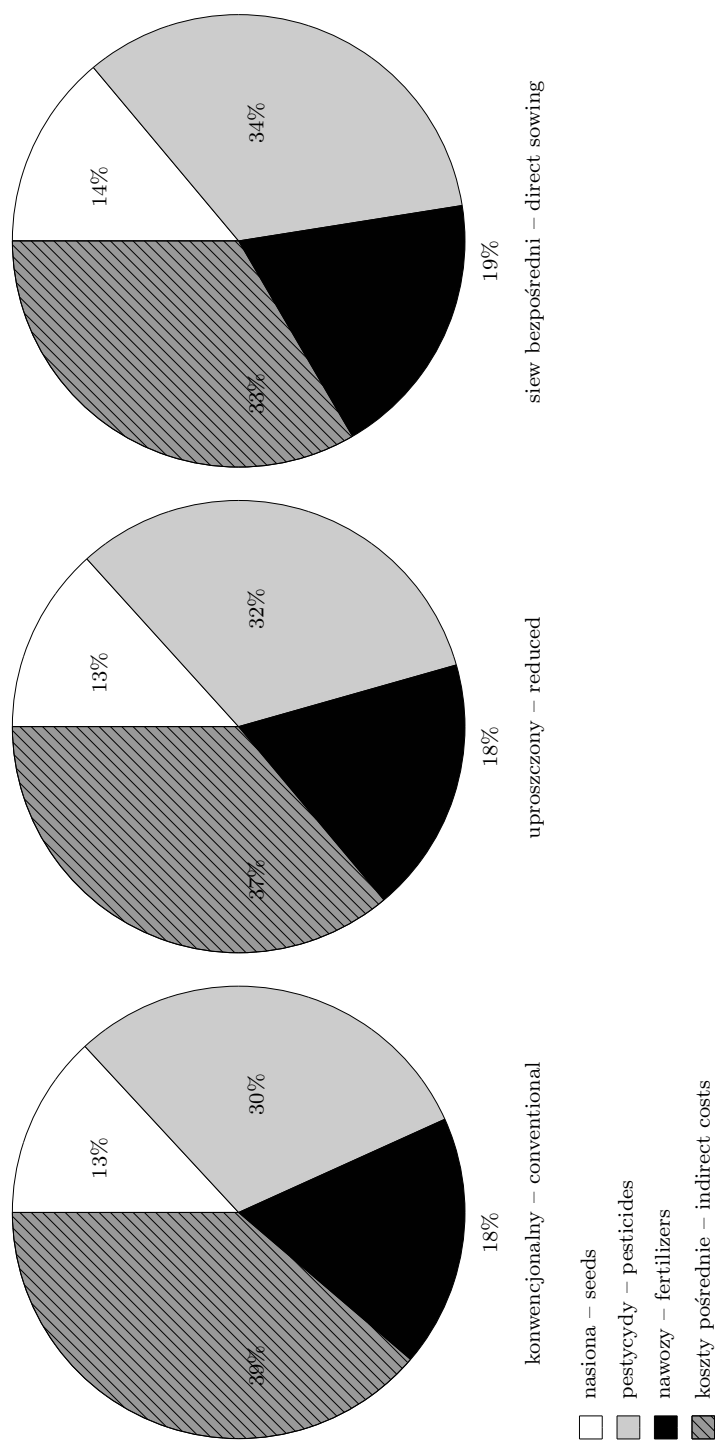
## 5. ANALIZA EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI UPRAWY ŁUBINU ŻÓŁTEGO

Wynik analizy ekonomicznej zależał od zastosowanego systemu uprawy roli (tab. 41). Wartość produkcji łubinu żółtego, która jest pochodną plonu nasion i jego wartości rynkowej, była najwyższa z zastosowaniem uprawy konwencjonalnej ( $2466,0 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), natomiast w uprawie uproszczonej oraz w siewie bezpośrednim uzyskano wartość produkcji niższą odpowiednio o 5,8% i 10,2%. Po uwzględnieniu dopłat największy dochód rolniczy uzyskano w uprawie konwencjonalnej ( $721,3 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), niższy o 14% w uprawie uproszczonej i o 12,2% z wykorzystania

**Tabela 41.** Kalkulacja kosztów uprawy łubinu żółtego w zależności od systemu uprawy roli dla średniego plonu z lat 2012–2015 ( $\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

**Table 41.** The costs of yellow lupin cultivation depending on the soil tillage system for the mean yield in years 2012–2015 ( $\text{PLN}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

Lp. No.	Wyszczególnienie Specification	System uprawy roli – Soil tillage system		
		konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing
1	Wartość produkcji Production value	2 466,0	2 322,0	2 214,0
2	Dopłaty Subsidies	1 300,0	1 300,0	1 300,0
3	Przychód Income	3 766,0	3 622,0	3 514,0
4	Koszty bezpośrednie Direct costs	1 865,8	1 919,6	1 919,6
5	Nadwyżka bezpośrednia Gross margin	1 900,2	1 702,4	1 594,4
6	Koszty pośrednie Indirect costs	1 179,0	1 082,5	961,4
7	Koszt całkowity Total cost	3 044,7	3 002,1	2 881,1
8	Dochód rolniczy Agricultural income	721,3	619,9	633,0
9	Koszt bezpośredni produkcji 1 kg białka Direct cost of production of 1 kg of protein	3,2	3,2	3,3
10	Koszt produkcji 1 dt nasion Cost of production of 1 dt of seeds	111,1	116,4	117,1



**Rys. 17.** Udział poszczególnych kosztów w koszcie całkowitym uprawy łubinu żółtego  
**Fig. 17.** The share of individual costs in the total cost of yellow lupin cultivation

niem siewu bezpośredniego. Najmniejszy koszt produkcji 1 dt nasion poniesiono w uprawie konwencjonalnej, natomiast koszt produkcji 1 kg białka był zbliżony we wszystkich trzech systemach uprawy roli.

Na rysunku 17 przedstawiono udział kosztów poszczególnych w kosztach całkowitych uprawy łubinu żółtego. Niezależnie od systemu uprawy, kwalifikowany materiał siewny oraz nawozy stanowiły odpowiednio około 13% i 18% kosztów całkowitych. Największe zróżnicowanie dotyczyło kosztów pośrednich oraz środków ochrony roślin, które w najwyższym stopniu decydowały o wielkości kosztów całkowitych. Ograniczeniu liczby zabiegów uprawowych towarzyszył wzrost zużycia pestycydów. Dlatego w uprawie konwencjonalnej udział kosztów poniesionych na zabiegi uprawowe wynosił 39%, a na środki ochrony roślin 30%. W uprawie uproszczonej udział ten stanowił odpowiednio 37% i 32%, natomiast z zastosowaniem siewu bezpośredniego: 33% i 34%.

## 6. PŁONOWANIE ROŚLIN NASTĘPCZYCH W PŁODOZMIANIE

### 6.1. Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej w drugim roku zmianowania

Plony pszenicy ozimej uprawianej w pierwszym roku po łubinie żółtym (drugi rok zmianowania) kształtowały się na poziomie 5,50–7,52 t·ha<sup>-1</sup> w zależności od roku i systemu uprawy roli (tab. 42). Ocena statystyczna wykazała, że w 2013, 2014 i 2016 roku system uprawy roli wpływał istotnie na poziom plonowania pszenicy. W wymienionych latach siew bezpośredni, w porównaniu z konwencjonalnym systemem uprawy, obniżył plon pszenicy w granicach od 10,0% do 13,6%. Średnio najwyższy plon pszenicy uzyskano na obiektach, na których stosowano konwencjonalny system uprawy roli. Uprawa uproszczona spowodowała niewielkie, lecz istotne statystycznie obniżenie plonu ziarna o 3,6%, natomiast siew bezpośredni wpłynął na obniżenie plonu o 8,9%. Wyliczone współczynniki zmienności plonowania w latach wskazują, że systemy uprawy roli w małym stopniu różniły się wartościami, co wskazuje na podobną wierność plonowania.

**Tabela 42.** Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej w drugim roku zmianowania w zależności od warunków pogodowych i systemu uprawy roli (t·ha<sup>-1</sup>)

**Table 42.** The yield of winter wheat cultivated in the second year of crop rotation depending on the weather conditions and soil tillage system (t·ha<sup>-1</sup>)

Rok Year	System uprawy roli – Soil tillage system			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing	
2013	6,08	5,80	5,50	0,510
2014	7,52	7,34	6,73	0,631
2015	6,57	6,61	6,43	r.n. – n.s.
2016	6,40	5,86	5,53	0,502
Średnio – Mean	6,64	6,40	6,05	0,230
CV (%)	9,32	11,3	10,4	

NIR<sub>0,05</sub> dla interakcji – r.n.

r.n. – różnice nieistotne.

LSD<sub>0,05</sub> for interaction – n.s.

n.s. – not significant differences.

Zróżnicowane dawki nawożenia azotem wpływały na istotny wzrost plonów ziarna pszenicy ozimej w każdym zastosowanym systemie uprawy (tab. 43). Jednak niezależnie od systemu uprawy dawka 180 kg N·ha<sup>-1</sup> nie powodowała istotnego

**Tabela 43.** Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej w drugim roku zmianowania w zależności od systemu uprawy roli i nawożenia azotem ( $t \cdot ha^{-1}$ )

**Table 43.** The yield of winter wheat cultivated in the second year of crop rotation depending on the soil tillage system and nitrogen fertilization ( $t \cdot ha^{-1}$ )

System uprawy roli Soil tillage system	Nawożenie azotem ( $kg \cdot ha^{-1}$ ) – Nitrogen fertilization ( $kg \cdot ha^{-1}$ )			
	0	60	120	180
Konwencjonalny Conventional	5,38	6,78	7,25	7,17
Uproszczony Reduced	5,29	6,56	6,71	7,06
Siew bezpośredni Direct sowing	4,66	6,31	6,50	6,72
Średnio Mean	5,11	6,55	6,82	6,98

NIR<sub>0,05</sub> dla nawożenia – 0,297.

NIR<sub>0,05</sub> dla interakcji – 0,393.

LSD<sub>0,05</sub> for fertilization – 0,297.

LSD<sub>0,05</sub> for interaction – 0,393.

**Tabela 44.** Efektywność rolnicza nawożenia azotem pszenicy ozimej uprawianej w drugim roku zmianowania w zależności od systemu uprawy roli ( $kg$  ziarna· $kg N^{-1}$ )

**Table 44.** The agronomic efficiency of nitrogen fertilization of winter wheat cultivated in the second year of crop rotation depending on the soil tillage system ( $kg$  grain· $kg N^{-1}$ )

System uprawy roli Soil tillage system	Nawożenie azotem ( $kg \cdot ha^{-1}$ ) – Nitrogen fertilization ( $kg \cdot ha^{-1}$ )				
	0–60	0–120	0–180	60–120	120–180
Konwencjonalny Conventional	23,3	15,6	9,9	7,8	–*
Uproszczony Reduced	21,2	11,8	9,8	2,5	5,8
Siew bezpośredni Direct sowing	27,6	15,3	11,4	3,2	3,7

\*Efektywność ujemna.

\*Negative efficiency.

przyrostu plonu w stosunku do dawki  $120 kg N \cdot ha^{-1}$ . Średnio pszenica ozima uprawiana bezpośrednio po łubinie żółtym plonowała na obiekcie kontrolnym na poziomie  $5,11 t \cdot ha^{-1}$ , a nawożenie azotem w dawkach  $60–180 kg \cdot ha^{-1}$  przyczyniło się do istotnego wzrostu plonu ziarna od  $1,44 t \cdot ha^{-1}$  do  $1,87 t \cdot ha^{-1}$ .

Analizując efektywność rolniczą nawożenia azotem w zależności od systemu uprawy roli, wykazano zmniejszenie jej wartości wraz ze wzrostem dawek azotu we wszystkich badanych systemach uprawy roli (tab. 44).

## 6.2. Plonowanie rzepaku ozimego uprawianego w trzecim roku zmianowania

Plony rzepaku ozimego były zróżnicowane pod wpływem przebiegu warunków pogodowych w poszczególnych latach badań (tab. 45). W każdym roku prowadzenia doświadczenia najwyższe plony rzepaku ozimego uzyskano w uprawie konwencjonalnej. Uprawa uproszczona i siew bezpośredni skutkowały istotnym zmniejszeniem plonowania w 2014 i 2015, a w 2016 roku efekt taki wywołał jedynie siew bezpośredni. Średnio, w porównaniu z konwencjonalnym systemem uprawy roli, uprawa uproszczona powodowała istotne obniżenie plonu rzepaku o 12% ( $0,34 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), a siew bezpośredni o 47,7% ( $1,34 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Współczynniki zmienności wskazują na około 50-procentowe zróżnicowanie plonu nasion rzepaku ozimego w uprawie konwencjonalnej i uproszczonej oraz prawie 60-procentowe w siewie bezpośrednim.

**Tabela 45.** Plonowanie rzepaku ozimego uprawianego w trzecim roku zmianowania w zależności od warunków pogodowych i systemu uprawy roli ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

**Table 45.** The yield of winter rape cultivated in the third year of crop rotation depending on the weather conditions and soil tillage system ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

Rok Year	System uprawy roli – Soil tillage system			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing	
2014	4,07	3,68	1,00	0,375
2015	4,08	3,39	2,79	0,328
2016	1,66	1,52	0,85	0,463
2017	1,49	1,35	1,34	r.n. – n.s.
Średnio – Mean	2,83	2,49	1,49	0,124
CV (%)	51,2	49,1	59,4	

NIR<sub>0,05</sub> dla interakcji – 1,224.

r.n. – różnice nieistotne.

LSD<sub>0,05</sub> for interaction – 1.224.

n.s. – not significant differences.

Analizując interakcję pomiędzy czynnikami doświadczenia wykazano istotny wzrost plonu nasion rzepaku ozimego pod wpływem nawożenia azotem dawkami  $60\text{--}180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , w porównaniu z kontrolą, we wszystkich trzech systemach uprawy roli (tab. 46). Średnio, rzepak ozimy uprawiany w drugim roku po łubinie żółtym bez nawożenia azotem plonował na poziomie  $1,57 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a nawożenie w dawkach  $60, 120$  i  $180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  wpłynęło istotnie na wzrost plonu odpowiednio o  $0,54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (34,4%),  $0,95 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (60,5%) i  $1,30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (82,8%).

Efektywność rolniczą nawożenia azotem rzepaku ozimego przedstawiono w tabeli 47. Spośród analizowanych systemów uprawy siew bezpośredni cechował się najmniejszą efektywnością rolniczą przy wszystkich poziomach nawożenia azotem. W uprawie uproszczonej owa efektywność była na wyrównanym poziomie, niezależnie od dawki azotu ( $7,7\text{--}8,2 \text{ kg nasion}\cdot\text{kg N}^{-1}$ ). Natomiast w uprawie konwencjonalnej można zauważyć tendencję zmniejszenia efektywności wraz ze wzrostem dawki azotu.

**Tabela 46.** Plonowanie rzepaku ozimego uprawianego w trzecim roku zmianowania w zależności od systemu uprawy roli i nawożenia azotem ( $t \cdot ha^{-1}$ )

**Table 46.** The yield of winter rape cultivated in the third year of crop rotation depending on the soil tillage system and nitrogen fertilization ( $t \cdot ha^{-1}$ )

System uprawy roli Soil tillage system	Nawożenie azotem ( $kg \cdot ha^{-1}$ ) – Nitrogen fertilization ( $kg \cdot ha^{-1}$ )			
	0	60	120	180
Konwencjonalny Conventional	1,81	2,66	3,22	3,62
Uproszczony Reduced	1,77	2,23	2,70	3,24
Siew bezpośredni Direct sowing	1,14	1,45	1,64	1,74
Średnio Mean	1,57	2,11	2,52	2,87

NIR<sub>0,05</sub> dla nawożenia – 0,139.

NIR<sub>0,05</sub> dla interakcji – 0,241.

LSD<sub>0,05</sub> for fertilization – 0.139.

LSD<sub>0,05</sub> for interaction – 0.241.

**Tabela 47.** Efektywność rolnicza nawożenia azotem rzepaku ozimego uprawianego w trzecim roku zmianowania w zależności od sposobu uprawy roli ( $kg \text{ nasion} \cdot kg N^{-1}$ )

**Table 47.** The agronomic efficiency of nitrogen fertilization of winter rape cultivated in the third year of crop rotation depending on the soil tillage system ( $kg \text{ seeds} \cdot kg N^{-1}$ )

System uprawy roli Soil tillage system	Nawożenie azotem ( $kg \cdot ha^{-1}$ ) – Nitrogen fertilization ( $kg \cdot ha^{-1}$ )				
	0–60	0–120	0–180	60–120	120–180
Konwencjonalny Conventional	14,2	11,8	10,1	9,3	6,7
Uproszczony Reduced	7,7	7,8	8,2	7,8	9,0
Siew bezpośredni Direct sowing	5,2	4,2	3,3	3,2	1,7

### 6.3. Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej w czwartym roku zmianowania

Plon pszenicy ozimej uprawianej w trzecim roku po łubinie żółtym (czwarty rok zmianowania) był zróżnicowany pod wpływem systemu uprawy roli w 2015 i 2016 roku (tab. 48). W obu latach najwyższy plon ziarna uzyskano na obiektach, na których zastosowano konwencjonalny system uprawy roli. Średnio plony w uprawie uproszczonej i w siewie bezpośrednim były istotnie niższe, odpowiednio o  $0,34 t \cdot ha^{-1}$  (6,5%) i  $0,83 t \cdot ha^{-1}$  (15,7%), w porównaniu z konwencjonalnym systemem uprawy roli. Współczynniki zmienności wskazują na niewielkie (10–11%) zróżnicowanie pomiędzy latami badań plonu pszenicy ozimej uprawianej w trzecim roku po łubinie żółtym w poszczególnych systemach uprawy.

Analiza wariancji wykazała istotny wzrost plonu ziarna pod wpływem nawożenia azotem, w porównaniu z kontrolą, we wszystkich trzech systemach uprawy roli

**Tabela 48.** Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej w czwartym roku zmianowania w zależności od warunków pogodowych i systemu uprawy roli ( $t \cdot ha^{-1}$ )

**Table 48.** The yield of winter wheat cultivated in the fourth year of crop rotation depending on the weather conditions and soil tillage system ( $t \cdot ha^{-1}$ )

Rok Year	System uprawy roli – Soil tillage system			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	konwencjonalny conventional	uproszczony reduced	siew bezpośredni direct sowing	
2015	5,87	5,49	4,99	0,775
2016	5,30	4,57	3,94	0,387
2017	4,69	4,80	4,45	r.n. – n.s.
Średnio – Mean	5,29	4,95	4,46	0,228
CV (%)	11,2	9,7	11,8	

NIR<sub>0,05</sub> dla interakcji – 0,664.

r.n. – różnice nieistotne.

LSD<sub>0,05</sub> for interaction – 0.664.

n.s. – not significant differences.

**Tabela 49.** Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej w czwartym roku zmianowania w zależności od systemu uprawy roli i nawożenia azotem ( $t \cdot ha^{-1}$ )

**Table 49.** The yield of winter wheat cultivated in the fourth year of crop rotation depending on the soil tillage system and nitrogen fertilization ( $t \cdot ha^{-1}$ )

System uprawy roli Soil tillage system	Nawożenie azotem ( $kg \cdot ha^{-1}$ ) – Nitrogen fertilization ( $kg \cdot ha^{-1}$ )			
	0	60	120	180
Konwencjonalny Conventional	3,78	5,40	5,86	6,11
Uproszczony Reduced	3,50	5,02	5,58	5,72
Siew bezpośredni Direct sowing	2,97	4,57	5,17	5,13
Średnio Mean	3,41	5,00	5,53	5,65

NIR<sub>0,05</sub> dla nawożenia – 0,198.

NIR<sub>0,05</sub> dla interakcji – 0,344.

LSD<sub>0,05</sub> for fertilization – 0.198.

LSD<sub>0,05</sub> for interaction – 0.344.

**Tabela 50.** Efektywność rolnicza nawożenia azotem pszenicy ozimej uprawianej w czwartym roku zmianowania w zależności od systemu uprawy roli ( $kg$  ziarna- $kg N^{-1}$ )

**Table 50.** The agronomic efficiency of nitrogen fertilization of winter wheat cultivated in the fourth year of crop rotation depending on the soil tillage system ( $kg$  grain- $kg N^{-1}$ )

System uprawy roli Soil tillage system	Nawożenie azotem ( $kg \cdot ha^{-1}$ ) – Nitrogen fertilization ( $kg \cdot ha^{-1}$ )				
	0–60	0–120	0–180	60–120	120–180
Konwencjonalny Conventional	27,0	17,3	12,9	7,7	4,2
Uproszczony Reduced	25,3	17,3	12,3	9,3	2,3
Siew bezpośredni Direct sowing	26,7	18,3	12,0	10,0	–*

\*Efektywność ujemna.

\*Negative efficiency.



(tab. 49). Jednakże zwiększenie dawki ze 120 do 180 kg N·ha<sup>-1</sup> nie różnicowało istotnie plonu pszenicy ozimej. W siewie bezpośrednim plony były najniższe niezależnie od zastosowanego nawożenia azotem. Średnio pszenica ozima uprawiana w trzecim roku po łubinie żółtym bez nawożenia azotem plonowała na poziomie 3,67 t·ha<sup>-1</sup>, a nawożenie w dawkach 60, 120 i 180 kg N·ha<sup>-1</sup> wpłynęło istotnie na wzrost plonu odpowiednio o 46,6, 62,2 i 65,7%.

Analizując efektywność rolniczą nawożenia azotem pszenicy ozimej uprawianej w trzecim roku po łubinie żółtym, wykazano zmniejszenie jej wartości wraz ze wzrostem dawek azotu we wszystkich badanych systemach uprawy (tab. 50). We wszystkich systemach uprawy efektywność miała zbliżone wartości po zastosowaniu określonych dawek azotu.

## 7. PORÓWNANIE PLONOWANIA PSZENICY OZIMEJ UPRAWIANEJ W DRUGIM I CZWARTYM ROKU ZMIANOWANIA

Pszenica ozima uprawiana w czwartym roku zmianowania (w trzecim roku po łubinie żółtym) plonowała istotnie niżej w porównaniu z pszenicą tej samej odmiany uprawianą w drugim roku zmianowania (bezpośrednio po łubinie żółtym; tab. 51).

**Tabela 51.** Porównanie plonowania pszenicy ozimej uprawianej w zróżnicowanych systemach uprawy roli w pierwszym i trzecim roku po łubinie żółtym ( $t \cdot ha^{-1}$ )

**Table 51.** A comparison of the yield of winter wheat yield cultivated in different soil tillage systems in the first and third year after yellow lupin ( $t \cdot ha^{-1}$ )

Rok Year	System uprawy roli Soil tillage system	Gatunek – Species		NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
		pszenica ozima* winter wheat*	pszenica ozima** winter wheat**	
2015	konwencjonalny conventional	6,57	5,87	0,513
	uproszczony reduced	6,61	5,49	
	siew bezpośredni direct sowing	6,43	4,99	
2016	konwencjonalny conventional	6,40	5,30	0,466
	uproszczony reduced	5,86	4,57	
	siew bezpośredni direct sowing	5,53	3,94	
Konwencjonalny Conventional		6,49	5,59	0,322
Uproszczony Reduced		6,24	5,03	
Siew bezpośredni Direct sowing		5,98	4,46	
Średnio Mean		6,23	5,03	0,186
CV (%)		7,0	13,8	–

\*Pszenica ozima uprawiana w pierwszym roku po łubinie żółtym.

\*\*Pszenica ozima uprawiana w trzecim roku po łubinie żółtym.

\*Winter wheat cultivated in the first year after yellow lupin.

\*\*Winter wheat cultivated in the third year after yellow lupin.

W 2015 i 2016 roku w uprawie konwencjonalnej te różnice wynosiły odpowiednio 10,7% i 17,2%, w uproszczonej – 16,9% i 22,0%, a w siewie bezpośrednim – 22,4% i 28,8%. Średnio pszenica ozima uprawiana w tych samych latach trzeci rok po łubinie żółtym plonowała istotnie niżej: w uprawie konwencjonalnej o  $0,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (13,9%), w uproszczonej o  $1,21 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (19,4%), a w siewie bezpośrednim o  $1,52 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (25,4%). Wyliczony współczynnik zmienności plonowania pszenicy uprawianej bezpośrednio po łubinie żółtym był dwukrotnie niższy niż pszenicy uprawianej w trzecim roku po łubinie żółtym.

## 8. DYSKUSJA

Łubin żółty należy do rodzaju *Lupinus* (Zielińska-Dawidziak i Jankowski, 2010), który dzieli się na ponad 200 gatunków bardzo silnie różniących się między sobą liczbą i strukturą chromosomów, sposobem zapylania, krzyżowalnością, pokrojem roślin, rytmem wzrostu i rozwoju (Święcicki i Nawrot, 2007). Różnorodność form botanicznych oraz zasięg ich występowania sprawiają, że gatunki z rodzaju *Lupinus* stanowią bardzo interesującą grupę roślin, a jej przedstawiciele można spotkać we wszystkich strefach klimatycznych z wyjątkiem tropików (Zoga i in., 2010). W Europie uprawia się trzy gatunki – łubin żółty, wąskolistny i biały (Prusiński, 2010; Frankowski i in., 2014). Wymagania termiczne łubinu są niewielkie (Dymarska i Grabowska, 2014). Rośliny strączkowe, w tym łubin, wymagają do prawidłowego wzrostu i rozwoju krótkiego okresu chłodu, czyli tzw. jarowizacji występującej w okresie od siewu do wschodów (Podleśny, 2007a). Krótki okres chłodu na początku ontogenezy łubinu jest potrzebny do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin (Podleśny i Strobel, 2006; Podleśny 2007a). Duże znaczenie w hodowli łubinu miało wyprowadzenie odmian termoneutralnych (Święcicki i in., 2015), mniej wrażliwych na opóźniony termin siewu (Podleśny, 2007a). Temperatura i dostępność wody są najistotniejszymi czynnikami wpływającymi na kiełkowanie nasion i wschody łubinu (The biology..., 2013). Ocieplenie gleby pozwala bowiem na wcześniejszy wysiew, a to z kolei na wykorzystanie wilgoci z górnych warstw gleby przez pęczniejące i kiełkujące nasiona (Prusiński, 2000a). Z charakterystyki statystycznej badań własnych wynika, że najwyższy współczynnik zmienności odnotowano w okresach od wschodów do fazy 2–3 liści, co było rezultatem dużego zróżnicowania warunków pogodowych w poszczególnych latach w tym okresie rozwoju roślin. W przypadku temperatury najwyższe współczynniki zmienności dotyczyły okresów od siewu do wschodów (34,6%) oraz od wschodów do fazy 2–3 liści (33,3%). Różnica między temperaturą najniższą a najwyższą odnotowaną w tym okresie wyniosła odpowiednio 9,3°C i 10,5°C. Ponadto czas trwania poszczególnych faz rozwojowych był dodatnio skorelowany z sumą opadów, z wyjątkiem okresu od siewu do wschodów, gdzie odnotowano słabą korelację ujemną. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że najdłuższą fazą rozwoju łubinu żółtego był okres od formowania strąków do osiągnięcia dojrzałości pełnej. Liczba dni w tym okresie wahała się od 15 w 2015 roku, w którym średnia temperatura w lipcu była najwyższa (21,4°C), a suma opadów niska (46,2 mm) do 36 dni w 2009 roku. W badaniach Januszewicz i Suchowilskiej (2003b) susza skracała długość trwania faz rozwojowych łubinu żółtego, przyspieszając dojrzewanie. Ponadto susza w fazie kwitnienia, jednocześnie działająca niekorzystnie na wiązanie strąków i wypełnienie nasion, spowodowała znaczne zmiany w plonie nasion i cechach warunkują-

cych plon, zmniejszając liczbę strąków i nasion na roślinie odpowiednio o 34% i 43% oraz plon nasion o 40%. W badaniach własnych wykazano bardzo wysoką, ujemną korelację liczby strąków na roślinie z temperaturą w okresie od kwitnienia do formowania strąków, a sam plon nasion był również skorelowany ujemnie z temperaturą. Ponadto plon nasion był wysoko, dodatnio skorelowany z opadami w czasie od kwitnienia do formowania strąków. Zapotrzebowanie roślin na wodę jest bowiem związane z gatunkiem oraz fazą rozwojową i wzrasta w miarę przyrostu masy oraz transpiracji. Największe zapotrzebowanie przypada zwykle na okres krytyczny w rozwoju, w którym roślina jest wyjątkowo wrażliwa na określony czynnik (Chmura i in., 2009). Okres krytyczny roślin strączkowych to fazy: zawiązywanie pąków kwiatowych – kwitnienie – zawiązywanie strąków. Jednakże w latach zarówno posusznych, jak i nadmiernych opadów występują znaczne obniżenia plonu wielu roślin uprawnych (Chmura i in., 2009). W badaniach własnych wykazano ujemną, wysoką korelację opadów z plonem nasion w okresie od formowania strąków do dojrzałości pełnej, co potwierdza wniosek sformułowany przez ww. autorów, iż nadmiar opadów również może mieć negatywne skutki w postaci obniżenia plonu nasion.

W badaniach własnych wykazano, że warunki pogodowe w okresie wegetacji wpływały na parametry fizjologiczne łubinu żółtego, a mianowicie: stosunek powierzchni asymilacyjnej liści do powierzchni pola (LAI) oraz na stan odżywienia liści azotem (SPAD). Indeks LAI jest ważnym czynnikiem produktywności roślin, charakteryzującym zdolność roślin do absorpcji, od którego zależy fotosynteza i pośrednio przyrost biomasy (Lepiarczyk i in., 2005). Powierzchnia liści jest jednym z ważniejszych elementów architektury ładu, która w dużym stopniu decyduje o potencjale produkcyjnym roślin (Szmigiel i Oleksy, 2004). Teoretycznie im większy LAI, tym większa powinna być produkcja biomasy i plonu rolniczego (Czerednik i Nalborczyk, 2000). Wyliczone współczynniki korelacji prostej dla systemu uprawy wskazują na duże znaczenie opadów w okresie od marca do czerwca w kształtowaniu wartości indeksu powierzchni liści (LAI) oraz wskaźnika zawartości chlorofilu w liściach łubinu żółtego (SPAD). W dostępnej literaturze brak informacji na temat wpływu wieloletniego stosowania systemów uprawy roli na omawiane indeksy roślin strączkowych. Prowadzono jednak badania, w których m.in. były oceniane LAI i SPAD przy zróżnicowanej ilości wysiewu bobiku (Kulig i in., 2007) oraz łubinu wąskolistnego (Jarecki i Bobrecka-Jamro, 2014). Jarecki i Bobrecka-Jamro (2014) stwierdzili, że indeks LAI łubinu wąskolistnego był istotnie większy na obiekcie z zalecaną normą wysiewu nasion, w porównaniu z obiektem, na którym ilość wysiewu zwiększono o 50%. Wynikało to z większego rozgałęzienia i ulistnienia roślin wysianych rzadziej. Natomiast indeks SPAD nie był modyfikowany ilością wysiewu. Z kolei w badaniach nad wpływem ilości wysiewu na wielkość powierzchni asymilacyjnej bobiku Kulig i in. (2007) stwierdzili, iż z reguły wartość LAI była znacznie większa na obiektach z większą ilością wysiewu. W doświadczeniu własnym najwyższy wskaźnik powierzchni liści LAI stwierdzono w uprawie konwencjonalnej, a istotnie niższy w siewie bezpośrednim, w którym obsada łubinu żółtego również była istotnie mniejsza. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy uprawą konwencjonalną i uproszczoną. Z kolei stan odżywienia roślin łubinu żółtego azotem (SPAD) był najniższy w suchym 2015 roku, a uprawa konwencjonalna

istotnie obniżyła ten parametr w porównaniu z uprawą uproszczoną i z siewem bezpośrednim.

Analizując dalsze wyniki badań, wykazano, że obliczone współczynniki korelacji między SPAD a suchą masą brodawek korzeniowych były wysokie dla każdego systemu uprawy. Ponadto korelacje między ilością opadów w okresie od marca do czerwca a suchą masą brodawek korzeniowych były od bardzo wysokich (w uprawie uproszczonej) do prawie pewnych (w uprawie konwencjonalnej i w siewie bezpośrednim). Wyniki te wskazują na dużą zależność intensywności wiązania brodawek korzeniowych od przebiegu warunków pogodowych, a zwłaszcza dostępności wody. W badaniach Januszewicz i Suchowilskiej (2003a) niekorzystne warunki wilgotnościowe po siewie spowodowały istotne zmiany w symbiozie roślin łubinu żółtego z bakteriami rodzaju *Rhizobium*. Susza opóźniła tworzenie brodawek korzeniowych oraz ograniczyła ich masę przeciętnie o 42%. Zaburzenia w symbiozie mogły również mieć wpływ na wzrost masy systemu korzeniowego siewek, ponieważ susza glebowa spowodowała istotne zmniejszenie masy korzeni bocznych (przeciętnie o 31%). Podobnego zdania są inni autorzy, którzy wykazali w badaniach, że susza i wysoka temperatura nie sprzyjają symbiozie bakterii brodawkowych z rośliną uprawną (Hungria i Vargas, 2000; Cummings; 2005; Korsak-Adamowicz i in., 2007; Drevon i in., 2015).

Łubin żółty jest szczególnie wrażliwy na warunki pogodowe panujące w czasie jego wzrostu i rozwoju (Bieniaszewski i in., 2000), ale także na czynniki agrotechniczne (Grabowska i in., 2016). W badaniach własnych średnio siew bezpośredni spowodował istotny wzrost suchej masy brodawek korzeniowych o 17,2% w porównaniu z uprawą konwencjonalną. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy uprawą konwencjonalną i uproszczoną.

Liczebność i masa brodawek korzeniowych, tworzących się w wyniku symbiozy z bakteriami brodawkowymi, zależy od wielu czynników, w tym stanu fizycznego gleby. Gleby lekkie lub średnio zwięzłe o odczynie lekko kwaśnym, czyli najlepiej nadające się do uprawy łubinu żółtego, zawierają stosunkowo dużą liczebność bakterii symbiotycznych dla tego gatunku (Martyniuk, 2012). W doświadczeniu Korsak-Adamowicz i in. (2007), na obiektach uprawowych zagęszczonych powierzchniowo i wgłębnie, odnotowano większą masę i liczbę brodawek korzeniowych soi w porównaniu z obiektami spulchnionymi. Z opublikowanych wcześniej wyników badań własnych wynika, że siew bezpośredni w łubinie żółtym i wąskolistnym wpłynął na wzrost gęstości, zwięzłości i wilgotności gleby w porównaniu z uprawą tradycyjną (Małecka-Jankowiak i in., 2015). Korsak-Adamowicz i in. (2007) intensywniejsze brodawkowanie w warunkach gleby zagęszczonej tłumaczą silniejszym rozwojem korzeni soi. Jednak w badaniach własnych system uprawy roli nie różnicował suchej masy korzeni łubinu żółtego. Wytłumaczeniem tej zależności może być raczej większa akumulacja niektórych składników, zwłaszcza węgla organicznego w wierzchniej warstwie gleby, w wyniku zaniechania uprawy płużnej (Blecharczyk i in., 2004b). Składniki te stanowią źródło pokarmu dla mikroorganizmów glebowych, m.in. rizobiów (Martyniuk, 2008). Lenart i Perzanowska (2013) wykazali, że wskutek ponad 30-letniego ciągłego stosowania siewu bezpośredniego nastąpiło znaczne nagromadzenie węgla organicznego w badanej glebie, szczególnie w warstwie 0–10 cm, co jest zjawiskiem powszechnie obserwowanym

(Franzluëbbers, 2002; West i Post, 2002; Jagadamma i Lal, 2010). Zdaniem Lenart i Perzanowskiej (2013) jest to wynik braku odwracania i mieszania gleby, a także charakterystycznego sposobu włączania resztek poźniowych do gleby.

W badaniach własnych w siewie bezpośrednim odnotowano również prawie pewną korelację między suchą masą brodawek korzeniowych a liczbą kwiatów na roślinie ogółem. Największą liczbę kwiatów na roślinie łubinu żółtego stwierdzono w 2013 roku, a najmniejszą – w suchym 2015 roku. Jednak niezależnie od przebiegu warunków pogodowych udział kwiatów, które zostały zrzucone przez roślinę stanowił ponad 70%, a współczynnik zmienności dla tej cechy był niewielki i wynosił zaledwie 3,5%. Zjawisko tzw. aborcji kwiatów jest powszechnie znane. Przedwczesne i nadmierne odcinanie organów generatywnych łubinu żółtego znacznie obniża jego plonowanie oraz istotnie rzutuje na areal uprawy tego gatunku w Polsce (Wilmowicz i in., 2017). W latach osiemdziesiątych minionego stulecia uważano, że przyczyn aborcji kwiatów należy szukać w ograniczonej ilości dostępnych dla roślin asymilatów i substancji mineralnych (Bangerth, 1989). Natomiast Rognli (2007) uważał, że powodem opisywanego zjawiska jest niewystarczające zapylenie kwiatów. Duża jednak część naukowców upatruje źródeł tego zjawiska w przyczynach genetycznych i fitohormonalnych (Giovannoni, 2004; Burr i in., 2011; Chandler, 2011; Estornelli i in., 2013; Gadzikowska i in., 2017; Kućko i in., 2017; Kulasek i in., 2017; Wilmowicz i in., 2017). Z kolei Frankowski i in. (2014) wykazali, że każda odmiana łubinu ma określone wymagania co do warunków uprawy, które są optymalne dla jej generatywnego rozwoju. W badaniach wymienionych autorów największą liczbę kwiatów wykształciły odmiany tradycyjne łubinu żółtego i wąskolistnego ('Mister' i 'Kadry') oraz samokończące odmiany łubinu żółtego i białego ('Taper' i 'Boros') uprawiane na glebie klasy IIIa. Natomiast najmniejszą liczbę kwiatów poddanych aborcji stwierdzono w uprawach łubinu białego na glebie klasy V, łubinu żółtego na glebie klasy IIIa oraz łubinu wąskolistnego rosnącego na glebie klasy IVa.

W badaniach własnych zastosowane zróżnicowane systemy uprawy roli w różnym stopniu modyfikowały wzrost, rozwój i plonowanie łubinu żółtego oraz wpływały na środowisko bytowania łubinu poprzez kształtowanie biologicznych właściwości gleby. Wykorzystanie wskaźników biologicznych (liczebność drobnoustrojów, aktywność oddechowa i enzymatyczna gleby) pomaga ocenić stan gleby pod względem mikrobiologicznym. Analiza tych parametrów daje nam wiedzę na temat ich żyzności i urodzajności (Natywa i in., 2014). System uprawy roli i następstwo roślin również może wpływać na aktywność mikroflory glebowej (Alvear i in., 2005; Pocijewska i in., 2013; Natywa i in., 2014). Wielu autorów wskazuje na pozytywny efekt uprawy bezorkowej, szczególnie siewu bezpośredniego, na właściwości biologiczne gleby w porównaniu z tradycyjną uprawą roli (Kladivko, 2001; Holland, 2004; Gajda i in., 2010; Lenart i Sławiński, 2010; Małecka i in., 2012b; Pocijewska i in., 2013). W badaniach własnych właściwości biologiczne gleby zależały od systemu uprawy roli oraz głębokości i terminu pobrania prób do analiz. Wieloletnie odejście od uprawy konwencjonalnej na rzecz uprawy uproszczonej i siewu bezpośredniego skutkowało zwiększeniem liczebności mikroorganizmów glebowych w warstwie 0–10 cm, natomiast w warstwie 10–20 cm odnotowano zależność odwrotną. Małecka i in. (2012b) zaobserwowali w badaniach zależność podobną, mia-

nowicie stosowanie uprawy uproszczonej i siewu bezpośredniego w uprawie grochu siewnego stymulowało wzrost liczby mikroorganizmów, zwłaszcza do głębokości 10 cm. Liczne prace wskazują, iż brak uprawy gleby powoduje spowolnienie tempa mineralizacji materii organicznej w glebie i przyczynia się do większej akumulacji węgla organicznego oraz azotu ogółem w warstwie do 15 cm (Ogle i in., 2005; Blecharczyk i in., 2007a; Yang i in., 2008; Chatterjee i Lal, 2009). Podobnie jak w badaniach własnych, odmienne zależności w głębszych warstwach gleby, w porównaniu z powierzchniowymi, między liczebnością mikroorganizmów a systemami uprawy roli odnotowali w badaniach Franzluebbers (2002) oraz Melero i in. (2011), tłumacząc to zjawisko właśnie różnicą w zawartości węgla organicznego pomiędzy warstwami gleby, który jest źródłem pokarmu dla mikroorganizmów glebowych (Martyniuk, 2008). Ponadto materia organiczna – np. szczątki korzeni czy substancje humusowe – zwiększają zawartość enzymów, wpływając tym samym na wzrost liczby bakterii (Kaniuczak i in., 2005).

Aktywność enzymatyczna jest kolejną przydatną miarą urodzajności gleby (Małecka i in., 2012b). Aktywność tę ocenia się głównie na podstawie oddziaływania czterech grup enzymów: dehydrogenaz, fosfataz, ureaz i proteaz (Mocek-Płóćiniak, 2010). W badaniach własnych aktywność ureazy i dehydrogenaz była większa w wierzchniej warstwie gleby, a oba systemy uproszczone wpłynęły istotnie jedynie na zwiększenie aktywności ureazy w wierzchniej warstwie gleby w stosunku do uprawy konwencjonalnej. W badaniach Małeckiej i in. (2012b) dehydrogenazy także wykazały większą aktywność pod wpływem uprawy uproszczonej i siewu bezpośredniego w warstwie gleby do głębokości 10 cm. Rezultaty wielu badań wskazują na większą aktywność enzymatyczną gleby uprawianej bezorkowo niż z zastosowaniem pługa, zwłaszcza w jej powierzchniowej warstwie (Eivazi i in., 2003; Madejón i in., 2007; Qin i in., 2010; Melero i in., 2011; Bielińska i Mocek-Płóćiniak, 2012). Wynika to głównie ze zwiększonej zawartości resztek roślinnych, które stymulują wzrost liczby mikroorganizmów oraz aktywność enzymatyczną (Małecka i in., 2012b). Wskazują na to uzyskane przez innych autorów korelacje między zawartością dehydrogenaz i ureazy a zawartością węgla organicznego i azotu ogółem (Bielińska, 2001a; 2001b; Bielińska i Żukowska, 2002). W badaniach własnych wykazano również istotną zależność między terminem pobrania prób do analiz a właściwościami biologicznymi gleby. Największą liczebność mikroorganizmów glebowych stwierdzono w próbach gleby po siewie łubinu żółtego, a istotnie mniejszą w próbach pobranych po zbiorze. Ponadto im późniejszy był termin pobrania prób do analiz, tym mniejsza była aktywność dehydrogenaz w obu warstwach gleby, natomiast aktywność ureazy była większa w warstwie 0–10 cm. Średnio istotnie większą aktywność obu enzymów wykazano w warstwie 0–10 cm w porównaniu z warstwą głębszą. Aktywność enzymatyczna generalnie zmniejsza się wraz z głębokością profilu glebowego (Januszek, 1999). Okresowe zmiany aktywności enzymów są związane ze zmianami wilgotności oraz natlenienia gleby i nie zależą od niewielkich różnic w zawartości węgla oraz azotu (Gregorich i in., 1994). Natomiast Wielgosz i Szember (2006) twierdzą, że wydzieliny korzeniowe podczas intensywnego wzrostu roślin mogą stymulować aktywność dehydrogenaz. Wolna-Maruwka i in. (2015) wykazali, że głównym czynnikiem determinującym poziom aktywności badanych enzymów była faza rozwojowa grochu.



Stosowana uprawa roli wpływa nie tylko na zmiany podstawowych właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby, ale także m.in. zachwaszczenie pól (Giemza-Mikoda i in., 2012). Dominujący od lat system uprawy płużnej, zwany tradycyjnym, ulega uproszczeniom i modyfikacjom (Dzienia i in., 2005). Uproszczone systemy uprawy roli pozwalają ograniczyć nakłady energetyczne i poprawić ekonomiczną efektywność produkcji, ale sprzyjają m.in. zachwaszczeniu plantacji (Gugała i in., 2017). Rośliny strączkowe charakteryzuje skłonność do silnego zachwaszczenia, związana z ich powolnym wzrostem początkowym (Gugała i Zarzecka, 2012). W badaniach własnych poziom zachwaszczenia zależał od przebiegu warunków pogodowych w latach badań oraz od systemu uprawy roli. Największe zachwaszczenie wystąpiło w 2013 roku, w którym odnotowano najniższą sumę opadów w okresie wegetacji łubinu żółtego. W przypadku występowania suszy wiosennej mała jest skuteczność doglebowych herbicydów przedwiosennych. Znaczenia nabierają wówczas herbicydy powschodowe (Stupnicka-Rodzinkiewicz i in., 2003). W doświadczeniu własnym stosowano preparat doglebowy, który w warunkach suszy wiosennej okazał się mało skuteczny.

Wyniki badań własnych zdają się potwierdzać pogląd, iż uproszczenia w uprawie roli prowadzą do wzrostu zachwaszczenia, zwłaszcza w pierwszych latach ich stosowania (Malicki in., 2000; Kordas, 2004; Samarajeewa i in., 2005; Weber i Hryńczuk, 2005; Ozpinar, 2006; Blecharczyk i in., 2007b; Gugała i Zarzecka, 2012; Gugała i in., 2017). Jednakże, zdaniem części autorów, aby ocenić rzeczywisty wpływ systemów uprawy roli na zachwaszczenie, potrzeba wielu lat badań statycznych (Bilalis i in., 2001; Tuesca i in., 2001; Streit i in., 2002; Kordas, 2004; Gruber i in., 2012; Hernández Plaza i in., 2015). W badaniach własnych, po 15 latach stosowania uproszczeń, wykazano, że w porównaniu z uprawą konwencjonalną pozostałe systemy powodowały istotny wzrost zachwaszczenia (ocenianego przed zbiorem) pod względem zarówno suchej masy, jak i liczby chwastów na 1 m<sup>2</sup>. Największe zachwaszczenie stwierdzono na poletkach z siewem bezpośrednim, na których obsada łubinu żółtego była najmniejsza, jak bowiem podaje Prusiński (2000b) puste miejsca na polu łatwo ulegają zachwaszczeniu. W dostępnej literaturze opisano dosyć dużo badań na temat wpływu stosowania uproszczeń na zachwaszczenie roślin strączkowych. Gugała i Zarzecka (2012) w badaniach nad łubinem wąskolistnym odnotowali istotnie mniejszą (o 24%) suchą masę chwastów na obiektach z uprawą tradycyjną w porównaniu z uprawą uproszczoną. Wyniki te zostały potwierdzone w doświadczeniu z łubinem żółtym (Gugała i in., 2017), w którym powietrznie sucha masa chwastów w uprawie tradycyjnej była mniejsza o 65,8 g·m<sup>-2</sup> w porównaniu z uprawą uproszczoną. W badaniach własnych systemy uprawy roli modyfikowały również skład gatunkowy zachwaszczenia, który był różnicowany najbardziej na obiektach z siewem bezpośrednim (15 gatunków). Na wszystkich obiektach wystąpiła chwastnica jednostronna, której nie zniszczył zastosowany po siewie Afalon Dyspersyjny 450 SC (linuron), przeznaczony jedynie do zwalczania chwastów dwuliściennych. W systemach uproszczonych kłopotliwy okazał się skrzyp polny, którego nie stwierdzono na poletkach z uprawą płużną. Ponadto zarówno w uprawie uproszczonej, jak i w siewie bezpośrednim dominowały gatunki jednoroczne. W przeciwieństwie więc do wyników badań niektórych auto-

rów (Bilalis i in., 2001; Mas i Verdú, 2003), nie odnotowano tendencji zwiększenia taksonów wieloletnich w systemach uproszczonych.

Uzyskanie szybkich i wyrównanych wschodów polowych o pożądanej gęstości jest pierwszym i jednym z najważniejszych warunków powodzenia każdej produkcji roślinnej (Prusiński, 2000b). W doświadczeniu własnym na obsadę łubinu żółtego miał wpływ przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji oraz systemy uprawy roli. W 2012 roku najmniejszą obsadę stwierdzono na obiektach z uprawą konwencjonalną, a istotnie większą w siewie bezpośrednim. W 2012 roku warunki meteorologiczne pozwoliły na wysiew łubinu żółtego w trzeciej dekadzie marca. Temperatura w tym czasie kształtowała się na poziomie 8,2°C i był to okres bardzo suchy (opady 4 mm). Współczynniki zmienności dla obsady łubinu żółtego w uprawie uproszczonej i w siewie bezpośrednim były trzykrotnie mniejsze niż w uprawie konwencjonalnej, co oznacza, iż ten czynnik plonotwórczy jest mniej wrażliwy na przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji w systemach uproszczonych niż w uprawie konwencjonalnej. Może to mieć związek z większą wilgotnością gleby stwierdzoną w uprawie uproszczonej i w siewie bezpośrednim (Małecka-Jankowiak i in., 2015). Zdaniem wielu autorów, dzięki resztkom roślinnym pozostawionym na powierzchni pola uprawa bezorkowa zmniejsza parowanie oraz poprawia infiltrację gleby. Dlatego szczególnie w latach suchych uwidoczniają się korzyści wynikające z zastosowania systemów uproszczonych (McVay i in., 2006; Fernandez-Ugalde i in., 2009; Małecka i in., 2012b; Arvidsson i in., 2013). Zdaniem Lampurlanés i in. (2016), ten efekt rośnie wraz ze zwiększaniem się stopnia suchości terenu. W tych warunkach należy unikać uprawy płuznej, zwłaszcza na glebach podatnych na tworzenie się skorupy, ponieważ może ona mieć szkodliwy wpływ na infiltrację. Zmniejsza bowiem zdolność tych gleb do magazynowania wody, co w ostateczności prowadzi do obniżenia plonu. W badaniach Salema i in. (2015) gleba w systemach uproszczonych charakteryzowała się również wyższym potencjałem wodnym, ale miała niższą temperaturę w porównaniu z uprawą konwencjonalną. Pozostawione bowiem resztki na powierzchni pola ograniczają szybkie ogrzewanie gleby, co z kolei może oddziaływać na kiełkowanie i wschody roślin (Rasmussen, 1999; Soane i in., 2012). W badaniach własnych siew bezpośredni istotnie obniżył obsadę roślin – o 9,4% w porównaniu z uprawą konwencjonalną, natomiast nie stwierdzono istotnych różnic między systemem uproszczonym a konwencjonalnym. W dostępnej literaturze można spotkać doniesienia o zmniejszeniu obsady roślin strączkowych na skutek stosowania siewu bezpośredniego (Borin i Sartori, 1995; Blecharczyk i in., 1999; Heenan i in., 2000; Szukała i in., 2003; Małecka-Jankowiak i in., 2016).

Rozmieszczenie roślin w łanie wpływa na ich pokrój. Jak podaje Prusiński (2000b), niedostateczne zagęszczenie roślin strączkowych potęguje niepożądane nadmierne ich rozgałęzienie, zwłaszcza łubinu. W badaniach własnych łubin żółty uprawiany w siewie bezpośrednim, w porównaniu z uprawą konwencjonalną, związał istotnie większą liczbę kwiatów na pędach bocznych (o 27,4%), co wpłynęło na istotny wzrost liczby kwiatów zrzuconych przez roślinę z pędu głównego (o 37%) oraz przez roślinę ogółem (o 33,6%). Niezależnie od zastosowanego systemu uprawy, udział kwiatów zrzuconych z pędów bocznych był bardzo duży i stanowił od 88% w uprawie uproszczonej do 92% w siewie bezpośrednim. Miało to konsekwencje w późniejszej ontogenezie roślin. Odejście od tradycyjnego sposobu

uprawy na rzecz siewu bezpośredniego prowadziło do obniżenia niektórych parametrów łubinu żółtego: wysokości roślin – o 12,3%, liczby strąków na pędzie głównym – o 25,8%, liczby strąków na roślinie ogółem – o 19,8%, liczby nasion na pędzie głównym – o 16,9% oraz ogólnej liczby nasion na roślinie – o 15,3%. Nie stwierdzono istotnych różnic odnośnie tych cech między uprawą konwencjonalną a uproszczoną. Systemy uprawy nie różnicowały istotnie liczby strąków i nasion na pędach bocznych, mimo iż w siewie bezpośrednim stwierdzono prawie pewne ujemne korelacje między obsadą roślin a liczbą nasion na pędach bocznych. Znane jest powszechnie znaczenie obsady roślin w kształtowaniu elementów struktury plonu. W pracach innych autorów odnotowano mniejszą liczbę strąków i/lub nasion na pojedynczej roślinie na obiektach z większą obsadą: łubinu białego (Prusiński, 2002; Podleśny, 2007a), łubinu wąskolistnego (Herbert i Hill, 1978; Jarecki i Bobrecka-Jamro, 2012) oraz bobiku (Kozak i in., 2010a). Natomiast odwrotny efekt przynosi zazwyczaj zmniejszenie obsady (Prusiński, 2000b; Bogucka i Wróbel, 2008). Analiza cech biometrycznych w badaniach własnych wykazała dużą ich zależność od przebiegu warunków pogodowych w poszczególnych latach badań. Największą zmiennością charakteryzowały się: liczba nasion na pędach bocznych rośliny oraz liczba strąków na pędach bocznych rośliny. Cechą najbardziej stabilną była masa 1000 nasion ze współczynnikiem zmienności 2,3%.

Plon nasion łubinu żółtego również był zróżnicowany wpływem przebiegu warunków pogodowych w latach badań – na poziomie 8,7%. Plon najniższy uzyskano w suchym 2015 roku ( $2,36 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), a najwyższy – w 2013 roku ( $2,87 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Woda jest głównym czynnikiem decydującym o wzroście, rozwoju i plonowaniu roślin strączkowych (Bieniaszewski i in., 2000; Bieniaszewski i Szwejkowski, 2001; Szwejkowski i Bieniaszewski, 2001; Bieniaszewski i in., 2003; Januszewicz i Suchowilska, 2003a; 2003b; Podleśny i Podleśna, 2003; 2007b; Księżak, 2010; Grabowska i in., 2016). Rośliny strączkowe wykazują największe zapotrzebowanie na wodę przez około dwa tygodnie przed kwitnieniem, dopóki nie powstają pierwsze płaskie strąki (Bieniaszewski i in., 2000). W badaniach własnych, na podstawie kryterium Skowery i Puły (2004), czerwiec – miesiąc kwitnienia łubinu można określić w 2015 roku jako bardzo suchy. Natomiast lipiec – okres formowania strąków i dojrzewania nasion – jako suchy. Systemy uprawy roli nie różnicowały plonu nasion w latach 2012–2014, natomiast w suchszym 2015 roku najwyższy plon uzyskano na obiektach uprawianych systemem konwencjonalnym, a istotnie niższy, o  $0,48 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (18,5%), w siewie bezpośrednim. Nie stwierdzono istotnych różnic między uprawą konwencjonalną a uproszczoną. W literaturze światowej większość badań dotyczy wpływu zróżnicowanych systemów uprawy roli na plonowanie soi. Wyniki tych badań nie są jednak jednoznaczne. Javurek i Vach (1999) odnotowali 18-procentowe obniżenie plonu soi w siewie bezpośrednim. West i in. (1996) w roku suchym także stwierdzili zmniejszenie plonu nasion soi po zastosowaniu siewu bezpośredniego w porównaniu z systemem tradycyjnym. W doświadczeniu Bujaka i in. (2001) soja po siewie bezpośrednim plonowała gorzej o 15–16% w porównaniu z uprawą tradycyjną i uproszczoną. Autorzy wielu prac nie stwierdzili natomiast istotnego wpływu uproszczonych systemów uprawy roli na plonowanie soi (Vyn i in., 1998; Bujak i in., 2004; Singer i in., 2004; Yin i Al-Kaisi, 2004; Wilhelm i Wortmann, 2004; Košutić i in., 2005; Rusu i in., 2006). Z kolei Heenan i in. (2000) badali

wpływ zróżnicowanych systemów uprawy roli na plonowanie łubinu wąskolistnego. W doświadczeniu przeprowadzonym przez ww. autorów średnia roczna wydajność nasion łubinu wahała się od  $0,26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  do  $3,15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  w latach, a różnice w plonowaniu łubinu wąskolistnego były niewielkie między uprawą tradycyjną a siewem bezpośrednim. W literaturze krajowej brak doniesień na temat wpływu wieloletnich uproszczeń uprawowych na plonowanie łubinu żółtego. Gugala i Zarzecka (2012) w trzyletnim cyklu badań uzyskali większy plon nasion łubinu wąskolistnego na obiekcie z tradycyjną uprawą roli ( $1,85 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) w porównaniu z uprawą uproszczoną ( $1,50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Piekarczyk (2006) zaobserwował istotne zmniejszenie plonu nasion łubinu wąskolistnego po zaniechaniu uprawy późniejszej w porównaniu z uprawą tradycyjną. Z kolei Małecka-Jankowiak i in. (2016) badali wpływ wieloletnich uproszczeń uprawowych na plonowanie grochu siewnego. Autorzy uzyskali najwyższy plon nasion grochu na obiektach z uprawą uproszczoną, natomiast uprawa tradycyjna i siew bezpośredni obniżyły plon odpowiednio o 7,5% i 11%. Spośród elementów struktury plonu na wydajność grochu największy wpływ miała obsada roślin przed zbiorem. W badaniach własnych w siewie bezpośrednim obsada łubinu żółtego była skorelowana wysoce ujemnie z plonem nasion, a wzrost obsady roślin w tym systemie uprawy prowadził do wykształcenia mniejszej liczby strąków na roślinie, a zwłaszcza liczby nasion na pędach bocznych, co miało bezpośrednie przełożenie na wielkość plonu nasion. Wynik tej korelacji jest zgodny ze stwierdzeniem, iż wpływ pojedynczej rośliny na plonowanie maleje wraz ze zwiększeniem obsady roślin (Prusiński, 2002) oraz dowodzi jak ważne jest ustalenie optymalnej obsady roślin w łanie.

Rośliny strączkowe charakteryzują się nie tylko dużą zmiennością plonowania w latach, ale i jakością uzyskanego materiału siewnego (Kurasiak-Popowska i in., 2003). Jakość siewna nasion jest dość szerokim pojęciem i obejmuje kilka czynników (Ellis, 1992): zdrowotność, czystość, wartość siewną, wigor i wielkość (lub masę). Istotne znaczenie przebiegu warunków meteorologicznych dla jakości uzyskiwanych nasion jest powszechnie znane (Prusiński, 2000b). W doświadczeniu własnym współczynnik zmienności wyliczony dla określenia wpływu warunków pogodowych na zdolność kiełkowania łubinu żółtego wskazuje na niewielkie jej zróżnicowanie między latami badań. Wartość siewna nasion była natomiast determinowana systemami uprawy roli, ale w każdym roku badań spełniała normy kwalifikowanego materiału siewnego. W porównaniu z uprawą konwencjonalną istotnie wyższą energię i zdolność kiełkowania odpowiednio o 1,8% i 1,2% oraz o połowę mniejszy udział nasion nienormalnie kiełkujących stwierdzono w przypadku stosowania uprawy uproszczonej. Zdolność kiełkowania oznaczona w optymalnych warunkach laboratoryjnych nie zawsze jednak koreluje w wystarczającym stopniu ze wschodami w polu, które przebiegają najczęściej w warunkach suboptymalnych (Prusiński, 2000b). Czynniki agrotechniczne mogą bowiem modyfikować wartość siewną oraz wigor nasion roślin strączkowych (Kurasiak-Popowska i in., 2003; Kurasiak-Popowska i Szukała, 2007; 2008). Wyniki testów wigorowych są bardziej niezawodne niż standardowe testy kiełkowania (Matthews i in., 2009). Wigor nasion nie jest cechą pojedynczą, mierzalną, lecz pojęciem opisującym wiele cech związanych z zachowaniem się nasion w polu i podczas przechowywania (Grzywacz i Orzeszko-Rywka, 2007). W badaniach własnych wyniki testu wzrostu siewki

oraz testu szybkości wzrostu siewki wykazały istotne zwiększenie wigoru nasion z uprawy uproszczonej w porównaniu z nasionami z systemu konwencjonalnego. Siewki z uprawy uproszczonej były istotnie dłuższe (o 8,5%) i miały większą masę (o 9,5%). Ponadto wyniki testu szybkości wzrostu siewki były ujemnie skorelowane z liczbą nasion na pędzie głównym, pędach bocznych i ogółem na roślinie oraz z plonem nasion. Większa liczba nasion na pędach bocznych skutkowałą również pogorszeniem jakości nasion poprzez zmniejszenie zdolności kiełkowania. Jak podaje Prusiński (2000b), nadmierne rozgałęzienie wpływa na opóźnienie dojrzewania wykształconych na pędach bocznych strąków i zwiększa udział nasion źle wykształconych lub niedojrzałych. Uzyskane w doświadczeniu własnym korelacje wskazują na zależność jakości siewnej nasion od poziomu plonowania i od morfologii roślin. Mianowicie w uprawie konwencjonalnej uzyskano wyższy plon, ponieważ łubin żółty wykształcił większą liczbę nasion na pędzie głównym, na pędach bocznych i na roślinie ogółem w porównaniu z systemem uproszczonym. Pomimo że różnice nie były statystycznie udowodnione, większa produktywność łubinu żółtego w uprawie konwencjonalnej dodatkowo skutkowałą zmniejszeniem masy 1000 nasion. Ambika i in. (2014) w pracy będącej przeglądem literatury na temat wpływu wielkości nasion na wigor i plon nasion zauważyli, że jest on bardzo zróżnicowany i zależy od gatunku, generalnie jednak większe nasiona lepiej kiełkują w polu. Z kolei Perry (1980) stwierdził, że istnieje ścisły związek między wielkością nasion a ich zasobnością w składniki odżywcze, dlatego wzrost wielkości nasion ma tak pozytywny wpływ na rozwój siewek.

Jakość paszowa nasion jest uwarunkowana m.in. ich składem chemicznym. Nasiona roślin strączkowych są bogatym w białko składnikiem paszowym, alternatywnym dla poekstrakcyjnej śruty sojowej (Hughes i Kocher, 1998; Adomas i in., 2005; Hammershoj i Steinfeldt, 2005; Jezierny i in., 2006; Kaczmarek i in., 2014; 2015). Jak podają Buraczewska i in. (2010), spośród trzech gatunków łubinu: nasiona łubinu żółtego zawierają (w suchej masie) najwięcej białka, nasiona łubinu białego mają najwięcej tłuszczu i najmniej włókna surowego, a nasiona łubinu wąskolistnego wyróżniają się zawartością białka podobną do łubinu białego, a zawartością tłuszczu i włókna surowego zbliżoną do łubinu żółtego. Skład chemiczny nasion może być modyfikowany przebiegiem warunków pogodowych w sezonie wegetatywnym (Szukała i Myster, 2006; Kozak i in., 2010b). Przy porównaniu różnych lat badań obserwowano największą zmienność w zawartości białka, włókna i alkaloidów w nasionach łubinu żółtego (Rutkowski, red., 2017). W badaniach własnych warunki pogodowe w niewielkim stopniu modyfikowały zawartość białka w nasionach łubinu żółtego. Najwyższy współczynnik zmienności dla tej cechy odnotowano w siewie bezpośrednim – stanowił on zaledwie 3,5%. Analiza statystyczna składu chemicznego nasion wykazała również brak istotnego wpływu systemu uprawy roli na jakość nasion łubinu żółtego. Można jednak zauważyć pewną tendencję do wzrostu zawartości białka ogólnego w nasionach po zastosowaniu wieloletniej uprawy uproszczonej i siewu bezpośredniego w stosunku do uprawy konwencjonalnej. Być może ma to związek z opisywaną wcześniej tendencją większego brodawkowania łubinu żółtego w systemach uproszczonych. Większość badań wskazuje jednak na brak istotnego wpływu systemów uprawy roli na zawar-

tość białka w nasionach roślin strączkowych (Szukała i Mystek, 2006; Carr i in., 2009; Woźniak i in., 2014; Małecka-Jankowiak i in., 2016).

Z procentowej zawartości białka ogólnego w plonie nasion wyliczono wydajność białka łubinu żółtego z 1 ha. W 2012, 2013 i 2014 roku systemy uprawy nie różnicowały wydajności białka, natomiast w 2015 roku największą wydajność białka uzyskano w uprawie konwencjonalnej, a istotnie mniejszą w siewie bezpośrednim – o  $147 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (16,2%). Średnio systemy uprawy nie różnicowały wydajności białka łubinu żółtego. W badaniach Szukała i Mystek (2006) największą wydajność białka uzyskano w uprawie uproszczonej. Uprawa konwencjonalna grochu obniżyła wydajność białka o 13%, a siew bezpośredni o 21,6%. Podobnie w doświadczeniu Małeckiej-Jankowiak i in. (2016) najwyższą wydajność białka grochu uzyskano w uprawie uproszczonej, natomiast uprawa konwencjonalna spowodowała istotną obniżkę tej cechy o 5,6%, a siew bezpośredni o 10,2%.

Łubin jest rośliną strączkową cenioną przede wszystkim ze względu na dużą zawartość białka w nasionach, pełen zakres wartościowych aminokwasów i obecność ważnych w diecie minerałów (Dueñas i in., 2009). Nasiona łubinu mogą być stosowane w żywieniu zwierząt monogastrycznych: trzody chlewnej, drobiu oraz ryb (Buraczewska i in., 2010). Znajomość składu chemicznego i wartości odżywczej surowców paszowych jest podstawowym warunkiem określenia ich wartości żywieniowej niezbędnej do prawidłowego bilansowania pasz (Rutkowski, red., 2017). Badania Rutkowskiego i in. (2017) dowodzą, że nasiona łubinu żółtego odmiany 'Mister', z mniejszą koncentracją alkaloidów i oligosacharydów z rodziny rafinozy, wyróżniają się lepszą jakością niż nasiona odmian uprawianych w ubiegłym wieku i analizowanych np. w doświadczeniach Gdala i Buraczewskiej (1996) oraz Wasilewko i Buraczewskiej (1999). Wyniki najnowszych badań wskazują, że dopuszczalny udział nasion łubinu żółtego odmiany 'Mister' w mieszance dla świń stanowi 10% (Sońta i in., 2016), a dla kur 20% (Rutkowski i in., 2016; 2017). W badaniach własnych na podstawie składu chemicznego wyliczono wartość energetyczną nasion łubinu żółtego z przeznaczeniem dla trzody chlewnej i drobiu. Wartość energetyczna nasion z przeznaczeniem dla trzody chlewnej wynosiła od  $13,3 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  w uprawie konwencjonalnej do  $13,8 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  w systemach uproszczonych, natomiast z przeznaczeniem dla drobiu od  $9,1 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  w uprawie konwencjonalnej do  $9,4 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  w uprawie uproszczonej. Systemy uprawy roli nie różnicowały istotnie wartości energetycznej nasion. Z kolei wydajność energetyczna kształtowała się w sposób podobny do plonu nasion, z którego została wyliczona. W zależności od lat wydajność energetyczna nasion z przeznaczeniem dla trzody chlewnej wahała się od  $24\,768 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$  do  $34\,309 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ , natomiast z przeznaczeniem dla drobiu od  $16\,707 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$  do  $23\,154 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Średnio systemy uprawy roli nie różnicowały wydajności energetycznej plonu nasion łubinu żółtego. Wyniki uzyskane w doświadczeniu własnym wskazują na wartość i wydajność energetyczną nasion łubinu żółtego odmiany 'Mister' zbliżoną do nasion soi. Dla porównania wartość energetyczna nasion soi wynosi  $13,8 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  (Smulikowska i Rutkowski, red., 2005). Przyjmując średni plon nasion odmiany 'Aldana' z doświadczenia Bujaka i in. (2001), w uprawie konwencjonalnej wydajność energetyczna soi może stanowić  $28\,428 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ , w uproszczonej  $28\,704 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a w siewie bezpośrednim  $22\,632 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Mimo dużej wartości żywieniowej nasion rodzimych gatunków roślin strączkowych, opłacalność ich uprawy na paszę jest zdecydowanie mniejsza niż ziarna zbóż (Podleśny, 2005). Oponenty wskazują wady uprawy tych roślin, wśród których wymienia się dużą wrażliwość na niekorzystne zmiany pogodowe, niestabilność plonowania, a w konsekwencji małą i zmienną opłacalność (Florek i in., 2012). Zmiany wprowadzane w technologii uprawy gleby są podyktowane koniecznością zmniejszenia kosztów produkcji rolniczej, czyli działaniami typowymi dla gospodarki rynkowej (Cudzik i in., 2012). Czynniki decydującymi o opłacalności uprawy roślin strączkowych są koszty zabiegów agrotechnicznych, wielkość plonu i ceny zbytu, a obecnie także dopłaty do ich uprawy (Czerwińska-Kayzer i Florek, 2012). Wyniki badań wskazują, że stosowanie uproszczonych systemów uprawy roli prowadzi do obniżenia kosztów produkcji poprzez zmniejszenie pracochłonności, zużycia paliwa oraz nakładów energetycznych (Kordas, 2005; Kościć i in., 2005; Ozpinar, 2006; Šařec i in., 2009; Cudzik i in., 2012). Siew bezpośredni jest jedną z alternatywnych technik uprawy, najmniej energochłonną i pracochłonną (Lenart i Sławiński, 2010). Jednak wprowadzenie siewu bezpośredniego wiąże się ze wzrostem użycia pestycydów (Yin i Al-Kaisi, 2004; Smagacz, 2006). W badaniach własnych największy udział w kosztach bezpośrednich stanowiły właśnie środki ochrony roślin i to one w największym stopniu zadecydowały o kosztach produkcji łubinu żółtego. Ponadto przy tej samej cenie nasion o efekcie ekonomicznym decydował plon nasion. Spośród trzech systemów uprawy roli, po doliczeniu dopłat, uprawa konwencjonalna zapewniła najwyższy dochód rolniczy brutto oraz najniższy koszt produkcji 1 dt nasion. Koszt 1 t poekstrakcyjnej śruty sojowej w sezonie 2014/15 wynosił 1700 zł (Dzwonkowski, red., 2015). Przy zawartości białka na poziomie 46% koszt 1 kg białka tej śruty wynosi 3,70 zł. Natomiast koszt produkcji 1 kg białka łubinu żółtego okazał się mniejszy – kształtował się na poziomie 3,2–3,3 zł – i był zbliżony we wszystkich trzech systemach uprawy. Istnieje więc możliwość częściowego zastąpienia poekstrakcyjnej śruty sojowej w żywieniu drobiu i trzody nasionami krajowych gatunków roślin strączkowych, przy niezmnieszeniu produktywności i z opłacalnością porównywalną lub lepszą (Rutkowski, red. 2017).

W kalkulacjach nie uwzględniono wartości resztek poźniwnych łubinu jako przedplonu ze względu na jej wykorzystanie pozarynkowe. W badaniach własnych plon suchej masy organów vegetatywnych łubinu żółtego kształtował się na poziomie od  $7,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  do  $13,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  w zależności od roku. W doświadczeniu Malarza i in. (2010) masa resztek pozbiorowych bobiku (słoma + korzenie + ściernisko) zależała przede wszystkim od ilości wysiewu, a w mniejszym stopniu od przebiegu warunków pogodowych. W doświadczeniu własnym, mimo iż systemy uprawy roli determinowały obsadę roślin, plon suchej masy organów vegetatywnych łubinu żółtego był dość wyrównany i w sposób istotny nie różnicowany pod wpływem tego czynnika. Wyniki badań własnych są więc zbieżne z rezultatami doświadczenia Bujaka i in. (2004), w którym plon słomy soi był modyfikowany głównie zmiennymi warunkami pogodowymi w poszczególnych sezonach wegetacyjnych, a uproszczenie uprawy nie miało wyraźnego wpływu na kształtowanie się tej cechy. Z kolei w badaniach wcześniejszych ww. autorów trudno było wyznaczyć trwały trend zmienności masy słomy soi w zależności od systemu uprawy roli (Bujak i in., 2001).

Rośliny strączkowe charakteryzuje dodatni bilans reprodukcji materii organicznej, dlatego są one bardzo dobrym przedplonem dla roślin następczych (Dzienia i in., 1989). Podleśny i Książak (2009) podają, że udane zasiewy roślin strączkowych pozostawiają w resztkach poźniwnych do  $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  azotu. Ilość azotu zależy od gatunku. Strydhorst i in. (2008) stwierdzili, że „plon azotu związanego symbiotycznie” może się wahać od  $70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  do  $223 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  w przypadku bobiku, od  $78 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  do  $147 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  dla grochu i od  $46 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  do  $173 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  dla łubinu wąskolistnego. W zależności od obsady roślin łubini żółty odmiany ‘Mister’ może wzbogacić glebę (Kotecki, red., 2014): przede wszystkim w potas ( $16,4\text{--}55,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) oraz azot ( $8,1\text{--}33,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), w stopniu mniejszym w wapń ( $5,7\text{--}24,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), w małym w fosfor ( $2,2\text{--}8,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i w znikomym w magnez ( $1,0\text{--}3,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). W opisywanym doświadczeniu skład chemiczny resztek pozbiorowych zależał bardziej od przebiegu warunków pogodowych niż od analizowanych czynników. W badaniach własnych systemy uprawy roli nie różnicowały składu chemicznego organów wegetatywnych łubinu żółtego. Jednak, w zależności od systemu uprawy, przyorana substancja organiczna wzbogaciła glebę: przede wszystkim w azot ( $57,0\text{--}70,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), następnie w potas ( $51,8\text{--}57,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), dalej w wapń ( $30,8\text{--}40,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), magnez ( $13,4\text{--}17,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i fosfor ( $11,5\text{--}15,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Wprowadzenie roślin strączkowych do płodozmianu pozwala na ograniczenie stosowania nawozów mineralnych nawet o 20–25% (Prusiński i in., 2008). Według Czerwińskiej-Kayzer i Florek (2012) są to tzw. korzyści zaoszczędzonych kosztów, które można uwzględnić przy obliczeniu dochodu końcowego z działalności. Zgodnie z danymi zamieszczonymi w pracy ww. autorów można przyjąć, że 1 kg czystego azotu kosztował 3,6 zł. Do 1 ha uprawy łubinu żółtego można więc doliczyć do dochodu rolniczego: 410,4 zł w systemie konwencjonalnym, 348,1 zł w systemie uproszczonym, a 388,8 zł w siewie bezpośrednim. Wyniki badań własnych są zgodne ze stwierdzeniem, iż po doliczeniu dopłat i korzyści zaoszczędzonych kosztów wprowadzenie roślin strączkowych do płodozmianu jest uzasadnione nie tylko ze względów agrotechnicznych, lecz także ekonomicznych (Czerwińska-Kayzer i Florek, 2012).

Urynkowanie rolnictwa polskiego wpłynęło na odejście od klasycznej gospodarki płodozmianowej i zmniejszenie liczby uprawianych gatunków (Kotecki, red., 2012). W wielu gospodarstwach zboża stanowią przedplon dla rzepaku, a po rzepaku „przychodzą” znowu zboża. W badaniach własnych, zgodnie z wyżej opisanym schematem, po łubinie żółtym uprawiano pszenicę ozimą, następnie rzepak ozimy i na końcu zmianowania pszenicę ozimą. Poziom plonowania pszenicy ozimej uprawianej zarówno w pierwszym, jak i trzecim roku po łubinie żółtym zależał od systemu uprawy roli. Najwyższy plon ziarna obu pszenic zapewniała uprawa konwencjonalna. O ile w przypadku wieloletniej uprawy uproszczonej, z punktu widzenia praktyki rolniczej, można mówić o nieznacznym zmniejszeniu plonu ziarna, zarówno pszenicy uprawianej w pierwszym, jak i trzecim roku po łubinie żółtym (odpowiednio o  $0,24 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  – 3,6% i o  $0,34 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  – 6,4%), to wieloletni siew bezpośredni obniżył plon pszenicy uprawianej w pierwszym roku po łubinie żółtym już o  $0,60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (8,9%), a w trzecim o  $0,83 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (15,7%). W dostępnej literaturze krajowej i zagranicznej brak jest jednoznacznych wyników badań dotyczących kwestii wpływu zróżnicowanych systemów uprawy na plonowanie pszenicy



ozimej (Małecka i in., 2012a). W licznych publikacjach odnotowano, podobnie jak w badaniach własnych, obniżenie plonowania pszenicy w systemach bezorkowych nawet do 26% (Dzienia i Dojss, 1999; Camara i in., 2003; Blecharczyk i in., 2004a; Košutić i in., 2005; Koziara i in., 2006; 2007; Rieger i in., 2008; Jug i in., 2011; Małecka i in., 2015; Litke i in., 2017). Z kolei część wyników wskazuje na korzystne oddziaływanie tych systemów (Halvorson i in., 1999; Kordas, 1999; Melaj i in., 2003; Košutić i in., 2005; Blecharczyk i in., 2006; De Vita i in., 2007). Jednak istnieją również doniesienia o braku reakcji tego gatunku na zróżnicowaną uprawę roli (Husnjak i in., 2002; Anken i in., 2004; Golik i in., 2005; Özpınar i Çay, 2005; Rusu i in., 2006; Małecka i in., 2015). Z danych tych wynika więc, że w warunkach wieloletniego stosowania uproszczonych systemów uprawy roli można spodziewać się plonu pszenicy ozimej na poziomie podobnym do otrzymywanego w uprawie konwencjonalnej. Natomiast trwały siew bezpośredni skutkuje najczęściej znaczną obniżką plonu ziarna pszenicy ozimej.

Jednym z kluczowych czynników plonotwórczych jest nawożenie azotem (Gonzalez-Ponce i in., 1993; Delogu i in., 1998). Azot w nawożeniu pszenicy ozimej może być dostarczony w formie nawozów sypkich lub płynnych (Makarewicz i in., 2012). Ustalenie optymalnych dawek tego składnika ma duże znaczenie ze względu na jego istotny wpływ nie tylko na plon ziarna, ale i jego jakość (Mazurek i Biskupski, 1997; Zecevic i in., 2010; Harasim i Wesolowski, 2013). Opracowanie uniwersalnych zasad nawożenia jest zadaniem niełatwym, zwłaszcza dla nowych systemów uprawy (Koziara i in., 2007). W doświadczeniu własnym optymalna dawka azotu dla pszenicy ozimej, uprawianej bezpośrednio po łubinie żółtym i w ostatnim roku zmianowania po rzepaku ozimym, wynosiła niezależnie od systemu uprawy  $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Dawka azotu  $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  nie powodowała już istotnego przyrostu plonu pszenicy ozimej w porównaniu z dawką  $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Litke i in. (2017) wykazali istotny wzrost plonu pszenicy ozimej uprawianej w systemie tradycyjnym i uproszczonym pod wpływem nawożenia azotem do dawki  $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , niezależnie od przedplonu (pszenica ozima i rzepak ozimy). Z kolei w badaniach Koziary i in. (2006; 2007) uzyskano istotny wzrost plonu pszenicy ozimej wraz ze zwiększeniem dawki do  $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Wyliczony współczynnik regresji wykazał, że zwiększenie nawożenia o  $1 \text{ kg}$  przyczyniło się do wzrostu plonu o  $10,2 \text{ kg ziarna} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Koziara i in., 2006). Podobnie jak w badaniach własnych, efektywność agronomiczna nawożeniem azotem zmniejszała się wraz ze wzrostem dawki nawozu we wszystkich sposobach uprawy (Koziara i in., 2007). Efektywność ta w doświadczeniu własnym miała zbliżone wartości przy określonych dawkach azotu we wszystkich trzech systemach uprawy. Natomiast w badaniach Koziary i in. (2007), w uprawie konwencjonalnej i uproszczonej, uzyskano wyższą efektywność nawożenia azotem przy dawkach  $50\text{--}100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a w siewie bezpośrednim przy  $100\text{--}150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Według danych GUS (2018), w 2017 roku pszenica ozima uprawiana była na powierzchni około 2 mln ha, co stanowiło 34,5% zasiewów zbóż (7,6 mln ha). Drugą grupę ziemiopłodów stanowiły rośliny przemysłowe (1,2 mln ha), a w nich rzepak i rzepak ozimy (914 tys. ha), których powierzchnia uprawy wzrosła w porównaniu z 2016 rokiem o blisko 20%. Utrzymanie takiego modelu gospodarowania może prowadzić do wzrostu nakładów na przemysłowe środki produkcji. Wyniki badań wskazują, iż stosowanie systemów uproszczonych w uprawie rzepaku skutkuje

obniżeniem kosztów produkcji nasion (Jankowski i Budzyński, 2000; Budzyński i in., 2004; Šařec i in., 2009). Ograniczenia intensywności uprawy mają uzasadnienie pod warunkiem uzyskania plonów na poziomie zbliżonym do otrzymywanych w uprawie tradycyjnej (Szukała i in., 2003). Rzepak jest rośliną mającą głęboki system korzeniowy i dlatego panuje przekonanie, że wymaga tradycyjnego przygotowania gleby (Šařec i in., 2009). Wyniki badań dotyczące tego zagadnienia nie dają jednoznacznej odpowiedzi. Šařec i in. (2009) stwierdzili, że plon rzepaku w uprawie uproszczonej ( $3,43 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) był zbliżony do plonu uzyskanego w uprawie tradycyjnej ( $3,27 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Podobnie w badaniach Budzyńskiego i in. (2000) uproszczenie uprawy przedsewnej do talerzowania spowodowało nieistotną obniżkę plonu rzędu  $0,16 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Jednak siew bezpośredni w ścierni wpłynął na zmniejszenie plonu o  $0,24 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a siew w rolę przygotowaną rototillerem obniżył plon aż o  $0,49 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W pracy późniejszej ww. autorów technologia standardowa była najbardziej produktywna ( $3,44 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Spłycenie orki lub zastąpienie jej kultywatorowaniem obniżyło plon nasion o  $0,64 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Budzyński i in., 2004). Ze względu na zmniejszający się plon nasion Dudek i in. (2011) uznali za nieuzasadnione zastąpienie orki pod rzepak ozimy gruberowaniem ścierniska na średnią głębokość lub płytką uprawą broną talerzową. Rzepak jest siany płytko i przy stosowaniu systemów uproszczonych uprawy roli problemem mogą być pozostawione na polu resztki poźniwne (Dobek, 2005a; 2005b). W doświadczeniu własnym, w porównaniu z uprawą konwencjonalną, oba systemy uproszczone wpłynęły istotnie na zmniejszenie plonu rzepaku. Uprawa uproszczona obniżyła plon o 12%, a siew bezpośredni aż o 47,7%. Z obserwacji własnych wynika jednoznacznie, iż płytka uprawa powierzchniowa (brona talerzowa) oraz siew bezpośredni w ściernisko nie mogą mieć praktycznego zastosowania, gdyż utrudniają rozwój palowego korzenia rzepaku, powodując jego silne rozgałęzienie i skrócenie, czego efektem jest zmniejszenie plonu nasion.

Nawożenie azotem jest najważniejszym czynnikiem agrotechnicznym kształtującym plon rzepaku (Wielebski i Wójtowicz, 1998) oraz efekty ekonomiczne jego uprawy. Jak podają Kotecki i in. (2004), cytując innych autorów: intensywne nawożenie azotem prowadzi do wytworzenia większego aparatu asymilacyjnego, wolniejszego starzenia się liści, silnego wykształcania pędu głównego z dużą liczbą pędów bocznych oraz tworzenia większej liczby łuszczyń, co ma istotny wpływ na wielkość plonu nasion (Horodyski, 1962; Diepenbrock i Geisler, 1985; Muśnicki, 1989; Kuchtová i in., 1996). Rozbieżne są opinie dotyczące wysokości dawek azotu. Wyniki wcześniejszych badań wskazują, że rzepak uprawiany po zbożach reaguje korzystnie na nawożenie azotem do  $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Budzyński i in., 1985; Budzyński, 1986; Muśnicki, 1989; Kozak, 1999). Jednak do uprawy wchodzi nowe odmiany, które mogą mieć inne wymagania i reagować odmiennie. W badaniach Dudka i in. (2011) plon nasion rzepaku ozimego nawożonego dawką  $125 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  wyniósł  $4,23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a zwiększenie dawki azotu do  $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  wpłynęło na przyrost jedynie o  $0,37 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (8,7%). Sukcesywne zwiększanie dawek azotu z  $0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  do  $240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (co  $80 \text{ kg}$ ) w doświadczeniu Rathkego i in. (2005) skutkowało wzrostem plonu rzepaku ozimego. Wzrost ten jednak był nieznaczny między dawką azotu  $160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a  $240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Z kolei w badaniach Jankowskiego i in. (2005) plon nasion przyrastał do poziomu stosowanej dawki azotu  $181\text{--}240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , po

czym następowało jego obniżenie. Wykreślona tzw. funkcja produkcji wykazała, że przełamanie plonu nasion następowało przy dawce azotu  $194 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W doświadczeniu własnym stwierdzono istotny wzrost plonu nasion rzepaku ozimego pod wpływem nawożenia azotem we wszystkich systemach uprawy. W uprawie konwencjonalnej plon nasion z uwzględnieniem badanego czynnika wahał się od  $1,81 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  na kontroli do  $3,62 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  przy dawce azotu  $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W warunkach wieloletniej uprawy uproszczonej uzyskano na kontroli  $1,77 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a po dawce azotu  $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  otrzymano  $3,24 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Trwale stosowany siew bezpośredni na kontroli dał plon w wysokości  $1,14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a zastosowanie dawki azotu  $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  skutkowało wzrostem plonu jedynie do  $1,74 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

W badaniach własnych, na podstawie wyników z 2015 i 2016 roku, dodatkowo porównano plonowanie pszenicy ozimej uprawianej bezpośrednio w pierwszym roku po łubinie żółtym z pszenicą uprawianą w czwartym roku zmianowania. Pszenica ozima uprawiana bezpośrednio po łubinie żółtym, w warunkach czteropolowego zmianowania z 50-procentowym udziałem zbóż, plonowała średnio lepiej o 19,3%, tj.  $1,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , niż w trzecim roku po łubinie żółtym, w stanowisku po rzepaku ozimym. Przyjmując cenę tony ziarna równą 650 zł (Dzwonkowski, red., 2015), była to więc różnica sięgająca  $780 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Ponadto współczynnik zmienności plonowania pszenicy uprawianej bezpośrednio po łubinie żółtym był dwukrotnie mniejszy niż pszenicy uprawianej w stanowisku w trzecim roku, bezpośrednio po rzepaku ozimym. Wyniki badań własnych wskazują, jak ważną rolę odgrywa stanowisko dla pszenicy ozimej uprawianej na glebach lżejszych, nawet w płodozmianie z niskim – 50-procentowym udziałem zbóż. Związany symbiotycznie azot ma bowiem znaczenie plonotwórcze nie tylko dla roślin motylkowatych, ale także dla roślin następczych, uprawianych po roślinach motylkowatych (Martyniuk, 2008). Wprowadzenie azotu do gleby w przyoranych resztkach poźniwnych przekłada się na beznakładowy wzrost plonowania roślin następczych (Dzienia i in., 1989; Dubis i Budzyński, 1998). W badaniach Buczka i in. (2009) pszenica ozima uprawiana po grochu plonowała na poziomie  $5,97 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , natomiast nieco gorzej w stanowisku po pszenicy (średnio o 9,9%). Podobnie w doświadczeniu Woźniaka i in. (2006) pszenica ozima uprawiana po grochu osiągnęła plon w wysokości  $7,11 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , natomiast po dwu- i trzykrotnym wysiewie po sobie – odpowiednio niższy o 19,3% i 24,9%. Kumar i Goh (2002) gorszy plon pszenicy ozimej uprawianej po przedplonie zbożowym tłumaczyła mniejszą ilością azotu pozostawionego dla rośliny następczej. W badaniach ww. autorów żylica trwała i pszenica ozima jako przedplon pozostawiły azotu odpowiednio  $64 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  i  $72 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , natomiast koniczyna biała i groch – odpowiednio  $223 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  i  $141 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . O wartości przedplonowej roślin decyduje przede wszystkim stosunek węgla do azotu w pozostawionych resztkach poźniwnych (Skrzyczyński i in., 1992; Malicki, 1997; Szempliński, 1997; Boligłowa, 1998; Wanic i in., 2004). Wpływa on m.in. na tempo rozkładu substancji organicznej i wykorzystanie azotu przez rośliny następcze. Proces ten przebiega najwolniej u gatunków charakteryzujących się szerokim stosunkiem C:N, do których należą zboża (Buraczyńska i Ceglarek, 2008). Większa zawartość azotu w masie organicznej roślin motylkowatych oraz wynikający z tego węższy stosunek C:N stwarza możliwość szybszego zaopatrzenia roślin następczych w azot i inne składniki po-

karmowe (Roszak, 1966; Rímovský, 1987; Skrzyczyński i in., 1992; Wanic i in., 2004).

Rozwój oraz intensyfikacja rolnictwa, w tym polowej produkcji roślinnej, wiąże się ze wzrostem zużycia środków przemysłowych, zwłaszcza chemicznych. Elementy agrotechniki, jak uprawa roli, nawożenie czy pielęgnacja w klasycznej postaci są materiało-, energo- i czasochłonne. Często, mimo walorów plonotwórczych, silnie oddziałują na środowisko (Jaskulski i in., 2012). Wprowadzanie roślin strączkowych do płodozmianu zbożowego w połączeniu z intensywnym nawożeniem azotowym prowadzi do zmniejszenia zapotrzebowania na energię, ograniczenia globalnego ocieplenia i szkodliwego oddziaływania rolnictwa na środowisko przyrodnicze. Wynika to m.in. z braku konieczności nawożenia azotem roślin strączkowych, ograniczenia stosowania nawozów azotowych pod uprawę następczą, możliwości wykorzystania uprawy uproszczonej i większej dywersyfikacji płodozmianu, co zmniejsza problemy związane z chwastami i patogenami oraz prowadzi do ograniczenia stosowania pestycydów (Nemecek i in., 2008).

## 9. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Wzrost, rozwój i długość poszczególnych faz rozwojowych łubinu żółtego były najbardziej determinowane warunkami pogodowymi w poszczególnych latach badań. Największą zmienność wykazano między wschodami a fazą 2–3 liści oraz między fazą kwitnienia a fazą formowania strąków, natomiast najmniejszą w okresie od siewu do wschodów roślin.

2. Spośród czynników pogodowych na zmienność poszczególnych okresów rozwojowych łubinu żółtego znacznie większy wpływ miały opady niż temperatura.

3. Liczba dni oraz opady w okresie od kwitnienia do formowania strąków były wysoce dodatnio skorelowane z plonem nasion. Natomiast plon nasion był skorelowany z liczbą dni i opadami na poziomie podobnym, lecz ujemnie w okresie od formowania strąków do dojrzałości pełnej.

4. Przebieg warunków pogodowych w latach badań modyfikował takie cechy, jak: zachwaszczenie łąnu, obsadę roślin, LAI, SPAD, suchą masę brodawek korzeniowych, plon nasion, wydajność białka i wydajność energetyczną plonu nasion oraz plon suchej masy organów wegetatywnych łubinu żółtego.

5. Wieloletnie odejście od uprawy konwencjonalnej na rzecz uprawy uproszczonej i siewu bezpośredniego skutkowało zwiększeniem liczebności mikroorganizmów glebowych (grzybów, bakterii, promieniowców) w warstwie gleby 0–10 cm, natomiast w warstwie 10–20 cm odnotowano tendencję odwrotną. Największą liczebność mikroorganizmów glebowych stwierdzono w próbkach glebowych pobranych po siewie, a istotnie mniejszą po zbiorze łubinu żółtego.

6. Wyższą aktywność ureazy stwierdzono w glebie pobranej z obiektów z uprawą uproszczoną i siewem bezpośrednim w jej wierzchniej warstwie niż w uprawie konwencjonalnej. Im późniejszy był termin pobrania prób do analiz, tym aktywność dehydrogenaz w obu warstwach gleby była mniejsza, a ureazy większa w warstwie 0–10 cm. Ponadto istotnie większą aktywność enzymów wykazano w warstwie 0–10 cm niż w warstwie głębszej 10–20 cm.

7. Wieloletnia uprawa uproszczona i siew bezpośredni, w porównaniu z uprawą konwencjonalną, spowodowały istotny wzrost zachwaszczenia pod względem zarówno masy, jak i liczby chwastów. Największe zachwaszczenie stwierdzono na obiektach z siewem bezpośrednim, na których skład gatunkowy chwastów był również najbardziej zróżnicowany.

8. Bez względu na przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji, łubin żółty zrzucał około 70% kwiatów. W siewie bezpośrednim rośliny poddały aborcji

istotnie większą liczbę kwiatów na pędzie głównym, ale zawiązały większą ich ilość na pędach bocznych w porównaniu z roślinami z uprawy konwencjonalnej.

9. Systemy uprawy roli nie różnicowały plonu nasion, wydajności białka i wydajności energetycznej plonu nasion w roku bardzo wilgotnym i w latach przeciętnych pod względem ilości opadów. Natomiast w roku suchym siew bezpośredni spowodował istotne obniżenie ww. parametrów w porównaniu z uprawą konwencjonalną.

10. Niezależnie od przebiegu warunków pogodowych nie stwierdzono istotnych różnic między uprawą konwencjonalną a uproszczoną w obsadzie roślin, LAI, suchej masie korzeni i brodawek korzeniowych, liczbie kwiatów na pędzie głównym i na pędach bocznych na roślinie, kwiatów poddanych aborcji, wysokości roślin, liczbie strąków i nasion na pędzie głównym i na pędach bocznych oraz ogółem na roślinie, a także w plonie nasion i wydajności białka.

11. Stosowanie wieloletnich uproszczeń uprawowych może prowadzić do poprawy jakości nasion łubinu żółtego poprzez wzrost zawartości białka, wartości siewnej i wigoru nasion.

12. Większa liczba nasion na pędach bocznych skutkowałą pogorszeniem jakości nasion poprzez zmniejszenie zdolności kiełkowania. Natomiast wzrost masy 1000 nasion wiązał się ze zwiększeniem zdolności kiełkowania. Nasiona o większej zdolności kiełkowania charakteryzowały się również lepszym wigorem, czego wyrazem była bardzo silna dodatnia korelacja łącząca zdolność kiełkowania z wynikami testów wzrostu siewki i szybkości wzrostu siewki.

13. Spośród trzech systemów uprawy roli, po doliczeniu dopłat, uprawa konwencjonalna zapewniała najwyższy dochód rolniczy oraz najniższy koszt produkcji nasion. Największy udział w kosztach bezpośrednich miały pestycydy i to one w największym stopniu decydowały o kosztach produkcji łubinu żółtego.

14. Pszenica ozima uprawiana w siewie bezpośrednim w pierwszym roku po łubinie żółtym plonowała niżej o  $0,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  w porównaniu z konwencjonalnym systemem uprawy roli. Natomiast uprawa uproszczona spowodowała niewielkie, lecz istotne statystycznie obniżenie plonu ziarna pszenicy.

15. W porównaniu z uprawą konwencjonalną, rzepak ozimy plonował istotnie niżej, o 12,0% w uprawie uproszczonej i o 47,7% w siewie bezpośrednim.

16. Rzekpak ozimy uprawiany na stanowisku po łubinie żółtym i po pszenicy ozimej (drugi rok zmianowania) plonował najwyżej przy maksymalnie zastosowanej dawce azotu –  $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

17. Pszenica ozima uprawiana w ostatnim roku czteroletniego zmianowania (po łubinie żółtym, pszenicy ozimej i rzepaku ozimym) plonowała najwyżej w uprawie konwencjonalnej. Natomiast plon ziarna obniżyły istotnie: wieloletnia uprawa uproszczona – o 6,5%, a siew bezpośredni – aż o 16%.

18. Niezależnie od systemu uprawy, optymalna dawka azotu dla pszenicy ozimej uprawianej w drugim i ostatnim roku czteroletniego zmianowania wynosiła

120 kg·ha<sup>-1</sup>. Dawka azotu 180 kg·ha<sup>-1</sup> nie wpływała na istotny przyrost plonu pszenicy ozimej w porównaniu z dawką 120 kg·ha<sup>-1</sup>.

19. Na podstawie przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że pszenica ozima uprawiana bezpośrednio po łubinie żółtym, w warunkach czteropolowego zmianowania z 50-procentowym udziałem zbóż, plonowała wyżej średnio o 19,3%, tj. 1,2 t·ha<sup>-1</sup>, niż na stanowisku po rzepaku ozimym.

20. Z punktu widzenia praktyki rolniczej trwała uproszczona uprawa roli może być zalecana w uprawie łubinu żółtego zarówno na cele paszowe, jak i na reprodukcję materiału siewnego. Uprawa pszenicy ozimej w tych warunkach bezpośrednio po łubinie żółtym skutkuje istotną wyższą plonu i sprzyja ograniczeniu nawożenia azotem do dawki 120 kg·ha<sup>-1</sup>. Natomiast uprawa rzepaku ozimego w trzecim roku zmianowania oraz pszenicy ozimej w czwartym roku zmianowania czteropolowego z 50-procentowym udziałem zbóż w warunkach wieloletniej uproszczonej uprawy roli i siewu bezpośredniego prowadzi do istotnego obniżenia plonowania obu gatunków.

## LITERATURA

- Adomas, B., Piotrowicz-Cieślak, A. I., Kowali, K. (2005). Wartość biologiczna białka nasion łubinu. *Post. Nauk Roln.*, 5, 55–63.
- Alvear, M., Rosas, A., Rouanet, J. L., Borie, F. (2005). Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. *Soil Till. Res.*, 82, 195–202.
- Ambika, S., Manonmani, V., Somasundaram, G. (2014). Review on effect of seed size on seedling vigour and seed yield. *Res. J. Seed Sci.*, 7(2), 31–38.
- Anken, T., Weisskopf, P., Zihlmann, U., Forrer, H., Jansa, J., Perhacova, K. (2004). Long-term tillage systems effects under moist cool conditions in Switzerland. *Soil Till. Res.*, 78, 171–183.
- Arvidsson, J., Westlin, A., Sörensson, F. (2013). Working depth in non-inversion tillage – Effects on soil physical properties and crop yield in Swedish field experiments. *Soil Till. Res.*, 126, 259–266.
- Bangerth, F. (1989). Dominance among fruits/sinks and the search for correlative signal. *Physiol. Plant.*, 76, 608–614.
- Bielińska, E. J. (2001a). Aktywność enzymatyczna gleby w sadzie wiśniowym w zależności od metody jej pielęgnacji. *Rozpr. Nauk. AR Lubl.*, 251.
- Bielińska, E. J. (2001b). Enzymatic activity as an indicator of soil transformations under the influence of orchard use. *Pol. J. Soil Sci.*, 34(2), 89–97.
- Bielińska, E. J., Mocek-Płóćiniak, A. (2012). Wpływ systemu uprawy na aktywność enzymatyczną gleby. *Arch. Environ. Protect.*, 38(1), 75–82.
- Bielińska, E. J., Żukowska, G. (2002). Aktywność proteazy i ureazy w glebie lekkiej użyźnionej osadem ściekowym. *Acta Agrophys.*, 70, 41–47.
- Bieniaszewski, T., Fordoński, G., Kurowski, T., Szwejkowski, Z. (2003). Wpływ poziomu wilgotności gleby na wzrost i plonowanie tradycyjnych i samokończących form łubinu żółtego. Cz. 1. Wzrost, rozwój i zdrowotność roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 495, 95–106.
- Bieniaszewski, T., Szwejkowski, Z. (2001). Wpływ różnych poziomów wilgotności gleby i stosowanej zaprawy nasiennej na wzrost, rozwój i plonowanie dwóch genotypów łubinu żółtego. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 426, 53–68.
- Bieniaszewski, T., Szwejkowski, Z., Fordoński, G. (2000). Impact of temperature and rainfall distribution over 1989–1996 on the biometric and structural characteristics as well as on the Juno yellow lupin yielding. *EJPAU*, 3(2), #02.
- Bilalis, D., Efthimiadis, P., Sidiras, N. (2001). Effect of three tillage systems on weed flora in a 3-year rotation with four crops. *J. Agron. Crop Sci.*, 186, 135–141.
- Blecharczyk, A., Małecka, I., Sawinska, Z. (2004a). Reakcja pszenicy ozimej na wieloletnie stosowanie siewu bezpośredniego. *Fragm. Agron.*, 21(2), 125–137.



- Blecharczyk, A., Małecka, I., Skrzypczak, G. (2004b). Wpływ uproszczonej uprawy roli na plonowanie i zachwaszczenie kukurydzy oraz na właściwości gleby. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 3(1), 157–163.
- Blecharczyk, A., Małecka, I., Sierpowski, J. (2007a). Wpływ wieloletniego oddziaływania systemów uprawy roli na fizyko-chemiczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.*, 24(1), 7–13.
- Blecharczyk, A., Małecka, I., Zawada, D., Sawinska, Z. (2007b). Bioróżnorodność chwastów w pszenicy ozimej w zależności od wieloletniego nawożenia i systemu następstwa roślin. *Fragm. Agron.*, 24(3), 27–33.
- Blecharczyk, A., Skrzypczak, G., Małecka, I., Piechota, T. (1999). Wpływ zróżnicowanej uprawy roli na właściwości fizyczne gleby oraz plonowanie pszenicy ozimej i grochu. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agric.*, 195(74), 171–179.
- Blecharczyk, A., Śpitalniak, J., Małecka, I. (2006). Wpływ doboru przedplonów oraz systemów uprawy roli i nawożenia azotem na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 23(2), 273–286.
- Bogucka, B., Wróbel, E. (2008). Reakcja bobiku (*Vicia faba* L. *minor* Harz.) na sposób uprawy roli oraz gęstość siewu. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 7(2), 11–19.
- Boligłowa, E. (1998). Wartość resztek poźniwnych roślin strączkowych w porównaniu z owsem. *Fol. Univ. Agric. Stetin, Agricultura*, 69, 13–16.
- Borin, M., Sartori, L. (1995). Barley, soybean and maize production using ridge tillage, no-tillage and conventional tillage in north-east Italy. *J. Agric. Eng. Res.*, 62, 229–236.
- Brzezińska, M., Włodarczyk, T. (2005). Enzymy wewnątrzkomórkowych przemian redoks (oksydoreduktazy). *Acta Agrophys., Rozpr. Monogr.*, 3, 11–26.
- Buczek, J., Bobrecka-Jamro, D., Szpunar-Krok, E., Tobiasz-Salach, R. (2009). Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od przedplonu i stosowanych herbicydów. *Fragm. Agron.*, 26(3), 7–14.
- Budzyński, W. (1986). Studium nad wpływem niektórych czynników agrotechnicznych na zimowanie i plonowanie odmian podwójnie uszlachetnionego rzepaku ozimego. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricult*, 41, suppl. B, 1–56.
- Budzyński, W., Jankowski, K., Szczebiot, M. (2000). Wpływ uproszczenia uprawy roli i sposobu regulacji zachwaszczenia na plonowanie i koszt produkcji nasion rzepaku ozimego. Cz. 1. Zimotrwałość, zachwaszczenie i plonowanie rzepaku. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops*, 21, 487–502.
- Budzyński, W., Jankowski, K., Szczebiot, M. (2004). Wydajność energetyczna różnych technologii uprawy rzepaku ozimego. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops*, 25, 327–344.
- Budzyński, W., Majkowski, K., Horodyski, A., Jasińska, Z., Jodłowski, M., Muśnicki, Cz., ..., Owczarek, W. (1985). Wpływ poziomu i terminu wiosennego nawożenia azotem na plonowanie rzepaku ozimego. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.*, 157, 123–134.
- Bujak, K., Jędruszczak, M., Frant, M. (2001). Wpływ uproszczeń w uprawie roli na plonowanie soi. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.*, 220, 263–272.
- Bujak, K., Jędruszczak, M., Frant, M. (2004). Wpływ uproszczonej uprawy roli oraz dolistnego dokarmiania makro- i mikroelementami na plonowanie soi uprawianej w monokulturze. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sec. E*, 59(1), 139–147.

- Buraczewska, L., Pastuszewska, B., Smulikowska, S. (2010). Wartość paszowa nasion łubin w żywieniu świń, drobiu i ryb. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 550, 21–31.
- Buraczyńska, D., Ceglarek, F. (2008). Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej po różnych przedplonach. Acta Sci. Pol., Agricultura, 7(1), 27–37.
- Burr, C. A., Leslie, M. E., Orlowski, S. K., Chen, I., Wright, C. E., Daniels, M. J., Liljegren, S. J. (2011). CAST AWAY, a membrane-associated receptor-like kinase, inhibits organ abscission in Arabidopsis. Plant Physiol., 156, 1837–1850.
- Camara, K., Payne, W., Rasmussen, P. (2003). Long-term effects of tillage, nitrogen, and rainfall on winter wheat yields in the Pacific Northwest. Agron. J., 95, 828–835.
- Carr, P. M., Martin, G. B., Horsley, R. D. (2009). Impact of tillage on field pea following spring wheat. Can. J. Plant Sci., 89, 281–288.
- Chandler, J. W. (2011). The hormonal regulation of flower development. J. Plant Growth Regul., 30, 242–254.
- Chatterjee, A., Lal, R. (2009). On farm assessment of tillage impact on soil carbon and associated soil quality parameters. Soil Till. Res., 104, 270–277.
- Chmura, K., Chylińska, E., Dmowski, Z., Nowak, L. (2009). Rola czynnika wodnego w kształtowaniu plonu wybranych roślin polowych. Infrastr. Ekol. Teren. Wiejsk., 9, 33–44.
- Cudzik, A., Białczyk, W., Czarnecki, J., Brennenstul, M., Kaus, A. (2012). Ocena systemów uprawy w aspekcie zużycia paliwa, plonowania roślin i właściwości gleby. Inż. Roln., 137(2), 17–27.
- Cummings, S. P. (2005). The role and future potential of nitrogen fixing bacteria to boost productivity in organic and low-input sustainable farming systems. Environ. Biotechnol., 1, 1–10.
- Czerednik, A., Nalborczyk, E. (2000). Współczynnik wykorzystania napromieniowania fotosyntetycznie aktywnego (RUE) – nowy wskaźnik fotosyntetycznej produktywności roślin w łanie. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl., 215, 13–22.
- Czerwińska-Kayzer, D., Florek, J. (2012). Opłacalność wybranych upraw roślin strączkowych. Fragm. Agron., 29(4), 36–44.
- Dąbrowska, B., Pokojska, H., Suchorska-Tropiło, K. (2000). Metody laboratoryjnej oceny materiału siewnego. Warszawa: Wyd. SGGW.
- De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., Pisante, M. (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil Till. Res., 92, 69–78.
- Delogu, G., Cattivelli, L., Pecchioni, N., DeFalicus, D., Maggiore, T., Stanca, A. M. (1998). Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. Eur. J. Agron., 9, 11–20.
- Diepenbrock, W., Geisler, G. (1985). Die Ertragsstruktur von Raps-ertragsbildung-prozesse. Kali-Briefe (Büntehof), 17, 585–603.
- Dobek, T. (2005a). Ekonomiczna i energetyczna ocena różnych technologii produkcji rzepaku ozimego. Inż. Roln., 63(3), 125–132.
- Dobek, T. (2005b). Ekonomiczna i energetyczna ocena różnych technologii przygotowania gleby do siewu rzepaku ozimego. Inż. Roln., 63(3), 133–140.
- Drevon, J., Alkama, N., Bargaz, A., Rodiño, A. P., Sunghongwises, K., Zaman-Allah, M. (2015). The legume-rhizobia symbiosis. W: A. M. Ron (red.), Grain legumes. New York: Springer.

- Dubis, B., Budzyński, W. (1998). Wartość przedplonowa różnych typów łubinu żółtego dla zbóż ozimych. *Rocz. Nauk Roln., ser. A*, 113(3/4), 145–154.
- Dudek, S., Kuśmierk-Tomaszewska, R., Żarski, J. (2011). Wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na plonowanie rzepaku ozimego. *Infrastr. Ekol. Teren. Wiejsk.*, 5, 193–202.
- Dueñas, M., Hernández, T., Estella, I., Fernández, D. (2009). Germination as a process to increase the polyphenol content and antioxidant activity of lupin seeds (*Lupinus angustifolius* L.). *Food Chem.*, 177, 599–607.
- Dymarska, A., Grabowska, K. (2014). Prognozowanie plonów łubinu żółtego w zależności od wybranych scenariuszy zmian klimatu. *Acta Agrophys., Monogr.*, 2.
- Dzienia, S., Dojss, D. (1999). Wpływ sposobów uprawy roli na zachwaszczenie i plonowanie pszenicy ozimej. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura*, 195(74), 185–190.
- Dzienia, S., Sosnowski, A., Romek, B. (1989). Wpływ następczy roślin strączkowych na plonowanie zbóż. W: *Nowe kierunki w uprawie i użytkowaniu roślin motylkowatych* (s. 48–60). Szczecin: Wyd. AR.
- Dzienia, S., Zimny, L., Weber, R. (2005). Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.*, 9, 17–18.
- Dzienia, S., Zimny, L., Weber, R. (2006). Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.*, 23(2), 227–241.
- Dzwonkowski, W. (red., 2015). *Rynek pasz, stan i perspektywy*. Warszawa: IERiGŻ.
- Eivazi, F., Bayan, M. R., Schmidt, K. (2003). Selected soil enzyme activities in the historic Sanborn Field as affected by long-term cropping systems. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 43, 2259–2275.
- Elandt, R. (1964). *Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczalnictwa rolnego*. Warszawa: PWN.
- Ellis, H. R. (1992). Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. *Plant Growth Regul.*, 11, 249–255.
- Estornelli, L. H., Agusti, J., Merelo, P., Talón, M., Tadeo, F. R. (2013). Elucidating mechanisms underlying organ abscission. *Plant Sci.*, 200, 48–60.
- Faligowska, A., Selwet, M. (2012). Jakość i stan higieniczny kiszzonek z łubinu żółtego w zależności od terminu zbioru surowca i dodatków kiszonkarskich. *Nauka Przym. Technol.*, 6, 1, #15.
- Faligowska, A., Szukała, J. (2009). Wpływ terminu zbioru na skład chemiczny i plon zielonki z łubinu białego, żółtego i wąskolistnego. *Fragm. Agron.*, 26(2), 26–32.
- Fernandez-Ugalde, O., Virto, I., Bescansa, P., Imaz, M. J., Enrique, A., Karlen, D. L. (2009). No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils. *Soil Till. Res.*, 106, 29–35.
- Florek, J., Czerwińska-Kayzer, D., Jerzak, M. A. (2012). Aktualny stan i wykorzystanie produkcji upraw roślin strączkowych. *Fragm. Agron.*, 29(4), 45–55.
- Foyer, Ch. H., Lam, H. M., Nguyen, H. T., Siddique, K. H. M., Varshney, R. K., Colmer, T. D., ..., Considine, M. J. (2016). Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nat. Plants*, 2, 16112. <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.112>

- Frankowski, K., Wilmończ, E., Kućko, A., Mączkowski, R., Marciniak, K., Kopcewicz, J. (2014). The generative development of traditional and self-completing (restricted branching) cultivars of white lupin (*Lupinus albus* L.), yellow lupin (*L. luteus* L.) and narrow-leaved lupin (*L. angustifolius* L.) grown under different phytotron conditions. *Plant Breed. Seed Sci.*, 69(1), 47–57.
- Franzluebbers, A. J. (2002). Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil Till. Res.*, 66, 95–106.
- French, R. J., Sweetingham, M. W., Shea, G. G. (2001). A comparison of the adaptation of yellow lupin (*Lupinus luteus* L.) and narrow-leaved lupin (*L. angustifolius* L.) to acid sand plain soils in low rainfall agricultural areas of Western Australia. *Aust. J. Agric. Res.*, 52, 945–954.
- Gadzikowska, A., Kućko, A., Panek, K., Czeszewska-Rosiak, G., Ostrowski, M., Wilmończ, E. (2017). Wpływ fitohormonów na ekspresję genu LIIDA w strefie odcinania kwiatów łubinu żółtego. W: XIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nauka dla hodowli i nasiennictwa roślin uprawnych”. 30.01–03.02, Zakopane.
- Gajda, A., Przewłoka, B., Gawryjołek, K. (2010). Ocena oddziaływania systemu uprawy roli na środowisko glebowe na podstawie zmian parametrów mikrobiologicznej aktywności gleby. *Nauka Przyr. Technol.*, 4, 6, #76.
- Gdała, J., Buraczewska, L. (1996). Chemical composition and carbohydrate content of seeds from several lupin species. *J. Anim. Feed Sci.*, 5, 403–416.
- Giemza-Mikoda, M., Zimny, L., Waclawowicz, R. (2012). Wpływ systemów uprawy na zachwaszczenie jęczmienia jarego. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 52(2), 283–286.
- Giovannoni, J. J. (2004). Genetic regulation of fruit development and ripening. *Plant Cell*, 16, 170–180.
- Głowacka, A. (2007). Wpływ współrzędnej uprawy pasowej na zachwaszczenie kukurydzy pastewnej. *Acta Agrophys.*, 10(3), 573–582.
- Golik, S., Chidichimo, H., Sarandon, S. (2005). Biomass production, nitrogen accumulation and yield in wheat under two tillage systems and nitrogen supply in the Argentine Rolling Pampa. *World J. Agric. Sci.*, 1(1), 36–41.
- Gonzalez-Ponce, R., Salas, M. L. (1993). Nitrogen use efficiency by winter barley under different climatic conditions. *J. Plant Nutr.*, 16, 1249–1261.
- Grabowska, K., Dymerska, A., Grabowski, J., Pożarska, K. (2016). Plonowanie łubinu żółtego (odm. Juno) w zależności od elementów pogodowych w północnej Polsce. *Acta Agrophys.*, 23(2), 189–201.
- Gray, J. S. (2000). The measurement of marine species diversity, with an application to the benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 250(1–2), 23–49.
- Grela, E. R., Skomiał, J. (red., 2015). Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz dla świń. Jabłonna: IFZZ PAN.
- Gregorich, E. G., Caster, M. R., Augers, D. A., Monreal, C. M., Ellest, B. H. (1994). Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.*, 74, 367–385.
- Gruber, S., Pekrun, C., Möhring, J., Claupein, W. (2012). Long-term yield and weed response to conservation and stubble tillage in SW Germany. *Soil Till. Res.*, 121, 49–56.

- Grzywacz, P., Orzeszko-Rywka, A. (2007). Tradycyjne i nowoczesne metody oceny wigoru nasion. *Post. Nauk Roln.*, 5, 79–89.
- Gugała, M., Zarzecka, K. (2012). Wpływ metody uprawy roli i sposobów pielęgnacji na zachwaszczenie i plonowanie łubinu wąskolistnego odmiany Sonet. *Fragm. Agron.*, 29(1), 16–24.
- Gugała, M., Zarzecka, K., Sikorska, A., Kapela, K. (2017). The effect of tillage systems and weed control on the yield yellow lupine (*Lupinus luteus* L.). *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 16(1), 25–33.
- GUS (2017). Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej. Warszawa.
- GUS (2018). Użytkowanie gruntów i powierzchnia zasiewów w 2017 r. Warszawa.
- Halvorson, A. D., Black, A. L., Krupinsky, J. M., Merrill, S. D. (1999). Dryland winter wheat response to tillage and nitrogen within an annual cropping system. *Agron. J.*, 91, 702–707.
- Hammershoj, M., Steinfeldt, S. (2005). Effect of blue lupin (*Lupinus angustifolius*) in organic layer diets and supplementation with foraging material on egg production and some egg quality parameters. *Poultry Sci.*, 84, 723–733.
- Harasim, E., Wesołowski, M. (2013). Yield and some quality traits of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grain as influenced by the application of different rates of nitrogen. *Acta Agrobot.*, 66(3), 67–72.
- Heenan, D. P., Taylor, A. C., Chan, K. Y., McGhie, W. J., Collins, D., Lill, W. J. (2000). The impact of long-term rotation, tillage and stubble management on lupin (*Lupinus angustifolius* L.) productivity. *Field Crops Res.*, 67, 11–23.
- Herbert, S. J., Hill, G. D. (1978). Plant density and irrigation studies on lupins. Part 2. Components of seed yield of *Lupinus angustifolius* cv. WAU11B. *N.Z. J. Agri. Res.*, 21, 475–481.
- Hernández Plaza, E., Navarrete, L., González-Andújar, J. L. (2015). Intensity of soil disturbance shapes response trait diversity of weed communities: The long-term effects of different tillage systems. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 207, 101–108.
- Holland, J. M. (2004). The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 103, 1–25.
- Horodyski, A. (1962). Przebieg pobierania azotu przez rzepak ozimy w zależności od wysokich dawek nawozów azotowych i pory ich zastosowania. *Pam. Puław.*, 8, 83–143.
- Hughes, R. J., Kocher, A. (1998). Nutritive value of lupins for layers. *Proc. Aust. Poult. Sci. Sym.*, 1998, art. 10, 140–143.
- Hungria, M., Vargas, M. A. T. (2000). Environmental factors affecting N<sub>2</sub> fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. *Field Crops Res.*, 65, 151–164.
- Husnjak, S., Filipovic, D., Kosutic, S. (2002). Influence of different tillage systems on soil physical properties and crop yield. *Rost. Vyroba*, 48, 249–254.
- ISTA (2006). International rules for seed testing. Bassersdorf, Switzerland: International Seed Testing Association.
- Jagadamma, S., Lal, R. (2010). Distribution of organic carbon in physical fractions of soils as affected by agricultural management. *Biol. Fertil. Soils.*, 46, 543–554.

- Jankowski, K. J., Rybacki, R., Budzyński, W. S. (2005). Nawożenie a plon nasion rzepaku ozimego w gospodarstwach wielkoobszarowych. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops*, 26, 438–450.
- Jankowski, K., Budzyński, W. (2000). Wpływ uproszczenia uprawy roli i sposobu regulacji zachwaszczenia na plonowanie i koszt produkcji rzepaku ozimego. Cz. 2. Koszty produkcji nasion. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops*, 21, 503–511.
- Jankowski, K., Budzyński, W. (2000). Wpływ uproszczenia uprawy roli i sposobu regulacji zachwaszczenia na plonowanie i koszt produkcji nasion rzepaku ozimego. Cz. 2. Koszty produkcji nasion. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops*, 21, 503–511.
- Januszek, K. (1999). Aktywność enzymatyczna wybranych gleb leśnych Polski południowej w świetle badań polowych i laboratoryjnych. *Zesz. Nauk. AR Krak., Rozpr.*, 250.
- Januszewicz, E. K., Suchowilska, E. (2003a). Reakcja na suszę nowych odmian łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.). Cz. 1. Reakcja na suszę posiewną. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 495, 27–37.
- Januszewicz, E. K., Suchowilska, E. (2003b). Reakcja na suszę nowych odmian łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.). Cz. 2. Reakcja na suszę łubinu żółtego w fazie kwitnienia i plonowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 495, 39–49.
- Jarecki, W., Bobrecka-Jamro, D. (2012). Reakcja łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.) na zróżnicowaną ilość wysiewu nasion. *Fragm. Agron.*, 29(4), 56–62.
- Jarecki, W., Bobrecka-Jamro, D. (2014). Effect of the sowing date on the size and quality of the seed yield of yellow lupine (*Lupinus luteus* L.). *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 13(2), 13–22.
- Jarecki, W., Bobrecka-Jamro, D. (2014). Wpływ zróżnicowanej ilości wysiewu nasion na rozwój i plonowanie łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sec. E*, 69(2), 11–21.
- Jarecki, W., Szpunar-Krok, E., Bobrecka-Jamro, D. (2017). Reakcja łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) na dolistne dokarmianie. *Zesz. Nauk. Uniw. Przyr. Wrocław., Roln.*, 120, 623, 27–36.
- Jasińska, Z., Kotecki, A. (2001). Wpływ roślin strączkowych na gromadzenie masy organicznej i składników mineralnych w glebie. *Zesz. Nauk. AR Krak.*, 76(373), 47–54.
- Jaskulska, I., Najdowski, Ł., Gałęzowski, L., Kotwica, K., Lamparski, R., Piekarczyk, M., Wasilewski, P. (2017). Wpływ całopowierzchniowej uprawy bezpłużnej i strip-till na zużycie paliwa, plony oraz jakość korzeni buraka cukrowego. *Fragm. Agron.*, 34(3), 58–65.
- Jaskulski, D., Kotwica, K., Jaskulska, I., Piekarczyk, M., Osiński, G., Pochylski, B. (2012). Elementy współczesnych systemów uprawy roli i roślin – skutki produkcyjne oraz środowiskowe. *Fragm. Agron.*, 29(3), 61–70.
- Javurek, M., Vach, M. (1999). Response of soil tillage systems to yield formation of crops in short crop rotation. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agric.*, 195(74), 53–58.
- Jezierny, D., Mosenthin, R., Bauer, E. (2010). The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 157, 111–128.
- Jezińska-Tys, S., Frąc, M., Fidecki, M. (2004). Wpływ nawożenia osadem ściekowym na aktywność enzymatyczną gleby brunatnej. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska*, 59, 3, 1–7.

- Jug, I., Jug, D., Sabo, M., Stipeševć, B., Stošić, M. (2011). Winter wheat yield and yield components as affected by soil tillage systems. *Turk. J. Agric. For.*, 35, 1–7.
- Kaczmarek, S. A., Cowieson, A. J., Hejdysz, M., Rutkowski, A. (2015). Microbial phytase improves performance and bone traits in broilers fed diets based on soybean meal and containing lupin meal. *Anim. Prod. Sci.*, 56, 1669–1676.
- Kaczmarek, S. A., Kasprowicz-Potocka, M., Hejdysz, M., Mikuła, R., Rutkowski, A. (2014). The nutritional value of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*) for broilers. *J. Anim. Feed Sci.*, 23, 160–166.
- Kaczorowska, Z. (1962). *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*. Warszawa: Wydawnictwa Geologiczne.
- Kaniuczak, J., Kostecka, J., Niemiec, W. (2005). Wybrane aspekty zagospodarowania odpadów organicznych a produkcja biomasy wierzby energetycznej. Rzeszów: Kat. Agroekol. Uniw. Rzeszow.
- Kim, J. C., Pluskie, J. R., Mullau, B. P. (2008). Nutritive value of yellow lupins (*L. luteus*) for weaned pigs. *J. Exp. Agr.*, 48, 1225–1231.
- Kisiel, R. (1999). *Ekonomia produkcji rolniczej*. Olsztyn: UWM.
- Kladivko, E. (2001). Tillage systems and soil ecology. *Soil Till. Res.*, 61, 61–76.
- Kordas, L. (1999). Wpływ stosowania siewu bezpośredniego na nakłady energetyczne i plonowanie pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 367, Rolnictwo, 124, 135–139.
- Kordas, L. (2004). Wpływ wieloletniego stosowania uprawy zerowej w zmianowaniu na zachwaszczenie. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 44(2), 841–844.
- Kordas, L. (2005). Energy and economic effects of reduced tillage in crop rotation. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 4(1), 51–59.
- Korsak-Adamowicz, M., Starczewski, J., Dopka, D. (2007). Oddziaływanie niektórych zabiegów agrotechnicznych na brodawkowanie soi. *Fragm. Agron.*, 24(3), 232–237.
- Koštutić, S., Filipović, D., Gospodarić, Z., Husnjak, S., Kovačev, I., Čopec, K. (2005). Effects of different soil tillage systems on yield of maize, winter wheat and soybean on albic luvisol in north-west Slavonia. *J. Cent. Eur. Agric.*, 6(3), 241–248.
- Kotecki, A. (red., 2012). *Rośliny strączkowe w rolnictwie integrowanym*. Wrocław: Wyd. UP.
- Kotecki, A. (red., 2014). *Współrzędna uprawa bobiku i lubinu żółtego z pszenżytem jarym*. Wrocław: Wyd. UP.
- Kotecki, A., Kozak, M., Malarz, W. (2004). Wpływ zróżnicowanego poziomu agrotechniki na rozwój i plonowanie odmian rzepaku ozimego. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops*, 25, 97–107.
- Kozak, M. (1999). Wpływ przedplonów i nawożenia azotem na rozwój i plonowanie rzepaku. Cz. 2. Następczy wpływ grochu i bobiku na rozwój i plonowanie rzepaku. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, Rolnictwo, 74, 27–42.
- Kozak, M., Malarz, W., Kotecki, A. (2010a). Wpływ ilości wysiewu na wysokość i jakość plonu nasion wybranych odmian bobiku. Cz. 1. Rozwój i cechy morfologiczne roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 550, 167–173.
- Kozak, M., Malarz, W., Kotecki, A. (2010b). Wpływ ilości wysiewu na wysokość i jakość plonu nasion wybranych odmian bobiku. Cz. 2. Plon nasion i wartość pokarmowa. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 550, 175–182.

- Koziara, W., Panasiewicz, K., Mystek, A. (2006). Wielkość plonu i skład chemiczny ziarna pszenicy ozimej w zależności od deszczowania, sposobu uprawy i nawożenia azotem. *Rocz. AR Pozn., Rolnictwo*, 66, 169–176.
- Koziara, W., Sulewska, H., Panasiewicz, K. (2007). Efektywność nawożenia azotem pszenicy ozimej w zależności od sposobu uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 24(3), 238–244.
- Krawczyk, R., Mrówczyński, M. (red., 2012). *Metodyka integrowanej ochrony łubinu wąskolistnego, żółtego i białego dla producentów*. Poznań: IOR – PIB.
- Księżak, J. (2010). Struktura plonu nasion grochu siewnego w zależności od poziomu wilgotności gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 550, 151–157.
- Kuchtová, P., Baranyk, P., Vašák, J., Fábry, A. (1996). Czynniki warunkujące tworzenie plonu nasion rzepaku ozimego. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops*, 1, 223–234.
- Kučko, A., Wilmowicz, E., Zienkiewicz, A., Zienkiewicz, K., de Dios Alche, J. (2017). Lokalizacja prekursora etylenu w warstwie odcinającej kwiatów *Lupinus luteus*. W: XIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nauka dla hodowli i nasiennictwa roślin uprawnych”. 30.01–03.02, Zakopane.
- Kulasek, M., Glazińska, P., Klajn, N., Kęsy J., Kopcewicz, J. (2017). Modulacja szlaku transdukcji sygnału auksyn jako potencjalna metoda zwiększenia plonowania łubinu żółtego. W: XIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nauka dla hodowli i nasiennictwa roślin uprawnych”. 30.01–03.02, Zakopane.
- Kulig, B., Pisulewska, E., Sajdak, A. (2007). Wpływ ilości wysiewu na plonowanie oraz wielkość powierzchni asymilacyjnej wybranych odmian bobiku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 522, 263–270.
- Kumar, K., Goh, K. M. (2002). Management practices of antecedent leguminous and non-leguminous crop residues in relation to winter wheat yields, nitrogen uptake, soil nitrogen mineralization and simple nitrogen balance. *Eur. J. Agron.*, 16, 295–308.
- Kurasiak-Popowska, D., Szukała, J. (2007). Effect of tillage systems, microelement foliar fertilization and harvest methods the germinability and vigor narrow-leaf lupin seeds. *EJPAU*, 10(4), #27.
- Kurasiak-Popowska, D., Szukała, J. (2008). Wpływ systemów uprawy roli, dolistnego nawożenia mikroelementami i sposobów zbioru na kształtowanie zdolności kiełkowania i wigoru nasion łubinu żółtego odmiany Parys. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 7(2), 51–67.
- Kurasiak-Popowska, D., Szukała, J., Mystek, A. (2003). Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych na wigor nasion łubinu żółtego i wąskolistnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 495, 179–190.
- Lampart-Szczapa, E., Kossowska, I., Nogala-Kałużka, M., Malinowska, M., Siger, A. (2007). Związki polifenolowe ekstrudowanych preparatów łubinowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 522, 393–397.
- Lampart-Szczapa, E., Łoza, A. (2007). Funkcjonalne składniki nasion łubinu – korzyści i potencjalne zagrożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 522, 387–392.
- Lampurlanés, J., Plaza-Bonilla, D., Alvaro-Fuentes, J., Cantero-Martínez, C. (2016). Long-term analysis of soil water conservation and crop yield under different tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Field Crops Res.*, 189, 59–67.
- Lenart, S., Perzanowska, A. (2013). Wpływ płużnej uprawy roli i siewu bezpośredniego na zawartość w glebie materii organicznej ekstrahowanej metodami fizycznymi. *Acta Agrophys.*, 20(4), 595–607.



- Lenart, S., Sławiński, P. (2010). Wybrane właściwości gleby oraz występowanie dżdżownic w warunkach siewu bezpośredniego i płużnej uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 27(4), 86–93.
- Lepiarczyk, A., Kulig, B., Stępnik, K. (2005). Wpływ uproszczonej uprawy roli i przedplonu na plonowanie oraz kształtowanie LAI wybranych odmian pszenicy ozimej w płodozmianie zbożowym. *Fragm. Agron.*, 22(2), 98–105.
- Litke, L., Gaile, Z., Ruža, A. (2017). Nitrogen fertilizer influence on winter wheat yield and yield components depending on soil tillage and forecrop. *Agric. Sci., Res. Rural Devel.*, 23(2), 54–61.
- Łubkowski, Z. (1968). *Metodyka doświadczalnictwa rolniczego*. Warszawa: PWRiL.
- Łyczko, W., Pływaczyk, L., Klaus, R. (2000). Oddziaływanie budowli piętrzącej na wody gruntowe w terenie przyległym. *Rocz. AR Pozn.* 342, *Melior. Inż. Środ.*, 23, 267–278.
- Madejón, E., Moreno, F., Murillo, J. M., Pelegrin, F. (2007). Soil biochemical response to long-term conservation tillage under semi-arid Mediterranean conditions. *Soil Till. Res.*, 94, 346–352.
- Makarewicz, A., Gąsiorowska, B., Cybulska, A. (2012). Wpływ dolistnego nawożenia azotem na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 29(1), 105–113.
- Malarz, W., Kozak, M., Kotecki, A. (2010). Wpływ ilości wysiewu na wysokość i jakość plonu nasion wybranych odmian bobiku. Cz. 3. Wartość resztek pozbiorowych roślin bobiku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 550, 183–190.
- Malicki, L. (1968). Oznaczenie masy korzeniowej roślin w warunkach polowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 88, 17–31.
- Malicki, L. (1997). Znaczenie resztek poźniwnych w płodozmianie. *Acta Acad. Agric. Tech. Olst., Agricultura*, 64, 57–66.
- Malicki, L., Podstawka-Chmielewska, E., Kwiecińska, E. (2000). Fitocenoza ładu niektórych roślin na rędzinie w warunkach zróżnicowanej uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 17(2), 30–44.
- Małecka, I., Blecharczyk, A., Sawinska, Z., Piechota, T., Waniorek, B. (2012a). Plonowanie zbóż w zależności od sposobów uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 29(1), 114–123.
- Małecka, I., Swędrzyńska, D., Blecharczyk, A., Dytman-Hagedorn, M. (2012b). Wpływ systemów uprawy roli pod groch na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby. *Fragm. Agron.*, 29(4), 106–116.
- Małecka, I., Blecharczyk, A., Sawinska, Z., Swędrzyńska, D., Piechota, T. (2015). Winter wheat yield and soil properties response to long-term non-inversion tillage. *J. Agric. Sci. Tech.*, 17, 1571–1584.
- Małecka-Jankowiak, I., Blecharczyk, A., Faligowska, A., Szukała, J., Waniorek, B. (2015). Wpływ deszczowania i systemów uprawy roli na fizyczne właściwości gleby pod hubinem żółtym i wąskolistnym. *Fragm. Agron.*, 32(4), 43–52.
- Małecka-Jankowiak, I., Blecharczyk, A., Swędrzyńska, D., Sawinska, Z., Piechota, T. (2016). The effect of long-term tillage systems on some soil properties and yield of pea. *Acta Sci. Pol. Agric.*, 15(1), 37–50.
- Marcinek, J., Komisarek, J. (2011). Systematyka gleb Polski. *Rocz. Glebozn.*, 62(3).

- Martyniuk, S. (2008). Znaczenie procesu biologicznego wiązania azotu atmosferycznego w rolnictwie ekologicznym. *J. Res. Appl. Agric. Engng.*, 53(4), 9–14.
- Martyniuk, S. (2012). Naukowe i praktyczne aspekty symbiozy roślin strączkowych z bakteriami brodawkowymi. *Pol. J. Agron.*, 9, 17–22.
- Mas, M. T., Verdú, A. M. C. (2003). Tillage system effects on weed communities in a 4-year crop rotation under Mediterranean dryland conditions. *Soil Till. Res.*, 74, 15–24.
- Matthews, S., Demir, I., Celikkol, T., Kenanoglu, B. B., Mavi, K. (2009). Vigour tests for cabbage seeds using electrical conductivity and controlled deterioration to estimate relative emergence in transplant modules. *Seed Sci. Technol.*, 37, 736–746.
- Mazurek, J., Biskupski, A. (1997). Wpływ nawożenia azotowego i ilości wysiewu na plonowanie oraz wartość technologiczną odmian pszenicy ozimej. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.*, 164, 215–226.
- McVay, K. A., Budde, J. A., Fabrizzi, K., Mikha, M. M., Rice, C. W., Schlegel, A. J., ..., Thompson, C. (2006). Management effects on soil physical properties in long-term tillage studies in Kansas. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70, 434–438.
- Melaj, M., Echeverria, H., Lopez, S., Studdert, G., Andrade, F., Barbaro, N. (2003). Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. *Agron. J.*, 95, 1525–1531.
- Melero, S., Panettieri, M., Madejón, E., Gómez, Macpherson, H., Moreno, F., Murillo, J. M. (2011). Implementation of chiseling and mouldboard ploughing in soil after 8 years of no-till management in SW, Spain: Effect on soil quality. *Soil Till. Res.*, 112, 107–113.
- Mocek-Płóćiniak, A. (2010). Wykorzystanie aktywności enzymatycznej do oceny wpływu antropogenicznych zmian wywołanych przez metale ciężkie w środowisku glebowym. *Nauka Przyr. Technol.*, 4, 6, #86.
- Molga, M. (1986). *Meteorologia rolnicza* (s. 465–475). Warszawa: PWRiL.
- Morris, N. L., Miller, P. C. H., Orson, J. H., Froud-Williams, R. J. (2010). The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment – A review. *Soil Till. Res.*, 108, 1–15.
- Muśnicki, Cz. (1989). Charakterystyka botaniczno-rolnicza rzepaku ozimego i jego plonowanie w zmiennych warunkach środowiskowo-agrotechnicznych. *Rocz. Nauk. AR Pozn., Rozp. Nauk.*, 191.
- Natywa, M., Selwet, M., Maciejewski, T. (2014). Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na liczebność i aktywność drobnoustrojów glebowych. *Fragm. Agron.*, 31(2), 56–63.
- Nemecek, T., Von Richthofen, J. S., Dubois, G., Casta, P., Charles, R., Pahl, H. (2008). Environmental impacts of introducing grain legumes in European crop rotation. *Europ. J. Agron.*, 28, 380–393.
- Novoa, R., Loomis, R. S. (1981). Nitrogen and plant production. *Plant Soil*, 58, 177–204.
- Ogle, S. M., Breidt, F. J., Paustian, K. (2005). Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperature and tropical regions. *Biogeochemistry*, 72, 87–121.
- Orzech, K., Nowicki, J., Marks, M. (2003). Znaczenie uprawy roli w kształtowaniu środowiska. *Post. Nauk Roln.*, 1, 131–144.

- Ozpinar, S. (2006). Effects of tillage systems on weed population and economics for winter wheat production under the Mediterranean dryland conditions. *Soil Till. Res.*, 87(1), 1–8.
- Özpinar, S., Çay, A. (2005). Effects of minimum and conventional tillage systems on soil properties and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in clay-loam in Çanakkale region. *Turk. J. Agric. For.*, 29, 9–18.
- Pabin, J., Włodek, S., Biskupski, A. (2008). Niektóre uwarunkowania środowiskowe i produkcyjne przy stosowaniu uproszczonych sposobów uprawy roli. *Inż. Roln.*, 99(1), 333–338.
- Pereira, T. G., Oliva-Teles, A. (2004). Evaluation of micronised lupin seed meal as alternative source in diets for gilt head sea bream (*Sparus aurata* L. juveniles). *Aquaculture Res.*, 35, 828–835.
- Perry, D. A. (1980). Seed vigour and seedling establishment. *Adv. Res. Tech. Seeds*, 5, 25–40.
- Piechota, T., Zbytek, Z., Kowalski, M., Dach, J. (2013). Wpływ pasowej uprawy roli i mechanicznego zwalczania chwastów na fizyczne właściwości gleby w uprawie kukurydzy w plonie wtórnym. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 58(4), 104–108.
- Piekarczyk, M. (2006). Możliwość redukcji dawki herbicydu Afalon 50 WP przy różnej uprawie późniejszej pod łubin wąskolistny. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 5(1), 37–44.
- PN-68/R-74017 (1969). Ziarno zbóż i nasiona strączkowe jadalne. Oznaczenie masy tysiąca ziarn. Warszawa: PKN.
- Podciewska, M., Natywa, M., Majchrzak, L., Cłapa, T., Selwet, M. (2013). Wpływ sposobu przygotowania stanowiska pod pszenicę jarą na liczebność mikroorganizmów i aktywność biochemiczną gleby. *Pol. J. Agron.*, 15, 21–26.
- Podleśny J., Książek, J. (2009). Aktualne i perspektywiczne możliwości produkcji nasion roślin strączkowych w Polsce. *Stud. Rapor. IUNG-PIB*, 14, 111–132.
- Podleśny J., Podleśna, A. (2011). Effect of rainfall amount and distribution on growth, development and yields of determinate and indeterminate cultivars of blue lupin. *Pol. J. Agron.*, 4, 16–22.
- Podleśny, J. (2005). Rośliny strączkowe w Polsce – perspektywy uprawy i wykorzystanie nasion. *Acta Agrophys.*, 6(1), 213–224.
- Podleśny, J. (2007a). Dynamika gromadzenia suchej masy i plonowanie termoneutralnych i nietermoneutralnych odmian łubinu żółtego w zależności od terminu siewu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 522, 297–306.
- Podleśny, J. (2007b). Dynamika wzrostu, rozwoju i plonowania dwóch różnych genotypów łubinu białego w zależności od zagęszczenia łanu. *Fragm. Agron.*, 2(94), 261–273.
- Podleśny, J. (2008). Przydatność nowych odmian łubinu żółtego do uprawy na zieloną masę. *Pam. Puł.*, 147, 189–201.
- Podleśny, J., Podleśna, A. (2003). Wpływ różnych poziomów wilgotności gleby na rozwój i plonowanie dwóch genotypów łubinu białego (*Lupinus albus* L.) *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.*, 228, 315–322.
- Podleśny, J., Strobel, W. (2006). Wpływ terminu siewu na kształtowanie wielkości plonu nasion i białka zróżnicowanych genotypów łubinu wąskolistnego. *Acta Agrophys.*, 8(4), 923–933.

- Prusiński, J. (2000a). Polowa zdolność wschodów roślin strączkowych. Cz. 2. Wpływ warunków glebowo-klimatycznych i agrotechniki siewu. *Fragm. Agron.*, 68(4), 84–98.
- Prusiński, J. (2000b). Polowa zdolność wschodów roślin strączkowych. Cz. 1. Wpływ agrotechniki oraz warunków dojrzewania i zbioru plantacji nasiennych na wartość siewną nasion. *Fragm. Agron.*, 68(4), 70–83.
- Prusiński, J. (2002). Analiza plonowania tradycyjnej i samokończącej odmiany łubinu białego (*Lupinus albus* L.) w zależności od obsady roślin. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.*, 221, 175–187.
- Prusiński, J. (2007). Postęp biologiczny w łubinie (*Lupinus* sp.) – rys historyczny i stan aktualny. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 522, 23–37.
- Prusiński, J. (2010). Rośliny strączkowe w Unii Europejskiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 550, 11–19.
- Prusiński, J., Kaszkowiak, E., Borowska, M. (2008). Wpływ nawożenia i dokarmiania roślin azotem na plonowanie i strukturalne elementy plonu nasion bobiku. *Fragm. Agron.*, 25(4), 111–127.
- Qin, S., He, X., Hu, C., Zhang, Y., Dong, W. (2010). Response of soil chemical and microbial indicators to conservation tillage versus traditional tillage in the North China Plain. *Eur. J. Soil Biol.*, 46, 243–247.
- Raport końcowy z realizacji programu wieloletniego „Ulepszanie krajowych źródeł białka roślinnego, ich produkcji, systemu obrotu i wykorzystania w paszach 2011–2015. (2015). Wsp. J. Księżak, W. Święcicki, J. Szukała, A. Rutkowski, M. Jerzak, J. Barszczewski. Puławy: IUNG–PIB.
- Rasmussen, K. J. (1999). Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil Till. Res.*, 53, 3–14.
- Rathke, G.-W., Christen, O., Diepenbrock, W. (2005). Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crops Res.*, 94, 103–113.
- Rieger, S., Richner, W., Streit, B., Frossard, E., Liedgens, M. (2008). Growth, yield, and yield components of winter wheat and the effects of tillage intensity, preceding crops, and N fertilisation. *Eur. J. Agron.*, 28, 405–411.
- Rímovský, K. (1987). Resztki poźniwne roślin uprawnych i ich wpływ na bilans masy organicznej w glebie. *Acta Acad. Agric. Tech. Olst., Agricultura*, 44, 163–170.
- Rognli, O. A. (2007). GMOs and the role of seed yield capacity in herbage breeding programs. *Biofork Fokus*, 12, 13–21.
- Roszak, W. (1966). Badania wpływu roślin wieloletnich na produktyjność gleby na podstawie ich działania na niektóre elementy jej żyzności oraz plony roślin następczych. Cz. 2. Wartość resztek poźniwnych roślin wieloletnich a plonowanie roślin następczych. *Rocz. Nauk Roln.*, 91(3), 571–592.
- Rusu, T., Gus, P., Bogdan, I. (2006). The influence of minimum soil tillage systems on weed density, frequency of phytopatogenous agents and crop yields of soybean, wheat, potato, rape and corn. *J. Food, Agri. Environ.*, 4(1), 225–227.
- Rutkowski, A., Hejdysz, M., Kaczmarek, S., Adamski, M., Nowoczeski, S., Jamroz, D. (2017). The effect of addition of yellow lupin seeds (*Lupinus luteus* L.) to laying hen diets on performance and egg quality parameters. *J. Anim. Feed Sci.*, 26, 247–256.

- Rutkowski, A. (red., 2017). Zalecenia żywieniowe dotyczące stosowania krajowych pasz wysokobiałkowych pochodzenia roślinnego dla świń i drobiu. Osielsko: Uniw. Przyr., APRA.
- Rutkowski, A., Kaczmarek, S. A., Hejdysz, M., Jamroz, D. (2016). Effect of extrusion on nutrients digestibility, metabolizable energy and nutritional value of yellow lupine seeds for broiler chickens. *Ann. Anim. Sci.*, 16(4), 1059–1072.
- Sadowski, T., Krześlak, S., Zawiaślak, K. (2000). Regenerujące znaczenie łubinu żółtego w płodozmianach zbożowych na glebie lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 470, 43–47.
- Salem, H. M., Valero, C., Ángel Muñoz, M., Gil Rodríguez, M., Silva, L. L. (2015). Short-term effects of four tillage practices on soil physical properties, soil water potential, and maize yield. *Geoderma*, 237/238, 60–70.
- Samarajeewa, K. B. D. P., Horiuchi, T., Oba, S. (2005). Weed population dynamics in wheat as affected by *Astragalus sinicus* L. (Chinese milk vetch) under reduced tillage. *Crop Protect.*, 24(10), 864–869.
- Šařec, P., Šařec, O., Dobek, T. K., Horák, L. (2009). Analiza produkcji rzepaku ozimego w zależności od technologii przygotowania roli do siewu. *Inż. Roln.*, 110(1), 265–271.
- Sawicka-Sienkiewicz, E., Galek, R., Zalewski, D. (2007). Zmienność wybranych cech u mutantów odmiany Emir łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 522, 39–54.
- Sienkiewicz, J. (2010). Koncepcje bioróżnorodności – ich wymiary i miary w świetle literatury. *Ochr. Środ. Zasob. Natur.*, 45, 7–29.
- Singer, J. W., Kohler, K. A., Liebman, M., Richard, T. L., Cambardella, C. A., Buhler, D. D. (2004). Tillage and compost affect yield of corn, soybean, and wheat and soil fertility. *Agron. J.*, 96, 531–537.
- Skibniewska, K. A., Majewska, K., Chwalisz, K., Bieniaszewski, T. (2003). Zastosowanie dodatku mąki różnych odmian łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) do wypieku chleba. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 495, 415–423.
- Skowera, B., Puła, J. (2004). Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971–2000. *Acta Agrophys.*, 3(1), 171–177.
- Skrzyczyński, T., Boligłowa, E., Starczewski, J. (1992). Wartość przedplonowa roślin strączkowych dla jęczmienia jarego i pszenżyta ozimego. *Fragm. Agron.*, 4(36), 35–42.
- Smagacz, J. (2006). Ocena produkcyjno-ekonomiczna różnych systemów uprawy roli. *Inż. Roln.*, 1, 55–62.
- Smulikowska, S., Rutkowski, A. (red., 2005). Zalecenia żywieniowe i wartość pokarmowa pasz. Normy żywienia drobiu. Jabłonna: IFZZ PAN.
- Soane, B. D., Ball, B. C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., Roger-Estrade, J. (2012). No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problem and opportunities for crop production and the environment. *Soil Till. Res.*, 118, 66–87.
- Sońta, M., Rekiel, A., Więcek, J. (2016). The efficiency of fattening pigs with mixtures containing yellow lupine (*Lupinus luteus*). *Sci. Ann. Pol. Soc. Anim. Prod.*, 12(2), 9–18.
- Stanisz, A. (1998). Przystępny kurs statystyki. T. 1. Kraków: Statsoft Polska.

- Streit, B., Rieger, S., Stamp, P., Richner, W. (2002). Weed populations in winter wheat as affected by crop sequence, intensity of tillage and time of herbicide application in a cool and humid climate. *Weed Res.*, 43, 20–32.
- Strydhorst, S. M., King, J. R., Lopetinsky, K. J., Harker, K. N. (2008). Weed interference, pulse species and plant density effects on rotational benefits. *Weed Sci.*, 56(2), 249–258.
- Stupnicka-Rodzinkiewicz, E., Lepiarczyk, A., Pasek, T. (2003). Wpływ herbicydów powszodowych na zachwaszczenie i plonowanie łubinu białego (*Lupinus albus* L.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 490, 249–255.
- Szempliński, W. (1997). Plonowanie zbóż jako kryterium rolniczej oceny wartości przedplonowej różnych form bobiku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 446, 231–238.
- Szmiągł, A., Oleksy, A. (2004). Kształtowanie się powierzchni liści dwóch odmian pszenżyta jarego w zależności od jego udziału w mieszance z pszenicą. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl.*, 231, 211–221.
- Szukała, J., Mystek, A. (2006). Plonowanie grochu siewnego w zależności od deszczowania, uproszczeń uprawy roli i nawożenia azotem. *Rocz. AR Pozn., Roln.*, 66, 347–356.
- Szukała, J., Mystek, A., Kurasiak-Popowska, D. (2003). Produkcyjne i ekonomiczne skutki stosowania uproszczeń w uprawie łubinu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 495, 219–230.
- Szwejkowski, Z., Bieniaszewski, T. (2001). Wpływ warunków klimatycznych na plonowanie i cechy jakościowo-strukturalne trzech odmian łubinu żółtego. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, 426, 143–155.
- Świącicki, W., Chudy, M., Żuk-Gołaszewska, K. (2007). Rośliny strączkowe w projektach badawczych Unii Europejskiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 522, 55–65.
- Świącicki, W., Kroc, M., Kamel, K. A. (2015). Lupin. W: A. M. de Ron (red.), *Grain legumes. Handbook of plant breeding 10*. New York: Springer Science + Business Media.
- Świącicki, W., Nawrot, Cz. (2007). Kolekcje i banki genów roślin strączkowych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 522, 67–74.
- The biology of *Lupinus* L. (lupin or lupine). Australian Government. Version 1: April 2013. (2013). Department of Health and Ageing. Office of the Gene Technology Regulator, 1–64.
- Tuesca, D., Puricelli, E., Papa, J. C. (2001). A long-term study of weed flora shifts in different tillage systems. *Weed Res.*, 41, 369–382.
- Voisin, A. S., Gueguen, J., Huyghe, Ch., Jeuffroy, M. H., Magrini, M. B., Meynard, J. M., ..., Pelzer, E. (2014). Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe: a review. *Agron. Sustain. Dev.*, 34, 361–380.
- Vyn, T. J., Opoku, G., Swanton, C. J. (1998). Residue management and minimum tillage systems for soybean following wheat. *Agron. J.*, 90, 131–138.
- Wanic, M., Nowicki, J., Bielski, S. (2004). Reakcja mieszanki jęczmienia jarego z owsem na różne przedplony i częstotliwość uprawy w płodozmianie. Cz. 2. Masa i jakość resztek poźniwnych. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 3(2), 177–186.
- Wasilewko, J., Buraczewska, L. (1999). Chemical composition including content of amino acids, minerals and alkaloids in seeds of three lupin species cultivated in Poland. *J. Anim. Feed Sci.*, 8, 1–12.

- Weber, R., Hryńczuk, B. (2005). Wpływ sposobu uprawy roli i przedplonu na zachwaszczenie pszenicy ozimej. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E*, 60, 93–102.
- Weiner, J. (2003). *Życie i ewolucja biosfery. Podręcznik ekologii ogólnej*. Warszawa: PWN.
- West, T. D., Griffith, D. R., Steinhardt, G. C., Kladvik, E. J., Parsons, S. D. (1996). Effect of tillage and rotation on agronomic performances of corn and soybean: Twenty-years study on dark silty loam soil. *J. Prod. Agric.*, 9, 241–248.
- West, T. D., Post, W. M. (2002). Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: a global data analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66, 1930–1946.
- Wielebski, F., Wójtowicz, M. (1998). Reakcja odmian rzepaku ozimego na wzrastające dawki azotu na glebach żytnich w Zielęcinie. *Rośl. Oleiste – Oilseed Crops*, 19, 507–514.
- Wielgosz, E., Szember, A. (2006). Występowanie naturalnych zespołów drobnoustrojów glebowych w strefie przykorzeniowej roślin wykorzystywanych w zagospodarowywaniu terenów przydomowych. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E*, 61, 75–92.
- Wilhelm, W. W., Wortmann, Ch. S. (2004). Tillage and rotation interactions for corn and soybean grain yield as affected by precipitation and air temperature. *Agron. J.*, 96, 425–432.
- Wilmowicz, E., Kućko, A., Marciniak, K., Wolska, M., Kopcewicz, J. (2017). Hormonalna i molekularna regulacja odcinania kwiatów u łubinu żółtego. W: XIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nauka dla hodowli i nasiennictwa roślin uprawnych”. 30.01–03.02, Zakopane.
- Wolko, B., Clements, J. C., Naganowska, B., Nelson, M. N., Yang, H. (2011). *Lupinus*. W: C. Kole (red.), *Wild crop relatives: genomic and breeding resources, legume crops and forages*. Berlin–Heidelberg: Springer.
- Wolna-Maruwka, A., Mocek-Płóćiniak, A., Schroeter-Zakrzewska, A., Niewiadomska, A., Piechota, T., Swędryńska, D., ..., Pilarska, A. A. (2015). The influence of a microbial inoculum on the enzymatic activity of peat and morphological features of the French marigold. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 4, #47.
- Woźniak, A. (2006). Wpływ przedplonów na plon i jakość ziarna pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 5(2), 99–106.
- Woźniak, A., Soroka, M., Stępniewska, A., Makarski, B. (2014). Chemical composition of pea (*Pisum sativum* L.) seeds depending on tillage systems. *J. Elem.*, 19, 1143–1152.
- Yin, X., Al-Kaisi, M. M. (2004). Periodic response of soybean yields and economic returns to long term no tillage. *Agron. J.*, 96, 723–733.
- Yang, X. M., Drury, C. F., Reynolds, W. D., Tan, C. S. (2008). Impacts of long-term and recently imposed tillage practices on the vertical distribution of soil organic carbon. *Soil Till. Res.*, 100, 120–124.
- Zduńczyk, Z., Jankowski, J., Mikulski, D., Mikulska, M., Lamparski, G., Słominski, B. A., Juśkiewicz, J. (2014). Growth performance, gastrointestinal function and meat quality in growing-finishing turkeys fed diets with different levels of yellow lupine (*L. luteus*) seeds. *Arch. Anim. Nutr.*, 68(3), 211–226.
- Zecevic, V., Knezevic, D., Boskovic, J., Micanovic, D., Dozet, G. (2010). Effect of nitrogen fertilization on winter wheat quality. *Cereal Res. Commun.*, 38(2), 243–249.

- Zielińska-Dawidziak, M., Jankowski, T. (2010). Migracja ferrytyny z nasion łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) w układach dwufazowych tworzonych z glikolu polietylenowego i skrobi hydroksyetylowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 550, 53–61.
- Zimny, L., Zych, A., Waclawowicz, R. (2015). Systemy uprawy buraka cukrowego w Polsce w badaniach ankietowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 581, 135–145.
- Zoga, M., Nowosad, K., Galek, R., Sawicka-Sienkiewicz, E. (2010). Zastosowanie markerów molekularnych w identyfikacji mieszańców *Lupinus albus sensu lato* L. × *L. mutabilis* sweet. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 550, 71–80.