

Dr inż. Waław Jarecki
Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie
Wydział Biologiczno-Rolniczy
Katedra Produkcji Roślinnej
Ul. Zelwerowicza 4
35-601 Rzeszów

**Załączniki do wniosku o przeprowadzenie postępowania
habilitacyjnego na podstawie osiągnięcia naukowego, pt.:**

**Wpływ dokarmiania dolistnego na wielkość i jakość plonów
wybranych roślin uprawnych**

Rzeszów, 2018

Załączniki

1. Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia naukowego doktora (załącznik 1)
2. Autoreferat w języku polskim i angielskim (załącznik 2)
3. Wykaz innych (nie wchodzących w skład osiągnięcia naukowego) opublikowanych prac naukowych oraz wskaźniki dokonań naukowych (załącznik 3)
4. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych i sprawowanej opiece naukowej nad studentami, współpracy naukowej, stażach i popularyzacji nauki (załącznik 4)
5. Kopie prac naukowych (załącznik 5)
6. Oświadczenia współautorów prac naukowych (załącznik 6)
7. Dane adresowe (załącznik 7)
8. Forma elektroniczna wniosku wraz z załącznikami – 2 płyty CD (załącznik 8)



RZECZPOSPOLITA POLSKA
AKADEMIA ROLNICZA
IM. HUGONA KOŁŁATAJA W KRAKOWIE
Wydział Rolniczo - Ekonomiczny

DYPLOM

Wacław Jarecki

urodzon y dnia 6 lutego 1972 r. w Rzeszowie
na podstawie przedstawionej rozprawy doktorskiej „Efektywność dolistnego
dokarmiania rzepaku mikroelementami”

oraz po złożeniu wymaganych egzaminów uzyskał stopień naukowy

DOKTORA

nauk rolniczych
w zakresie agronomii

nadany uchwałą Rady Wydziału Rolniczo - Ekonomicznego
Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

z dnia 28 września 2005 r.

Promotor w przewodzie doktorskim: Prof. dr hab. Dorota Bobrecka-Jamro

Recenzenci w przewodzie doktorskim: Prof. dr hab. Elżbieta Pisulewska
Prof. dr hab. Wojciech Budzyński

Kraków, dnia 10 maja 2006 r.

Dziekan
/-/ Prof. dr hab. Teofil Łabza

Nr 1295

MENIS-I-4a SW Uda. zam. 1904



Rektor
/-/ Prof. dr hab. Janusz Żmija

Stwierdzam zgodność
odpisu z oryginałem

KIEROWNNIK DZIEKANATU

Małgorzata Garus

Kraków, dnia 10.05.2006

691560040
UNIwersytet Rzeszowski
ul. Rejtana 16C, 35-959 Rzeszów
tel. 872 10 43

Stwierdza się zgodność
kserokopii z oryginałem
14.09.2018

Rzeszów, dnia

Specjalista ds.

Pracowniczych
inż. *Bożena Matlak*

Załącznik 2

Dr inż. Wacław Jarecki
Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie
Wydział Biologiczno-Rolniczy
Katedra Produkcji Roślinnej

AUTOREFERAT

prezentujący dorobek i osiągnięcia naukowe

**Wpływ dokarmiania dolistnego na wielkość i jakość plonów
wybranych roślin uprawnych**

Rzeszów, 2018

1. Imię i Nazwisko: Wacław Jarecki

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe:

- 1987-1992 r. Technikum Rolnicze w Miłocinie. Uprawa roślin, hodowla zwierząt. Świadectwo ukończenia szkoły średniej potwierdzające uzyskanie średniego wykształcenia.
- 1992-1997 r. Jednolite studia magisterskie, realizowane na kierunku Ekonomia w zakresie Ekonomiki Produkcji Rolniczej, Wydział Ekonomii w Rzeszowie, Akademia Rolnicza w Krakowie.
Praca magisterska, pt.: Stan nasiennictwa w województwie rzeszowskim i możliwości jego poprawy. Promotor: dr inż. Bogusław Rząsa. Dyplom ukończenia studiów uprawniający do tytułu zawodowego magister inżynier w zakresie Ekonomiki Produkcji Rolniczej.
- 28.09.2005 r. stopień doktora nauk rolniczych w zakresie Agronomii nadany uchwałą Rady Wydziału Rolniczo - Ekonomicznego, Akademii Rolniczej w Krakowie. Rozprawa doktorska, pt.: Efektywność dolistnego dokarmiania rzepaku mikroelementami.
Promotor: prof. dr hab. Dorota Bobrecka-Jamro
Recenzenci: prof. dr hab. Elżbieta Pisulewska, prof. dr hab. Wojciech Budzyński

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

- 1997–2005 r. – asystent w Katedrze Produkcji Roślinnej, Wydział Ekonomii w Rzeszowie, Akademia Rolnicza w Krakowie a następnie Wydział Biologiczno – Rolniczy - Uniwersytet Rzeszowski,
- 2005–2016 r. – adiunkt w Katedrze Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski.
- 2016 r. do chwili obecnej - starszy wykładowca w Katedrze Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

Wpływ dokarmiania dolistnego na wielkość i jakość plonów wybranych roślin uprawnych

b) publikacje stanowiące osiągnięcie naukowe:

1. **Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2017. Response of spring wheat to different soil and foliar fertilization. Journal of Central European Agriculture. 18(2): 460-476. DOI: <http://dx.doi.org/10.5513/JCEA01/18.2.1919> (14 pkt. MNiSW_{2016 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.

2. **Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2017. Response of spring wheat to diversified mineral fertilization. Journal of Elementology. 22(3): 881-891. DOI: 10.5601/jelem.2016.21.4.1328 (15 pkt. MNiSW_{2016 r.}, IF = 0,641_{2016 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.

3. Buczek J., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2017. Hybrid wheat response to topdressing and foliar application of nitrogen. Journal of Elementology. 22(1): 7-20. DOI:10.5601/jelem.2016.21.2.1125 (15 pkt. MNiSW_{2016 r.}, IF = 0,641_{2016 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 45 %.

4. **Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2016. Response of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) to bacterial soil inoculants and foliar fertilization. Plant, Soil and Environment. 62(9): 422-427. DOI: 10.17221/292/2016-PSE (25 pkt. MNiSW_{2016 r.}, IF = 1,225_{2016 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.

5. **Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2016. Effect of foliar fertilization on chlorophyll content in leaves and chemical composition of faba bean seeds (*Vicia faba* L. (Partim)). Journal of Elementology. 21(4): 1305-1313. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.2.947 (15 pkt. MNiSW_{2016 r.}, IF = 0,641_{2016 r.})
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.
6. **Jarecki W.**, Czarnik M., Bobrecka-Jamro D. 2016. Reaction of white lupin (*Lupinus albus* L.) to the initial nitrogen feeding and foliar feeding. Journal of Central European Agriculture. 17(2): 325-334. DOI: 10.5513/JCEA01/17.2.1710 (14 pkt. MNiSW_{2016 r.})
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.
7. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2012. Wpływ dolistnego dokarmiania Basfoliarem 6-12-6 na wielkość i jakość plonu łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. CIII, 589: 125-134. (5 pkt. MNiSW_{2012 r.})
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.
8. **Jarecki W.**, Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D. 2017. Reakcja łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) na dolistne dokarmianie. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. CXX, 623: 27-36. (9 pkt. MNiSW_{2016 r.})
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.
9. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2010. Wpływ dolistnie stosowanego Moczniaka z Mikrokompleksem na wielkość i jakość plonu nasion rzepaku jarego. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. XCVII, 578: 267-274. (6 pkt. MNiSW_{2010 r.})
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

10. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2007. Efektywność dolistnego dokarmiania rzepaku ozimego Basfoliarem i Soluborem. Fragmenta Agronomica. 1(93): 88-97. (4 pkt. MNiSW 2007 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

Łączna wartość naukometryczna publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe według roku wydania publikacji (punktacja MNiSW) wynosi: **122** punkty. Sumaryczny Impact Factor w/w publikacji wynosi **3,148**. Oświadczenie współautorów wraz z określeniem ich indywidualnego wkładu pracy stanowi Załącznik 6.

c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

WSTĘP

Dokarmianie dolistne pozwala na dostarczenie składników mineralnych roślinie uprawnej przez wszystkie zielone organy nadziemne, w tym głównie przez liście. Rośliny uprawne pobierają składniki pokarmowe przede wszystkim przez system korzeniowy, stąd dokarmianie dolistne należy traktować jako uzupełnienie nawożenia doglebowego, pozwalające zwiększyć efektywność jego działania. Należy też pamiętać, że dolistne zastosowanie większych ilości makroelementów jest ograniczone, choć stopień ich wykorzystania po oprysku na liść jest zwykle wysoki. Natomiast mikroelementy dostarczane są często roślinom uprawnych tylko przez nawozy dolistne, ponieważ zapotrzebowanie na nie jest znacznie mniejsze niż na makroelementy (Czuba 1996, Szewczuk i Michałojć 2003).

Dla roślin uprawnych za najważniejsze mikroelementy uznaje się: bor (B), żelazo (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), miedź (Cu) czy cynk (Zn). W składzie nawozów dolistnych znajdują się też i inne mikroelementy, np.: tytan (Ti) czy krzem (Si) (Szewczuk i Sugier 2009).

Zapotrzebowanie poszczególnych gatunków roślin uprawnych na makro- i mikroelementy jest zróżnicowane, co wynika z uwarunkowań genetycznych i siedliskowych (Czuba i in. 1999, Kocoń 2009). Ustalając zatem wielkość optymalnych dawek nawozów, należy poznać zasobności gleb w przyswajalne formy składników pokarmowych. Dotyczy to głównie makroelementów ale również ważna jest znajomość zasobności gleb w mikroelementy. Wynika to z wprowadzania do uprawy odmian roślin wysoko plonujących, zwykle odznaczających się dużymi potrzebami pokarmowymi, w tym na mikroelementy (Szewczuk i Sugier 2009).

Badania przeprowadzone przez Czubę (1996) i Gembarzewskiego (2000) wskazują, że gleby pól uprawnych w Polsce wykazują niedobór boru. Często też deficytowym mikroelementem jest miedź czy molibden. Należy zatem stwierdzić, że w momencie optymalnego zaopatrzenia roślin uprawnych w podstawowe czynniki plonotwórcze i plonochronne, w tym makroelementy, takie jak: azot (N), fosfor (P), potas (K), siarka (S), czy magnez (Mg), kolejnym zabiegiem agrotechnicznym powinno być prawidłowe zaopatrzenie roślin w mikroelementy.

Grzebisz (1999) oraz Michałojć i Szewczuk (2003) uważają, że wyniki doświadczeń z dolistnym dokarmianiem roślin nie zawsze są jednoznaczne pod względem wysokości jak i jakości plonu. Wpływa na to szereg różnych czynników modyfikujących przenikanie składników pokarmowych przez zielone części nadziemne roślin. Efektywność działania nawozów dolistnych jest szczególnie widoczna kiedy pobieranie składników przez system korzeniowy jest utrudnione, np. okresowe susze.

Do dokarmiania dolistnego stosuje się: mocznik, siarczan magnezu oraz jedno- i wieloskładnikowe nawozy dolistne. W ofercie rynkowej mamy bardzo bogatą ofertę nawozów dolistnych, z tego część preparatów jest uniwersalnych lub też zalecana dla konkretnej grupy roślin czy nawet gatunku. Wybierając nawóz dolistny należy brać pod uwagę zawartość składników oraz informacje zamieszczone na etykiecie (Szewczuk i Sugier 2009).

Dokarmianie dolistne możemy stosować raz lub kilkakrotnie w okresie wegetacji. Poza tym ze względów ekonomicznych zasadne jest zastosowania tego zabiegu w połączeniu z niektórymi opryskami, np. pestycydami (Czuba 1993). Ważne aby wcześniej zapoznać się z zasadami mieszania agrochemikaliów.

W okresie wiosenno - letnim dobre efekty daje kilkukrotne dokarmiania dolistne w okresie intensywnego przyrostu masy wegetatywnej. U roślin ozimych wskazuje się na korzystne wyniki dokarmiania dolistnego również w okresie jesiennej wegetacji (Kocoń 2009, Szewczuk i Sugier 2009).

Wpływ dolistnego dokarmiania roślin uprawnych na wielkość i jakość plonów został potwierdzony licznymi badaniami (Czuba 1993, Kocoń 2009, Liszewski i Błazewicz 2015). Stąd też zabieg dolistnego dokarmiania traktowany jest często jako stały element prawidłowej agrotechniki wielu roślin uprawnych.

Należy jednak pamiętać, że na plantacjach zaniedbanych nie uzyska się zadowalających efektów dokarmiania dolistnego. Aby zabieg dokarmiania dolistnego przyniósł oczekiwany rezultat, niezbędne jest właściwe wykorzystanie warunków glebowo-klimatyczne danego gospodarstwa oraz zapewnienie prawidłowej agrotechniki roślinie uprawnej (Grzebisz 1999).

CEL I HIPOTEZA PRAC BADAWCZYCH

Celem badań przedstawionych w cyklu publikacji powiązanych tematycznie stanowiących osiągnięcie naukowe było określenie reakcji wybranych roślin uprawnych na dolistne dokarmianie.

Przedstawione zagadnienia obejmują ocenę wpływu dokarmiania dolistnego na:

- przebieg wegetacji i pomiary morfologiczne roślin,
- stan odżywienia roślin (SPAD - Soil Plant Analysis Development) oraz architekturę łanu (LAI - Leaf Area Index i MTA - Mean Tip Angle),
- plon i elementy struktury plonu,
- jakość plonu,
- efekty ekonomiczne.

W badaniach postawiono hipotezę, że wybrane gatunki roślin uprawnych zareagują odmiennie na zabieg dokarmiania dolistnego. Dotyczyć to będzie przede wszystkim wielkości i jakości plonu ziarna czy nasion.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Przebieg wegetacji i pomiary morfologiczne roślin (publikacje 1, 4, 6, 8, 9, 10)

Dokarmianie dolistne łubinu białego (publikacja 6) nie wywarło istotnego wpływu na przebieg wegetacji roślin, wyleganie czy obsadę roślin przed zbiorem. Przebieg wegetacji i wyleganie roślin zmodyfikowało natomiast dogłębowe nawożenie azotem. Brak wpływu dokarmiania dolistnego na obsadę roślin przed zbiorem potwierdzono w doświadczeniu z łubinem żółtym (publikacja 8). Wynika z tego, że wieloskładnikowe nawozy dolistne stosowane u roślin bobowatych grubonasiennych nie wywierają istotnego wpływu na przebieg wegetacji. Szymańska i in. (2017) w doświadczeniu z łubinem żółtym nie wykazali wpływu wysokonakładowych technologii uprawy na obsadę roślin.

Ważnym poznawczo aspektem badań było określenie wpływu dokarmiania dolistnego na cechy morfologiczne roślin uprawnych. W publikacji 4 potwierdzono, że stosowany nawóz dolistny na rośliny soi nie różnicował istotnie wysokości roślin oraz wysokości osadzenia

pierwszego strąka. Meschede i in. (2004) wykazali, że stosowanie nawozów dolistnych (Bas-Citrus + Fetrilon) zwiększyło wysokość roślin, natomiast nie modyfikowało wysokości osadzenia pierwszego strąka.

Podobne efekty dokarmiania dolistnego wykazano w doświadczeniach z pszenicą jarą i rzepakiem. W publikacji 1 nie potwierdzono wpływu dokarmiania dolistnego na uzyskaną obsadę roślin i kłosów u pszenicy jarej. Z kolei w publikacji 9 podano, że dokarmianie dolistne nie wywarło wpływu na długość trwania poszczególnych faz rozwojowych i całego okresu wegetacji roślin rzepaku jarego. Jedynie w przypadku rzepaku ozimego (publikacja 10) uzyskano korzystny wpływ jesiennego dokarmiania dolistnego na przezimowanie roślin. Dotyczyło to jednak sezonu 2001/2002 o ostrej zimie. Jankowski i in. (2016) stosując różne warianty dokarmiania dolistnego rzepaku ozimego nie uzyskali istotnego różnicowania obsady roślin na m².

Stan odżywienia roślin (SPAD - Soil Plant Analysis Development) oraz architektura ładu (LAI - Leaf Area Index i MTA - Mean Tip Angle) (publikacje 1, 2, 4, 5)

Poznanie stanu odżywienia i ocena architektury ładu są szczególnie ważne w pogłównym nawożeniu roślin uprawnych. Współczesne techniki pomiarowe pozwalają na taką szybką i bezinwazyjną ocenę w polu. Na podstawie badań przedstawionych w publikacji 1 wykazano, że dwukrotne i trzykrotne dokarmianie dolistne (nawóz Plonvit Z) pszenicy jarej zwiększyło indeks SPAD i MTA w porównaniu do kontroli. Zastosowany nawóz dolistny nie różnicował jednak indeksu LAI. Również w badaniach przedstawionych w publikacji 2 potwierdzono, że dokarmianie dolistne istotnie zwiększa indeks SPAD u roślin pszenicy jarej. Nadim i in. (2013) wykazali, że dokarmianie dolistne pszenicy borem zwiększyło indeks LAI w porównaniu do dokarmiania dolistnego cynkiem. Rawashdeh and Sala (2016) pod wpływem dolistnego dokarmiania żelazem uzyskali wzrost zawartości chlorofilu w liściu flagowym.

Odmienne wyniki dotyczące wpływu nawozów dolistnych na wskaźniki SPAD, LAI i MTA uzyskano w doświadczeniach z roślinami bobowatymi. W publikacji 4 wykazano, że dokarmianie dolistne soi wpłynęło na wzrost indeksu SPAD ale tylko w fazie 72 BBCH. Nie wywarło natomiast wpływu na indeks LAI i MTA.

Heidarian i in. (2011) odnotowali najwyższy pomiar LAI po zastosowaniu dolistnie Fe, podczas gdy inne mikroelementy zróżnicowały LAI w mniejszym stopniu. Wyniki doświadczenia z dokarmianiem dolistnym roślin bobiku (publikacja 5) wskazują na brak istotnego wpływu nawozu dolistnego na wskaźnik SPAD. Kocoń (2010) uzasadnia jednak, że korzystniej jest dostarczyć azot roślinom bobiku w formie dokarmiania dolistnego niż doglebowo. Mocznik tak zastosowany wpływa bowiem na wzrost intensywności fotosyntezy, a to z kolei przekłada się na większą akumulację azotu. Neuhaus i in. (2014) wykazali, że dokarmianie dolistne magnezem roślin bobiku wpływało na wyższe stężenie chlorofilu w liściach. W efekcie tego zwiększa się intensywność fotosyntezy, a tym samym wzrasta podaż asymlantów.

Plon i elementy struktury plonu (publikacje 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10)

Efektem dokarmiania dolistnego powinna być poprawa wielkości i jakości uzyskiwanego plonu. Przeprowadzone badania wykazały, że wpływ nawozów dolistnych na plonowanie roślin uprawnych jest uzależniony od wielu czynników w tym genetycznych. W przypadku pszenicy jarej (publikacja 1) trzykrotne dokarmianie dolistne istotnie zwiększyło MTZ i plon ziarna w porównaniu do kontroli, nie wywarło natomiast wpływu na liczbę ziaren w kłosie. W innym doświadczeniu (publikacji 2) jednokrotnie zastosowany Basfoliar 36 Ex zwiększył plon ziarna pszenicy jarej o 6,5% w porównaniu do kontroli. Było to efektem zwiększenia liczby ziaren w kłosie i MTZ. Arif i in., (2006) uzyskali istotny wzrost liczby ziaren w kłosie pszenicy pod wpływem trzykrotnego dokarmiania dolistnego w porównaniu do oprysku jednokrotnego. Zoz i in. (2016) wykazali, że dokarmianie dolistne Ca i B pszenicy korzystnie wpłynęło na elementy struktury plonu i plon ziarna, nie miało jednak wpływu na masę tysiąca ziaren. Rawashdeh and Sala (2016) potwierdzili, że dokarmianie dolistne zwiększa MTZ pszenicy ale pod warunkiem przeprowadzenia kilku oprysków w okresie wegetacji. Natomiast Nadim i in. (2013) nie wykazali wpływu zastosowanych doglebowo lub dolistnie mikroelementów na MTZ pszenicy. Seadh i in., (2009) podają, że najkorzystniej na plon ziarna pszenicy wpływa nawożenie wysoką dawką azotu w połączeniu z wieloskładnikowym dokarmianiem dolistnym.

Badania przeprowadzone z pszenicą ozimą (praca 3) wykazały, że zastosowane dokarmianie dolistne istotnie zwiększa MTZ oraz plon ziarna. Uzyskanawyżka plonu w porównaniu do kontroli wyniosła 6,7 %. We wcześniejszych badaniach (Soylu 2005, Zeidan i in. 2010, Njuguna i in. 2011, Kostadinova i in. 2015) potwierdzono, że nawozy dolistne na ogół korzystnie wpływają na plonowanie pszenicy ozimej. Przy czym uzyskiwane wyżki ziarna zależą od odmiany, zastosowanego nawozu oraz warunków siedliskowych. Khan i in. (2009) wykazali, że pod wpływem dokarmiania dolistnego mocznikiem wzrasta MTZ i plon ziarna pszenicy ozimej. Zwracają jednak uwagę, że wysokie stężenia mocznika mogą działać na rośliny fitotoksycznie.

W oparciu o badania przeprowadzone na roślinach bobowatych stwierdzono, że dokarmianie dolistne tej grupy roślin jest na ogół uzasadnione. W doświadczeniu z soją (publikacja 4) wykazano, że użyty nawóz dolistny wpłynął na istotny wzrost liczby strąków na roślinie i MTN. W efekcie tego uzyskano wyżkę plonu nasion $0,44 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu do kontroli. Heidarian i in. (2011), podają, że dokarmianie dolistne Zn i Fe zwiększyło liczbę strąków na roślinie i MTN soi, co zależało jednak od terminu aplikacji nawozu. Kumar i in. (2013) po dokarmieniu dolistnym roślin soi uzyskali wzrost liczby strąków na roślinie i liczby nasion w strąku. Seidel i in. (2015) nie wykazali znaczącego wpływu nawozów dolistnych (B + Ca) na elementy struktury plonu soi. Meschede i in. (2004) uzyskali znaczący wzrost plonów soi (o 20,0%) stosując dolistnie Mo + Co. Heidarian i in. (2011) wykazali istotny wpływ dolistnej aplikacji Zn + Fe na plon soi. Z kolei Freeborn i in. (2001) nie potwierdzili wpływu dokarmiania dolistnego borem na plon nasion soi.

W mniejszym stopniu zasadne było stosowanie dokarmiania dolistnego w łubinie białym co wykazano w publikacji 6. Zastosowany Basfoliar 6-12-6 nie zmodyfikował bowiem elementów struktury plonu i nie wywarł wpływu na plon nasion łubinu białego. Wykazano jedynie, że zwiększył zawartość białka w nasionach. Prusiński (2005) stwierdził, że efektywność dokarmiania dolistnego roślin łubinu białego mocznikiem i mikroelementami jest nieduża i zależy od dostępności makro- i mikroelementów w glebie oraz od intensywności symbiozy.

Z kolei w pracy 7 i 8 dowiedziono, że dokarmianie dolistne łubinu wąskolistnego i żółtego istotnie zwiększyło liczbę strąków na roślinie, MTN i plon nasion w porównaniu do kontroli. Uzyskana różnica plonu nasion łubinu wąskolistnego i żółtego w stosunku do obiektu kontrolnego wyniosła odpowiednio $0,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 11% oraz $0,27 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 15,6 %.

Prusiński i Borowska (2003) konkludują, że zawiązywanie strąków u roślin bobowatych uzależnione jest od warunków pogodowych ale również od dostępności makro- i mikroelementów. Faligowska i Szukała (2007) uzyskali wzrost plonu nasion łubinu wąskolistnego po zastosowaniu podwójnej dawki Ekolistu Standard. Prusiński i Borowska (2001) potwierdzili natomiast zasadność stosowania Ekolistu w uprawie łubinu żółtego, ale tylko w odpowiednim terminie i dawce. Z kolei Prusiński i in. (2010) nie wykazali wpływu dokarmiania dolistnego Ekolistem na plonowanie żadnego z badanych gatunków i odmian łubinu.

Korzystne efekty dokarmiania dolistnego uzyskano w doświadczeniu z rzepakiem, co potwierdziły wyniki badań prezentowane w publikacji 9. Jednokrotna lub dwukrotna aplikacja Mocznika z Mikrokompleksem istotnie zwiększyła średnią liczbą łuszczyń na roślinie rzepaku jarego w porównaniu do kontroli. Dodatkowo dwukrotne dokarmianie dolistne zwiększyło dorodność nasion. W efekcie tego jednokrotna i dwukrotna aplikacja Mocznika z Mikrokompleksem zwiększyła plon nasion rzepaku jarego odpowiednio o 0,34 i 0,42 t·ha⁻¹, tj. o 11,6 i 14,3% w porównaniu do kontroli. Szewczuk i Michajło (2003) podają, że w wyniku dolistnego dokarmiania roślin uprawnych można oczekiwać wzrostu plonu nasion w granicach 8-20%.

W przypadku rzepaku ozimego (publikacja 10) wykazano korzystny wpływ dwukrotnego dokarmiania dolistnego roślin, wykonanego jesienią i wiosną. Przy czym jednokrotna jesienna aplikacja nawozu dolistnego była mniej efektywna. Z elementów struktury plonu pod wpływem jesiennego i wiosennego dokarmiania dolistnego wzrosła liczba łuszczyń na roślinie i MTN. W efekcie tego uzyskano wyższą plonu nasion rzepaku ozimego o 0,53 t·ha⁻¹, tj.: 20,15 % w porównaniu do obiektu kontrolnego. Szewczuk (2003) podaje, że jesiennie dokarmianie dolistne rzepaku ozimego skutkuje wzrostem plonu nasion o 11 %, a wiosenne o 17 % w porównaniu do kontroli.

Jakość plonu (publikacje 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10)

Realizując badania dotyczące dokarmiania dolistnego skupiono się dodatkowo na ich wpływie na skład chemiczny nasion czy ziarna. W doświadczeniu z pszenicą jarą (publikacja 1) stwierdzono, że trzykrotne dokarmianie dolistne zwiększyło w ziarnie zawartość popiołu i magnezu w porównaniu do kontroli.

Dodatkowo trzykrotne dokarmianie dolistne zwiększyło zawartość miedzi i cynku w ziarnie w porównaniu do obiektu nawożonego jednokrotnie oraz kontrolnego. W publikacji 2 przedstawiono wyniki doświadczenia z którego wynika, że dokarmianie dolistne zwiększa w ziarnie pszenicy jarej zawartość białka a z mikroelementów żelaza i manganu. Zeidan i in., (2010) również udowodnili, że dokarmianie dolistne mikroelementami wpływa na ich zmienną zawartość w ziarnie pszenicy. Jednak Gomaa i in., (2015) podają, że nawożenie dogłębowe w większym stopniu zmienia skład chemiczny ziarna pszenicy niż dokarmianie dolistne.

Zmianę składu chemicznego ziarna pod wpływem dokarmiania dolistnego wykazano również w doświadczeniu z pszenicą ozimą (publikacja 3). W badaniach tych udowodniono, że dokarmianie dolistne wpłynęło na istotny wzrost zawartości w ziarnie popiołu, magnezu, manganu i cynku w porównaniu do kontroli. Zeidan i in. (2010) potwierdzili wpływ dolistnie zastosowanych mikroelementów na wzrost zawartości białka ogólnego w ziarnie pszenicy.

W przypadku roślin bobowatych dokarmianie dolistne w mniejszym zakresie wpływało na jakość nasion. W doświadczeniu z soją skład chemiczny nasion był nieznacznie zróżnicowany w wyniku dolistnego dokarmiania roślin, co zostało wykazane w publikacji 4. Vratarić i in. (2006) podają natomiast, że dokarmianie dolistne zmienia skład chemiczny nasion soi, wpływając na wzrost zawartości białka i tłuszczu. Liu i in. (2005), stosując dogłębowo Mo + B, osiągnął wzrost zawartości białka, a po nawożeniu Mo, B lub Mo + B, zmniejszenie zawartości tłuszczu w nasionach soi. Bellaloui i in. (2010) podają, że dolistne podanie boru istotnie zwiększyło zawartość tego składnika w nasionach.

W badaniach własnych (publikacja 5) dokarmianie dolistne roślin bobiku wpłynęło na istotne zwiększenie zawartości tłuszczu surowego w nasionach odmiany Amulet. Zależności takiej nie potwierdzono jednak dla odmiany Granit. Poza tym dokarmianie dolistne wpłynęło na istotny wzrost zawartości potasu i cynku w nasionach w porównaniu do kontroli. Zwiększyła się także koncentrację pozostałych oznaczonych makroelementów w nasionach, ale nie zostało to potwierdzone statystycznie. Neuhaus i in. (2014) wykazali, że dokarmianie dolistne bobiku magnezem nie modyfikuje zawartości w nasionach tego składnika, wywiera jednak korzystny wpływ na koncentrację białka.

W doświadczeniach z łubinami wykazano korzystny wpływ dokarmiania dolistnego na jakość nasion. Zastosowany nawóz dolistny zwiększył przede wszystkim zawartość białka ogólnego w nasionach łubinu białego (publikacja 6) oraz łubinu wąskolistnego (publikacja 7).

Nawóz dolistny nie różnicował zawartości białka w nasionach łubinu żółtego ale zwiększył zawartość fosforu (publikacja 8). Barłóg i Biernacka (2003) uzyskali różnicowanie zawartości mikroelementów w nasionach łubinu wąskolistnego ale głównie pod wpływem zastosowanego nawożenia azotowego. W badaniach Faligowskiej i Szukały (2007) dokarmianie dolistne łubinu wąskolistnego w małym zakresie różnicowało wydajność białka. Wyjątkiem była jednorazowo zastosowana dawka nawozu Mikrosol U w porównaniu do kontroli. W innych badaniach Faligowska i Szukała (2008) oraz Faligowska i in. (2009) nie wykazali istotnego wpływu nawozu dolistnego na podstawowy skład chemiczny nasion łubinu żółtego. Również Prusiński i Borowska (2002) podają, że wpływ Ekolistu na skład chemiczny i żywotność nasion łubinu żółtego był niewielki.

W dotychczas przeprowadzonych badaniach dowiedziono, że stosowanie nawozów dolistnych było uzasadnione w uprawie rzepaku. W doświadczeniu z rzepakiem jarym (publikacja 9) udowodniono, że po dwukrotnym oprysku nawozem dolistnym zawartość białka ogólnego w nasionach była istotnie wyższa (25,38% s.m.) w porównaniu do nasion kontrolnych (24,0 % s.m.). Dowiedziono zarazem, że dokarmianie dolistne nie modyfikuje zawartości tłuszczu w nasionach rzepaku jarego ale istotnie zwiększa plon tłuszczu z jednostki powierzchni. W publikacji 10 wykazano, że dokarmianie dolistne rzepaku ozimego nie modyfikuje zawartości białka ogólnego i tłuszczu surowego w nasionach. Biologiczny plon wymienionych składników był jednak wyższy zwłaszcza na obiektach dwukrotnie dokarmianych dolistnie w porównaniu do kontrolnego. Figas (2009) wykazał, że dokarmianie dolistne w porównaniu do doglebowego modyfikuje zarówno wielkość jak i jakość plonu nasion rzepaku jarego. Przy czym podają, że nawozy dolistne należy stosować tylko w uzasadnionych przypadkach. Sienkiewicz-Cholewa (2002, 2005) wskazuje na zasadność stosowania mikroelementów w nawożeniu rzepaku, ze względu na wielkość ale również i jakość plonu nasion. Za szczególnie ważny mikroelement dla rzepaku uznaje bor.

Efekty ekonomiczne (publikacja 10)

Ważnym aspektem dokarmiania dolistnego jest opłacalność zastosowania takiego zabiegu. W publikacji 10 wykazano, że dokarmianie dolistne rzepaku ozimego przynosi korzystne efekty ekonomiczne ale zarazem obciąża koszty uprawy. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że dokarmianie dolistne jest uzasadnione ekonomicznie przy czym jednokrotny jesienny oprysk dolistny było mało efektywny.

Szewczuk i Sugier (2009) konkludują, że w przypadku aplikacji nawozu dolistnego w niewielkiej dawce i przy niskiej koncentracji składników, należy zastanowić się, czy ma to ekonomiczne uzasadnienie.

PODSUMOWANIE

Dokarmianie dolistne traktowane jest często jako stały element agrotechniki wielu roślin uprawnych. Stosowanie nawozów dolistnych uzasadnione jest jednak tylko wówczas gdy zadbano o inne ważne zabiegi agrotechniczne, takie jak: podstawowe nawożenie doglebowe czy ochrona roślin przed agrofagami. Nie mniej ważne jest przestrzeganie zasad stosowania nawozów dolistnych zawartych na etykiecie producenta. Należy również zaznaczyć, że dokarmianie dolistne nie zawsze przynosi oczekiwane efekty u poszczególnych gatunków roślin uprawnych. Skuteczność nawozów dolistnych uzależniona jest bowiem od warunków pogodowych, w tym odpowiedniej temperatury czy wilgotności powietrza.

Przedstawione badania dowiodły, że dokarmianie dolistne nie wywiera dużego wpływu na przebieg wegetacji roślin, wyleganie czy obsadę roślin przed zbiorem u badanych gatunków roślin uprawnych. Nawozy dolistne też w niewielkim zakresie modyfikują cechy morfologiczne roślin uprawnych.

Przeprowadzone pomiary stanu odżywienia roślin (SPAD) i ocena architektury łanu (LAI i MTA) pozwoliły określić stan roślin po zabiegu dolistnego dokarmiania. Na podstawie tych badań wykazano, że dokarmianie dolistne pszenicy jarej zwiększyło indeks SPAD i MTA w porównaniu do kontroli. Stan odżywienia roślin po zastosowaniu nawozu dolistnego był zatem lepszy. W mniejszym zakresie nawozy dolistne modyfikowały wskaźnik SPAD u roślin bobowatych. Dokarmianie dolistne soi wpłynęło na wzrost indeksu SPAD ale tylko w fazie 72 BBCH, natomiast indeksów LAI i MTA nie różnicowało w porównaniu do kontroli. W przypadku bobiku dokarmianie dolistne roślin nie wpłynęło na wskaźnik SPAD.

Przeprowadzone badania wykazały, że dokarmianie dolistne w różnym zakresie zwiększa komponenty plonu i plon badanych roślin uprawnych. W przypadku pszenicy jarej kilkukrotne dokarmianie dolistne istotnie zwiększyło MTZ i plon ziarna w porównaniu do kontroli. W drugim doświadczeniu z pszenicą jarą zastosowany nawóz dolistny zwiększył plon ziarna o 6,5% w porównaniu do kontroli. Było to efektem zwiększenia liczby ziaren w kłosie i MTN.

Również doświadczenie przeprowadzone z pszenicą ozimą wykazało, że dokarmianie dolistne istotnie zwiększa MTZ oraz plon ziarna. Uzyskanawyżka plonu w porównaniu do kontroli wyniosła $0,44 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

W doświadczeniach przeprowadzonych na roślinach bobowatych wykazano również zasadność stosowania nawozów dolistnych. W badaniach z soją udowodniono, że dokarmianie dolistne wpłynęło na istotny wzrost liczby strąków na roślinie i MTN. W efekcie tego uzyskano wyżkę plonu nasion o $0,44 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu do kontroli. Natomiast zastosowane dokarmianie dolistne (Basfoliar 6-12-6) w łubinie białym nie zmodyfikowało komponentów plonu i plonu nasion. Wykazano jedynie korzystny wpływ wymienionego nawozu na zawartość białka w nasionach. Dokarmianie dolistne łubinu wąskolistnego i żółtego wpłynęło na istotne zwiększenie liczby strąków na roślinie, MTN i plon nasion w porównaniu do kontroli. Uzyskana wyżka plonu nasion łubinu wąskolistnego i żółtego w stosunku do kontroli wyniosła odpowiednio $0,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 11% oraz $0,27 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 15,6 %.

Wyniki badań z rzepakiem jarym potwierdziły, że aplikacja nawozów dolistnych istotnie zwiększa liczbą łuszczyń na roślinie w porównaniu do kontroli. Dodatkowo dwukrotne dokarmianie dolistne zwiększyło MTN. W efekcie uzyskana wyżka plonu nasion w zależności od wariantu nawożenia wahała się od $0,34 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $0,42 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu do kontroli. Również w przypadku rzepaku ozimego dokarmianie dolistne przyniosło korzystny efekt plonotwórczy. Pod wpływem jesiennego i wiosennego dokarmiania dolistnego wzrosła liczba łuszczyń na roślinie i MTN a uzyskana wyżka plonu nasion wyniosła $0,53 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj.: 20,15 % w porównaniu do obiektu kontrolnego. Jednokrotna jesienna aplikacja nawozu dolistnego była mało efektywna.

Ważnym poznawczo aspektem badań była ocena wpływu dokarmiania dolistnego na skład chemiczny nasion czy ziarna. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że nawozy dolistne na ogół korzystnie wpływają na jakość plonu. W ziarnie pszenicy jarej pod wpływem nawozu dolistnego zwiększyła się zawartość popiołu i magnezu a po trzykrotnym nawożeniu w trakcie wegetacji dodatkowo zawartość miedzi i cynku. W innym doświadczeniu z pszenicą jarą dokarmianie dolistne zwiększyło w ziarnie zawartość białka a z mikroelementów żelaza i manganu.

W badaniach z pszenicą ozimą udowodniono, że dokarmianie dolistne skutkowało istotnym wzrostem zawartości popiołu, magnezu, manganu i cynku w ziarnie w porównaniu do kontroli.

Mniejsze różnice w składzie chemicznym nasion stwierdzono pod wpływem dokarmiania dolistnego u roślin bobowatych. Wykazano to zwłaszcza w doświadczeniu z soją. U bobiku nawóz dolistny istotnie zwiększył zawartości tłuszczu surowego w nasionach odmiany Amulet, zaś u odmiany Granit nie zostało to udowodnione statystycznie. Dokarmianie dolistne zmodyfikowało dodatkowo zawartość potasu i cynku w nasionach bobiku w porównaniu do kontroli.

W doświadczeniach z łubinem białym i wąskolistnym nawóz dolistny istotnie zwiększył zawartość białka ogólnego w nasionach. Nie potwierdzono jednak tego w nasionach łubinu żółtego, przy czym w tym przypadku nasiona cechowała większą zawartość fosforu po nawozie dolistnym.

Pod względem jakości plonu nawozy dolistne wykazały się dużą skutecznością w uprawie rzepaku jarego. Po dwukrotnym oprysku dolistnym zawartość białka ogólnego w nasionach wzrosła do 25,38% s.m. w porównaniu do kontroli (24,0 % s.m). Zarazem dokarmianie dolistne istotnie zwiększyło plon tłuszczu z jednostki powierzchni, co było głównie wynikiem wzrostu plonu a nie zawartości tłuszczu w nasionach.

Dokarmianie dolistne rzepaku ozimego nie zmodyfikowało zawartości białka ogólnego i tłuszczu surowego w nasionach. Wydajność omawianych składników z jednostki powierzchni była jednak wyższa na obiektach dwukrotnie dokarmianych dolistnie w porównaniu do kontrolnego.

Przeprowadzone obliczenia ekonomiczne potwierdziły celowość stosowania nawozów dolistnych w uprawie rzepaku ozimego. Korzystniejszy ekonomicznie był wariant z jesiennym i wiosennym opryskiem w porównaniu do jednokrotnego jesiennego.

Piśmiennictwo

1. Arif M., Chohan A.M., Ali S., Gul R., Khan S. 2006. Response of wheat to foliar application of nutrients. J. Agric. Biol. Sci., 1(4): 30-34.
2. Barłóg P., Biernacka A. 2003. Wpływ magnezu i nawozów azotowych na zawartość i nagromadzenia niektórych mikroelementów w łubinie wąskolistnym (*Lupinus angustifolius* L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 495: 81-94.
3. Czuba R. 1993. Efekty dolistnego dokarmiania roślin uprawnych. Cz. I. Reakcja roślin na dolistne stosowanie azotu. Roczn. Glebozn. 44(3/4): 69-78.

4. Czuba R., 1996. Celowość i możliwości uzupełnienia niedoborów mikroelementów w roślinie. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 434, 55-64.
5. Czuba R., Sztuder H., Świerczewska M. 1999. Efekty dolistnego dokarmiania roślin uprawnych. Cz. IV. Reakcja roślin na dolistne stosowanie magnezu łącznie z mikroelementami oraz magnezu, azotu i mikroelementów w zabiegu łączonym. Rocz. Glebozn. 50(1/2): 51-59.
6. Faligowska A., Szukała J. 2007. Plonowanie i wydajność paszowa łubinu wąskolistnego w zależności od systemów uprawy roli i dolistnego dokarmiania mikroelementami. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 522: 209-217.
7. Faligowska A., Szukała J. 2008. Effect of soil cultivation systems and foliar microelement fertilization on the yielding and usability of yellow lupin. EJPAU. 11(1): #23.
8. Faligowska A., Szukała J., Kowalska M. 2009. The influence of foliar fertilization with microelements and seed inoculation on the crop yield and quality of seeds of leguminous plants. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 541: 113-119.
9. Figas A. 2009. Wpływ sposobu nawożenia siarką i dolistnej aplikacji magnezu i boru na plonowanie rzepaku jarego oraz zawartość glukozyzolanów w nasionach. Fragm. Agron. 26(1): 25-33.
10. Freeborn J.R., Holshouser D.L., Alley M.M., Powell N.L., Orcutt D.M. 2001. Soybean yield response to reproductive stage soil-applied nitrogen and foliar-applied boron. Agron. J. 93: 1200-1209.
11. Gembarzewski H. 2000. Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 471: 171-179.
12. Gomaa M.A., Radwan F.I., Kandil E.E., Seham M.A. El-Zweek. 2015. Effect of some macro and micronutrients application methods on productivity and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). Middle East J. Agric. Res., 4(1): 1-11.
13. Grzebisz W. 1999. Dolistne dożywanie roślin mikroelementami. Agrochemia. 6: 8-10.
14. Heidarian A.R., Kord H., Mostafavi K., Lak A.P., Mashhadi F.A. 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* (L) Merr.) at different growth stages. J. Agric. Biotech. Sustain. Dev. 3: 189-197.

15. Jankowski K.J., Hulanicki P.S., Krzebietke S., Żarczyński P., Hulanicki P., Sokółski M. 2016. Yield and quality of winter oilseed rape in response to different systems of foliar fertilization. *J. Elem.*, 21(4): 1017-1027.
16. Khan P., Memon., M.Y., Imtiaz M., Aslam M. 2009. Response of wheat to foliar and soil application of urea at different growth stages. *Pak. J. Bot.*, 41(3): 1197-1204.
17. Kocoń A. 2009. Efektywność dolistnego dokarmiania pszenicy i rzepaku ozimego wybranymi nawozami w warunkach optymalnego nawożenia i wilgotności gleby. *Annales UMCS*, s. E. 64(2): 23-28.
18. Kocoń A. 2010. The effect of foliar or soil top-dressing of urea on some physiological processes and seed yield of faba bean. *Pol. J. Agron.* 3: 15-19.
19. Kostadinova S., Kalinova St., A. Hristoskov A., Samodova A. 2015. Efficiency of some foliar fertilizers in winter wheat. *Bulg. J. Agric. Sci.* 21(4): 742-746.
20. Kumar C.V., Vaiyapuri K., Amanullah M.M., Gopalaswam G. 2013. Influence of foliar spray of nutrients on yield and economics of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *J. Biol. Sci.* 13: 563-565.
21. Liszewski M., Błażewicz J. 2015. Wpływ nawożenia dolistnego miedzią i manganem na przydatność słodowniczą ziarna jęczmienia (badania wstępne). *Pol. J. Agron.* 23: 18-23.
22. Meschede D.K., Braccini A.L., Braccini M.C.L., Scapim C.A., Schuab S.R.P. 2004. Rendimento, teor de proteínas nas sementes e características agronômicas das plantas de soja em resposta à adubação foliar e ao tratamento de sementes com molibdênio e cobalto. *Acta Sci. Agron.* 26(2): 139-145.
23. Michałojć Z., Szewczuk C. 2003. Teoretyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agroph.* 85: 9-17.
24. Nadim M.A., Awan I.U., Baloch M.S., Khan N., Naveed K. 2013. Micronutrient use efficiency in wheat as affected by different application methods. *Pak. J. Bot.*, 45(3): 887-892.
25. Neuhaus C., Geilfus C.M., Mühling K.H. 2014. Increasing root and leaf growth and yield in Mg-deficient faba beans (*Vicia faba*) by MgSO₄ foliar fertilization. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 177: 741-747.
26. Njuguna M.N., Macharia M., Akuja T.E., Waweru J.K., Kamwaga J.N. 2011. Effect of foliar fertilization on wheat *Triticum aestivum* (L.) in marginal areas of eastern province, Kenya. *J. Anim. Plant Sci.* 9(2): 1161-1182.

27. Prusiński J. 2005. Traditional and self-completing white lupin (*Lupinus albus* L.) cultivars yielding depending on foliar plant fertilization and chemical protection. EJPAU. 8(3): #41.
28. Prusiński J., Borowska M. 2001. Impact of selected growth regulators and Ekolist on yellow lupin seed yield (*Lupinus luteus* L.). EJPAU. 4(2): #04.
29. Prusiński J., Borowska M. 2002. Impact of selected growth regulators and Ekolist on yellow lupin seed chemical composition, viability and vigour (*Lupinus luteus* L.). Acta Sci. Pol. Agricultura. 1(1): 81-97.
30. Prusiński J., Borowska M. 2003. Potencjał biologiczny roślin strączkowych i jego wykorzystanie, cz. II. Dolistne dokarmianie roślin strączkowych. Hodowla Roślin i Nasiennictwo. 1: 8-13.
31. Prusiński J., Kaszkowiak E., Borowska M. 2010. Produkcyjne efekty zastosowania IBA i Ekolistu w uprawie łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.), wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.) i białego (*Lupinus albus* L.). Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 550: 89-96.
32. Rawashdeh H.M., Sala F. 2016. The effect of iron and boron foliar fertilization on yield and yield components of wheat. Rom. Agric. Res., 33: 1-9.
33. Seadh S.E., EL-Abady M.I., El-Ghamry A.M., Farouk S. 2009. Influence of micronutrients foliar application and nitrogen fertilization on wheat yield and quality of grain and seed. J. Biol. Sci., 9(8): 851-858.
34. Seidel E.P., Egewarth W.A., Piano J.T., Egewarth J. 2015. Effect of foliar application rates of calcium and boron on yield and yield attributes of soybean (*Glycine max*). Afr. J. Agric. Res. 10: 170-173.
35. Sienkiewicz-Cholewa U. 2002. Znaczenie mikroelementów w nawożeniu rzepaku. Post. Nauk Roln. 5: 19-28.
36. Sienkiewicz-Cholewa U. 2005. Znaczenie boru i miedzi w uprawie rzepaku w kraju. Rośliny oleiste - Oilseed crops. 26: 163-172
37. Soyulu S., Sade B., Topal A., Akgun N., Gezgin S., Hakki E.E., Babaoglu M. 2005. Responses of irrigated durum and bread wheat cultivars to boron application in low boron calcareous Soil. Turk. J. Agric., 29: 275-286.
38. Szewczuk Cz., Michałojć Z., 2003. Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. Acta Agrophy. 85, 19-29.

39. Szewczuk C., Sugier D. 2009. Ogólna charakterystyka i podział nawozów dolistnych oferowanych na polskim rynku. *Annales UMCS*, s. E. 64(1): 29-36.
40. Szewczuk Cz. 2003. Wpływ stosowania wybranych nawozów dolistnych na przezimowanie i plon nasion rzepaku ozimego. *Acta Agroph.* 85: 289-295.
41. Szymańska G., Faligowska A., Panasiewicz K., Szukała J., Koziara W. 2017. The productivity of two yellow lupine (*Lupinus luteus* L.) cultivars as an effect of different farming systems. *Plant Soil Environ.* 63: 552-557.
42. Zeidan M.S., Mohamed M.F., Hamouda H.A. 2010. Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on wheat yield and quality in low sandy soils fertility. *World J. Agric. Scie.*, 6(6): 696-699.
43. Zoz T., Steiner F., Seidel E.P., Castagnara D.D., de Souza G.E. 2016. Foliar application of calcium and boron improves the spike fertility and yield of wheat. *Biosci. J.*, 32 (4): 873-880.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych:

Stan produkcji roślinnej w województwie podkarpackim

Jednym z zagadnień opracowywanych naukowo było określenie zmian poziomu produkcji roślinnej w województwie podkarpackim. W publikacji 1.25. przedstawiono zmiany produkcji głównych ziemiopłodów w województwie podkarpackim w latach 1998–2007. Stwierdzono, że w badanym okresie zmniejszył się areał uprawy pszenicy, żyta, buraków cukrowych i ziemniaków, natomiast wzrósł pszenżyta, mieszanek zbożowych, kukurydzy na ziarno i rzepaku. Spośród analizowanych roślin uprawnych odnotowano istotny wzrost plonu tylko u buraka cukrowego, a u pozostałych roślin wykazano jedynie tendencję wzrostową. Uzyskiwane plony ziemiopłodów były niższe od średnich plonów krajowych, z wyjątkiem owsa i mieszanek zbożowych. Udowodniono, że w analizowanym rejonie zmniejszyły się zbiory żyta i ziemniaków a wzrosły pszenżyta, mieszanek zbożowych, kukurydzy na ziarno i rzepaku. Zmiany i uwarunkowania produkcji roślinnej w województwie podkarpackim zawarto także w publikacjach 1.14. oraz 1.15. Wykazano w nich, że województwo podkarpackie odznacza się na tle kraju mniejszą wydajnością produkcji roślinnej.

W dwóch publikacjach, przedstawiono stan produkcji roślinnej w konkretnym rejonie województwa podkarpackiego, tj.: w gminie Zarszyn (publikacja 1.12.) oraz powiecie rzeszowskim (publikacja 1.13.). Prace te pozwalają stwierdzić, że każdy oceniany rejon charakteryzuje się odmiennymi uwarunkowaniami prowadzenia produkcji roślinnej. W efekcie decyduje to jednak o średnich wynikach dla całego województwa podkarpackiego.

Dane dotyczące uprawy zbóż w dawnym województwie rzeszowskim (publikacja 1.11.) wykazały, że w latach 1986-1996 zboża zajmowały największy udział w strukturze zasiewów, przy stabilnych plonach. Z kolei w publikacji 1.27. pokazano jak w latach 1998-2007 w województwie podkarpackim spadały zasiewy roślin strączkowych na nasiona konsumpcyjne natomiast wzrastały zasiewy na nasiona pastewne. Plony nasion roślin strączkowych konsumpcyjnych i pastewnych w omawianym rejonie miały tendencje wzrostową. W efekcie tego w województwie podkarpackim odnotowano wzrost zbiorów roślin strączkowych na nasiona pastewne. Tematykę stanu produkcji roślin strączkowych w województwie podkarpackim omówiono również w publikacji 1.7. oraz 1.51. Uzyskane dane pozwoliły wnioskować, że w analizowanym okresie wzrosło w województwie podkarpackim zainteresowanie uprawą roślin strączkowych głównie na nasiona pastewne, w tym mieszanek z ich udziałem.

Publikacje 1.5., 1.19., 1.21., 1.28. oraz materiały szkoleniowe 1.74. prezentują stan i możliwości rozwoju uprawy roślin energetycznych w województwie podkarpackim. Tematykę rozwoju produkcji rzepaku na biopaliwo w województwie podkarpackim zawarto w publikacji 1.16. Wyniki tych prac pozwalają konkludować, że w omawianym rejonie istnieje możliwość prowadzenia różnych upraw roślin energetycznych. Rozwój produkcji roślin energetycznych może przynieść wiele korzyści dla województwa podkarpackiego, choć mniejszych od tych ogólnie oczekiwanych.

Duże szanse dla rozwoju produkcji roślinnej w Polsce daje możliwość zagospodarowania biomasy roślinnej na cele energetyczne. Przydatne do tego są zwłaszcza celowe uprawy, odpady organiczne z rolnictwa lub przemysłu rolno-spożywczego. W pracy 1.10. przedstawiono dużą dynamikę rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce. W poszczególnych województwach jest to jednak zróżnicowane. W analizowanym okresie najwięcej biogazowni zlokalizowanych było w województwie zachodniopomorskim i warmińsko – mazurskim.

Szczególnie ważnym dla województwa podkarpackiego jest rozwój rolnictwa ekologicznego. Uzyskane wyniki wskazują, że w omawianym rejonie istnieją korzystne warunki do prowadzenia gospodarstw ekologicznych (publikacja 1.18.), w tym ekoagroturystycznych (publikacja 1.26.). Efektem tego jest przedstawianie kolejnych gospodarstw na produkcję ekologiczną oraz co ważne powstawanie kolejnych przetwórci ekologicznych. W analizowanych latach województwo podkarpackie było w czołówce pod względem liczby gospodarstw ekologicznych.

Z uwagi na duży udział w województwie podkarpackim gleb o kwaśnym odczynie w publikacji 1.23. przedstawiono korzyści i efekty zabiegu wapnowania. W badaniach wykazano, że cykliczny zabieg wapnowania zmienił pH gleby z kwaśnego do lekko kwaśnego.

Stan zużycia nawozów mineralnych w województwie podkarpackim na tle Polski został zaprezentowany w publikacji 1.24. Wyniki tych analiz za lata 1998 – 2009 wskazują, że zużycie nawozów w województwie podkarpackim jest znacznie niższe od średniej krajowej. Dodatkowo znacznie spadło w omawianym rejonie zużycie nawozów wapniowych. Sytuacja ta jest szczególnie niekorzystna z uwagi na występujący w województwie podkarpackim duży udział gleb kwaśnych.

Publikacja 1.47. przedstawia stan postępu biologicznego i jego znaczenie dla produkcji rzepaku. Wykazano znacznie niższe plonowanie rzepaku w produkcji polowej niż w doświadczeniach. Potencjał plonowania tej rośliny nie jest zatem w pełni uzyskiwany w praktyce rolniczej. W latach 2000–2010 liczba zarejestrowanych odmian rzepaku w Polsce wzrosła ponad pięciokrotnie. Średni wiek odmian wpisanych do Krajowego Rejestru wyniósł od 3,9 do 5,6 lat dla rzepaku ozimego oraz od 2,8 do 4,9 lat dla rzepaku jarego. Wskaźnik aktywności rejestracyjnej dla rzepaku ozimego wyniósł średnio w latach 7,5, natomiast dla jarego 2,0.

Stan produkcji roślinnej w Polsce

W kilku pracach przedstawiono stan i zmiany w produkcji roślinnej na terenie kraju. Analiza danych z lat 2000–2004 przedstawiona w publikacji 1.31. oraz z lat 2005–2011 w publikacji 1.42. wykazała, że w Polsce środki ochrony roślin są powszechnie stosowanym zabiegiem plonochronnym w konwencjonalnych gospodarstwach.

W badanym okresie wzrosło w kraju także zużycie nawozów mineralnych NPK, w tym głównie azotowych i fosforowych, zaś spadło wapniowych. Z prezentowanych publikacji wynika dodatkowo, że w Polsce sprzedaż kwalifikowanego materiału siewnego: pszenicy, jęczmienia, żyta i owsa oraz sadzeniaków ziemniaka zmniejszyła się. Jedynie w przypadku pszenżyta odnotowano wzrost sprzedaży kwalifikatów. Stwierdzono więc konieczność szerszego upowszechnienia wiedzy o korzyściach wynikających z wymiany materiału siewnego na kwalifikowany.

W publikacji 1.6. dokonano analizy reformy rynku cukru w Unii Europejskiej i jej wpływu na stan i opłacalność produkcji buraka cukrowego w Polsce. Wykazano, że reforma wywarła widoczne skutki tak dla plantatorów jak i producentów cukru. W produkcji buraka cukrowego odnotowano wzrost średniego plonu i wielkości pojedynczej plantacji.

W Polsce postępująca antropopresja, urbanizacja czy uprzemysłowienie kraju wpłynęło na degradację a nawet dewastację niektórych gruntów rolnych i leśnych (publikacja 1.9.). Uzyskane wyniki wskazują jednak, że grunty takie podlegają sukcesywnie rekultywacji i zagospodarowaniu w tym na cele rolnicze. Przy czym w poszczególnych województwach ma to zróżnicowany przebieg.

Wpływ zabiegów agrotechnicznych na wielkość i jakość plonu roślin uprawnych

Główna tematyka prowadzonych badań dotyczy wpływu zabiegów agrotechnicznych na plonowanie roślin uprawnych. Część tych doświadczeń była realizowana w ramach badań statutowych (WBR/KPR/PB/1/2015, WBR/KPR/PB/3/2015, WBR/KPR/PB/1/2016, WBR/KPR/PB/3/2016, WBR/KPR/PB/4/2016). W publikacji 1.1. wykazano istotne zróżnicowanie wielkości i jakości plony ziarna pszenicy ozimej w zależności od miejscowości prowadzenia badań, poziomu technologii i odmiany. Stwierdzono, że technologia wysokonakładowa najkorzystniej wpłynęła na plon i skład chemiczny ziarna.

W kilku doświadczeniach badano reakcję roślin uprawnych na dolistne dokarmianie (publikacje te nie weszły w skład osiągnięcia naukowego). W publikacji 1.4., wykazano, że łączne zastosowanie dwóch różnych nawozów dolistnych zwiększyło plon nasion rzepaku jarego, ale nie wpłynęło na ich skład chemiczny. W innych badaniach (publikacja 1.17.) nad rzepakiem jarym udowodniono, że skład chemiczny nasion oraz wydajność tłuszczu i białka istotnie zależały od użytego nawozu dolistnego.

Z kolei w badaniach nad rzepakiem ozimym (publikacja 1.22.) stwierdzono, iż stosowane nawozy nie zmieniły długości trwania faz rozwojowych roślin i składu chemicznego nasion. Nawozy stosowane łącznie (Basfoliar 36 Extra z Soluborem DF oraz Basfoliar 12-4-6+S z Soluborem DF) korzystnie wpłynęły na liczbę łuszczyń z rośliny i masę tysiąca nasion. W efekcie tego obie wymienione mieszanki nawozów dolistnych istotnie zwiększyły plon nasion w porównaniu z obiektem kontrolnym, odpowiednio o 3,75 i 3,68 dt·ha⁻¹.

W publikacji 1.33. określono reakcję roślin pszenicy jarej na dolistne dokarmianie. Stwierdzono, że łącznie zastosowany mocznik i Mikrokomplex istotnie zwiększyły plon nasion w porównaniu do obiektu kontrolnego o 0,29 t·ha⁻¹. Wyrównanie i celność ziarna wyniosły średnio 85% i nie były istotnie zróżnicowane. Największą zawartość białka ogólnego oznaczono w ziarnie pozyskanym z obiektów dokarmianych mocznikiem (14,6% s.m.).

W doświadczeniu z soją (publikacja 1.62.) udowodniono, że dwukrotnie zastosowany nawóz dolistny Basfoliar 6-12-6 istotnie wpłynął na wzrost takich cech jak: wskaźnik SPAD w fazie rozwoju strąków, wysokość osadzenia pierwszego strąka, liczba strąków na roślinie, plon nasion oraz zawartość tłuszczu surowego w nasionach. Jednokrotna aplikacja Basfoliaru 6-12-6 nie zróżnicowała istotnie żadnego z ocenianych parametrów. Odmiana Aldana odznaczała się istotnie mniejszą podatnością na wyleganie przed zbiorem, dorodniejszymi nasionami oraz wyższym plonem nasion niż odmiana Augusta. Z kolei odmiana Augusta cechowała się istotnie wyższym osadzeniem pierwszego strąka na roślinie.

Liczne doświadczenia dotyczyły wpływu zabiegów agrotechnicznych na wielkość i jakość plonu roślin uprawnych. W publikacji 1.30. udowodniono, że wraz ze wzrostem gęstości siewu nasion pszenicy jarej zwiększyła się obsada roślin i kłosów na jednostce powierzchni. Stwierdzono, że zmienne ilości wysiewu nasion istotnie zmodyfikowały liczbę ziaren w kłosie oraz MTZ. Po wysiewie 650 nasion na m⁻² plon ziarna wyniósł 7,26 t·ha⁻¹ i był istotnie większy w porównaniu z plonem z poletek, na których wysiano: 350, 450 i 750 nasion na m⁻². W publikacji 1.36. określono również reakcję roślin pszenicy jarej na zróżnicowane normy wysiewu nasion (450, 550, 650 szt·m⁻²) oraz dolistne dokarmianie mocznikiem. Wykazano, że wraz ze wzrostem ilości wysiewu nasion zwiększała się obsada roślin i kłosów na jednostce powierzchni, natomiast istotnie zmalała liczba ziaren w kłosie i masa tysiąca ziaren.

Największy plon ziarna uzyskano wysiewając $650 \text{ nasion} \cdot \text{m}^{-2}$. Nie stwierdzono wpływu dolistnego dokarmiania mocznikiem na elementy struktury plonu, plon ziarna oraz zawartość białka ogólnego w ziarnie.

W publikacji 1.29. wykazano, że wraz ze wzrostem ilości wysiewu nasion rzepaku jarego istotnie zmniejszyła się liczba łuszczyń na roślinie oraz zawartości białka w nasionach. Plon tłuszczu był jednak istotnie wyższy przy wysiewie $6 \text{ kg nasion na ha}$ w porównaniu do wysiewu 4 i $8 \text{ kg nasion na ha}$. Masa 1000 nasion była istotnie mniejsza przy gęstości siewu $8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w odniesieniu do zasiewów rzadszych, tj.: 4 i $6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dodatkowo wykazano, że dokarmianie dolistne mocznikiem istotnie zwiększyło liczbę łuszczyń na roślinie i plon nasion w porównaniu do kontroli. Dolistna aplikacja mocznika zwiększyła zawartość białka ogólnego w nasionach, a zmniejszyła zawartość tłuszczu. W publikacji 1.48. określono reakcję mieszańcowych odmian rzepaku ozimego na zróżnicowaną ilość wysiewu nasion: 40 i $60 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$. W badaniach tych wykazano, że w okresie wegetacji istotnie więcej roślin zanikło na obiekcie z gęstszym wysiewem nasion w porównaniu do rzadszego. Spośród elementów struktury plonu jedynie liczba łuszczyń na roślinie była istotnie zróżnicowana w wyniku zmiennej normy wysiewu. Plon nasion i tłuszczu był wyższy po zastosowaniu gęstszego siewu w porównaniu do rzadszego.

W publikacji 1.64. określono reakcję dwóch odmian rzepaku ozimego (Arot i Primus F1) na zróżnicowaną ilość wysiewu nasion (40 i $60 \text{ sztuk} \cdot \text{m}^{-2}$) oraz dokarmianie dolistne (Basfoliar 12-4-6 + S + amino). Plon nasion był istotnie wyższy na obiektach z wyższą obsadą roślin w porównaniu do niższej. Uzyskana różnica wynosiła $0,48 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dokarmianie dolistne wpłynęło istotnie na zwiększenie plonu nasion o $12,3\%$, w porównaniu do kontroli. Zarówno zróżnicowanie obsady roślin jak i dokarmianie dolistne wpłynęły modyfikująco na liczbę łuszczyń na roślinie. Z kolei badane odmiany różniły się istotnie tylko MTN.

W publikacji 1.70. określono wpływ ilości wysiewu nasion (200 , 300 , $400 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$) na wielkość i jakość plonu ozimych odmian lnianki siewnej (Maczuga, Luna, Przybrodzka). Zwiększenie ilości wysiewu nasion z 200 do $400 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ skutkowało istotnym zmniejszeniem liczby rozgałęzień na roślinie. Gęstszy wysiew nasion (300 i $400 \text{ nasion} \cdot \text{m}^{-2}$) wpłynął na istotne zwiększenie wylegania roślin, zmniejszenie liczby łuszczynek na roślinie ale wzrost plonu nasion, w porównaniu do normy $200 \text{ nasion} \cdot \text{m}^{-2}$. Z kolei w publikacji 1.2. wykazano, że dla jarych odmian lnianki siewnej korzystniejszy jest wysiew 300 lub $400 \text{ nasion} \cdot \text{m}^{-2}$ w połączeniu z wyższą dawką azotu.

Wysiew $400 \text{ nasion} \cdot \text{m}^{-2}$ wpłynął na zmniejszenie zawartości białka ogólnego w nasionach w porównaniu do rzadszych zasiewów. Badane odmiany różniły się wysokością roślin, stopniem wylegania, liczbą łuszczynek na roślinie, liczbą nasion w łuszczyńce oraz składem chemicznym nasion.

Ustalenie odpowiedniej dawki azotu dla pszenicy ma szczególnie duże znaczenie ze względu na wpływ tego składnika na wysokość i jakość plonu ziarna. W publikacji 1.32. wykazano, że plon ziarna pszenicy jarej istotnie wzrastał wraz z rosnącą dawką nawożenia azotem. Najwyższy plon ziarna, średnio $6,63 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, uzyskano po zastosowaniu dawki $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ azotu a najniższy – $4,44 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ po nawożeniu dawką $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Podział nawożenia azotem na dwie dawki spowodowało większy przyrost plonu ziarna i komponentów plonu, niż po zastosowaniu trzech dawek azotu. Nawożenie dawką $150 \text{ N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ zastosowane w trzech równych dawkach (przed siewem, w fazie krzewienia i kłoszenia), wpłynęło korzystniej na oceniane wyróżniki jakości ziarna. W publikacji 1.38. stwierdzono, że wyższa dawka azotu istotnie zwiększyła liczbę kłosów na m^{-2} , plon ziarna oraz zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenicy jarej. Zastosowane poziomy nawożenia azotem nie wpłynęły istotnie na przebieg wegetacji roślin. Wykazano natomiast, że badane odmiany różniły się elementami struktury plonu oraz wielkością i jakością plonu ziarna.

W publikacji 1.65. określono reakcję pszenicy jarej na zróżnicowane nawożenie azotowe (80 i $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz dokarmianie dolistne (Plonvit zboża). Wyższa dawka azotu w porównaniu do niższej wpłynęła na istotne zwiększenie indeksu powierzchni liści (LAI) oraz wskaźnika zieloności liścia (SPAD). Średni kąt nachylenia liści (MTA) wyniósł $49,5^\circ$ i nie był istotnie zróżnicowany. Wyższe nawożenie azotowe wpłynęło także na istotny wzrost liczby kłosów na jednostce powierzchni, wylegania roślin, MTZ, celności ziarna oraz plonu ziarna w odniesieniu do dawki niższej. Dokarmianie dolistne skutkowało istotnym zwiększeniem takich parametrów jak wskaźnik SPAD, MTZ oraz plon ziarna w porównaniu do obiektu kontrolnego. Wyższa dawka azotu zwiększyła w ziarnie zawartość białka ogólnego, zaś obniżyła włókna surowego. Z kolei dokarmianie dolistne skutkowało wzrostem zawartości popiołu w ziarnie w porównaniu do kontroli.

W publikacji 1.43. określono reakcję dwóch odmian pszenicy twardej (Durobonus i Duroflavus) na dwa poziomy nawożenia azotem (90 i $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Wykazano, że wyższa dawka azotu istotnie zwiększyła liczbę kłosów na 1 m^2 oraz liczbę ziaren w kłosie, co skutkowało wzrostem plonu ziarna o $0,35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Również wskaźnik LAI oraz wskaźnik SPAD przyjęły korzystniejsze wartości na obiekcie nawożonym dawką $150 \text{ N kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Dodatkowo zawartość białka w ziarnie wzrosła na skutek wyższego poziomu nawożenia azotem. Nie wykazano natomiast odmianowego zróżnicowania wielkości i jakości plonu nasion.

W publikacji 1.46. określono wpływ dawek (od 40 do $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) i sposobu nawożenia azotem (doglebowo i dolistnie) na wielkość i jakość plonu ziarna pszenicy ozimej. Najwyższy plon uzyskano po zastosowaniu $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ azotu. Wynikało to z istotnego wzrostu obsady kłosów na jednostce powierzchni. Wzrastające dawki azotu wpłynęły na wzrost zawartości białka ogólnego w ziarnie oraz dodatkowo zmodyfikowały zawartość magnezu i wapnia oraz manganu i cynku.

W publikacji 1.68. określono wpływ zróżnicowanych dawek azotu (50 , 100 i $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na wielkość i jakość plonu nasion trzech odmian lniarki siewnej (Maczuga, Luna, Przybrodzka). Najwyższa dawka azotu ($150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) wpłynęła na istotne zwiększenie wysokości roślin, wylegania, zawartości białka ogólnego w nasionach a zmniejszenie zawartości tłuszczu surowego w porównaniu do najniższej dawki azotu. Zastosowanie wyższych dawek azotu (100 lub $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) skutkowało istotnym zwiększeniem liczby łuszczynek na roślinie, nasion w łuszczyńce, wskaźnika SPAD oraz plonu nasion i tłuszczu. Wykazano także istotne zróżnicowanie międzyodmianowe ocenianych cech i parametrów.

Nawożenie mineralne fosforem i potasem jest obok azotu najważniejszym elementem poprawnej agrotechniki pszenicy. W publikacji 1.57. określono reakcję kilku odmian pszenicy jarej (Hewilla, Monsun, Nawra, Ostka Smolicka, Waluta, Zadra, Żura) na dwa poziomy nawożenia NPK: 80 N ; $43,6 \text{ P}$ i $83 \text{ K kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (poziom I) oraz 120 N ; $65,4 \text{ P}$ i $124,5 \text{ K kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (poziom II). Zwiększone nawożenie mineralne NPK w porównaniu do niższego wpłynęło na istotny wzrost wskaźników SPAD i LAI, nie modyfikowała natomiast wskaźnika MTA. Liczba kłosów na 1 m^2 była większa na obiekcie z wyższym poziomem nawożenia w porównaniu do niższego. Na obiektach z wyższym poziomem nawożenia średni plon ziarna ($5,83 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) był istotnie wyższy niż na obiekcie z niższym poziomem nawożenia ($4,89 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Wykazano zarazem istotną różnicę międzyodmianową większości ocenianych parametrów. Czynniki doświadczenia nie wywarły istotnego wpływu na zawartość białka ogólnego w ziarnie.

Cześć zagadnień badawczych dotyczyło chemicznej ochrony roślin uprawnych. W publikacji 1.34. stwierdzono, że plon nasion rzepaku jarego był istotnie wyższy na obiektach chronionych preparatem Mospilan 20 SP w porównaniu do kontrolnego. Zwyżka plonu nasion po jednokrotnym, dwukrotnym i trzykrotnym zastosowaniu insektycydu wyniosła odpowiednio 0,74; 0,82 i 0,86 t·ha⁻¹ w odniesieniu do kontroli. Wynikało to z zawiązania istotnie większej liczby łuszczyń przez rośliny chronione insektycydem w porównaniu do kontrolnych. Jednokrotne i dwukrotne użycie preparatu było uzasadnione ekonomicznie, co potwierdziły przeprowadzone obliczone wskaźników opłacalności (Q1, Q2) oraz wskaźnik pokrycia kosztów (E). Trzykrotne opryskiwanie było mniej opłacalne, z uwagi na wskaźnik Q2. W publikacji 1.50. określono natomiast efektywność ochrony rzepaku ozimego preparatem Mospilan 20 SP (acetamipryd). Stwierdzono, że plon nasion był istotnie wyższy na obiektach chronionych badanym insektycydem w porównaniu do kontrolnego. Uzyskana zwyżka po jedno-, dwu- i trzykrotnym oprysku wyniosła odpowiednio 0,50; 0,73 i 0,81 t·ha⁻¹. Spowodowane było to głównie wykształceniem istotnie większej liczby łuszczyń przez rośliny chronione w porównaniu do kontrolnych. Zastosowana ochrona insektycydowa była uzasadniona ekonomicznie, co potwierdziły wskaźniki opłacalności (Q1, Q2) oraz wskaźnik pokrycia kosztów (E).

Kilka ścisłych doświadczeń polowych dotyczyło reakcji roślin bobowatych na zastosowanie szczepionki bakteryjnej - nitraginy. W publikacji 1.37. udowodniono, że nitragina wydłużyła wchodzenie roślin łąbinu białego w poszczególne fazy rozwojowe w porównaniu z obiektem kontrolnym. Pod wpływem nitraginy istotnie zwiększała się liczba strąków na roślinie i liczba nasion w strąku oraz plon nasion o 0,29 t·ha⁻¹, tj. 9% w porównaniu z kontrolą. Dodatkowo po inokulacji nasion siewnych bakteriami wzrosła zawartość białka w suchej masie nasion w stosunku do kontroli. Z kolei w publikacji 1.39. oceniono reakcję dwóch odmian łąbinu wąskolistnego – Zeus i Kalif na szczepionkę bakteryjną. W porównaniu do obiektu kontrolnego użyta nitragina wydłużyła wchodzenie roślin w poszczególne fazy rozwojowe oraz spowodowała wzrost liczby strąków na roślinie i MTN. Uzyskana zwyżka plonu nasion po użyciu nitraginy wyniosła 0,3 t·ha⁻¹, tj. 13% więcej w odniesieniu do kontroli. Zawartość białka ogólnego w suchej masie nasion istotnie wzrosła pod wpływem szczepionki bakteryjnej w stosunku do nasion kontrolnych.

W publikacji 1.66. określono reakcję roślin soi na szczepionkę bakteryjną – nitraginę oraz nawożenie startowe azotem. Rośliny zostały zaopatrzone w azot na czterech poziomach: nitragina, dawka startowa azotu ($25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), nitragina z dawką startową azotu ($25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz obiekt kontrolny. Na obiektach nawożonych dawką startową azotu odnotowano większe wyleganie roślin niż na obiektach z nitraginą oraz kontrolnym. Dostarczenie roślinom azotu istotnie różnicowało wskaźniki SPAD oraz LAI, natomiast nie modyfikowało wskaźnika MTA. Nawożenie startowe azotem wpłynęło na wzrost liczby nasion w strąku w porównaniu z kontrolą oraz wzrost MTN w stosunku do obiektu z nitraginą i kontrolnego. Szczepienie nasion siewnych nitraginą istotnie zwiększyło liczbę brodawek korzeniowych. Dostarczenie roślinom azotu, głównie mineralnego istotnie zwiększyło plonowanie soi w porównaniu z kontrolą.

W publikacji 1.58. określono wpływ stosowania nitraginy i/lub nawożenia azotem na skład chemiczny nasion soi. Zastosowana dawka startowa azotu istotnie wpłynęła na zwiększenie zawartości białka ogólnego w nasionach w porównaniu z kontrolą. Z kolei zawartość popiołu zwiększyła się po zastosowaniu szczepionki bakteryjnej – nitraginy.

Po łącznym zastosowaniu szczepienia nitraginą oraz nawożenia azotem w białku wzrosła zawartość kwasu glutaminowego i metioniny, a zmniejszyła się cysteiny. Zawartość makroelementów w nasionach nie była istotnie różnicowana a z oznaczonych makroelementów zmienna była tylko zawartość żelaza i manganu.

Z kolei w publikacji 1.3. wykazano, że różnicowane dawki azotu istotnie różnicowały plon nasion soi. Jednorazowe użycie dawki 30 i 60 kg ha^{-1} zwiększyło plon nasion odpowiednio o 0.63 i 0.67 t ha^{-1} w porównaniu do kontroli. Najwyższą zwyżkę plonu, o 1.21 t ha^{-1} uzyskano po zastosowaniu azotu w dwóch dawkach ($30+30 \text{ kg ha}^{-1}$).

W sprawozdaniu merytorycznym z realizacji projektu badawczego nr N N310003040 z roślinami bobowatymi (pozycja 1.73.) określono reakcję roślin bobowatych na wybrane zabiegi agrotechniczne. Uzyskane wyniki wskazały, że zarówno rok badań, gatunek, odmiana jak i zabiegi agrotechniczne decydują o powodzeniu uprawy badanych gatunków roślin bobowatych. Wykazano zarazem, że w województwie podkarpackim istnieją korzystne warunki do uprawy roślin bobowatych grubonasiennych.

W kilku doświadczeniach podjęto badania nad optymalizacją uprawy roślin bobowatych grubonasiennych. W publikacji 1.40. oceniono reakcję łubinu wąskolistnego na zwiększoną ilość wysiewu nasion w porównaniu do normy zalecanej. Wykazano, że wzrost

ilości wysiewu nasion istotnie zwiększył obsadę roślin na 1 m^{-2} , zmniejszył natomiast liczbę strąków na roślinie. Średnio plon nasion nie uległ istotnemu różnicowaniu pod wpływem zwiększonej normy wysiewu. Nie stwierdzono zarazem istotnych różnic w plonowaniu badanych odmian łubinu wąskolistnego.

Z kolei w publikacji 1.53. wykazano również, że obsada roślin łubinu wąskolistnego była istotnie większa na obiektach ze zwiększoną normą wysiewu nasion. Poza tym wysokość osadzenia pierwszego rozgałęzienia owoconośnego wzrosła na skutek zagęszczenia roślin w łanie. Wskaźnik LAI był istotnie większy na obiekcie z mniejszą normą wysiewu nasion w porównaniu do wyższej. Zwiększenie ilości wysiewu nasion istotnie zmniejszało liczbę osadzonych strąków na roślinie nie wpłynęło jednak istotnie na średni plon oraz skład chemiczny nasion.

Wprowadzenie do praktyki rolniczej nowych ulepszonych odmian łubinu żółtego (termoneutralne czy samokończące) pozwoliło na szersze upowszechnienie ich uprawy. W publikacji 1.52. określono wpływ terminu siewu na wielkość i jakość plonu nasion łubinu żółtego w rejonie podgórskim. Wykazano, że na wzrost i rozwój roślin obok terminu siewu wpłynął zróżnicowany układ warunków pogodowych w latach badań. Największą obsadę roślin przed zbiorem uzyskano w drugim terminie siewu (II dekada kwietnia), zaś najmniejszą w pierwszym terminie siewu (I dekada kwietnia). Terminy siewu istotnie zmodyfikował liczbę nasion w strąku i MTN. Istotnie wyższy plon uzyskano po wysiewie nasion w pierwszej i drugiej dekadzie kwietnia niż w trzeciej dekadzie kwietnia.

Dodatkowo stwierdzono, że opóźniony termin siewu wpłynął na zmniejszenie zawartości białka ogólnego w nasionach.

W publikacji 1.61. określono reakcję łubinu wąskolistnego (odmiany Neptun i Kalif) na dawkę startową azotu ($30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Stwierdzono, że zastosowane nawożenie zwiększyło wyleganie roślin oraz wydłużyło okres ich wegetacji. Startowa dawka azotu wpłynęła na istotny wzrost liczby strąków na roślinie i plon nasion. Uzyskana zwyżka plonu w porównaniu do obiektu kontrolnego wyniosła $0,32 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 10,4%. Plon nasion był jednak zmienny w latach badań. Odmiana Neptun wyróżniała się istotnie większą MTN oraz zawartością białka ogólnego w nasionach, krótszym okresem wegetacji, większą podatnością na wyleganie oraz mniejszą liczbą strąków na roślinie w porównaniu do odmiany Kalif.

W publikacji 1.59. przedstawiono wyniki doświadczenia nawozowego z bobikiem. Wykazano w nich, że dawka startowa azotu wydłużyła okres wchodzenia roślin w fazę pąkowania,

kwitnienia oraz dojrzałości pełnej. Dawka startowa azotu nie różnicowała plonu nasion, natomiast dokarmianie dolistne zwiększyło plon o $0,15 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wykazano różnicowanie odmianowe badanych cech. Odmiana Amulet odznaczyła się dłuższym okresem wegetacji i większą liczbą nasion w strąku, z kolei odmiana Granit większą MTN i plonem nasion.

W publikacji 1.56. określono wpływ dawki startowej azotu oraz dokarmiania dolistnego na wskaźnik LAI (Leaf Area Index) oraz porażenie przez grzyby chorobotwórcze dwóch morfotypów bobiku. W latach badań w większym nasileniu występowała askochytoza bobiku (*Ascochyta fabae*), czekoladowa plamistość bobiku (*Botrytis fabae*) i rdza bobiku (*Uromyces fabae*). Dawka startowa azotu istotnie zwiększyła, natomiast dokarmianie dolistne nie różnicowało wskaźnika LAI w porównaniu do kontroli. Zastosowane nawożenie dogłębne czy dolistne nie wywarło istotnego wpływu na stopień porażenia przez badane patogeny grzybowe w odniesieniu do roślin kontrolnych. Stwierdzono natomiast odmianową podatność na oceniane choroby oraz zmienność nasilenia chorób w latach.

Prowadzone badania dotyczyły także różnicowanej intensywności technologii uprawy. W publikacji 1.55. określono reakcję pszenicy jarej na dwa poziomy uprawy. Okres wegetacji roślin wyniósł od 120 do 125 dni, odpowiednio dla technologii średniointensywnej (A1) i intensywnej (A2). Wyższy poziom agrotechniki wpłynął na wzrost plonu nasion o $0,92 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Było to wynikiem istotnego wzrostu liczby kłosów na m^2 i MTZ. Wskaźnik SPAD był wyższy na poziomie A2 w odniesieniu do A1. Istotne różnicowanie uzyskano również dla wskaźników LAI i MTA. Po zastosowaniu wyższego poziomu agrotechniki wzrosła zawartość białka ogólnego w ziarnie.

W publikacji 1.41. określono reakcję mieszańcowych odmian rzepaku ozimego na różnicowaną intensywność uprawy. Stwierdzono, że wyższy poziom agrotechniki w odniesieniu do niższego wpłynął na istotny wzrost plonu nasion i tłuszczu. Z komponentów plonu pod wpływem wyższego poziomu agrotechniki wzrosła liczba łuszczyń na roślinie i masa tysiąca nasion.

W kilku doświadczeniach zbadano możliwość ograniczenia zachwaszczenia w uprawach polowych. W publikacji 1.35. poddano ocenie plon i odchwaszczające działanie mieszanek jęczmienia jarego, pszenicy jarej i owsa uprawianych po przedplonach zbożowych. Najkorzystniejsze efekty uzyskano wysiewając mieszanki z 50% udziałem owsa, co skutkowało zmniejszeniem liczby i powietrznie suchej masy chwastów w porównaniu do mieszanek jęczmienia z pszenicą. Za korzystniejszy przedplon uznano mieszanką zbóż niż

przedplon z czystosiewu pszenicy ozimej czy jęczmienia jarego. Niezależnie od przedplonu, mieszanki z przewagą owsa okazały się najplenniejsze.

W publikacji 1.44. określono plonowanie oraz zachwaszczenia ładu dwóch odmian pszenicy jarej (Parabola i Monsun) pod wpływem zmiennego sposobu regulacji zachwaszczenia: mechaniczny, mechaniczno-chemiczny oraz chemiczny z zastosowaniem pełnej i obniżonej dawki herbicydu Mocarz 75 WG (tritosulfuron + dikamba). Zbliżone efekty chwastobójcze uzyskano na obiektach, gdzie zastosowano zalecaną dawkę herbicydu i dwukrotne bronowanie zasiewów uzupełnione połową dawki herbicydu. Uzyskano istotnie wyższy plon ziarna z obiektów z pełną oraz zredukowaną o 50% dawką herbicydu po wcześniejszym bronowaniu w porównaniu z obiektami z połową dawki herbicydu i regulacją mechaniczną. W publikacji 1.67. porównano stan oraz stopień zachwaszczenia ładu populacyjnych i mieszańcowych odmian pszenicy ozimej, w których stosowano technologie o zróżnicowanej intensywności uprawy. Dla technologii nisko- i średnionakładowej uzyskano podobne ograniczenie zachwaszczenia. Wyższy potencjał konkurencyjny do chwastów stwierdzono dla odmian mieszańcowych pszenicy Hybred i Hymack niż populacyjnych Batuta i Bogatka. W zasiewach pszenicy dominowały, przy czym w różnych proporcjach chwasty krótkotrwałe *Chenopodium album*, *Apera spica-venti* i *Galium aparine* oraz wieloletnie *Cirsium arvense* i *Convolvulus arvensis*, a stopień zachwaszczenia odmian podlegał zróżnicowaniu pod wpływem zmiennych warunków glebowych i klimatycznych.

W publikacji 1.54. określono stan oraz stopień zachwaszczenia ładu pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) i pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.), w których to zastosowano różne sposoby regulacji zachwaszczenia: mechaniczny z bronowaniem zasiewów, chemiczny z zalecaną i obniżoną dawką herbicydu oraz połączenie metody mechanicznej i chemicznej z obniżoną dawką herbicydu. W wyniku przeprowadzonego doświadczenia stwierdzono, że bronowanie zasiewów obu gatunków pszenic połączone z opryskiwaniem zmniejszoną o połowę dawką herbicydu Granstar Ultra SX 50 SG ograniczało zachwaszczenie równie skutecznie, jak metoda chemiczna z zalecaną dawką herbicydu. Uzyskano także dobrą skuteczność bronowania w zwalczaniu chwastów, w tym taksonów dominujących. Przy czym zasiewy pszenicy twardej okazały się mniej konkurencyjne w stosunku do chwastów w porównaniu z pszenicą zwyczajną.

W publikacji 1.45. przedstawiono reakcję pszenicy ozimej odmiany Batuta, uprawianej w stanowisku po bobiku oraz pszenicy ozimej, z zastosowaniem zalecanych i zmniejszonych

dawek herbicydów oraz adiuwantu Atpolan 80 EC. Stwierdzono, że korzystniejszym przedplonem dla pszenicy ozimej jest bobik w porównaniu do dwuletniej monokultury.

Wykazano wzrost wskaźników zachwaszczenia ładu oraz kompensację chwastów, zwłaszcza w stanowisku po pszenicy, gdzie zastosowano zmniejszone o 1/3 dawki herbicydów. Zastosowanie adiuwantu z dawkami herbicydów zmniejszonymi o 1/3 skutkowało uzyskaniem plonu ziarna na poziomie zbliżonym do otrzymanego w warunkach dawek pełnych bez adiuwantu, zarówno w stanowisku po bobiku, jak i w krótkotrwałej monokulturze.

Kilka publikacji dotyczyło właściwości mechanicznych nasion. W publikacji 1.49. oceniono właściwości mechaniczne nasion wybranych roślin strączkowych od ich masy i grubości. Pojedyncze nasiona obciążano w kierunku prostopadłym do płaszczyzny podziału ich liścieni ze stałą prędkością $v=10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Badaniom poddano nasiona łubinu wąskolistnego (Bojar i Regent), łubinu żółtego (Mister i Taper), bobiku (Amulet i Granit), oraz soi (Aldana). Nasiona badanych odmian istotnie różniły się podatnością na uszkodzenia. Stwierdzono również, że nasiona które miały większą masę i grubość były mniej podatne na uszkodzenia mechaniczne.

W publikacji 1.60. ocenie poddano wpływ nawożenia startowego azotem na wybrane właściwości mechaniczne nasion soi. Uzyskane wyniki wskazują, że parametry wytrzymałościowe nasion soi były zróżnicowane w latach badań. Natomiast wpływ nawożenia azotem był znacznie mniejszy.

W publikacji 1.69. oceniono wpływ gęstości siewu oraz dokarmiania dolistnego nawozem Basfoliar 6-12-6 na właściwości mechaniczne nasion łubinu wąskolistnego. Pojedyncze nasiona obciążano w kierunku prostopadłym do płaszczyzny podziału ich liścieni ze stałą prędkością $10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Lata badań i odmiana zróżnicowały istotnie wartość wszystkich analizowanych parametrów mechanicznych nasion łubinu wąskolistnego. Wyznaczone parametry wytrzymałościowe nasion łubinu były skorelowane ujemnie z zawartością popiołu, włókna i białka za wyjątkiem siły niszczącej, a dodatnio z zawartością tłuszczu.

W publikacji 1.8. dokonano oceny wpływu nawożenia przedsiewnego azotem i dokarmiania dolistnego na właściwości mechaniczne nasion bobiku odmian Amulet i Granit. Uzyskane wyniki wskazały, że na badane parametry w większym stopniu wpływały cechy odmianowe i pogoda niż zabiegi agrotechniczne.

W publikacji 1.63. celem badań było wykazanie wpływu terminu siewu i dokarmiania dolistnego na właściwości mechaniczne nasion łubinu żółtego. Głównie rok uprawy i odmiana różnicowały analizowane parametry wytrzymałościowe nasion.

Termin siewu zmodyfikował siłę niszczącą, energie odkształcenia i odkształcenie, zaś nawóz dolistny tylko odkształcenie. Opóźnienie wysiewu nasion wpłynęło korzystnie na odporność nasion na uszkodzenia.

W publikacji 1.20. zamieszczono informacje o składzie i właściwościach ścieków oczyszczonych, odprowadzanych z wiejskiej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni w Gliniku Dolnym (województwo podkarpackie). Wynika z nich, że ścieki takie mogą być przydatne (pod pewnymi warunkami) do celów nawozowych. Jednym z zagrożeń dla środowiska naturalnego są zawarte w nich metale ciężkie.

W dwóch publikacjach popularno – naukowych przedstawiono zasadność stosowania mikroelementów w uprawie rzepaku jarego (publikacja 1.71.) oraz celowość użycia szczepionki bakteryjnej i nawożenia startowego azotem w uprawie soi (publikacja 1.72.). Zawarte informacje w tych pracach były częściowo oparte o wyniki badań własnych.

Zestawienie dorobku naukowego z uwzględnieniem danych naukometrycznych

Wyniki badań własnych prezentowałem na konferencjach oraz opublikowałem w pracach naukowych. Wziąłem udział w 26 konferencjach naukowych, w tym 3 zagranicznych (2x Ukraina, Serbia). Wygłosiłem 7 referatów i 1 komunikat.

Mój dorobek obejmuje:

- 73 oryginalne prace twórcze w recenzowanych czasopismach naukowych, w tym 3 prace w czasopiśmie zagranicznym z JCR, 4 prace krajowe z listy JCR oraz 66 prac w czasopismach innych niż JCR,
- 7 rozdziałów w monografii,
- 2 artykuły popularno-naukowe.

W 42 oryginalnych pracach twórczych jestem pierwszym autorem a w 31 drugim lub kolejnym autorem. Oryginalne prace twórcze opublikowałem w 24 czasopismach naukowych, 1 popularno-naukowej a pozostałe w monografiach (tab. 1 i 2).

Suma punktów za publikację według listy MNiSW wynosi 523, w tym 122 dla publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe.

Sumaryczny Impact Factor (IF) moich publikacji według listy Journal Citation Reports (JCE) wynosi 5,508 według roku opublikowania (dla publikacji z 2017 i 2018 roku przyjęto punktację z 2016 rok). Dla publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego IF wynosi 3,148 i 2,360 dla pozostałych publikacji.

Tabela 1. Liczbowe zestawienie dorobku naukowego przed i po uzyskaniu stopnia doktora

Wyszczególnienie		Liczba prac		
		przed doktoratem	po doktoracie	razem
Oryginalne prace twórcze	samodzielne	0	0	0
	pierwszy autor	1	41	42
	drugi lub kolejny autor	10	21	31
Rozdziały w monografiach		0	7	7
Razem publikacje		11	69	80
Artykuły popularno - naukowe		0	2	2
Razem		11	71	82

Tabela 2. Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego

Lp.	Nazwa czasopisma	Liczba dokonań	Impact factor ^a	Punkty wg. MNiSW ^b	Punkty wg. MNiSW ^c	Liczba prac	Suma
Czasopisma z IF							
1	Plant, Soil and Environment *	2	1,225	25	25	2	50
2	Journal of Elementology *	4	0,641	15	15	4	60
3	Emirates Journal of Food and Agriculture	1	0,494	20	20	1	20
Pozostałe czasopisma recenzowane							
4	Journal of Central European Agriculture *	2	0	14	14	2	28
5	Acta Agrophysica	3	0	0 14	14	1 2	28
6	Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	4	0	1 6	13	2 2	14
7	Fragmenta Agronomica *	14	0	4 5 12	12	2 8 4	96
8	Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin	5	0	5	12	5	25
9	Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura	8	0	6 7 11	11	3 3 2	61
10	Polish Journal of Agronomy	1	0	10	10	1	10
11	Inżynieria Rolnicza/Agricultural Engineering	1	0	5	10	1	5
12	Annales UMCS, Agricultura	3	0	0 6	9	1 2	12
13	Nauka Przyroda Technologie	1	0	9	9	1	9
14	Inżynieria Ekologiczna	4	0	0 6 5	9	2 1 1	11
15	Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Rolnictwo *	3	0	5 6 9	9	1 1 1	20
16	Rośliny oleiste – Oilseed crops	4	0	4 5 7	7	2 1 1	20
17	Biuletyn IHAR	2	0	4	6	2	8
18	TEKA. Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa	2	0	8	8	2	16
19	MOTROL. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa	1	0	6	6	1	6
20	Zeszyty Naukowe Południowo – Wschodniego Oddziału Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z siedzibą w Rzeszowie i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego, Oddział w Rzeszowie.	1	0	2	6	1	2
21	Żywność - Nauka Technologia Jakość	1	0	0	13	1	0
22	Acta Agraria et Silvestria, Agraria. PAN - odział w Krakowie.	1	0	0	0	1	0
23	Zeszyty Naukowe AR Kraków - Rolnictwo	1	0	0	0	1	0
24	Zeszyty Naukowe AR Kraków - Sesja Naukowa	4	0	0	0	4	0
25	Rozdziały w monografiach	7	0	1 2 3 4	4	1 1 1 4	22
26	Artykuły popularno-naukowe	2	0	0	0	2	0
Razem		82	5,508			82	523

^a - wartość IF z roku wydania (dla publikacji z 2017 i 2018 r. przyjęto 2016 r.)^b - liczba punktów według wykazu MNiSW zgodnie z datą wydania (dla publikacji z 2017 i 2018 r. przyjęto 2016 r.)^c - liczba punktów według wykazu MNiSW z 2016 r.

* - czasopisma, w których ukazały się prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

Wacław Jarecki

Załącznik 3

Wykaz innych (nie wchodzących w skład osiągnięcia naukowego) opublikowanych prac naukowych oraz wskaźniki dokonań naukowych**Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR):**

- 1.1. Buczek J., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2016. The response of population and hybrid wheat to selected agro-environmental factors. *Plant, Soil and Environment*. 62 (2): 67-73. DOI: 10.17221/615/2015-PSE (25 pkt. MNiSW_{2016 r.}, IF = 1,225_{2016 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych oraz opracowaniu statystycznym wyników badań. Mój udział procentowy szacuję na 20 %.

- 1.2. Czarnik M., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2017. The effects of varied plant density and nitrogen fertilization on quantity and quality yield of *Camelina sativa* L. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 29(12): 988-993. DOI: 10.9755/ejfa.2017.v29.i12.1569 (20 pkt. MNiSW_{2016 r.}, IF = 0,494_{2016 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych oraz opracowaniu statystycznym wyników badań. Mój udział procentowy szacuję na 30 %.

- 1.3. Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.**, Buczek J. 2018. Response of soya bean to different nitrogen fertilization levels. *Journal of Elementology*. 23(2): 559 - 568. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.3.1435 (15 pkt. MNiSW_{2016 r.}, IF = 0,641_{2016 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych oraz opracowaniu statystycznym wyników badań. Mój udział procentowy szacuję na 40 %.

Udzielone patenty międzynarodowe i krajowe:

brak

Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach

brak

Monografie, publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR):

Monografie:

- 1.4. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2006. Reakcja rzepaku jarego na dolistne dokarmianie nawozami wieloskładnikowymi. (w:) pod red. Zin M., Znamiorska A. „Aspekty technologiczne i ekonomiczne gospodarki żywnościowej regionu podkarpackiego”. Uniwersytet Rzeszowski: 258-268. (3 pkt. MNiSW_{2006 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych oraz opracowaniu statystycznym wyników badań. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

- 1.5. **Jarecki W.** 2008. Regionalne uwarunkowania uprawy i wykorzystania roślin energetycznych w województwie podkarpackim. (w:) pod red. Bobrecka-Jamro D., Kryńska B., Buczek J. Innowacje w technologiach roślinnych podstawą kształtowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej przez samorząd terytorialny. Uniwersytet Rzeszowski: 46-52. (1 pkt. MNiSW_{2008 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 100 %.

- 1.6. Bobrecka-Jamro D., Romaniak M., **Jarecki W.** 2014. Wpływ reformy rynku cukru w Unii Europejskiej na opłacalność i produkcję buraka cukrowego w Polsce. Ekonomia Gospodarka Region. Wyższa Szkoła Społeczno - Gospodarcza w Przeworsku: 92-99. (2 pkt. MNiSW_{2014 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 30 %.

- 1.7. Jarecka A., Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.** 2015. Uwarunkowania przyrodniczo - ekonomiczne produkcji roślin strączkowych w województwie podkarpackim. (w:) pod red. Puchalski Cz. i Gajdek G. Rynek aktywów biologicznych i produktów rolniczych. Uniwersytet Rzeszowski: 65-76. (4 pkt. MNiSW_{2015 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 30 %.

- 1.8. Kuźniar P., **Jarecki W.**, Gorzelany J., Matłok N., Migut D., Bobrecka-Jamro D. 2016.

Wpływ warunków klimatycznych i nawożenia azotem na wybrane właściwości mechaniczne nasion bobiku. (w:) pod red. Łuczyckiej D. Rolnictwo XXI wieku: problemy i wyzwania 2016. Wyd. Idea Knowledge Future Wrocław: 132-141. (4 pkt. MNiSW 2016 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych oraz opracowaniu wyników badań. Mój udział procentowy szacuję na 20 %.

- 1.9. Czarnik M., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2016. Stan zagospodarowania terenów zdegradowanych i zdewastowanych na cele rolnicze i leśne w województwie podkarpackim i Polsce w latach 2003-2014. (w:) pod red. Twardowskiego M. i Puchalskiego Cz. Technologiczne aspekty rolnictwa. Uniwersytet Rzeszowski: 43-53. (4 pkt. MNiSW 2016 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 45 %.

- 1.10. **Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D., Pawlica Ł. 2016. Rozwój biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2011 - 2016. (w:) pod red. Twardowskiego M. i Puchalskiego Cz. Technologiczne aspekty rolnictwa. Uniwersytet Rzeszowski: 92-101. (4 pkt. MNiSW 2016 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.

Publikacje naukowe:

- 1.11. Bobrecka-Jamro D., Jezuit G., **Jarecki W.** 1999. Zmiany w strukturze zasiewów roślin zbożowych w województwie rzeszowskim w latach 1986-1996. Żywność - Nauka, Technologia, Jakość. 1(18) Suplement: 77-83. (0 pkt. MNiSW 1999 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 30 %.

- 1.12. Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.** 2000. Zmiany poziomu produkcji roślinnej w gminie Zarszyn. Zeszyty Naukowe AR Kraków - Rolnictwo. 374 (37): 5-15.

(0 pkt. MNiSW_{2000 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 50 %.

- 1.13. Pałka M., Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.** 2001. Produkcja roślinna w powiecie rzeszowskim. Zeszyty Naukowe AR Kraków - Sesja Naukowa. Cz. I, 373 (76): 369-374. (0 pkt. MNiSW_{2001 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 30 %.

- 1.14. Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.** 2001. Produkcja roślinna w województwie podkarpackim. Zeszyty Naukowe AR Kraków - Sesja Naukowa. Cz. I, 373 (76): 389-396. (0 pkt. MNiSW_{2001 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 50 %.

- 1.15. Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.** 2003. Wpływ środowiska przyrodniczego na organizację produkcji roślinnej w województwie podkarpackim. Zeszyty Naukowe AR Kraków. Sesja Naukowa. 89: 45-52. (0 pkt. MNiSW_{2003 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 50 %.

- 1.16. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2003. Regionalne uwarunkowania rozwoju produkcji rzepaku na biopaliwo w województwie podkarpackim. Zeszyty Naukowe AR Kraków. Sesja Naukowa. 89: 59-66. (0 pkt. MNiSW_{2003 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

- 1.17. Pałka M., Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.** 2003. Wpływ wieloskładnikowych nawozów dolistnych na skład chemiczny nasion oraz wydajność tłuszczu i białka rzepaku jarego. Acta Agrophysica. 85: 277-287. (0 pkt. MNiSW_{2003 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych oraz opracowaniu statystycznym wyników badań. Mój udział procentowy szacuję na 30 %.

- 1.18. Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.** 2003. Stan i perspektywy rozwoju gospodarstw ekologicznych w województwie podkarpackim na tle zrównoważonego rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich. Acta agraria et silvestria. PAN - oddział w Krakowie. Seria Agraria. Sekcja Rolnicza. XL: 211- 219. (0 pkt. MNiSW_{2003 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 50 %.

- 1.19. Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.** 2005. Wpływ uprawy roślin energetycznych na kształtowanie środowiska w województwie podkarpackim. Inżynieria Ekologiczna. 12: 95-96. (0 pkt. MNiSW_{2005 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 50 %.

- 1.20. Bobrecka-Jamro D., Kwiatkowska A., **Jarecki W.** 2005. Skład i właściwości ścieków oczyszczonych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 506: 47-54. (1 pkt. MNiSW_{2005 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 30 %.

- 1.21. Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.**, Kwiatkowska A. 2005. Dobór roślin energetycznych do uprawy w województwie podkarpackim. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 507: 41-47. (1 pkt. MNiSW_{2005 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 30 %.

- 1.22. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2008. Reakcja rzepaku ozimego na dolistne dokarmianie. *Annales UMCS, Agricultura*. 63(2): 86-96. (0 pkt. MNiSW 2008 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.23. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2009. Konieczność wapnowania gleb w województwie podkarpackim na przykładzie pola wydziałowej stacji doświadczalnej w Krasnem. Południowo – Wschodni Oddział Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z siedzibą w Rzeszowie, Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Oddział w Rzeszowie. *Zeszyty Naukowe*. 11: 79-84. (2 pkt. MNiSW 2009 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

- 1.24. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2009. Stan zużycia podstawowych nawozów mineralnych w Polsce i województwie podkarpackim. *Inżynieria Ekologiczna*. 21: 25-31. (0 pkt. MNiSW 2009 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

- 1.25. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2009. Produkcja głównych ziemiopłodów w województwie podkarpackim w aspekcie zrównoważonego rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich. *Fragmenta Agronomica*. 26(3): 42-47. (4 pkt. MNiSW 2009 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

- 1.26. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2010. Rozwój gospodarstw ekologicznych i agroturystycznych w województwie podkarpackim. *Inżynieria Ekologiczna*. 22: 71-77. (6 pkt. MNiSW 2010 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

- 1.27. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2010. Produkcja roślin strączkowych na nasiona w województwie podkarpackim. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 550: 211-217. (6 pkt. MNiSW_{2010 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

- 1.28. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2010. Możliwości uprawy roślin energetycznych w województwie podkarpackim. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 549: 71-77. (6 pkt. MNiSW_{2010 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

- 1.29. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2011. Reakcja rzepaku jarego odmiany Huzar na gęstość siewu i dokarmianie dolistne mocznikiem. Rośliny oleiste – Oilseed crops. XXXII (1): 117-126. (5 pkt. MNiSW_{2011 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.30. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2011. Reaction of spring wheat cv. Parabola to diversified sowing density. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura. 10(4): 79-86. (6 pkt. MNiSW_{2011 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.31. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2011. Sprzedaż środków ochrony roślin oraz kwalifikowanego materiału siewnego zbóż i ziemniaka w Polsce w latach 2000-2009. Fragmenta Agronomica. 28(4): 33-38. (5 pkt. MNiSW_{2011 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

- 1.32. Buczek J., Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.** 2011. Plon i jakość ziarna wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od dawki i terminu stosowania azotu. Fragmenta Agronomica 28(4): 7-15. (5 pkt. MNiSW_{2011 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 15 %.

- 1.33. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2011. Reakcja pszenicy jarej odmiany Parabola na dolistne dokarmianie mocznikiem i Mikrokomplexem. Biuletyn IHAR. 262: 39-46. (4 pkt. MNiSW_{2011 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.34. **Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2012. Efektywność ochrony insektycydowej rzepaku jarego preparatem Mospilan 20 SP. Progress in plant protection/Postępy w ochronie roślin. 52(1): 31-34. (5 pkt. MNiSW_{2012 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

- 1.35. Buczek J., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2012. Analiza zachwaszczenia i plonowania zbóż jarych uprawianych w mieszance po przedplonach zbożowych. Progress in plant protection/Postępy w ochronie roślin. 52(1): 57-61. (5 pkt. MNiSW_{2012 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 15%.

- 1.36. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D., Buczek J. 2012. Wpływ ilości wysiewu ziarna i dokarmiania dolistnego mocznikiem na wielkość i jakość plonu pszenicy jarej. Fragmenta Agronomica. 29(1): 34-40. (5 pkt. MNiSW_{2012 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 75%.

- 1.37. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2012. Reaction of white lupine (*Lupinus albus* L.) to seed inoculation with nitragina. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura. 11(2): 19-26. (6 pkt. MNiSW_{2012 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.38. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2012. Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na plonowanie pszenicy jarej. Biuletyn IHAR. 265: 3-10. (4 pkt. MNiSW_{2012 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.39. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2012. Effect of inoculation of seeds with nitragina on development and yield of blue lupine (*Lupinus angustifolius* L.). Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura. 11(4): 27-34. (6 pkt. MNiSW_{2012 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.40. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2012. Reakcja łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.) na zróżnicowaną ilość wysiewu nasion. Fragmenta Agronomica. 29(4): 56-62. (5 pkt. MNiSW_{2012 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.41. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D., Noworól M. 2013. Yield of winter oilseed rape cultivars depending on intensity of cultivation practices. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura. 12(1): 25-34. (7 pkt. MNiSW_{2013 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

- 1.42. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2013. Zużycie środków do produkcji rolniczej w Polsce w kontekście retardacji przemian rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Inżynieria Ekologiczna. 34: 121-128. (5 pkt. MNiSW_{2013 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

- 1.43. **Jarecki W.** Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2013. Wpływ nawożenia azotem na wielkość plonu ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Fragmenta Agronomica. 30(2): 68-75. (5 pkt. MNiSW_{2013 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.

- 1.44. Buczek J., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2013. Skuteczność metod regulacji zachwaszczenia w pszenicy jarej. Progress in plant protection/Postępy w ochronie roślin. 53(2): 265-270. (5 pkt. MNiSW_{2013 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

- 1.45. Buczek J., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2013. Wpływ przedplonów i dawek herbicydów na plon oraz zachwaszczenie pszenicy ozimej. Annales UMCS, Sectio E, LXVIII (2): 24-32. (6 pkt. MNiSW_{2013 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

- 1.46. Bobrecka-Jamro D., Kruczek G., Romaniak M., **Jarecki W.**, Buczek J. 2013. Effect of the dose and method of top-dressing with nitrogen on the yield and quality of winter wheat grain. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura. 12(4): 19-30. (7 pkt. MNiSW_{2013 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

- 1.47. Bobrecka-Jamro D., Romaniak M., **Jarecki W.**, Buczek J. 2013. Postęp biologiczny i jego znaczenie w produkcji rzepaku w Polsce i województwie podkarpackim. Rośliny oleiste – Oilseed crops. 34(1): 37-45. (4 pkt. MNiSW_{2013 r.})
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 25 %.
- 1.48. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D., Noworól M. 2013. Reakcja rzepaku ozimego na zróżnicowaną ilość wysiewu nasion w rejonie podkarpackim. Rośliny oleiste – Oilseed crops. 34(1): 65-74. (4 pkt. MNiSW_{2013 r.})
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 70%.
- 1.49. Kuźniar P., **Jarecki W.**, Bobrecka - Jamro D. 2013. Właściwości mechaniczne nasion wybranych roślin strączkowych a ich masa i grubość. Inżynieria Rolnicza. T.1, 4(147): 171-177. (5 pkt. MNiSW_{2013 r.})
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 30%.
- 1.50. **Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2014. Efektywność ochrony insektycydowej rzepaku ozimego acetamiprydem. Fragmenta Agronomica. 31(1): 18-24. (5 pkt. MNiSW_{2014 r.})
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.
- 1.51. Kucharska M., Bobrecka – Jamro D., **Jarecki W.** 2014. Stan produkcji nasion roślin strączkowych w województwie podkarpackim w latach 2000-2011. Fragmenta Agronomica. 31(1), 44-52. (5 pkt. MNiSW_{2014 r.})
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 30 %.

- 1.52. **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 Scientiarum Polonorum, Agricultura. 13(2): 13-22. (7 pkt. MNiSW_{2014 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.53. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2014. Wpływ zróżnicowanej ilości wysiewu nasion na rozwój i plonowanie łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). Annales UMCS, Sectio E, LXIX (2): 11-21. (6 pkt. MNiSW_{2014 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.54. Buczek J., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2014. Effect of weed control methods on weed infestation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) and common wheat (*T. aestivum* L.) crops. Progress in plant protection. 54(3): 355-362. (5 pkt. MNiSW_{2014 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

- 1.55. **Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2014. Reakcja pszenicy jarej odmiany Kandela na zróżnicowaną intensywność uprawy. Fragmenta Agronomica. 31(3): 58-65. (5 pkt. MNiSW_{2014 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

- 1.56. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2014. Wpływ dawki startowej azotu oraz dokarmiania dolistnego na wskaźnik LAI oraz porażenie przez patogeny grzybowe dwóch morfotypów bobiku. Progress in plant protection. 54 (4): 430-436. (5 pkt. MNiSW_{2014 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.57. Bobrecka-Jamro D., Jarecka A., **Jarecki W.** 2015. Response of some spring wheat cultivars to diverse mineral NPK fertilization. Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura. 14(2): 3-13. (11 pkt. MNiSW_{2015 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

- 1.58. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2015. Effect of fertilization with nitrogen and seed inoculation with nitragina on seed quality of soya bean (*Glycine max* (L.) Merrill). Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura. 14(3): 51-59. (11 pkt. MNiSW_{2015 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.59. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2015. Reakcja roślin bobiku na dawkę startową azotu oraz dokarmianie dolistne. Fragmenta Agronomica. 32(3): 44-53. (12 pkt. MNiSW_{2015 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.60. Kuźniar P., **Jarecki W.**, Sosnowski S., Gorzelany J., Bobrecka-Jamro D. 2015. Wpływ nawożenia azotem na wybrane właściwości mechaniczne nasion soi. MOTROL. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. 17(9): 181-185. (6 pkt. MNiSW_{2015 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

- 1.61. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D., Jarecka A. 2015. Reakcja łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.) na dawkę startową azotu. Polish Journal of Agronomy. 21: 28-33. (10 pkt. MNiSW_{2015 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

- 1.62. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2015. Wpływ nawożenia dolistnego na plon i skład chemiczny nasion soi (*Glycine max* (L.) Merrill). *Fragmenta Agronomica*. 32(4): 22-31. (12 pkt. MNiSW_{2015 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.63. Kuźniar P., **Jarecki W.**, Gorzelany J., Matłok N., Bobrecka-Jamro D. 2015. Influence of sowing date and foliar fertilization on selected mechanical properties of seeds of annual yellow lupine (*Lupinus luteus* L.). *Teka. Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*. 15(4): 97-102. (8 pkt. MNiSW_{2015 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

- 1.64. Czarnik M., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D., Jarecka A. 2015. Wpływ gęstości siewu oraz nawożenia dolistnego na plonowanie odmian rzepaku ozimego. *Rośliny oleiste – Oilseed crops*. 36: 60-68. (7 pkt. MNiSW_{2015 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 25%.

- 1.65. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D., Jarecka A. 2016. Reakcja pszenicy jarej na zróżnicowane nawożenie azotowe oraz dokarmianie dolistne. *Acta Agrophysica*. 23(1): 39-50. (14 pkt. MNiSW_{2016 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 70%.

- 1.66. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2016. Reakcja roślin soi na szczepienie nasion nitraginą oraz nawożenie startowe azotem. *Nauka Przyroda Technologie*. 10, 1, #12. (9 pkt. MNiSW_{2016 r.})

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- 1.67. Buczek J., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2016. Zmiany zachwaszczenia pszenicy ozimej populacyjnej i mieszańcowej w zależności od technologii produkcji i czynników środowiskowych. *Fragmenta Agronomica*. 33(2): 23-34. (12 pkt. MNiSW 2016 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

- 1.68. Czarnik M., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2016. Reakcja ozimych odmian lnianki siewnej (*Camelina sativa* (L.) Crantz) na zróżnicowane nawożenie azotem. *Acta Agrophysica*, 23(4): 545-556. (14 pkt. MNiSW 2016 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 35 %.

- 1.69. Kuźniar P., **Jarecki W.**, Sosnowski S., Bobrecka-Jamro D., Matłok N., Migut D. 2016. The effect of different sowing rate, foliar fertilization and chemical composition on the mechanical properties of narrow-leaved lupine seeds (*Lupinus angustifolius* L.). *Teka. Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*. 16(4): 43- 48. (8 pkt. MNiSW 2016 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 20%.

- 1.70. Czarnik M., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2017. Reakcja ozimych odmian lnianki siewnej (*Camelina sativa* (L.) Crantz) na zróżnicowaną ilość wysiewu nasion. *Fragmenta Agronomica*. 34(1): 30-39. (12 pkt. MNiSW 2016 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 35 %.

Publikacje popularno - naukowe

- 1.71. Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.** 2016. Rzepak jary też potrzebuje mikroelementów. Farmer 3:128-133.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 50 %.

- 1.72. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2016. Znaczenie szczepionki bakteryjnej oraz startowej dawki azotu w uprawie soi. Farmer 4:174-177.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zebraniu danych źródłowych, wyborze literatury, zestawieniu i interpretacji wyników, przygotowaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz, utworów i dzieł artystycznych

- 1.73. Bobrecka-Jamro D., **Jarecki W.**, Kuźniar P., Kapusta I., Kubit P., Płonka P. 2014. Optymalizacja elementów agrotechniki wybranych morfotypów roślin strączkowych w warunkach siedliskowych województwa podkarpackiego. Sprawozdanie merytoryczne z realizacji projektu badawczego nr N N310003040. Złożone w NCN, ss. 244.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 30 %.

- 1.74. **Jarecki W.** 2007. Ekologiczne, społeczne i ekonomiczne znaczenie uprawy i wykorzystania roślin energetycznych. (w:) Materiały szkoleniowe. Innowacje w technologiach roślinnych podstawą kształtowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej przez samorząd terytorialny. Projekt nr Z/2.18/II/2.6/98/06. Uniwersytet Rzeszowski: 35-52.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji pracy, zebraniu i interpretacji wyników, napisaniu pracy do druku. Mój udział procentowy szacuję na 100 %.

Wacław Jarecki

Załącznik 4

Informacja o osiągnięciach dydaktycznych i sprawowanej opiece naukowej nad studentami, współpracy naukowej, stażach i popularyzacji nauki

Summary impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania: 5.508

Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS): 3

Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS): 1

Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach

Projekty badawcze

- Projekt badawczy NCN, nr N N310 003040, pt. Optymalizacja elementów agrotechniki wybranych morfotypów roślin strączkowych w warunkach siedliskowych województwa podkarpackiego. Lata realizacji 2011-2014. (wykonawca)
- Program Wieloletni MRiRW, pt. Zwiększenie wykorzystania krajowego białka paszowego dla produkcji wysokiej jakości produktów zwierzęcych w warunkach zrównoważonego rozwoju. Obszar 3. Agrotechniczne sposoby zwiększania wykorzystania potencjału biologicznego roślin strączkowych w aspekcie efektów produkcyjnych, środowiskowych i ekonomicznych. Zadanie 3.6. Opracowanie technologii uprawy soi z uwzględnieniem warunków regionalnych kraju. Lata realizacji 2016 – 2020. (wykonawca)
- Projekt badawczy NCBiR, Strategiczny program badań naukowych i prac rozwojowych "Środowisko naturalne, rolnictwo i leśnictwo" - BIOSTRATEG/Konkurs III, pt. Opracowanie innowacyjnej biodegradowalnej otoczki dla nasion soi opartej na biopolimerach z surowców odnawialnych dla zwiększonej tolerancji roślin na niekorzystne warunki środowiskowe. Lata realizacji 2017 – 2020. (wykonawca)

Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową

Medal Brązowy za Długoletnią Służbę. 7.01.2013 r. Prezydent Rzeczypospolitej Polskiej.

Wygłoszenie referatów (posterów) na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych

Konferencje międzynarodowe

- Międzynarodowa konferencja naukowa "Funkcjonowanie i odnowa ekosystemów transformowanych pogranicza polsko - ukraińskiego". 23-27.07.2013 r. Uniwersytet Pedagogiczny im. Iwana Franka w Drohobyczu, Ukraina. **Referat**, pt.: Wpływ intensywności uprawy na plonowanie rzepaku jarego. (**Jarecki W.**).
- First Legume Society Conference. A Legume Odyssey. 19-21.05.2013 r. University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia. Dwa postery, pt.:
 - ✓ Reaction of white lupin (*Lupinus albus* L.) to the initial nitrogen feeding and foliar feeding (**Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D.),
 - ✓ Reaction of yellow lupin (*Lupinus luteus* L.) to foliar feeding with macro- and microelements (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).

Konferencje krajowe

- Dolistne dokarmianie roślin. II ogólnopolska konferencja naukowa. UP Lublin. 18-19.09.2008 r. Poster, pt.: Reakcja rzepaku ozimego na dolistne dokarmianie. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).
- Agronomia w zrównoważonym rozwoju współczesnego rolnictwa. IV konferencja naukowa PTA, SGGW Warszawa. 5-7 września 2011 r. Poster, pt. Wpływ gęstości siewu nasion i dolistnego dokarmiania mocznikiem na wielkość i jakość plonu pszenicy jarej odmiany „Parabola”. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D., Buczek J.).
- 54 Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin - PIB Poznań, 6-7. 02. 2014 r. Poster, pt.: Wpływ dawki startowej azotu i dokarmiania dolistnego na porażenie roślin bobiku chorobami (**Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D.).
- Łubin we współczesnym rolnictwie. UP Wrocław i UW-M w Olsztynie. 8-10.09. 2014 r. Kudowa Zdrój. Poster, pt.: Wpływ dokarmiania dolistnego na wielkość i jakość plonu łubinu wąskolistnego i żółtego. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).
- Badania i innowacje w produkcji roślinnej. VI Konferencja PTA, Oddział Kraków. 17-19.09.2015 r. **Referat**, pt.: Wpływ dokarmiania dolistnego na plon i skład chemiczny nasion soi. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).

Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz informacja o współpracy międzynarodowej habilitanta**Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych**

- Projekt nr S/09/002/04, pt. Dobra praktyka rolnicza podstawą zrównoważonego produkcji rolnej regionu podkarpackiego. Sektorowy Program Operacyjny, Priorytet 1. Wsparcie zmian i dostosowań w sektorze rolno-żywnościowym. Działanie 1.3. Szkolenia SPO „Restrukturyzacja i modernizacja sektora żywnościowego oraz rozwój obszarów wiejskich 2004-2006”. Konsorcjum „Wsparcie wsi w zakresie oświaty rolniczej” (Rzeszowska Agencja Rozwoju Regionalnego S.A., Podkarpacki Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Boguchwale, Podkarpacka Izba Rolnicza w Boguchwale, Stowarzyszenie Rozwoju Przedsiębiorczości i Inicjatyw Lokalnych w Ząbkach, Uniwersytet Rzeszowski). Lata realizacji 2004-2006 (wykonawca)
- Projekt unijny, realizowanym w ramach ZPORR, działania 2.6 Regionalne strategie innowacyjne i transfer wiedzy. Współfinansowany z EFS, nr Z/2.18/II/2.6/98/06, pt. „Innowacje w technologiach roślinnych podstawą kształtowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej przez samorząd terytorialny”. Lata realizacji 2006-2008. (wykonawca)

Badania statutowe

- WBR/KPR/PB/1/2015 - Agrotechnika roślin oleistych. (wykonawca)
- WBR/KPR/PB/3/2015 - Optymalizacja wybranych elementów agrotechniki roślin strączkowych. (wykonawca)
- WBR/KPR/PB/1/2016 - Optymalizacja technologii produkcji roślinnej w rejonie Podkarpacia. (wykonawca)
- WBR/ KPR/PB/3/2016 - Doskonalenie agrotechniki roślin bobowatych. (wykonawca)
- WBR/KPR/PB/4/2016 - Doskonalenie agrotechniki roślin oleistych. (wykonawca)

Aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych

Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Economy in the conditions of globalization: problems, tendencies, prospects: materials digest of the 1st International Scientific and Practical Internet”. 25.02.-01.03.2013 r. Dnipropetrovsk. Organizator: Nacjonal'nij Girničij Uniwersitet, Ukraina. Dwa rozdziały w materiałach konferencyjnych, pt.:

- The development of organic farming in Poland and its economic conditions between 2001 and 2010. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D., Romaniak M.)
- Development of agritourism farms and guest houses (guest rooms) in Poland in years 2005-2011. (**Jarecki W.**, Kucharska M., Bobrecka-Jamro D.).

First Legume Society Conference. A Legume Odyssey. 19-21.05.2013 r. University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia. Poster, pt.:

- Efficiency of weed control methods in sugarsnap peas cultivation. (Buczek J., **Jarecki W.**, Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D.).

Współczesne uwarunkowania organizacji produkcji w gospodarstwach rolniczych. XI konferencja naukowa. IUNG - PIB Puławy. 12-13.06.2007 r. Poster, pt.: Perspektywy rozwoju produkcji roślin energetycznych w województwie podkarpackim. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.)

Aktualne problemy produkcji roślinnej w Polsce. UP Poznań, Dymaczewo Nowe. 11-13.05.2011 r. Poster, pt.: Reakcja pszenicy jarej odmiany Parabola na zróżnicowaną ilość wysiewu nasion. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).

Uruchomienie kompleksu naukowo-dydaktycznego Zalesie - Regionalne Centra Innowacji i Transferu Technologii Produkcji, Przetwarzania oraz Marketingu w Sektorze Rolno - Spożywczym. Uniwersytet Rzeszowski. 17 listopad 2011 r. **Referat**, pt. Bilans słomy w województwie podkarpackim. (**Jarecki W.**).

52 Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin - PIB Poznań, 9-10. 02. 2012 r. Poster, pt.: Efektywność ochrony insektycydowej rzepaku jarego (**Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D.).

Strategie wykorzystania roślin strączkowych. X ogólnopolska konferencja Polskiego Towarzystwa Łubinowego i II ogólnopolska konferencja roślin strączkowych. Polskie Towarzystwo Łubinowe i in., Zakopane. 29.05. - 1.06. 2012 r.

- **Referat**, pt.: Reakcja roślin łąbinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius L.*) na szczepionkę bakteryjną - Nitraginę. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).
- Poster, pt.: Reakcja roślin łąbinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius L.*) na zróżnicowanie ilości wysiewu nasion. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).

Retardacja przekształcania zasobów. Osiągnięcia, problemy, perspektywy. II konferencja naukowa. Uniwersytet Rzeszowski. 17-18.09.2012 r. Poster, pt.: Zużycie podstawowych środków produkcji w polskim rolnictwie w aspekcie zrównoważonego rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.)

Jakość a wykorzystanie ziarna zbóż. IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa. IUNG - PIB Puławy. 18-19.10.2012 r. Poster, pt.: Wpływ nawożenia azotowego na wielkość i jakość plonu pszenicy twardej (*Triticum durum*). (**Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D., Kucharska M.)

Rola odmiany i ochrony roślin w intensyfikacji produkcji roślinnej. UP Poznań - Dymaczewo Nowe. 24-26.10.2012 r. Poster, pt.: Plonowanie rzepaku ozimego w zależności od intensywności agrotechniki. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).

53 Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin - PIB Poznań, 7-8. 02. 2013 r. Poster, pt.: Efektywność ochrony insektycydowej rzepaku ozimego preparatem z acetamiprydem (**Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D.).

Mikroorganizmy - roślina - środowisko w warunkach zmieniającego się klimatu. 47 ogólnopolska konferencja naukowa. IUNG PIB Puławy, 12-15 maj 2013 r. Poster, pt.: Wpływ nitraginy i dawki startowej azotu na plonowanie soi. (**Jarecki W.**)

Naturalne substancje roślinne aspekty strukturalne i aplikacyjne. III krajowa konferencja, IUNG - PIB Puławy, 4-6.09.2013 r. Poster, pt.: Wpływ Nitraginy i dawki startowej azotu na skład chemiczny nasion soi. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).

Aktualne kierunki w technologii uprawy roślin rolniczych. V konferencja naukowa PTA, UT-P Bydgoszcz, 19-21.09.2013 r. Referat, pt.: Reakcja pszenicy jarej na zróżnicowaną intensywność uprawy. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).

Agrotechniczne aspekty produkcji zbóż i roślin strączkowych w siewach czystych i mieszanych. UP Poznań - Zielonka, 21-23 listopada 2013 r. Komunikat, pt.: Wpływ terminu siewu na wielkość i jakość plonu nasion łubinu żółtego. (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).

Rola odmiany i ochrony roślin w intensyfikacji produkcji roślinnej. UP w Poznaniu, Dymaczewo Nowe 7-9.05.2014 r. Referat, pt.: Porównanie wielkości i jakości plonu wybranych odmian pszenicy jarej. (Bobrecka-Jamro D., Jarecka A., **Jarecki W.**).

Produkcja roślinna w wielofunkcyjnym rozwoju rolnictwa. Uniwersytet Rzeszowski, Baranów Sandomierski 10-13.06.2014 r. Poster, pt.: Wpływ zróżnicowanej ilości wysiewu nasion na plonowanie łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).

Fosfor - współczesne wyzwania dla rolnictwa i środowiska. IUNG - PIB Puławy. 15-16.06. 2015 r. Poster, pt.: Reakcja pszenicy jarej na zróżnicowane nawożenie NPK (**Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D.).

Jakość życia w Bio-, Tech- i Ekosystemach. II konferencja naukowa. Uniwersytet Rzeszowski. 29.09.2016 r. **Referat**, pt.: Rozwój biogazowni rolniczych w Polsce. (**Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D., Pawlica Ł.)

Bioróżnorodność - Nowe Wyzwania dla Rolnictwa w Polsce. VII Konferencja PTA, Oddział Rzeszów. 11-13.09.2017 r. Postery, pt.:

- Reakcja soi na zróżnicowane nawożenie azotem (**Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D.),
- Reakcja rzepaku ozimego na opóźniony termin siewu nasion (**Jarecki W.**, Tobiasz - Salach R., Bobrecka-Jamro D.).

Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych

- Produkcja roślinna w wielofunkcyjnym rozwoju rolnictwa. 10-13.06.2014 r. Uniwersytet Rzeszowski – Baranów Sandomierski. Członek Komitetu Organizacyjnego.
- Szlakiem winnic, Polska - Węgry. 23-25.09.2014 r. Uniwersytet Rzeszowski. Członek Komitetu Organizacyjnego.
- Bioróżnorodność - Nowe Wyzwania dla Rolnictwa w Polsce. 11-13.09.2017 r. VII Konferencja PTA, Oddział Rzeszów. Uniwersytet Rzeszowski. Sekretarz Komitetu Organizacyjnego.

Otrzymane nagrody i wyróżnienia (inne)

brak

Udział w konsorcjach i sieciach badawczych

Konsorcjum BIOSOYCOAT. Projekt badawczy NCBiR. Lata realizacji 2017 – 2020. BIOSTRATEG/Konkurs III, pt. Opracowanie innowacyjnej biodegradowalnej otoczki dla nasion soi opartej na biopolimerach z surowców odnawialnych dla zwiększonej tolerancji roślin na niekorzystne warunki środowiskowe. Lider konsorcjum Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych w Łodzi. (wykonawca)

Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych oraz we współpracy z przedsiębiorstwami

brak

Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

brak

Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych

- Polskie Towarzystwo Agronomiczne w Poznaniu (członek od 2011 r., a od 2016 r. skarbnik oddziału w Rzeszowie),
- Polskie Towarzystwo Łubinowe we Wrocławiu (członek od 2016 r.),
- European Society of Agronomy (ESA) (członek w latach 2012-2015 r.).

Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki

Rodzaj zajęć dydaktycznych prowadzonych dla studentów w okresie pracy zawodowej na Wydziale Biologiczno-Rolniczym, Uniwersytetu Rzeszowskiego

Przedmiot*	Rodzaj studiów	Kierunek studiów
Szczegółowa uprawa roślin	I st. stacjonarne i niestacjonarne	Rolnictwo
Doradztwo rolnicze	I st. stacjonarne i niestacjonarne	Rolnictwo
Uprawa roślin w rolnictwie ekologicznym	I st. stacjonarne	Rolnictwo
Systemy gospodarowania w rolnictwie	I st. stacjonarne	Ochrona Środowiska
Podstawy agrotechnologii	I st. stacjonarne	Ochrona Środowiska
Uprawa roślin energetycznych	I st. stacjonarne	Odnawialna Źródła Energii i Gospodarka Odpadami
Rośliny alternatywne w krajobrazie	I st. stacjonarne	Architektura Krajobrazu
Agrobiznes	Studia podyplomowe	Rolnictwo

* wykłady i/lub ćwiczenia

Opieka naukowa nad studentami

- Opieka praktyki programowej w okresie wakacyjnym na II roku Rolnictwa, Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego. 2013 r.
- Opiekun roku na kierunku Rolnictwo Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego dla studentów rozpoczynających naukę w roku akademickim 2012/2013.

Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego

- Mgr inż. Edyty Pyrek-Bajcar. Uchwała Rady Wydziału Biologiczno-Rolniczego z dnia 21.04.2016 r. (do chwili obecnej). Tytuł rozprawy doktorskiej: Wpływ nawożenia azotowego na plonowanie i jakość ziarna nowych odmian owsa oplewionego i nieoplewionego. Uniwersytet Rzeszowski. Promotor pomocniczy dr inż. Wacław Jarecki.
- Mgr Patrycja Sowa. Uchwała Rady Wydziału Biologiczno-Rolniczego z dnia 26.09.2017 r. (do chwili obecnej). Tytuł rozprawy doktorskiej: Wpływ czynników agrotechnicznych oraz środowiskowych na zawartość kumaryn w nostrzyku białym (*Melilotus albus*) pozyskiwanym na cele paszowe i pszczelarskie. Uniwersytet Rzeszowski. Promotor pomocniczy dr inż. Wacław Jarecki.

Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich

- Dwutygodniowy staż naukowo-dydaktyczny w Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. Realizowany w ramach projektu Uniwersytetu Rzeszowskiego, pt.: UR - Nowoczesność i przyszłość regionu. Działanie 4.1. Wzmocnienie i rozwój potencjału dydaktycznego uczelni oraz zwiększenie liczby absolwentów kierunków o kluczowym znaczeniu dla gospodarki opartej na wiedzy. Priorytet IV Szkolnictwo wyższe i nauka. Program Operacyjny Kapitał Ludzki. Okres realizacji 17-28 październik 2011 r.

- Jednotygodniowy staż naukowo-dydaktyczny w Universität für Bodenkultur w Wiedniu, Austria. Realizowany w ramach projektu Uniwersytetu Rzeszowskiego, pt.: Budowa potencjału dydaktycznego Uniwersytetu Rzeszowskiego na poziomie europejskim. Europejski Fundusz Społeczny UE. Okres realizacji 6-12 maj 2012 r.
- Dwutygodniowy staż naukowo-dydaktyczny w Uniwersytecie Hohenheim w Niemczech. Realizowany w ramach projektu Uniwersytetu Rzeszowskiego, pt.: UR - Nowoczesność i przyszłość regionu. Działanie 4.1. Wzmocnienie i rozwój potencjału dydaktycznego uczelni oraz zwiększenie liczby absolwentów kierunków o kluczowym znaczeniu dla gospodarki opartej na wiedzy. Priorytet IV Szkolnictwo wyższe i nauka. Program Operacyjny Kapitał Ludzki. Okres realizacji 17-28 czerwca 2013 r.
- Dwutygodniowy staż w Uniwersytecie Rolniczym w Nitrze, Słowacja. Realizowany w ramach projektu Uniwersytetu Rzeszowskiego, pt.: UR - Nowoczesność i przyszłość regionu. Działanie 4.1. Wzmocnienie i rozwój potencjału dydaktycznego uczelni oraz zwiększenie liczby absolwentów kierunków o kluczowym znaczeniu dla gospodarki opartej na wiedzy. Priorytet IV Szkolnictwo wyższe i nauka. Program Operacyjny Kapitał Ludzki. Okres realizacji 7-18 października 2013 r.
- Pięciodniowy wyjazd dydaktyczny i przeprowadzenie 8 godzin wykładów dla pracowników i studentów Uniwersytetu Rolniczego w Nitrze, Słowacja. Realizowany w ramach programu Erasmus+. Okres realizacji 13-17 październik 2014 r.
- Wyjazd studyjny do Niemiec jako działanie na rzecz tworzenia sieci kontaktów dla osób wdrażających innowacje na obszarach wiejskich. Plan Operacyjny Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich na lata 2016-2017 w zakresie Sieci na rzecz innowacji w rolnictwie i na obszarach wiejskich. Okres realizacji 21-26 listopad 2016 r.

Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie

brak

Udział w zespołach eksperckich i konkursowych

brak

Recenzowanie projektów międzynarodowych i krajowych

brak

Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych

Czasopismo: Fragmenta Agronomica, 2017 r. Recenzja pracy, pt.: Wpływ systemu nawożenia azotem na plonowanie trzech odmian soi (*Glycine max* L.).

Czasopismo: Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Problemy Rolnictwa Światowego, 2018 r. Recenzja pracy, pt.: Zużycie nawozów mineralnych i herbicydów w Polsce na tle Unii Europejskiej.

Czasopismo: Acta Scientiarum Polonorum seria Agricultura, 2018 r. Ograniczanie zachwaszczenia w późnojesiennych uprawach pszenicy jarej w zależności od terminu stosowania i doboru substancji aktywnej herbicydu.

Inne osiągnięcia

- Seminarium „Fundusze Norweskie szansą pozyskiwania środków finansowych na badania naukowe” (Centrum Szkoleniowe BMM, 1.02.2007 r.)
- Zaświadczenie o ukończeniu seminarium w zakresie Promocji marki. Program szkoleń promujących Clustering w dniu 6.03.2007 r.
- Certyfikat ukończenia szkolenia „Krajowe Ramy Kwalifikacji” (Optima Centrum Rozwoju i Kształcenia Kadr, 20.04.2012 r.)
- Certyfikat ukończenia szkolenia „Przygotowywanie materiałów do kursów e-learningowych” (Uniwersytet Rzeszowski, 17.05.2012 r.)
- Certyfikat udziału w szkoleniu „Prawo własności intelektualnej a ochrona wyników badań naukowych” (Centrum Promocji Informatyki, 27.06.2012 r.)
- Certyfikat ukończenia szkolenia „Zarządzanie jakością kształcenia na uczelni wyższej” (Optima Centrum Rozwoju i Kształcenia Kadr, 3.06.2013 r.)

Wacław Jarecki

Kopie prac naukowych

Publikacje stanowiące osiągnięcie naukowe:

1. **Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2017. Response of spring wheat to different soil and foliar fertilization. Journal of Central European Agriculture. 18(2): 460-476. DOI: <http://dx.doi.org/10.5513/JCEA01/18.2.1919> (14 pkt. 2016 r.)
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.
2. **Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2017. Response of spring wheat to diversified mineral fertilization. Journal of Elementology. 22(3): 881-891. DOI: 10.5601/jelem.2016.21.4.1328 (15 pkt. IF = 0,641 2016 r.)
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.
3. Buczek J., **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2017. Hybrid wheat response to topdressing and foliar application of nitrogen. Journal of Elementology. 22(1): 7-20. DOI:10.5601/jelem.2016.21.2.1125 (15 pkt. IF = 0,641 2016 r.)
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 45 %.
4. **Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2016. Response of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) to bacterial soil inoculants and foliar fertilization. Plant, Soil and Environment. 62(9): 422-427. DOI: 10.17221/292/2016-PSE (25 pkt. IF = 1,225)
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.

5. **Jarecki W.**, Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2016. Effect of foliar fertilization on chlorophyll content in leaves and chemical composition of faba bean seeds (*Vicia faba* L. (Partim)). Journal of Elementology. 21(4): 1305-1313. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.2.947 (15 pkt. IF = 0,641)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.

6. **Jarecki W.**, Czarnik M., Bobrecka-Jamro D. 2016. Reaction of white lupin (*Lupinus albus* L.) to the initial nitrogen feeding and foliar feeding. Journal of Central European Agriculture. 17(2): 325-334. DOI: 10.5513/JCEA01/17.2.1710 (14 pkt.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.

7. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2012. Wpływ dolistnego dokarmiania Basfoliarem 6-12-6 na wielkość i jakość plonu łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. CIII, 589: 125-134. (5 pkt.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

8. **Jarecki W.**, Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D. 2017. Reakcja łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) na dolistne dokarmianie. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. CXX, 623: 27-36. (9 pkt.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 70 %.

9. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2010. Wpływ dolistnie stosowanego Mocznika z Mikrokomplexem na wielkość i jakość plonu nasion rzepaku jarego. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. XCVII, 578: 267-274. (6 pkt.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

10. **Jarecki W.**, Bobrecka-Jamro D. 2007. Efektywność dolistnego dokarmiania rzepaku ozimego Basfoliarem i Soluborem. Fragmenta Agronomica. 1(93): 88-97. (4 pkt.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 80 %.

Response of spring wheat to different soil and foliar fertilization

Reakcja pszenicy jarej na zróżnicowane nawożenie doglebowe i dolistne

Wacław JARECKI*, Jan BUCZEK and Dorota BOBRECKA-JAMRO

University of Rzeszow, Faculty of Biology and Agriculture, Department of Plant Production, Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów, Poland, *correspondence: wacław.jarecki@wp.pl

Abstract

In the years 2013-2015 a field experiment was carried out, whose aim was to determine the response of spring wheat cultivar Arabella to different levels of soil fertilization with NPK and foliar feeding Plonvit Zboża. Higher level of soil fertilization with NPK caused an increase in the LAI (Leaf Area Index), MTA (Mean Tip Angle) and SPAD (Soil Plant Analysis Development) indices in comparison to lower fertilization level. The applied soil fertilization and foliar application did not differentiate the number of plants after emergences and prior to the harvest. The higher dose of NPK caused an increase in the number of ears per 1 m², TGW and grain yield in comparison to the lower dose. Two-time and three-time foliar application caused an increase in MTA and SPAD indices, while TGW and grain yield increased three times in comparison to the control. The higher level of NPK fertilization caused an increase in total protein, K, Cu and Mn contents in grain and a decrease in Fe content. Three-time foliar application caused an increase in ash and Mg contents in grain in comparison to the control. An increase in Cu and Zn contents, in comparison to single foliar application and the control, was also observed.

Keywords: foliar feeding, LAI, MTA, NPK levels, nutrients, SPAD, wheat, yield

Streszczenie

W latach 2013-2015 przeprowadzono ściśle doświadczenie polowe, którego celem było określenie reakcji pszenicy jarej odmiany Arabella na zróżnicowane nawożenie doglebowe NPK i dokarmianie dolistne wieloskładnikowym nawozem Plonvit Zboża. Wyższy poziom nawożenia doglebowego NPK wpłynął na wzrost indeksu LAI, MTA i SPAD w porównaniu do niższego poziomu nawożenia. Nawożenie doglebowe i dolistne nie różnicowało liczby roślin po wschodach i przed zbiorem. Wyższa dawka NPK wpłynęła na wzrost liczby kłosów na 1 m², MTZ oraz plonu ziarna w porównaniu do dawki niższej. Dwukrotne i trzykrotne nawożenie dolistne zwiększyło indeks MTA i SPAD, a trzykrotne dodatkowo MTZ i plon ziarna

w porównaniu do kontroli. Wyższy poziom nawożenia NPK wpłynął na zwiększenie zawartości w ziarnie białka ogólnego, K, Cu i Mn, zaś zmniejszenie Fe. Trzykrotne nawożenie dolistne zwiększyło zawartość w ziarnie popiołu i Mg w porównaniu do kontroli oraz zawartość Cu i Zn w porównaniu do obiektu jednokrotnie nawożonego dolistnie oraz kontrolnego.

Słowa kluczowe: dokarmianie dolistne, LAI, MTA, plon, poziomy NPK, pszenica, składniki mineralne, SPAD

Streszczenie szczegółowe

Ścisłe doświadczenie polowe z pszenicą jarą odmiany Arabella przeprowadzono w latach 2013-2015 w Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Rzeszowskiego w Krasnem (50°03'N, 22°06'E), południowo-wschodnia Polska. Pierwszym badanym czynnikiem było zróżnicowane nawożenie doglebowe NPK: 80-30-60 kg·ha⁻¹ (poziom I) oraz 120-45-90 kg·ha⁻¹ (poziom II). Drugim czynnikiem było nawożenie dolistne nawozem Plonvit Zboża, zastosowane jednokrotnie, dwukrotnie lub trzykrotnie w okresie wegetacji pszenicy w porównaniu do obiektu kontrolnego, bez dokarmiania. Siew zaprawionych nasion wykonano: 16 kwietnia 2013 r., 01 kwietnia 2014 r. oraz 08 kwietnia 2015 r. Ilość wysiewu wyniosła 450 nasion·m⁻². Przedplonem był rzepak ozimy. Powierzchnia poletek do siewu wyniosła 12 m², zaś do zbioru 10 m². Zbiór przeprowadzono w terminie: 19 sierpnia 2013 r., 16 sierpnia 2014 r. i 11 sierpnia 2015 r. Rośliny do pomiarów biometrycznych pobrano z 1 m² każdego poletka w fazie dojrzałości pełnej ziarna (BBCH 89). Pomiary indeksów: LAI, MTA i SPAD wykonano w fazie dojrzałości młecznej (BBCH 75). Plon ziarna przeliczono na powierzchnię 1 ha i sprowadzono do stałej wilgotności 15%. Ilość w ziarnie białka ogólnego, tłuszczu surowego, popiołu i włókna oznaczono metodą NIRS, a zawartość makroelementów i mikroelementów techniką ASA. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że wyższy poziom nawożenia doglebowego NPK wpłynął na wzrost indeksu LAI, MTA i SPAD w porównaniu do niższego poziomu nawożenia. Zastosowane nawożenie doglebowe i dolistne nie zróżnicowało liczby roślin po wschodach i przed zbiorem. Ubytki roślin w latach badań w okresie wegetacji wyniosły średnio 11.9 szt.·m⁻². Wyższa dawka NPK wpłynęła na wzrost liczby kłosów na 1 m², MTZ oraz plonu ziarna w porównaniu do dawki niższej. Dwukrotne i trzykrotne nawożenie dolistne zwiększyło indeks MTA i SPAD, a trzykrotne dodatkowo MTZ i plon ziarna w porównaniu do kontroli. Wyższy poziom nawożenia NPK wpłynął na zwiększenie zawartości w ziarnie białka ogólnego, K, Cu i Mn, zaś zmniejszenie Fe. Trzykrotne nawożenie dolistne zwiększyło zawartość w ziarnie popiołu i Mg w porównaniu do kontroli oraz zawartość Cu i Zn w porównaniu do obiektu jednokrotnie nawożonego dolistnie oraz kontrolnego.

Introduction

Mineral fertilization of spring wheat determines the quantity and quality of obtained grain yield. It is particularly essential to balance mineral fertilization with nitrogen, phosphorus and potassium (Arif et al., 2006). Many authors (Seadh et al., 2009;

Khan et al., 2010; Rawashdeh and Sala, 2016) report that the application of microelements is also of great importance in growing this form of wheat. During the wheat growing season nutrients may be applied to soil (Rehman et al., 2010; Nadim et al., 2013; Islam et al., 2014) or on leaves (Seadh et al., 2009; Tahir et al., 2009; Ahmad and Irshad, 2011; Ali et al., 2013; Rawashdeh and Florin, 2015). Mineral fertilization should be performed according to the wheat plant needs, at suitable rates, proportions and times (Ralciewicz et al., 2009). Modern measurement techniques are useful in determination of needs of cultivated crops, including wheat, in respect of top-dressing. They allow for an easy, quick and non-invasive assessment of the plantation condition, including, among others, the indices: Leaf Area Index – LAI (Olsen and Weiner, 2007; Zheng and Moskal, 2009), Mean Tip Angle – MTA (Bobrecka-Jamro et al., 2015) and Soil Plant Analysis Development, SPAD (Hamblin et al., 2014; Barutçular et al., 2015). Analysis of the mentioned indices also allows for predicting a cereal grain yield.

The aim of this study was to assess the response of spring wheat to different soil NPK fertilization levels and foliar fertilizer application. The research hypothesis assumed that the used fertilization variants modified the assessed parameters, indices and the quantity and quality of grain yield of the spring wheat cultivar Arabella.

Material and methods

Over 2013-2015 a strict field experiment was carried out at the Experimental Station of the University of Rzeszow at Krasne (50°03'N, 22°06'E), Poland. This was a two factorial experiment established with four replications, in the split-plot design. The test plant was spring wheat, cultivar Arabella (breeder: Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o., Poland). The first studied factor was NPK fertilization levels: 80-30-60 kg·ha⁻¹ (level I) and 120-45-90 kg·ha⁻¹ (level II).

The other studied factor was times of foliar application of the fertilizer Plonvit Zboża (by the company Intermag Sp. z o.o., Poland). The foliar fertilizer was applied once, two times or three times during the plant growing season, in relation to the control, without fertilization (Table 1).

Foliar fertilization was performed with a manual sprayer and the amount of working liquid was 300 dm³·ha⁻¹. Isolation strips between the plots amounted to 1.5 m. Chemical composition of the foliar fertilizer Plonvit Zboża (Plonvit Z) included in g·dm⁻³: 195 N, 26 MgO, 59 SO₃, 0.18 B, 11.7 Cu, 10.4 Fe, 14.3 Mn, 0.065 Mo and 13 Zn. Sowing dressed seeds was performed on: 16 April 2013, 01 April 2014 and 08 April 2015. The sowing rate was 450 seeds·m⁻². Agricultural techniques were performed according to the recommendations for spring wheat cultivation. The previous crop was winter oilseed rape. The area of plots for sowing was 12 m² and for harvest 10 m². Nitrogen fertilization (ammonium nitrate) on level I was divided into two doses, and on level II, into three doses (Table 1).

Table 1. Fertilization diagram

Fertilizers, dose	Application time, dose		
	Before sowing	BBCH 21	BBCH 31
NPK ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)			
80 – 30 – 60	50 N – 30 P – 60 K	30 N	–
120 – 45 – 90	60 N – 45 P – 90 K	40 N	20 N
Plonvit Z ($\text{dm}^{-3} \cdot \text{ha}^{-1}$)	BBCH 27	BBCH 39	BBCH 71
Control	–	–	–
1.5	1.5	–	–
3	1.5	1.5	–
4.5	1.5	1.5	1.5

Fertilization with phosphorus (granulated triple superphosphate) and potassium (potash salt) was applied prior to sowing. Wheat plants were protected with the use of: herbicide, Chwastox Extra 300 SL ($3.5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), insecticide, Sumi – Alpha 050 EC ($0.25 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), fungicide, Juwel TT 483 SE ($1.5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) and growth regulator, Cerone 480 SL ($0.75 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$).

The soil of the experimental area has the texture of clay loam. According to the classification by the IUSS Working Group WRB, this soil was classified as gleic fluvisol (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014).

The soil pH was slightly acidic. It was characterized by a high content of available phosphorus, medium content of potassium, high or very high content of magnesium and low content of sulphur. The content of microelements was generally medium (Table 2).

The weather conditions were given according to the data of the Meteorological Station of the University of Rzeszow. High rainfalls were recorded in June 2013 and in July 2014 in comparison to the long-term data. The lowest total precipitation in the period from April to August was recorded in 2015. Air temperatures also differed from the long-term mean. High temperatures were recorded in July 2014 and in August 2015 in comparison to the long-term data (Table 3).

Table 2. Physicochemical soil properties

Parameter	Unit	2013	2014	2015
Soil reaction	pH in KCl 1 mol·dm ³	5.86	6.23	5.96
Humus	%	2.89	2.75	2.71
N _{min}	kg·ha ⁻¹	60.2	42.3	56.3
Content of available nutrients in soil				
P ₂ O ₅		182	194	185
K ₂ O		195	185	190
Mg		86	98	75
S-SO ₄		0.52	0.48	0.55
Fe	mg·kg ⁻¹	1,216.3	2,605.5	1,762.5
Mn		195	334.2	215.3
Zn		9.7	16.8	14.2
B		1.23	1.86	1.56
Cu		4.8	8.4	5.63

Table 3. Average monthly temperature (°C) and total precipitation (mm)

Month	Precipitation				Temperature			
	2013	2014	2015	Long-term	2013	2014	2015	Long-term
IV	33.9	29.9	25.7	48.27	9.39	10.1	8.6	8.89
V	87.5	92.2	85.1	78.06	9.84	14.1	13	13.74
VI	143.4	48.1	8.9	85.83	18.48	16.3	17.6	17.2
VII	19.2	112.4	52.4	90.55	19.33	20.1	19.9	19.14
VIII	11	46.8	6.1	62.67	19.58	18.1	21.4	18.35

The study included measurements of the indices: LAI, Leaf Area Index, MTA, Mean Tip Angle, SPAD, Soil Plant Analysis Development (from 0 to 99.9), yield structure and the quantity and quality of grain yield. Measurements with the LI-COR LAI gauge – 2000 (USA) were performed at the stage of milk maturity (BBCH 75). Chlorophyll meter SPAD – 502P (Konica Minolta, Japan) was used at the same developmental stage on 30 flag leaves in the morning hours. Plants for biometric measurements were collected from 1 m² of each plot at the stage of full grain maturity (BBCH 89). The grain yield obtained from the plots was calculated per 1 ha, considering 14% humidity, and then corrected with lacking ears collected for biometric measurements. Contents of total protein, raw fat, ash and fibre in grain were determined with the NIRS method in near infrared on the apparatus Spectrometer FT-NIR MPA by Bruker (Germany). Phosphorus was determined with an absorption spectrophotometer within the UV-VIS range. Potassium, magnesium and microelements were determined after mineralization in nitric acid with the AAS technique on the apparatus Hitachi Z-2000 (Japan).

The obtained results were statistically evaluated by the method of analysis of variance (ANOVA). Differences between mean values were evaluated by Tukey's (LSD) test at the level of significance $P=0.05$. The computations were done using the Statistica 8.0 programme (StatSoft, Tulsa, USA).

Results and discussion

Higher NPK fertilization level affected an increase in the LAI index in comparison to the lower fertilization level. The obtained significant difference amounted to 0.29 m²·m⁻². Foliar fertilization did not differentiate the LAI index. Rehman et al. (2010) also confirmed a significant effect of mineral NPK fertilization on the LAI index in wheat plants. They obtained the highest measurements of LAI (2.5) after the NPK application of 80-60-30 kg·ha⁻¹, whereas the lowest on the control treatment (2.19). Nadim et al. (2013) indicated that foliar application of boron increased the LAI index in comparison to foliar application of zinc. The present study found a significant increase in the MTA index in plants fertilized with the higher NPK dose in comparison to the lower dose. After two-time and three-time application of the foliar fertilizer, higher measurements of the MTA index were obtained in comparison to the control. Shibayama and Watanabe (2008) and Bobrecka-Jamro et al. (2015) did not prove the effect of an increased mineral fertilization on the MTA index in wheat plants. The plants fertilized with the higher NPK doses were characterized by the highest values of the SPAD index. Two-time and three-time foliar fertilization also increased the SPAD index in comparison to the control (Table 4). In the previous study Islam et al. (2014) confirmed that high mineral fertilization of wheat results in an increase in the SPAD index, whereas organic manures exert smaller effects on this index.

Table 4. Measurements indices LAI, MTA and SPAD (mean in years)

Index	Foliar fertilization (B)	Soil NPK fertilization (A)		Mean for B
		I level	II level	
LAI ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$)	Control	4.13	4.41	4.27
	Once	4.25	4.51	4.38
	Twice	4.23	4.56	4.4
	Three times	4.26	4.54	4.4
	Mean for A	4.22	4.51	4.36
	LSD A – 0.28, B – ns, AxB – ns			
MTA ($^{\circ}$)	Control	56.3	61.4	58.9
	Once	59.5	60.9	60.2
	Twice	60.6	63.5	62.1
	Three times	62.4	62.6	62.5
	Mean for A	59.7	62.1	60.9
	LSD A – 2.28, B – 3.14, AxB – ns			
SPAD	Control	48.5	57.2	52.9
	Once	50.2	58.8	54.5
	Twice	52.8	61.6	57.2
	Three times	53.4	61.5	57.5
	Mean for A	51.2	59.8	55.5
	LDS A – 8.05, B – 4.19, AxB – ns			

ns – non-significant differences

Differentiated soil and foliar fertilization did not have a significant effect on the number of plants after emergences and prior to harvest (Table 5). On average in the years of the study, plant losses from the stage of emergences (BBCH 11) to harvest (BBCH 89) amounted to $11.9 \text{ pieces} \cdot \text{m}^{-2}$. Also Haliniarz et al. (2013) did not indicate the effect of higher NPK doses on the wheat plant density prior to harvest.

In the present experiment, the number of ears per 1 m^2 was on average $430.8 \text{ pieces} \cdot \text{m}^{-2}$. Application of a higher level of NPK fertilization resulted in a significant increase in the parameter in question, on average by $14.1 \text{ pieces} \cdot \text{m}^{-2}$ in comparison to the lower dose. Foliar fertilization did not have a significant effect on the number of ears per 1 m^2 .

Bobrecka-Jamro et al. (2015) confirmed that a higher NPK dose significantly increases the number of ears per 1 m².

Seadh et al. (2009) report that the application of a high nitrogen dose and a multi component foliar fertilizer has the most favourable effect on the number of ears per 1m². The study by Tahir et al. (2009) did not indicate the effect of foliar application of boron on the ear density. Arif et al. (2006), in turn, after the application of three-time foliar spraying, obtained a significant increase in the number of ears per 1 m².

Table 5. Number of plants and ears in pcs.·m⁻² (mean in years)

Parameter	Foliar fertilization (B)	Soil NPK fertilization (A)		Mean for B
		I level	II level	
Number of plants after emergence	Control	375	386.4	380.7
	Once	386.5	387.4	387
	Twice	388.6	388.8	388.7
	Three times	386.2	388.9	387.6
	Mean for A	384.1	387.9	386
LSD A – ns, B – ns, AxB – ns				
Number of plants before harvest	Control	361.4	374.6	368
	Once	374.8	376.7	375.8
	Twice	376.6	377.9	377.3
	Three times	374.4	376.1	375.3
	Mean for A	371.8	376.3	374.1
LSD A – ns, B – ns, AxB – ns				
Number of ears	Control	411.3	440.7	426
	Once	415.3	442.9	429.1
	Twice	435.9	435.5	435.7
	Three times	432.6	432.4	432.5
	Mean for A	423.8	437.9	430.8
LSD A – 12.63, B – ns, AxB – ns				

ns – non-significant differences

The number of grains per ear did not significantly depend on soil or foliar fertilization (Table 6). On average 33.9 grains were formed on the spring wheat ear. Arif et al. (2006) obtained a significant increase in the number of grains per wheat ear under the influence of three-time foliar fertilization in comparison to a single spraying. Many authors (Tahir et al., 2009; Khan et al., 2010; Ahmad and Irshad 2011; Rawashdeh and Sala 2016) indicated that foliar fertilization of wheat plants affects an increase in the number of grains per ear. This, however, is dependent on the number of performed sprayings.

Table 6. Yield components and grain yield (mean in years)

Parameter	Foliar fertilization (B)	Soil NPK fertilization (A)		Mean for B
		I level	II level	
The number of grains per ear	Control	31.2	32.3	31.8
	Once	33.6	34.5	34.1
	Twice	34	35.6	34.8
	Three times	34.2	35.4	34.8
	Mean for A	33.3	34.5	33.9
	LSD A – ns, B – ns, AxB – ns			
Thousand grain weight (g)	Control	37.3	40	38.7
	Once	37.8	40.8	39.3
	Twice	39.6	42.1	40.9
	Three times	40.7	43.5	42.1
	Mean for A	38.9	41.6	40.2
	LSD A – 2.45, B – 3.23, AxB – ns			
Grain yield (Mg·ha ⁻¹)	Control	4.29	5.22	4.76
	Once	4.77	5.72	5.25
	Twice	5.35	6.01	5.68
	Three times	5.49	6.14	5.82
	Mean for A	4.98	5.77	5.37
	LSD A – 0.68, B – 1.01, AxB – ns			

ns – non-significant differences

The higher NPK dose resulted in a significant increase in the thousand grain weight in comparison to the lower dose. The obtained average difference amounted to 2.7 g. Three-time foliar fertilization increased TGW in comparison to the control.

Haliniarz et al. (2013) did not indicate an increase in TGW under the influence of a higher NPK dose. Arif et al. (2006) and Rawashdeh and Sala (2016) confirmed that foliar fertilization increases TGW in wheat, but on condition of performing several sprayings during the growing season. Nadim et al. (2013) did not indicate the effect of microelements applied to soil or on leaves on TGW.

The application of the higher NPK dose resulted in a significant increase in grain yield by $0.79 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ in comparison to the lower dose.

It was also proved that three-time foliar fertilization significantly increased grain yield in relation to the control (Table 6).

This is confirmed by the studies by Rehman et al. (2010) and Islam et al. (2014), who obtained the highest wheat yield after the soil application of high doses of mineral fertilizers. Ralcewicz et al. (2009) indicated an increase in spring wheat grain yield after foliar application of nitrogen and magnesium.

Also Arif et al. (2006) and Rawashdeh and Sala (2016) proved that foliar fertilization of wheat affects a significant increase in grain yield. Seadh et al. (2009) report that the wheat grain yield is the most favourably affected by fertilization with a high dose of nitrogen combined with multi-component foliar fertilization.

The use of the higher NPK dose resulted in a significant increase in total protein content in the grain. In the study by El-Habbal et al. (2010) it was confirmed that total protein content in wheat grain increases along with an increase in nitrogen doses. Gomaa et al. (2015) report that soil fertilization changes the chemical composition of wheat grain to a greater extent than foliar fertilization.

Three-time foliar fertilization increased ash content in the grain in comparison to the control (Table 7). Zeidan et al. (2010) and Mekkei and El Haggan Eman (2014) proved that foliar application increases the content of total protein in wheat grain. Gomaa et al. (2015) obtained an increase in fat content in the wheat grain under the influence of foliar application (Zn + Fe).

Seadh et al. (2009), in turn, indicated that total protein content in wheat grain was the most favourably affected by a high dose of nitrogen and multi-component foliar fertilization.

Table 7. Content of the components in the seeds of spring wheat in % D.M. (mean in years)

Component	Foliar fertilization (B)	Soil NPK fertilization (A)		Mean for B
		I level	II level	
Total protein	Control	14.2	14.9	14.6
	Once	14.4	15.1	14.8
	Twice	14.6	15.4	15
	Three times	14.4	15.2	14.8
	Mean for A	14.4	15.2	14.8
	LSD A – 0.72, B – ns, AxB – ns			
Crude fat	Control	1.93	1.86	1.9
	Once	1.91	1.82	1.87
	Twice	1.89	1.84	1.87
	Three times	1.84	1.79	1.82
	Mean for A	1.89	1.83	1.86
	LSD A – ns, B – ns, AxB – ns			
Crude ash	Control	1.87	1.85	1.86
	Once	1.92	1.89	1.91
	Twice	1.94	1.94	1.94
	Three times	1.96	1.95	1.96
	Mean for A	1.92	1.91	1.92
	LSD A – ns, B – 0.09, AxB – ns			
Crude fibre	Control	1.45	1.42	1.44
	Once	1.42	1.42	1.42
	Twice	1.4	1.39	1.4
	Three times	1.39	1.36	1.38
	Mean for A	1.42	1.4	1.41
	LSD A – ns, B – ns, AxB – ns			

ns – non-significant differences

The application of the higher NPK dose resulted in a significant increase in potassium content in the grain, whereas three-time foliar application increased magnesium content in comparison to the control (Table 8). Wilczewski et al. (2013) report that the contents of phosphorus and magnesium in the grain of spring wheat fertilized with nitrogen at doses 120 or 160 kg·ha⁻¹ was significantly higher than those obtained after the use of lower doses. Nevertheless, they did not confirm the effect of nitrogen fertilization on potassium concentration in spring wheat grain.

Table 8. Content of macrolelements in the seeds of spring wheat in g·kg⁻¹ D.M. (mean in years)

Component	Foliar fertilization (B)	Soil NPK fertilization (A)		Mean for B
		I level	II level	
P	Control	4.41	4.48	4.45
	Once	4.39	4.45	4.42
	Twice	4.44	4.2	4.32
	Three times	4.27	4.49	4.38
	Mean for A	4.38	4.41	4.39
	LSD A – ns, B – ns, AxB – ns			
K	Control	4.21	5.21	4.71
	Once	4.2	5.19	4.7
	Twice	4.18	4.75	4.47
	Three times	4.15	4.62	4.39
	Mean for A	4.19	4.94	4.56
	LSD A – 0.68, B – ns, AxB – ns			
Mg	Control	1.35	1.21	1.28
	Once	1.38	1.26	1.32
	Twice	1.42	1.45	1.44
	Three times	1.44	1.54	1.49
	Mean for A	1.4	1.37	1.38
	LSD A – ns, B – 0.19, AxB – ns			

ns – non-significant differences

Table 9. Content of microelements in the seeds of spring wheat in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ D.M. (mean in years)

Component	Foliar fertilization (B)	Soil NPK fertilization (A)		Mean for B
		I level	II level	
Fe	Control	50.2	41.4	45.8
	Once	50.1	41.8	46
	Twice	52.3	42.2	47.3
	Three times	51.8	42	47
	Mean for A	51.1	41.9	46.5
	LSD A - 8.23, B - ns, AxB - ns			
Cu	Control	3.52	4.11	3.82
	Once	3.51	4.06	3.79
	Twice	3.7	4.71	4.21
	Three times	4.08	4.53	4.31
	Mean for A	3.7	4.35	4.03
	LSD A – 0.57, B – 0.42, AxB – ns			
Mn	Control	39.3	45.6	42.5
	Once	39.6	45.5	42.6
	Twice	40.2	47.2	43.7
	Three times	40	48	44
	Mean for A	39.8	46.6	43.2
	LSD A – 5.9, B – ns, AxB – ns			
Zn	Control	35.6	34.3	35
	Once	35.8	35.5	35.7
	Twice	35.7	38.9	37.3
	Three times	36	40.1	38.1
	Mean for A	35.8	37.2	36.5
	LSD A – ns, B – 2.25, AxB – ns			

ns – non-significant differences

Seadh et al. (2009) report that fertilization with a higher nitrogen dose and the use of multi-component foliar fertilization has the most favourable effect on the contents of phosphorus and potassium in wheat grain.

Zeidan et al. (2010) did not obtain a significant effect of foliar application on the contents of phosphorus and potassium in wheat grain.

Higher level of NPK fertilization affected an increase in the contents of copper and manganese and a decrease in the content of iron in the grain.

The obtained results were significant in comparison to the lower fertilization level. Three-time foliar fertilization increased the contents of copper and zinc in grain in comparison to the treatment fertilized with a single dose and with the control treatment (Table 9).

Wróbel (2009) indicated that foliar fertilization of wheat with boron increases the content of this element in the grain. Ali et al. (2013) proved that foliar fertilization with boron and zinc increases the content of both components in the flag leaf and wheat grain. Gomaa et al. (2015) reports that combined foliar fertilization of wheat with iron and zinc significantly increases the contents of these elements in the grain.

Zeidan et al. (2010) also proved that foliar fertilization with microelements has an effect on their changing content in wheat grain.

Conclusions

1. Higher level of NPK fertilization affected an increase in the LAI, MTA and SPAD indices in comparison to the lower fertilization level. Two-time and three-time foliar fertilization increased the MTA and SPAD indices in comparison to the control.
2. The use of the higher NPK dose resulted in an increase in the number of ears per an area unit, TGW and grain yield in comparison to the lower dose. Three-time foliar fertilization increased TGW and grain yield in comparison to the control.
3. Higher NPK fertilization increased the contents of total protein, potassium, copper and manganese in the grain and decreased the content of iron. Three-time foliar fertilization increased the content of ash and magnesium in grain in comparison to the control. Additionally, three-time foliar fertilization increased the contents of copper and zinc in grain in comparison to the treatment fertilized once and with the control.

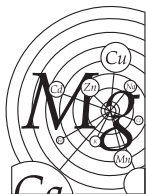
References

- Ahmad, R., Irshad, M. (2011) Effect of boron application time on yield of wheat, rice and cotton crop in Pakistan. *Soil Environment*, 30 (1), 50-57.
- Ali, M.A., Tariq, N.H., Ahmed, N., Abid, M., Rahim, A. (2013) Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to soil applied boron and zinc fertilizers under irrigated conditions. *Pakistan Journal of Agriculture. Agricultural Engineering and Veterinary Sciences*, 29 (2), 114-125.

- Arif, M., Chohan, A.M., Ali, S., Gul, R., Khan, S. (2006) Response of wheat to foliar application of nutrients. *Journal Agricultural nad Biological Science*, 1 (4), 30-34.
- Barutçular, C., Toptaş, İ, Türkten, H., Yildirim, M., Koç, M. (2015) SPAD greenness to estimate genotypic variation in flag leaf chlorophyll in spring wheat under mediterranean conditions. *Turkish Journal Field Crops*, 20 (1), 1-8.
<http://www.field-crops.org/assets/pdf/product55547ed459282.pdf>
- Bobrecka-Jamro, D., Jarecka, A., Jarecki, W. (2015) Response of some spring wheat cultivars to diverse mineral NPK fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*, 14 (2), 3-13.
- El-Habbal, M.S., Ashmawy, F., Saoudi, H.S., Abbas, I.K. (2010) Effect of nitrogen fertilizer rates on yield, yield components and grain quality measurements of some wheat cultivars using SPAD-Meter. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 88 (1), 211-223.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014) World reference base for soil resources. *World Soil Resources Report*, 103, 11-28.
- Gomaa, M.A., Radwan, F.I., Kandil, E.E., Seham M.A. El-Zweek. (2015) Effect of some macro and micronutrients application methods on productivity and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Middle East Journal of Agriculture Research*, 4 (1), 1-11.
- Haliniarz, M., Bujak, K., Gawęda, D., Kwiatkowski, C. (2013) Response of spring wheat to reduced tillage systems and to different levels of mineral fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*, 12 (3), 13-24.
- Hamblin, J., Stefanova, K., Angessa, T.T. (2014) Variation in chlorophyll content per unit leaf area in spring wheat and implications for selection in segregating material. *PLoS ONE*, 9 (3), e92529. DOI:
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092529>
- Islam, M.R., Haque, K.M.S., Akter, N., Karim, M.A. (2014) Leaf chlorophyll dynamics in wheat based on SPAD meter reading and its relationship with grain yield. *Scientia Agriculturae*, 8 (1), 13-18.
- Khan, M.B., Farooq, M., Hussain, M., Shahnawaz, Shabir, G. (2010) Foliar application of micronutrients improves the wheat yield and net economic return. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 12 (6), 953-956.
- Mekkei, M.E.R., El Haggan Eman A.M.A. (2014) Effect of Cu, Fe, Mn, Zn foliar application on productivity and quality of some wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2 (9), 283-291.
- Nadim, M.A., Awan, I.U., Baloch, M.S., Khan, N., Naveed, K. (2013) Micronutrient use efficiency in wheat as affected by different application methods. *Pakistan Journal of Botany*, 45 (3), 887-892.
[http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/45\(3\)/22.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/45(3)/22.pdf)

- Olsen, J., Weiner, J. (2007) The influence of *Triticum aestivum* density, sowing pattern and nitrogen fertilization on leaf area index and its spatial variation. *Basic Applied Ecology*, 8 (3), 252-257.
- Ralcewicz, M., Knapowski, T., Kozera, W., Barczak, B. (2009) Technological value of spring wheat of Zebra cultivar as related to the way of nitrogen and magnesium application. *Journal of Central European Agriculture*, 10 (3), 223-232.
- Rawashdeh, H.M., Florin, S. (2015) Foliar application with iron as a vital factor of wheat crop growth, yield quantity and quality. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 3 (9), 368-376.
- Rawashdeh, H.M., Sala, F. (2016) The effect of iron and boron foliar fertilization on yield and yield components of wheat. *Romanian Agriculture Research*, 33, 1-9. <http://www.incda-fundulea.ro/rar/nr33/rar33.27.pdf>
- Rehman, S., Khalil, S.K., Muhammad, F., Rehman, A., Khan, A.Z., Amanullah, Saljoki, A.R., Zubair, M., Khalil, I.H. (2010) Phenology, leaf area index and grain yield of rainfed wheat influenced by organic and inorganic fertilizer. *Pakistan Journal of Botany*, 42 (5), 3671-3685. [http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/42\(5\)/PJB42\(5\)3671.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/42(5)/PJB42(5)3671.pdf)
- Seadh, S.E., EL-Abady, M.I., El-Ghamry, A.M., Farouk, S. (2009) Influence of micronutrients foliar application and nitrogen fertilization on wheat yield and quality of grain and seed. *Journal of Biological Sciences*, 9 (8), 851-858. <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/jbs/2009/851-858.pdf>
- Shibayama, M., Watanabe, Y. (2008) Testing polarisation measurements with adjusted view zenith angles in varying illumination conditions for detecting leaf orientation in wheat canopy. *Plant Production Science*, 11 (4), 498-506. DOI. <http://dx.doi.org/10.1626/pps.11.498>
- Tahir, M., Tanveer, A., Shah, T.H., Fiaz, N., Wasaya, A. (2009) Yield response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to boron application at different growth stages. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 7 (1), 39-42. http://www.pjlss.edu.pk/pdf_files/2009_1/39-42.pdf
- Wilczewski, E., Szczepanek, M., Piotrowska-Długosz, A., Wenda-Piesik, A. (2013) Effect of nitrogen rate and stubble catch crops on concentration of macrolelements in spring wheat grain. *Journal Elementology*, 18 (3), 481-494.
- Wróbel, S. (2009) Response of spring wheat to foliar fertilization with boron under reduced boron availability. *Journal Elementology*, 14 (2), 395-404. <http://www.uwm.edu.pl/jold/poj1422009/jurnal-20.pdf>
- Zeidan, M.S., Mohamed, M.F., Hamouda, H.A. (2010) Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on wheat yield and quality in low sandy soils fertility. *World Journal of Agricultural Sciences*, 6 (6), 696-699. [https://www.idosi.org/wjas/wjas6\(6\)/11.pdf](https://www.idosi.org/wjas/wjas6(6)/11.pdf)

Zheng, G., Moskal, L.M. (2009) Retrieving leaf area index (LAI) using remote sensing: theories, methods and sensors. Sensors, 9 (4), 2719-2745. DOI: [10.3390/s90402719](https://doi.org/10.3390/s90402719)



ORIGINAL PAPER

RESPONSE OF SPRING WHEAT TO DIVERSIFIED MINERAL FERTILIZATION

Wacław Jarecki, Jan Buczek, Dorota Bobrecka-Jamro

Department of Plant Production
University of Rzeszów

ABSTRACT

The quantity and quality of spring wheat grain yield is dependent on appropriate cultivation practices, including mineral fertilization. Nutrients can be applied both to soil, on seeds and on leaves. For new cultivars, determination of the optimal doses and timings of fertilization with nitrogen and other mineral elements should be considered as particularly important. A controlled field experiment with the spring wheat cultivar Katoda was carried out in 2013-2015, at the Experimental Station of the University of Rzeszów in south-eastern Poland. The first experimental factor was the fertilization system (soil, seed, foliar or combined seed x foliar system), the second factor was the dose of soil nitrogen applied (80 vs. 120 kg ha⁻¹) and the third factor was the year of cropping (2013, 2014, 2015). The highest grain yield was obtained after the combined application of the seed fertilizer Primus B and foliar Basfoliar 36 Extra. The difference obtained in comparison with the control amounted to 0.87 t ha⁻¹. Increasing the nitrogen dose from 80 to 120 kg ha⁻¹ caused an increase in the SPAD (Soil Plant Analysis Development) index, the number of spikes prior to harvest, TGW (*thousand grain weight*) and grain yield by 0.5 t ha⁻¹, respectively. Both the foliar fertilizer and a higher nitrogen dose effected an increase in the total protein content in the grain. The highest fibre content was obtained after the use of the seed fertilizer and in the control seeds, and the highest ash content occurred after the use of the foliar fertilizer. An increase in the content of Mg, Fe and Mn in grain was caused by foliar fertilization, while a higher K content resulted from the application of a higher nitrogen dose.

Keywords: *Triticum aestivum* L. seed fertilizer, foliar fertilizer, nitrogen, SPAD values, nutrition, grain yield.

INTRODUCTION

Mineral fertilization of spring wheat modifies the grain yield (NADIM et al. 2012) and has an effect on its quality (ALI et al. 2013, BLANDINO et al. 2016). The previous studies (BLY, WOODARD 2003, DEWAL, PAREEK 2004) indicated that mineral fertilization of wheat modifies plant growth and development, yield components and the quantity and quality of yield. BLY and WOODARD (2003) showed that post-pollination foliar N gave higher grain protein and was most effective when the planned yield goal was exceeded. DEWAL, PAREEK (2004) proved that nutrient uptake increased up to the highest level of P, S and Zn, although P uptake was reduced at the highest level of zinc, and Zn uptake was reduced at the highest level of phosphorus.

Nitrogen is the most important nutrient. A deficit of this element limits plant growth and development, thereby affecting negatively the yield-forming ability of crops, including wheat. An excess of nitrogen in turn has a negative effect on field crops and, additionally, it poses a threat to the natural environment (LIANG et al. 2011, WANG et al. 2011). Nitrogen fertilization should be planned according to the needs of a cultivated crop, at appropriate doses, proportions and times. Apart from nitrogen, rational fertilization with other nutrients is also important. Macro- and microelements can be applied to soil (NADIM et al. 2012, ALI et al. 2013), on leaves (DUCSAY et al. 2007, WRÓBEL 2009, RAWASHDEH, SALA 2014) or on seeds (FAROOQ et al. 2012).

Mineral fertilization may be synchronized by the use of modern measuring techniques. Performing measurements of SPAD is useful for determination of fertilization dosage during plant growth (MARTÍNEZ, GUIAMET 2004, BARUTÇULAR et al. 2015). For wheat, the results of SPAD allow for optimizing fertilization, particularly with nitrogen, and predicting the grain yield (VIDAL et al. 1999, ISLAM et al. 2014). A SPAD chlorophyll meter is useful for rapid analysis of chlorophyll and nitrogen status of crops, while it has not been established how strongly the meter readings are correlated with grain yield under variable field conditions (ISLAM et al. 2014).

The aim of this study was to assess the effect of soil nitrogen, seed and foliar fertilization on chosen plant characteristics, the SPAD index and the quantity and quality of grain yield of cv. Katoda spring wheat.

MATERIAL AND METHODS

Field experiment

Over 2013-2015, a controlled field experiment was carried out at the Experimental Station of the University of Rzeszow in Krasne (50°03'N, 22°06'E), Poland. This was a two-factorial experiment conducted with four replications in the split-plot design. The test plant was the spring wheat

cultivar Katoda (breeder Danko Sp. z o.o., Poland). Katoda is a cultivar with very good fertility and grain quality.

The first tested factor was composed of seed and foliar fertilization systems (Primus B vs. Basfoliar 36 Extra) and the second factor comprised two nitrogen doses (80 and 120 kg ha⁻¹). The seed fertilizer Primus B is manufactured by Intermag Sp. z o.o. (Poland) and the foliar fertilizer Basfoliar 36 Extra is made by Adob Sp. z o.o. (Poland). The seed fertilizer was applied on the seed material at a dose of 0.2 dm³ 100 kg⁻¹ of grain. The chemical composition of this fertilizer included in g dm⁻³: 19.5 N, 5.67 P, 10.79 K, 14.11 Mg, 10.4 S, 2.6 B, 2.6 Cu, 11.7 Fe, 3.9 Mn, 0.78 Mo, 5.2 Zn and 1.95 Ti. The foliar fertilizer was applied as a single dose at the BBCH 39 stage, at a dose of 10 dm³ ha⁻¹ applied with a hand sprayer. The amount of working liquid was 300 dm³ ha⁻¹. Isolation belts between the plots were 2 m wide. The chemical composition of the foliar fertilizer included in g dm⁻³: 363.2 N, 25.93 Mg, 0.27 B, 2.7 Cu, 0.27 Fe, 13.5 Mn, 0.067 Mo and 0.13 Zn.

Soil nitrogen fertilization (ammonium nitrate 34%) at a total dose of 80 N kg ha⁻¹ was split into two doses: pre-sowing 50 N kg ha⁻¹ and as top dressing 30 N kg ha⁻¹. The amount of 120 N kg ha⁻¹ was also divided into the pre-sowing 80 N kg ha⁻¹ and top dressing 40 N kg ha⁻¹ doses (Table 1). Ferti-

Table 1

Fertilization design

Factor	Fertilizers, dose	Application time, dose		
		before sowing	BBCH 21	BBCH 39
Soil application	80 N kg ha ⁻¹	50 N kg ha ⁻¹	30 N kg ha ⁻¹	–
	120 N kg ha ⁻¹	80 N kg ha ⁻¹	40 N kg ha ⁻¹	–
Seed application	Primus B	0.2 dm ³ 100 kg ⁻¹ seeds	–	–
Foliar application	Basfoliar 36 Ex	–	–	10 dm ³ ha ⁻¹
Combined seed x foliar application	Primus B + Basfoliar 36 Ex	0.2 dm ³ 100 kg ⁻¹ seeds	–	10 dm ³ ha ⁻¹

BBCH scale (BLEINHOLDER et al. 2001)

zation with phosphorus (superphosphate 19%) and potassium (potassium salt 60%) was applied in autumn in amounts of 40 P kg ha⁻¹ and 100 K kg ha⁻¹. The herbicide Chwastox Extra 300 SL (3.5 dm³ ha⁻¹), insecticide Sumi-Alpha 050 EC (0.25 dm³ ha⁻¹), fungicide Juwel TT 483 SE (1.5 dm³ ha⁻¹) and growth regulator Cerone 480 SL (0.75 dm³ ha⁻¹) were used to protect wheat plants.

Sowing dressed seeds (dressing Sarox 75 WS at a dose of 200 g 100 kg⁻¹ of grain) was performed on: 16 April 2013, 1 April 2014 and 8 April 2015. The seeding rate was 450 seeds m⁻². Cultivation practices were performed in accordance with the recommendations of the Research Centre for Cultivar Testing (COBORU, Poland) for spring wheat crops. The previous crop was winter oilseed rape. The area of plots for sowing was 11.5 m², and for harvesting – 10 m². Grain harvest was performed with a plot combine harvester during the first ten days of August.

Weather conditions at the study site

The weather conditions were given according to the data of the Meteorological Station of the University of Rzeszow. In 2015, the lowest total precipitation during the plant growth period was recorded as compared with the long-term data (Table 2). High total precipitations occurred in June 2013 and

Table 2

Years	Months					Total
	April	May	June	July	August	
2013	33.9	87.5	143.4	19.2	11.0	295.0
2014	29.9	92.2	48.1	112.4	46.8	329.4
2015	25.7	85.1	8.9	52.4	6.1	178.2
1956-2012	48.3	78.1	85.8	90.6	62.7	—

in July 2014. Air temperatures were also diverse in the years of the study. The highest monthly temperatures were recorded in July 2014 and in August 2015 (Table 3).

Table 3

Years	Months					Mean
	April	May	June	July	August	
2013	9.39	9.84	18.48	19.33	19.58	15.32
2014	10.10	14.10	16.30	20.10	18.10	15.74
2015	8.60	13.00	17.60	19.90	21.40	16.10
1956-2012	8.89	13.74	17.20	19.14	18.35	—

Soil conditions

The soil of the experimental area was classified as Haplic Cambisol (FAO 2015) and had the texture of silt, according to the classification by the IUSS Working Group WRB. The soil reaction was slightly acidic, the humus content was high and $N_{\min}$ was very low or low. The soil was characterized by a high content of assimilable P, moderate content of K, high or very high content of Mg and low content of S. The content of microelements was generally average (Table 4).

Analytical methods

The analyses involved the measurements of soil plant analysis development – SPAD (Süss et al. 2015), yield structure as well as the quantity and quality of grain yield. Data regarding thousand grains weight (TGW) were recorded by counting randomly selected 1000 grains from each sub-plot and weighed on a sensitive electronic balance.

Measurements of SPAD with the apparatus 502 P Konica Minolta

Table 4

Physicochemical soil properties, (spring before sowing, layer 0-30 cm)

Specification	2013	2014	2015
Soil reaction (1 mol dm ³ KCl)	5.59	6.07	5.83
Humus (%)	2.80	2.76	2.82
N _{min} 0-60 cm (kg ha ⁻¹)	50.2	48.5	55.4
Content of available nutrients in soil (mg kg ⁻¹)			
P	183	189	190
K	185	189	185
Mg	88	92	78
-	0.50	0.47	0.54
Fe	1314.1	2506.2	1781.3
Mn	215.5	295.2	315.4
Zn	11.3	17.1	16.4
B	1.51	1.74	1.61
Cu	5.8	7.4	6.3

(Japan) were made twice, at the tillering (BBCH 25) and the shooting stage (BBCH 49), on 30 flag leaves of wheat.

The plants were counted at the stage of emergence (BBCH 12) and the number of spikes per m², prior to harvest (BBCH 89). Plants for biometric measurements were collected from an area of 0.5 m² from each plot at the stage of full maturity of grain (BBCH 89). The grain yield from the plots was calculated per 1 ha taking into consideration the grain moisture content of 14%.

The grain content of starch, protein, ash and fibre was determined with the NIRS method, on an FT NIR MPA Bruker (USA) spectrometer. Spectrometry in near-infrared is one of the most frequently used methods for investigating agro-food products.

To determine macroelements and microelements, plant samples were mineralized in a mixture of concentrated acids HNO₃:HClO₄:HS₂O₄ in the ratio 20:5:1, in an open system, in the heating block Tecator. The content of Ca, K, Mg, Zn, Mn, Cu, Fe was determined in mineralisates with atomic absorption spectroscopy (FAAS) on a Hitachi Z-2000 apparatus (Japan), whereas P was determined with colorimetry, using a spectrophotometer UV-VIS Shimadzu (Japan).

Statistical analyses

The effect of individual research factors (fertilization, year) and their interactions were assessed by means of two-way ANOVA. Differences between the mean values were compared by the Tukey's method, where the significance level was $\alpha = 0.05$ Statistica 10 Software (StatSoft, Inc., Tulsa, USA) was used for statistical analyses.

RESULTS AND DISCUSSION

Field and biometric measurements

The fertilizer Primus B increased the plant density after emergences and the number of spikes prior to harvest. Fertilization with Basfoliar 36 Extra increased the number of grains per spike and TGW as compared with the fertilizer Primus B and the control. The higher nitrogen dose effected an increase in the number of spikes prior to harvest and TGW as compared with the lower dose. The highest grain yield was obtained after the combined application of the seed and foliar fertilizers (Table 5). The resultant difference relative to the control was 0.87 t ha^{-1} , i.e. 11.8%. Fertilization with Basfoliar 36 Extra also increased the grain yield, but by 0.48 t ha^{-1} , i.e. 6.5% in relation to the control. The use of a 120 kg ha^{-1} nitrogen dose caused an increase in the grain yield as compared with the lower dose (80 kg ha^{-1}). The significant difference was 0.5 t ha^{-1} , i.e. 6.6%, on average. EL-HABBAL et al. (2010) and AKHTER et al (2016) proved that increasing the nitrogen dose results in an increase in yield structure components and wheat grain yield. WRÓBEL (2009) and ZOZ et al. (2016) obtained a favourable effect of fertilization of

Table 5

Grain yield, plant density and yield components

Fertilization		Grain yield (t ha^{-1})	Number of plants after emergence (pcs. m^{-2})	Number of ears (pcs. m^{-2})	Number of grains per ear	Mass of 1000 grains (g)
Fertilizer	N (kg ha^{-1})					
Control	80	7.21	389.1	520.5	35.3	39.3
	120	7.57	402.2	530.5	36.1	40.1
Primus B	80	7.34	406.4	535.2	35.2	39.5
	120	7.92	408.6	546.2	36.3	40.5
Basfoliar 36 Extra	80	7.54	390.2	519.8	35.8	41.1
	120	8.19	401.3	532.4	37.2	41.9
Primus B + Basfoliar 36 Extra	80	8.05	405.8	537.0	35.9	42.3
	120	8.47	409.5	545.1	37.0	42.5
Control		7.39 ^c	395.7 ^b	525.5 ^b	35.7 ^b	39.7 ^b
Primus B		7.63 ^{bc}	407.5 ^a	540.7 ^a	35.8 ^b	40.0 ^b
Basfoliar 36 Extra		7.87 ^b	395.8 ^b	526.1 ^b	36.5 ^a	41.5 ^a
Primus B + Basfoliar 36 Extra		8.26 ^a	407.7 ^a	541.1 ^a	36.5 ^a	42.4 ^a
80		7.54 ^b	397.9	528.1 ^b	35.6	40.6 ^b
120		8.04 ^a	405.4	538.6 ^a	36.7	41.3 ^a
2013		8.42 ^a	407.7 ^a	536.1	36.2	43.8 ^a
2014		7.89 ^{ab}	402.2 ^{ab}	529.4	36.3	41.5 ^{ab}
2015		7.05 ^b	395.0 ^b	534.5	35.8	37.4 ^b

Average values for each factor marked with different letters in a column differ significantly ($P < 0.05$).

wheat with B, and ALI et al. (2013) with B and Zn, on the grain yield and its structure components. ZOZ et al. (2016) proved that foliar fertilization of wheat with Ca and B had a favourable effect on the yield structure components and the grain yield, but it did not have an effect on TGW. The present experiment confirmed significant differentiation of grain yield, plant density after emergences and TGW in the years of the study. FAROOQ et al. (2012) concluded that micronutrient application through seed treatments improves the stand establishment, advances phenological events, and increases yield and micronutrient grain contents in most cases. In some instances, seed treatments are not beneficial; however, the negative effects are rare.

Measurements of indexes

The application of the higher nitrogen dose resulted in an increase in the SPAD index at both stages: BBCH 25 and BBCH 49. EL-HABBAL et al. (2010) also indicated that increasing the nitrogen dose leads to an increase in the SPAD index of wheat, on average from 43 (the control) to 48.8 (120 N kg ha⁻¹). The foliar fertilizer Basfoliar 36 Extra resulted in a significant increase in the SPAD index value at the stage BBCH 49 (Table 6). In 2013 and 2014, the SPAD index values were significantly higher than in 2015. RAWASHDEH and SALA (2014) obtained an increase in the chlorophyll content in the flag

Table 6

Measurements of SPAD indicator

Fertilization		BBCH 25	BBCH 49
Fertilizer	N (kg ha ⁻¹)		
Control	80	38.5	48.3
	120	39.4	49.5
Primus B	80	38.9	48.2
	120	39.8	49.6
Basfoliar 36 Extra	80	38.5	50.4
	120	39.2	50.8
Primus B + Basfoliar 36 Extra	80	38.8	50.6
	120	40.0	50.7
Control		39.0	48.9 ^b
Primus B		39.4	48.9 ^b
Basfoliar 36 Extra		38.9	50.6 ^a
Primus B + Basfoliar 36 Extra		39.4	50.7 ^a
80		38.7 ^b	49.4 ^b
120		39.6 ^a	50.2 ^a
2013		41.6 ^a	51.2 ^a
2014		40.2 ^a	50.4 ^a
2015		35.5 ^b	47.8 ^b

Average values for each factor marked with different letters in a column differ significantly ($P < 0.05$).

leaf within the range from 51.5 to 59.3 SPAD units owing to foliar fertilization with Fe.

Chemical composition of seeds

The application of the fertilizer Basfoliar 36 Extra and the higher nitrogen dose resulted in an increase in the total protein content in the grain. The fibre content was higher after the application of the fertilizer Primus B and in the control. The content of ash increased significantly after the application of the fertilizer Basfoliar 36 Extra as compared with the control treatment. The chemical composition of grain was varied in the years of the study (Table 7). EL-HABBAL et al. (2010) and VELASCO et al. (2012) report that higher nitrogen doses result in an increase in the total protein content in wheat grain. BLANDINO et al. (2016) proved that the quality parameters of wheat grain depend on nitrogen fertilization, and the time and method of the fertilizer application is essential.

The applied fertilization hardly changed the content of macroelements in the grain. Only an increase in the Mg content was observed under the influence of foliar fertilization and the K content was modified under the influence of the higher N dose. The content of macroelements in the grain was significantly varied in the years of the study (Table 8). In the study by WILCZEWSKI

Table 7

Basic chemical composition of grains (% DM)

Fertilization		Starch	Protein	Fiber	Ash
Fertilizer	N (kg ha ⁻¹)				
Control	80	61.2	14.5	1.35	1.85
	120	61.0	15.3	1.33	1.80
Primus B	80	61.3	14.3	1.34	1.86
	120	60.8	15.2	1.30	1.83
Basfoliar 36 Extra	80	60.9	14.8	1.28	1.89
	120	60.7	15.9	1.25	1.87
Primus B + Basfoliar 36 Extra	80	61.0	14.8	1.29	1.92
	120	60.9	16.2	1.27	1.90
Control		61.1	14.9 ^b	1.34 ^a	1.83 ^b
Primus B		61.1	14.8 ^b	1.32 ^a	1.85 ^{ab}
Basfoliar 36 Extra		60.8	15.4 ^a	1.27 ^b	1.88 ^a
Primus B + Basfoliar 36 Extra		61.0	15.5 ^a	1.28 ^b	1.91 ^a
80		61.1	14.6 ^b	1.32	1.88
120		60.9	15.7 ^a	1.29	1.85
2013		61.5 ^a	15.1 ^{ab}	1.18 ^c	1.92 ^a
2014		61.8 ^a	14.8 ^b	1.31 ^b	1.89 ^a
2015		59.7 ^b	15.5 ^a	1.42 ^a	1.78 ^b

Average values for each factor marked with different letters in a column differ significantly ($P < 0.05$).

Table 8

Macroelement content in grain (g kg⁻¹ DM)

Fertilization		P	K	Ca	Mg
Fertilizer	N (kg ha ⁻¹)				
Control	80	4.25	4.51	0.12	1.35
	120	4.18	4.62	0.11	1.31
Primus B	80	4.23	4.52	0.10	1.36
	120	4.24	4.60	0.13	1.33
Basfoliar 36 Extra	80	4.27	4.59	0.09	1.45
	120	4.30	4.62	0.09	1.42
Primus B + Basfoliar 36 Extra	80	4.26	4.58	0.08	1.47
	120	4.28	4.62	0.08	1.46
Control		4.22	4.57	0.12	1.33 ^b
Primus B		4.24	4.56	0.12	1.35 ^b
Basfoliar 36 Extra		4.29	4.61	0.09	1.44 ^a
Primus B + Basfoliar 36 Extra		4.27	4.60	0.08	1.47 ^a
80		4.25	4.55 ^b	0.10	1.41
120		4.25	4.62 ^a	0.10	1.38
2013		4.22 ^{ab}	4.73 ^a	0.09 ^b	1.35 ^b
2014		4.12 ^b	4.18 ^b	0.13 ^a	1.54 ^a
2015		4.42 ^a	4.84 ^a	0.08 ^b	1.28 ^b

Average values for each factor marked with different letters in a column differ significantly ($P < 0.05$).

et al. (2013), the content of P and Mg in grain of spring wheat fertilized with nitrogen at doses 120 or 160 kg ha⁻¹ was significantly higher than after the application of lower nitrogen amounts. The fertilizer Basfoliar 36 Extra caused an increase in the Fe and Mn content in grain. The content of the other microelements in grain was significantly varied in the years of the study, except for Fe (Table 9). ALI et al. (2013) indicated that there was an increase in Zn in wheat grain owing to the fertilization with this element.

CONCLUSIONS

In conclusion, it should be stated that it is justified to apply a higher nitrogen dose (120 kg ha⁻¹) in spring wheat cultivation as well as both the seed fertilizer Primus B as well as the foliar Basfoliar 36 Extra. This conclusion is supported by measurements of SPAD reflecting the nutritional status of wheat plants and the quantity and quality of grain yield. Moreover,

Table 9

Microelement content in grain (mg kg⁻¹ DM)

Fertilization		Fe	Mn	Zn	Cu
Fertilizer	N (kg ha ⁻¹)				
Control	80	45.2	42.3	35.3	3.95
	120	44.3	43.1	35.8	4.01
Primus B	80	45.4	42.2	35.2	3.89
	120	45.2	43.5	35.6	4.08
Basfoliar 36 Extra	80	46.2	43.8	36.2	4.12
	120	46.0	43.8	36.8	4.15
Primus B + Basfoliar 36 Extra	80	46.4	43.9	36.4	4.11
	120	46.3	44.5	36.7	4.17
Control		44.8 ^b	42.7 ^b	35.6	3.98
Primus B		45.3 ^b	42.9 ^b	35.4	3.99
Basfoliar 36 Extra		46.1 ^a	43.8 ^a	36.5	4.14
Primus B + Basfoliar 36 Extra		46.4 ^a	44.2 ^a	36.6	4.14
80		45.8	43.1	35.8	4.02
120		45.5	43.7	36.2	4.10
2013		45.9	44.1 ^a	36.8 ^a	4.16 ^a
2014		45.7	43.2 ^{ab}	35.8 ^b	4.07 ^{ab}
2015		45.2	42.9 ^b	35.4 ^b	3.95 ^b

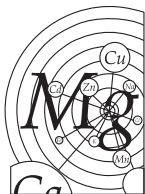
Average values for each factor marked with different letters in a column differ significantly ($P < 0.05$).

the presented effects of spring wheat fertilization were largely dependent on the weather conditions in the years of the study.

REFERENCES

- AKHTER M.M., HOSSAIN A., TIMSINA J., TEIXEIRA DA SILVA J.A., ISLAM M.S. 2016. *Chlorophyll meter – a decision-making tool for nitrogen application in wheat under light soils*. Int. J. Plant Prod., 10(3): 289-302.
- ALI M.A., TARIQ N.H., AHMED N., ABID M., RAHIM A. 2013. *Response of wheat (Triticum aestivum L.) to soil applied boron and zinc fertilizers under irrigated conditions*. Pak. J. Agric. Agric. Engin., Vet. Sci., 29(2): 114-125.
- BARUTÇULAR C., TOPTAŞ İ., TÜRKTEK H., YILDIRIM M., KOÇ M. 2015. *SPAD greenness to estimate genotypic variation in flag leaf chlorophyll in spring wheat under Mediterranean conditions*. Turk. J. Field Crops., 20(1): 1-8. DOI: 10.17557/51440
- BLANDINO M., MARINACCIO F., REYNERI A. 2016. *Effect of late-season nitrogen fertilization on grain yield and on flour rheological quality and stability in common wheat, under different production situations*. Ital. J. Agron., 11(2): 107-113. DOI: <http://dx.doi.org/10.4081/ija.2016.745>
- BLEINHOLDER H., WEBER E., FELLER C., HESS M., WICKE H., MEIER U. 2001. *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants*. BBCH Monograph. Germany, pp. 158. http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_veroeff/bbch/BBCH-Skala_englisch.pdf

- BLY A.G., WOODARD H.J. 2003. *Foliar nitrogen application timing influence on grain yield and protein concentration of hard red winter and spring wheat*. Agron. J., 95(2): 335-338. DOI: 10.2134/agronj2003.3350
- DEWAL G.S., PAREEK R.G. 2004. *Effect of phosphorus, sulphur and zinc on growth, yield and nutrient uptake of wheat (Triticum aestivum)*. Ind. J. Agron., 49(3): 160-162.
- DUCSAY L., LOŽEK O., VARGA L., LOŠÁK T. 2007. *Effects of winter wheat supplementation with selenium*. Ecol. Chem. Eng., 14(3-4): 289-294.
- EL-HABBAL M.S., ASHMAWY F., SAUDI H.S., ABBAS I.K. 2010. *Effect of nitrogen fertilizer rates on yield, yield components and grain quality measurements of some wheat cultivars using SPAD-Meter*. Egypt. J. Agric. Res., 88(1): 211-223.
- FAO 2015. *World Reference Base for Soil Resources*. World Soil Resources Report. Italy. 106. pp. 192. <http://www.fao.org/3/a-i3794e.pdf>
- FAROOQ M., WAHID A., SIDDIQUE K.H.M. 2012. *Micronutrients application through seed treatments - A review*. J. Soil Sci. Plant Nutr., 12(1): 125-142. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012000100011>
- ISLAM M.R., HAQUE K.M.S., AKTER N., KARIM M.A. 2014. *Leaf chlorophyll dynamics in wheat based on SPAD meter reading and its relationship with grain yield*. Sci. Agric., 8(1): 13-18. DOI: 10.15192/PSCP.SA.2014.4.1.1318
- LIANG X.Q., XU L., LI H., HE M.M., QIAN Y.C., LIU J., NIE Z.Y., YE Y.S., CHEN Y. 2011. *Influence of N fertilization rates, rainfall and temperature on nitrate leaching from a rainfed winter wheat field in Taihu watershed*. Phys. Chem. Earth., 36(9-11): 395-400. DOI: 10.1016/j.pce.2010.03.017
- MARTÍNEZ D., GUILAMET J. 2004. *Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status*. Agronomie, 24(1): 41-46. DOI: 10.1051/agro:2003060
- NADIM M.A., AWAN I.U., BALOCH M.S., KHAN E.A., NAVEED K., KHAN M.A. 2012. *Response of wheat (Triticum aestivum L.) to different micronutrients and their application methods*. J. Anim. Plant Sci., 22(1): 113-119.
- RAWASHDEH H., SALA F. 2014. *Influence of iron foliar fertilization on some growth and physiological parameters of wheat at two growth stages*. Sci. P. S. A. Agr., 57: 306-309.
- SÜSS A., DANNER M., OBSTER C., LOCHERER M., HANK T., RICHTER K. 2015. *Measuring leaf chlorophyll content with the Konica Minolta SPAD-502Plus – Theory, Measurement, Problems, Interpretation*. EnMAP Field Guides Technical Report, GFZ Data Services. DOI: <http://doi.org/10.2312/enmap.2015.010>
- VELASCO J.L., ROZAS H.S., ECHEVERRÍA H. E., BARBIERI P.A. 2012. *Optimizing fertilizer nitrogen use efficiency by intensively managed spring wheat in humid regions: Effect of split application*. Can. J. Plant Sci., 92(5): 847-856. DOI:10.4141/CJPS2011-146
- VIDAL I., LONGERI L., HÉTIER J.M. 1999. *Nitrogen uptake and chlorophyll meter measurements in spring wheat*. Nutr. Cycl. Agroecosys., 55(1): 1-6. DOI: 10.1023/A:1009843813004
- WANG D., XU Z., ZHAO J., WANG Y., YU Z. 2011. *Excessive nitrogen application decreases grain yield and increases nitrogen loss in a wheat-soil system*. Acta Agr. Scand. B - S P Sci., 61(8): 681-692. DOI: 10.1080/09064710.2010.534108
- WILCZEWSKI E., SZCZEPANEK M., PIOTROWSKA-DŁUGOSZ A., WENDA-PIESIK A. 2013. *Effect of nitrogen rate and stubble catch crop on the concentration of macroelements in spring wheat grain*. J. Elementol., 18(3): 481-494. DOI: 10.5601/jelem.2013.18.3.12
- WRÓBEL S. 2009. *Response of spring wheat to foliar fertilization with boron under reduced boron availability*. J. Elementol., 14(2): 395-404. DOI: 10.5601/jelem.2009.14.2.20
- ZOZ T., STEINER F., SEIDEL E.P., CASTAGNARA D.D., DE SOUZA G.E. 2016. *Foliar application of calcium and boron improves the spike fertility and yield of wheat*. Biosci. J., 32(4): 873-880. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v32n4a2016-29714>



Buczek J., Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2017. *Hybrid wheat response to topdressing and foliar application of nitrogen*. J. Elem., 22(1): 7-20. DOI: 10.5601/jelem.2016.21.2.1125

ORIGINAL PAPER

HYBRID WHEAT RESPONSE TO TOPDRESSING AND FOLIAR APPLICATION OF NITROGEN

Jan Buczek, Waław Jarecki, Dorota Bobrecka-Jamro

Department of Plant Production
University of Rzeszów

ABSTRACT

The quantity and quality of winter wheat grain yield is dependent on appropriate cultivation practices, including mineral fertilization. During the growth period of plants, nutrients can be applied both to soil and on leaves. For new hybrid cultivars, determination of the optimal doses and timing of fertilization with nitrogen and other mineral elements should be considered as particularly important. A controlled field experiment with winter wheat of the hybrid cultivar Hybred was carried out in 2011-2014, at the Experimental Station of Cultivar Assessment in Przecław. The first factor consisted of different topdressing nitrogen doses, applied to soil. The other factor was foliar fertilization (Plonvit Z) compared with the control. Topdressing nitrogen application resulted in a significant increase in the number of spikes per 1 m² and grain yield in comparison with the control. Application of 100 and 150 kg N ha⁻¹ increased the number of grains per spike and the content of total protein, manganese and zinc in grain. Fertilization with a dose of 150 kg N ha⁻¹ increased additionally the thousand grain weight and the content of magnesium and calcium in grain. Foliar application, in comparison to the control, resulted in a significant increase in TGW, grain yield and the content of ash, magnesium, manganese and zinc in grain. Interaction of nitrogen fertilization with foliar application was found for the content of manganese and zinc in the grain at a dose of 150 kg N ha⁻¹.

Keywords: winter wheat, mineral nitrogen, foliar application, yield structure, yield, chemical composition, macroelements and microelements.

INTRODUCTION

Winter wheat has high requirements in respect of nitrogen fertilization, particularly in the period after starting the growth in spring. Nitrogen can be applied as a single dose, or in several doses adjusted to the needs and plant developmental stages (BLANKENAU et al. 2002, EHLERT et al. 2004), which ensures high yields of good quality (PODOLSKA 2008, KOCHURKO 2009). The effects of applied nitrogen are possible to obtain if proper and sustainable fertilization of wheat with all other necessary nutrients is performed (KOCOŃ 2005). One of methods for fast supplementation of macroelements and microelements is foliar fertilization of cultivated crops. Numerous studies (SOYLU et al. 2005, FAGERIA et al. 2009, RAHMAN et al. 2014, KOSTADINOVA et al. 2015) indicate that nutrients applied in this way usually have favourable effects on the wheat grain yield and its quality traits.

Biological progress and improved techniques of plant breeding have paved the way to introduce hybrid wheat cultivars, with superior agronomic properties, into agricultural practice (MÜHLEISEN et al. 2014). The acreage cropped with hybrid wheat in Europe amounts to about 250 thousand ha, of which most hybrid cultivars are grown in France (160 thousand ha), Germany (25 thousand ha), followed by Hungary, Italy, Czech Republic, Slovakia, and Portugal; in Poland, the estimated acreage is over 1 thousand ha in Poland (ZHAO et al. 2013). Hybrid wheat cultivars, in comparison with population wheat, are characterized by higher grain yield (from 3.5 to 15.0%), better tolerance to being grown in monoculture and stronger resistance to stressful climate and soil conditions (PLESSIS et al. 2013, WHITFORD et al. 2013).

Therefore, the impact of some agronomic factors, including determination of the optimal nitrogen fertilization, both to soil and on leaves, is an important subject of research in the context of the yield volume and particularly the grain quality of hybrid cultivars.

The aim of the study was to estimate the effect of increasing nitrogen doses and foliar application on the grain yield, yield structure components and the chemical composition of the hybrid wheat grain of the cultivar Hybrid. It was assumed that different doses of nitrogen and foliar application would significantly modify the quantity and quality of the grain yield.

MATERIALS AND METHODS

Field experiments and plant material

A two-factorial field experiment was carried out in 2011-2014 at the Station of Cultivar Assessment in Przecław (50°11' N, 21°29' E), Poland. The soil of the experimental area is with the texture of clay loam. According to

Table 1

Basic soil characteristics prior to the experiment (0-35 cm)

Traits	Value		
	2011/2012	2012/2013	2013/2014
pH in KCl	6.91	5.70	6.37
Organic C (g kg ⁻¹ D.M.)	13.70	12.00	13.51
Inorganic N (g kg ⁻¹ D.M.)	1.37	1.20	1.35
P (mg kg ⁻¹)	175.1	54.01	320.1
K (mg kg ⁻¹)	190.0	115.2	315.5
Mg (mg kg ⁻¹)	154.0	174.0	109.0
S-SO ₄ (mg kg ⁻¹)	0.54	0.46	0.57
Fe (mg kg ⁻¹)	1985	2706	3241
Zn (mg kg ⁻¹)	16.10	15.60	21.80
Mn (mg kg ⁻¹)	420.0	189.1	301.2
Cu (mg kg ⁻¹)	6.20	9.20	7.00
B (mg kg ⁻¹)	1.70	0.50	0.90

the classification by the World Reference Base, this soil was Gleic Fluvisol (WRB 2014). The physical and chemical soil properties in 2011-2014 are presented in Table 1.

The experiment was set up as a split-plot design with 4 replications. The area of an individual plot was 16 m². Material for the study comprised a winter wheat hybrid cultivar Hybred (breeder Saaten-Union GmbH, France), which is classified in the Common Catalogue of Varieties of Agricultural Plant Species (EU 2007). In all the years, wheat was sown between the 20th and 30th of September, at the sowing density of 220 seeds m⁻².

The first experimental factor was topdressing application of nitrogen to winter wheat in doses: 50, 100, 150 kg N ha⁻¹ as compared with the control: 0 kg N ha⁻¹. The other factor was foliar fertilization with the preparation Plonvit Zboża (Plonvit Z), made by INTERMAG Sp. z o.o., Poland (Tables 2 and 3).

Nitrogen was applied as topdressing in the solid form (ammonium nitrate 34%) at the beginning of the following stages: tillering, stalk shooting, ear formation. Foliar fertilization was applied in autumn at the 3-6 leaf stage and during the spring-summer growth at the growth stages: tillering, flag leaf and the kernel milk stage (Table 3). The amount of working liquid was 300 dm³ ha⁻¹. Fertilization with phosphorus and potassium was applied under pre-sow ploughing in the amount of 26.2 P kg ha⁻¹ and 74.7 K kg ha⁻¹. The preceding crop for wheat in all the years was winter oilseed rape.

Weed infestation was controlled in spring, with the use of Puma Uniwersal 069 EW and Sekator 125 OD (1.2 + 0.15 dm³ ha⁻¹). Also, the fungicides

Table 2

Chemical composition of the fertilizer Plonvit Z

Nutrients	Content (g dm ⁻³)	Content (% by weight)
N	195.0	15.0
NH ₂	195.0	15.0
MgO	26.0	2.0
SO ₃	59.0	4.5
B	0.18	0.014
Cu	11.7	0.9
Fe	10.4	0.8
Mn	14.3	1.1
Mo	0.06	0.005
Zn	13.0	1.0

Table 3

Fertilization design

Fertilizers, dose	Application time, dose			
Plonvit Z (dm ³ ha ⁻¹)	BBCH (13-16)	BBCH (25-27)	BBCH (39-41)	BBCH (70-73)
	1.5	1.5	1.5	1.5
NH ₄ NO ₄ (kg ha ⁻¹)		BBCH (20-22)	BBCH (30-32)	BBCH (51-53)
0		–	–	–
50		50	–	–
100		60	40	–
150		70	50	30

Juwell TT 483 SE and Swing Top 183 SE in a dose of 1.2 dm³ ha⁻¹ each were applied for protection, as well as the insecticides Bi 58 Nowy EC 400 (0.5 dm³ ha⁻¹) and Karate Zeon 050 CS (0.1 dm³ ha⁻¹) and the growth retardant Moddus 250 EC (0.4 dm³ ha⁻¹). The preparations were applied in accordance with the manufacturer instructions at appropriate developmental stages of wheat.

Analytical methods

The grain yield obtained from plots was calculated as the yield per 1 ha, taking into account the moisture content of 14%, and then it was supplemented with missing spikes collected for biometric analyses. Prior to harvest, the number of spikes per 1 m² was determined. From each plot, 100 spikes

were collected and the number of grains per spike and thousand grain weight were determined. After drying and grinding the grain, determinations of the total nitrogen content was performed with the Kjeldahl method, and total protein was calculated with the use of the multiplier 5.75. Crude fat, ash and fibre were determined with the NIRS (near infrared spectroscopy) method on a Bruker FT-NIR apparatus.

Phosphorus was determined on an absorption spectrophotometre within the UV-VIS range. Potassium, magnesium, calcium and microelements were determined after mineralization in nitric acid with the AAS technique on a Hitachi Z-2000 (Japan). Analyses were carried out in two replications at the Faculty Laboratory of Analysis of Environment Health and Materials of Agricultural Origin, at the Faculty of Biology and Agriculture of the University of Rzeszów.

Weather conditions

Data about the weather conditions were obtained from a local observation measurement unit located at the Experimental Station. During the winter wheat growing period, the average air temperatures in the years of the study were similar, within the range from 8.6 to 9.0°C, at the average long-term air temperature equal to 8.5°C (Table 4). The highest rainfall in

Table 4

Weather conditions over the plant growing season of winter wheat

Year	A	W	Spring-summer period						M/S
			March	Apr	May	June	July	Aug	
Temperature (°C)									
2011/2012	8.2	-2.8	3.9	9.9	14.7	18.2	20.8	18.4	8.6
2012/2013	9.4	-2.1	-1.2	8.8	15.0	18.5	19.4	18.6	8.4
2013/2014	8.7	0.8	5.4	8.8	13.3	15.1	19.3	17.7	9.0
1956-2010	8.6	-1.3	2.6	8.8	14.2	17.5	19.4	18.1	8.5
Rainfall (mm)									
2011/2012	41.1	101.7	27.8	21.7	66.7	66.9	65.6	61.8	453.3
2012/2013	151.7	127.9	73.6	39.4	111.7	192.4	58.3	21.2	776.2
2013/2014	170.8	56.1	49.6	34.8	108.9	71.7	146.8	101.8	740.5
1956-2010	135.7	101.1	5.9	48.1	39.2	79.3	101.6	71.3	612.2

A – autumn vegetation period (Sept - Nov)

W – winter rest (Dec - Feb)

M/S – mean/sum (from sowing to harvest)

comparison with the long-term period was recorded in May in the growing periods 2012/2013 and 2013/2014 and in June 2012/2013, and the lowest occurred at the time of wheat sowing and emergence in 2011. The growing season of 2011/2012 was characterized by the smallest amount of rainfall

(453.3 mm), different from the long-term total by 26.0%. Particularly little rainfall (41.1 mm) occurred during the autumn growth. The total precipitation in the last two years of the study was higher by 21.1 and by 17.3%, respectively, than the long-term total, whereas little rainfall (56.1 mm) occurred in the third year of the study during the winter rest of wheat.

Statistical analyses

The results were elaborated statistically with the analysis of variance (ANOVA), whereas the significance of differences between mean values was evaluated with the Tukey's HSD test, $P \leq 0.05$. The computations were done using the Statistica 9.0 programme (StatSoft, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Fertilization is the main yield-forming factor, and one of the key indicators of agricultural production intensity and efficiency. The yield of cereals is determined by their nutritional status at the early stages of growth. The optimum nutrient supply during the critical growth stages enables crops to reach their full yield potential. Rational fertilization of winter wheat is determined by the amounts of primary nutrients supplied, and their relative proportions (NOGALSKA et al. 2012).

The applied nitrogen topdressing resulted in a significant increase in the number of spikes per 1 m² in comparison with the control treatment. The highest number of spikes was obtained after the application of 100 kg N ha⁻¹. On average, the number of spikes in the conducted experiment prior to the harvest was 465.0 pcs m⁻² (Table 5). PODOLSKA (2008) and ELLMANN (2011) also indicated that nitrogen fertilization increases the number of spikes per 1 m². The actual increase was dependent on the years of the study.

The number of grains per spike significantly increased after the application of 100 and 150 kg N ha⁻¹ as compared with the control. The average difference was, respectively, 2.5 and 2.0 pieces (Table 5). ELLMANN (2011) did not confirm the effect of topdressing with nitrogen on the number of grains per spike. KHAN et al. (2009), however, indicated an increase in the number of grains per spike, but after foliar fertilization with urea.

The significant increase in the thousand grain weight was effected by the highest applied topdressing nitrogen doses. The difference in comparison with the control was 6.6 g (Table 5). KOCHURKO (2009) usually obtained the highest 1000 grain weight under the influence of the fertilization variant N₆₀₊₃₀₊₃₀. He noted the least plump grains in the control treatment. PODOLSKA (2008) and ELLMANN (2011), in turn, did not confirm any significant effect of topdressing with nitrogen on the TGW of wheat.

The grain yield, on average, reached 6.77 t ha⁻¹. The applied topdressing

Table 5

Yield components and yield of hybrid wheat

Details	Nitrogen amount (A) (kg N ha ⁻¹)	Foliar fertilization (B)		Mean for A
		Plonvit Z	control	
Number of ears (pcs. m ⁻²)	0	452.0	452.0	452.0
	50	469.5	468.0	468.8
	100	471.0	470.0	470.5
	150	469.0	468.5	468.8
	mean for B	465.4	464.6	465.0
	LSD _{0.05} for A – 15.92, for B – n.s., for AxB – n.s.			
Number of grains per ear (pcs.)	0	34.2	33.3	33.8
	50	34.8	34.2	34.5
	100	36.6	35.9	36.3
	150	35.9	35.6	35.8
	mean for B	35.4	34.8	35.1
	LSD _{0.05} for A – 1.89, for B – n.s., for AxB – n.s.			
Thousand grain weight (g)	0	38.2	37.2	37.7
	50	42.3	40.3	41.3
	100	44.3	42.1	43.2
	150	45.0	43.5	44.3
	mean for B	42.5	40.8	41.6
	LSD _{0.05} for A – 5.99, for B – 1.53, for AxB – n.s.			
Grain yield (t ha ⁻¹)	0	5.85	5.51	5.68
	50	6.96	6.47	6.72
	100	7.48	6.87	7.18
	150	7.68	7.34	7.51
	mean for B	6.99	6.55	6.77
	LSD _{0.05} for A – 0.98, for B – 0.39, for AxB – n.s.			

n.s. – non-significant differences

nitrogen doses resulted in a significant increase in yield as compared with the control. The highest increase in yield was mostly effected by the top-dressing dose of 150 kg N ha⁻¹ (Table 5). PODOLSKA (2008) indicated that wheat grain yield is determined by a nitrogen dose and often by a method of its application. In their pot experiments, PODOLSKA and WYZIŃSKA (2011) also proved that an increase in nitrogen doses had a positive effect on wheat yield, which was the result of increasing the number of spikes per pot, the number of grain per plant and, to a lesser extent, the thousand grain weight.

The applied foliar fertilization resulted in an increase in TGW and the grain yield (Table 5). The increase in grain yield in comparison with the control was 0.44 t ha⁻¹. In the earlier studies (SOYLU et al. 2005, ZEIDAN et al. 2010, NJUGUNA et al. 2011, KOSTADINOVA et al. 2015), it was also confirmed that foliar fertilizers usually had a favourable effect on winter wheat yielding. The actual increase in grain yield depends on a cultivar, applied fertiliz-

er and site-specific conditions. KHAN et al. (2009) observed that TGW and grain yield increased under the influence of foliar application of urea. However, they noticed that high concentrations of urea might have a phytotoxic effect on plants.

Higher topdressing nitrogen doses, i.e.: 100 and 150 kg ha⁻¹, increased the total protein content in grain as compared with the control. Foliar application, in turn, effected a significant increase in the content of ash in grain (Table 6). WEBER et al. (2008) report that nitrogen fertilizers cause a significant increase in the total protein content in winter wheat grain.

Table 6

Content of the components in the seeds of hybrid wheat (% D.M.)

Component	Nitrogen amount (A) (kg N ha ⁻¹)	Foliar fertilization (B)		Mean for A
		Plonvit Z	control	
Total protein	0	13.5	13.2	13.4
	50	14.4	14.1	14.3
	100	14.8	14.5	14.7
	150	15.0	14.7	14.9
	mean for B	14.4	14.1	14.3
	LSD _{0.05} for A – 1.22, for B – n.s., for AxB – n.s.			
Crude fat	0	1.92	1.91	1.92
	50	1.91	1.91	1.91
	100	1.86	1.90	1.88
	150	1.86	1.92	1.89
	mean for B	1.89	1.91	1.90
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – n.s., for AxB – n.s.,			
Ash	0	1.66	1.64	1.65
	50	1.75	1.65	1.70
	100	1.74	1.63	1.69
	150	1.72	1.62	1.67
	mean for B	1.72	1.64	1.68
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – 0.07, for AxB – n.s.			
Fiber	0	1.43	1.43	1.43
	50	1.40	1.45	1.43
	100	1.39	1.42	1.41
	150	1.39	1.46	1.43
	mean for B	1.40	1.44	1.42
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – n.s., for AxB – n.s.			

n.s. – non-significant differences

EHLERT et al. (2004) did not prove any significant effect of different nitrogen doses on some quality parameters of wheat grain. NJUGUNA et al. (2011) proved that an increase in the protein content in grain was determined only by the increased foliar application of urea. ZEIDAN et al. (2010) confirmed the

effect of foliar application of microelements on the rise in the total protein content in wheat grain.

The content of macroelements in wheat grain was differentiated depending on nitrogen fertilization (Table 7). Increasing doses of nitrogen had a

Table 7

Content of macroelements in the seeds of hybrid wheat (g kg⁻¹)

Component	Nitrogen amount (A) kg N ha ⁻¹	Foliar fertilization (B)		Mean for A
		Plonvit Z	control	
P	0	3.85	3.81	3.83
	50	3.82	3.85	3.84
	100	3.86	3.87	3.87
	150	4.02	3.95	3.99
	mean for B	3.89	3.87	3.88
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – n.s., for AxB – n.s.			
K	0	3.48	3.50	3.49
	50	3.47	3.46	3.47
	100	3.45	3.52	3.49
	150	3.68	3.65	3.67
	mean for B	3.52	3.53	3.53
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – n.s., for AxB – n.s.			
Mg	0	0.76	0.70	0.73
	50	0.77	0.72	0.75
	100	0.85	0.77	0.81
	150	0.86	0.80	0.83
	mean for B	0.81	0.75	0.78
	LSD _{0.05} for A – 0.09., for B – 0.05, for AxB – n.s.			
Ca	0	0.24	0.25	0.25
	50	0.26	0.28	0.27
	100	0.33	0.33	0.33
	150	0.36	0.39	0.38
	mean for B	0.30	0.31	0.31
	LSD _{0.05} for A – 0.12, for B – n.s., for AxB – n.s.			

n.s. – non-significant difference

unidirectional effect on the content of magnesium and calcium in grain. Nitrogen fertilization at 150 kg ha⁻¹ contributed to a significantly higher concentration in grain of magnesium (0.83 g kg⁻¹) and calcium (0.38 g kg⁻¹) as compared with the control. Similar relationships for magnesium in grain were observed by CHWIL (2000) in wheat and by WOJTKOWIAK (2014) in triticale.

A tendency towards an increasing phosphorus content in wheat grain under the influence of a higher nitrogen dose was demonstrated, whereas the content of potassium both in the control treatments and in the ones fertilized

with nitrogen was similar (Table 7). BRZOZOWSKA (2008) reports that varied fertilization with nitrogen did not have any effect on the content of magnesium, calcium and potassium in wheat grain, although, same as in the present study, the highest content of potassium (4.19 g kg^{-1}) was obtained after applying nitrogen three times.

An average content of phosphorus (3.88 g kg^{-1}) and potassium (3.53 g kg^{-1}) in the grain of the analyzed hybrid wheat cultivar was similar to the amounts of these elements determined in spring wheat grain by WOŹNIAK and MAKARSKI (2013). In the study by RACHOŃ et al. (2012), higher concentrations of these macroelements were found in the grain of *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* (4.60 g kg^{-1} for P and 5.00 g kg^{-1} for K) and *Triticum durum* (4.73 g kg^{-1} for P and 5.23 g kg^{-1} for K). The grain of the hybrid wheat showed a lower content of calcium (0.31 g kg^{-1}) and, particularly, magnesium (0.78 g kg^{-1}) compared to the results obtained by SUCHOWILSKA et al. (2012) and RACHOŃ et al. (2012). Foliar application caused a significant increase in the magnesium content in the grain wheat in the treatments with nitrogen application at the doses of 100 and 150 kg N ha^{-1} . Foliar fertilizer did not increase the concentration of the other macroelements (K, P, Ca). Likewise, in the study by CHWIL (2014), foliar application of the fertilizers Insol PK and Ekosol U caused a significant increase in the amount of magnesium, but also of calcium, in wheat grain.

The differentiated nitrogen doses had an effect on the content of some microelements in wheat grain. Along with an increase in nitrogen doses applied as topdressing on wheat plants, the amounts of zinc and manganese in wheat grain significantly increased and were higher by 11.3 and 28.6%, respectively, in the treatment with the dose of 150 kg N ha^{-1} than in the control (Table 8). In the study by SHI et al. (2010), fertilization with nitrogen in a dose of 300 kg N ha^{-1} caused an increase in the content of iron, copper and zinc in wheat grain compared to grain from the control treatments, but it did not affect the accumulation of manganese. In the present study, nitrogen did not tend to differentiate the content of copper significantly, while causing directional changes in amounts of iron, although the differences were not confirmed statistically. MORGOUNOV et al. (2007) points out the positive relationship between Fe and Zn and the protein content in wheat grain.

In the present study the foliar application of the fertilizer Plonvit Z caused a significant increase relative to the control in the content of manganese and zinc in wheat grain. No such relationship was proven for iron and copper concentrations. An interaction of the experimental factors (AxB) was demonstrated with respect to the content of manganese and zinc in wheat grain in the treatment with the dose of 150 kg N ha^{-1} (Table 8). According to CAKMAK et al. (2010) and ZHANG et al. (2010), the knowledge of different forms of foliar fertilizers and the time of their use together with topdressing nitrogen fertilization is of the utmost importance for increasing the concentrations of Zn and Cu in wheat grain.

Table 8

Content of microelements in the seeds of hybrid wheat (mg kg⁻¹)

Component	Nitrogen amount (A) (kg N ha ⁻¹)	Foliar fertilization (B)		Mean for A
		Plonvit Z	control	
Fe	0	42.6	42.4	42.5
	50	43.2	44.6	43.9
	100	43.0	42.9	43.0
	150	44.9	44.6	44.8
	mean for B	43.4	43.6	43.5
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – n.s., for AxB – n.s.			
Cu	0	2.36	2.37	2.37
	50	2.26	2.24	2.25
	100	2.29	2.31	2.30
	150	2.42	2.41	2.42
	mean for B	2.33	2.33	2.33
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – n.s., for AxB – n.s.			
Mn	0	28.6	28.1	28.3
	50	30.2	30.2	30.2
	100	32.3	31.9	32.1
	150	37.5	35.2	36.4
	mean for B	32.2	31.4	31.8
	LSD _{0.05} for A – 3.64, for B – 0.74, for AxB – 8.40			
Zn	0	32.6	32.5	32.6
	50	33.9	32.6	33.3
	100	35.8	33.9	34.9
	150	36.9	35.6	36.3
	mean for B	34.8	33.7	34.2
	LSD _{0.05} for A – 2.13, for B – 0.95, for AxB – 3.82			

n.s. – non-significant differences

Irrespective of the form and doses of nitrogen fertilization, the highest level of available microelements in the hybrid wheat grain was found for iron, and the lowest value was detected for copper (Fe > Zn > Mn > Cu). The content of iron, zinc and manganese in the grain of cv. Hybred was higher than the values determined by KOCOŃ (2009) and by STEPIEŃ and WOJTKOWIAK (2015) in the grain of spring and winter wheat cultivars. Nonetheless, the average amount of copper (2.33 mg kg⁻¹) was considerably lower in comparison with the range (6.62-9.17 mg kg⁻¹) observed by FICCO et al. (2009), and similar to the content of this element (3.50 mg kg⁻¹) in the study by SUCHOWILSKA et al. (2012). It should also be noted that the content of nutrients in wheat grain largely depends on the course of the weather conditions, as well as the interaction of the environment with the wheat genotype (MORGOUNOV et al. 2007, FICCO et al. 2009).

CONCLUSIONS

1. Nitrogen fertilization significantly increased the grain yield and the number of spikes per 1 m² as compared with the control. Higher nitrogen doses, 100 and 150 kg ha⁻¹, increased the number of grains per spike and the content of total protein, manganese and zinc in grain. The highest nitrogen dose, 150 kg ha⁻¹, additionally increased the thousand grain weight and the content of magnesium and calcium in grain.

2. Foliar fertilization resulted in a significant increase in TGW, grain yield and the content of ash, magnesium, manganese and zinc in grain as compared with the control.

3. Topdressing nitrogen fertilization combined with foliar fertilization significantly increased the concentration of manganese and zinc in grain in the treatment with the dose of 150 kg N ha⁻¹.

REFERENCES

- BLANKENAU K., OLFS H. W., KUHLMANN H. 2002. *Strategies to improve the use efficiency of mineral fertilizer nitrogen applied to winter wheat*. J. Agron. Crop Sci., 188(3): 146-154. DOI: 10.1046/j.1439-037X.2002.00548.x
- BRZOZOWSKA I. 2008. *Macroelement content in winter wheat grain as affected by cultivation and nitrogen application methods*. Acta Agrophys., 11(1): 23-32.
- CAKMAK I., PFEIFFER W.H., MCCLAFFERTY B. 2010. *Biofortification of durum wheat with zinc and iron*. Cereal Chem., 87(1): 10-20. DOI: 10.1094/CCHEM-87-1-0010
- CHWIL S. 2000. *Influence of mineral fertilization intensity on winter wheat yield and magnesium content in soil and plant*. Biul. Magnezol., 5(4): 278-283. (in Polish)
- CHWIL S. 2014. *Effects of foliar feeding under different soil fertilization conditions on the yield structure and quality of winter wheat (Triticum aestivum L.)*. Acta Agrobot., 67(4): 135-144. DOI: 10.5586/aa.2014.059
- EHLERT D., SCHMERLER J., VOELKER U. 2004. *Variable rate nitrogen fertilization of winter wheat based on a crop density sensor*. Precision Agric., 5: 263-273.
- ELLMANN T. 2011. *Effect of plant protection, nitrogen fertilization and date of harvest on yield of winter wheat*. Fragm. Agron., 28(2): 15-25. (in Polish) [www.up.poznan.pl/pta/pdf/2011/FA%2028\(2\)%202011%20Ellmann.pdf](http://www.up.poznan.pl/pta/pdf/2011/FA%2028(2)%202011%20Ellmann.pdf)
- FAGERIA N. K., BARBOSA FILHO M. P., MOREIRA A., GUIMARAES C. M. 2009. *Foliar fertilization of crop plants*. J. Plant Nutr., 32(6): 1044-1064. DOI: 10.1080/01904160902872826
- FICCO D.B.M., RIEFOLO C., NICASTRO G., DE SIMONE V., DI GESU A.M., BELEGGIA R., PLATANI C., CATTIVELLI L., DE VITA P. 2009. *Phytate and mineral elements concentration in a collection of Italian durum wheat cultivars*. Field Crop Res., 111(3): 235-242. DOI: 10.1016/j.fcr.2008.12.010
- KHAN P., MEMON, M.Y., IMTIAZ M., ASLAM M. 2009. *Response of wheat to foliar and soil application of urea at different growth stages*. Pak. J. Bot., 41(3): 1197-1204. [www.pakbs.org/pjbot/PDFs/41\(3\)/PJB41\(3\)1197.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/41(3)/PJB41(3)1197.pdf)
- KOCHURKO V.I. 2009. *The role of nitrogen fertilizers in shaping quantity of the yield of winter wheat*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 538: 119-127. (in Polish)
- KOCOŃ A. 2005. *Fertilization of quality spring and winter wheat and its impact on yield and grain quality*. Pam. Puł., 139: 55-64. sybilla.iung.pulawy.pl/wydawnictwa/Pliki/pdfy/139/Z139_5

- KOCOŃ A. 2009. *Effect of foliar nutrition of wheat and oilseed rape with mixed micronutrient fertilizers on the yield volume and quality*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 541: 239-244. www.zeszytyproblemowe.pan.pl/images/stories/Zeszyty/2009/541/cz1/28-541.pdf
- KOSTADINOVA S., KALINOVA ST., A. HRISTOSKOV A., SAMODOVA A. 2015. *Efficiency of some foliar fertilizers in winter wheat*. Bulg. J. Agric. Sci., 21(4): 742-746. www.agrojournal.org/21/04-06.pdf
- MORGOUNOV A., GOMEZ-BECERRA H.F., ABUGALIEVA A., DZHUNUSOVA M., YESSIMBEKOVA M., MUMINJANOV H., ZELENSKIY Y., OZTURK L., CAKMAK I. 2007. *Iron and zinc grain density in common wheat grown in central Asia*. Euphytica, 155: 193-203. DOI: 10.1007/s10681-006-9321-2
- MÜHLEISEN J., PIEPHO H.P., MAURER H.P., LONGIN C.F.H., REIF J.C. 2014. *Yield stability of hybrids versus lines in wheat, barley and triticale*. Theor. Appl. Genet., 127: 309-316. DOI: 10.1007/s00122-013-2219-1
- NJUGUNA M.N., MACHARIA M., AKUJA T.E., WAWERU J.K., KAMWAGA, J.N. 2011. *Effect of foliar fertilization on wheat *Triticum aestivum* (L.) in marginal areas of Eastern Province, Kenya*. J. Anim. Plant Sci., 9(2): 1161-1182. www.m.elewa.org/JAPS/2011/9.2/4.pdf
- NOGALSKA A., SIENKIEWICZ S., CZAPLA J., SKWIERAWSKA M. 2012. *The effect of multi-component fertilizers on the yield and mineral composition of winter wheat and macronutrient uptake*. J. Elem., 17(4): 629-638. DOI: 10.5601/jelem.2012.17.4.06
- PLESSIS A., RAVEL C., BORDES J., BALFOURIER F., MARTRE P. 2013. *Association study of wheat grain protein composition reveals that gliadin and glutenin composition are trans-regulated by different chromosome regions*. J. Exp. Bot., 64(12): 3627-3644. DOI: 10.1093/jxb/ert188
- PODOLSKA G. 2008. *Effect of nitrogen fertilization doses and the way of its application on yield and technological quality of winter wheat cultivars grain*. Acta Sci. Pol., Agric., 7(1): 57-65. (in Polish)
- PODOLSKA G., WYŻIŃSKA M. 2011. *The response of winter wheat cultivars to nitrogen fertilization in pot experiments*. Pol. J. Agron., 5: 43-48. www.iung.pulawy.pl/PJA/wydane/5/PJA57Podolska.pdf
- RACHOŃ L., PALYS E., SZUMIŁO G. 2012. *Comparison of the chemical composition of spring durum wheat grain (*Triticum durum*) and common wheat grain (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*)*. J. Elem., 17(1): 105-114. DOI: 10.5601/jelem.2012.17.1.10
- RAHMAN I. UR., AFZAL A., IQBAL Z., MANAN S. 2014. *Foliar application of plant mineral nutrients on wheat: A review*. Res. Rev. J. Agric. Allied Sci., 3(2): 19-22.
- SHI R., ZHANG Y., CHEN X., SUN Q., ZHANG F., RÖMHELD V., ZOU CH. 2010. *Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)*. J. Cereal Sci., 51(1): 165-170. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.11.008
- SOYLU S., SADE B., TOPAL A., AKGUN N., GEZGIN S., HAKKI E.E., BABAOGLU M. 2005. *Responses of irrigated durum and bread wheat cultivars to boron application in low boron calcareous soil*. Turk. J. Agric., 29: 275-286.
- STĘPIEŃ A., WOJTKOWIAK K. 2015. *Effect of meat and bone meal on the content of microelements in the soil and wheat grains and oilseed rape seeds*. J. Elem., 20(4): 999-1010. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.1.811
- SUCHOWILSKA E., WIWART M., KANDLER M., KRSKA R. 2012. *A comparison of macro- and microelement concentrations in the whole grain of four *Triticum* species*. Plant Soil Environ., 58(3): 141-147. www.agriculturejournals.cz/publicFiles/61476.pdf
- WEBER E.A., KOLLER W.D., GRAEFF S., HERMANN W., MERKT N., CLAUPEIN W. 2008. *Impact of different nitrogen fertilizers and an additional sulfur supply on grain yield, quality, and the potential of acrylamide formation in winter wheat*. J. Plant Nutr. Soil Sci., 171(4): 643-655. DOI: 10.1002/jpln.200700229
- WHITFORD R., FLEURY D., REIF J.C., GARCIA M., OKADA T., KORZUN V., LANGRIDGE P. 2013. *Hybrid breeding in wheat: technologies to improve hybrid wheat seed production*. J. Exp. Bot., 64(18): 5411-5428. DOI: 10.1093/jxb/ert333

- WOJTKOWIAK K. 2014. *Systems of nitrogen fertilizing on quality of grain of spring triticale Milewo variety. Part II. Yield and content of nutrients*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 576: 217-226. www.zppnr.sggw.pl/576.pdf
- WOŹNIAK A., MAKARSKI B. 2013. *Content of minerals, total protein and wet gluten in grain of spring wheat depending on cropping systems*. J. Elem., 18(2): 297-305. DOI: 10.5601/jelem.2013.18.2.09
- WRB 2014. World reference base for soil resources 2014. *International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports, 106. FAO, Rome, www.fao.org/3/a-i3794e.pdf
- ZEIDAN M.S., MOHAMED M.F., HAMOUDA H.A. 2010. *Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on wheat yield and quality in low sandy soils fertility*. World J. Agric. Sci., 6(6): 696-699. [www.idosi.org/wjas/wjas6\(6\)/11.pdf](http://www.idosi.org/wjas/wjas6(6)/11.pdf)
- ZHANG Y., SONG Q., JAN Y., TANG J., ZHAO R., ZHANG Y., HE Z., ZOU C., ORTIZ-MONASTERIO I. 2010. *Mineral element concentrations in grains of Chinese wheat cultivars*. Euphytica, 174: 303-313. DOI 10.1007/s10681-009-0082-6
- ZHAO Y., ZENG J., FERNANDO R., REIF J.C. 2013. *Genomic prediction of hybrid wheat performance*. Crop Sci., 53(3): 802-810. DOI: 10.2135/cropsci2012.08.0463

Response of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) to bacterial soil inoculants and foliar fertilization

W. Jarecki, J. Buczek, D. Bobrecka-Jamro

Department of Plant Production, University of Rzeszow, Rzeszow, Poland

ABSTRACT

Soybean yields can be considerably improved by inoculation with selected *Bradyrhizobium japonicum* strains and foliar fertilization. An exact field experiment was carried out in 2012–2014 at the Experimental Station of Cultivar Assessment in Przecław, Poland. The test plant was soybean cv. Aldana. The experimental factors were: bacterial inoculant Nitragina (*Bradyrhizobium japonicum*); foliar fertilization with Mikrokomplex; combined applications Nitragina + Mikrokomplex and the control treatment. Significant effect of Nitragina on an increase in the number of plants prior to harvest, plant height and the number of pods per plant was indicated. Fertilization with Mikrokomplex caused an increase in the number of pods per plant and thousand seed weight. Nitragina + Mikrokomplex increased the number of plants prior to harvest, plant height, the number of pods per plant and thousand seed weight. Seed yield was significantly higher in all the treatments compared to the control (2.31 t/ha). Higher soil plant analysis development values were found after the application of Nitragina + Mikrokomplex, and in the stage of pod development, also after foliar fertilization with Mikrokomplex. Application of Nitragina and Nitragina + Mikrokomplex resulted in an increase in leaf area index and mean tip angle and total protein in seeds. Fe content in seeds was the lowest in the control (69.2 mg/kg) and significantly higher in the other treatments (Nitragina, Nitragina + Mikrokomplex), and Mg content significantly increased after the application of Mikrokomplex and Nitragina + Mikrokomplex.

Keywords: legumes; nutrients; chlorophyll; canopy; chemical composition of seeds

Legumes are important crops for food or feed worldwide (Sato et al. 2012, Vollmann et al. 2015). In the system of sustainable agriculture, studies on the increase in the amount of nitrogen symbiotically fixed by legumes are of particular importance. Thanks to the symbiosis with nodule bacteria fixing atmospheric nitrogen from the air these plants are not fertilized with nitrogen or with a starting rate only (Lošák 2007, Chianu et al. 2011, Portes et al. 2012). In soils where appropriate symbiotic bacteria do not occur at all or are very few, it is recommended to inoculate soybean sowing seeds with a suitable strain of the bacterium *Bradyrhizobium japonicum* (Abbasi et al. 2008, Afzal et al. 2010). The effect of seed inoculation with nodule bacteria is dependent on many factors, including the environmental conditions, cultivars or the applied bacterial strain (Pan et al. 2002, Rodríguez-Navarro et al. 2011).

In soybean cultivation, it is also recommended to use the starting rate of nitrogen (Fecák et al. 2010), which has a favourable effect on seed yield. Also other macro- and microelements, which can be applied in the form of soil fertilization or foliar fertilization (Freeborn et al. 2001, Seidel et al. 2015), play an important role in plant nutrition (Afzal et al. 2010, Fecák et al. 2010). The previous studies have indicated that foliar fertilization of soybean is justified and the effects of the fertilizer application depend on many factors, including cultivation technology and the weather conditions during the growth period (Odeleye et al. 2007, Kobraee and Shamsi 2013). The aim of this study was to estimate the response of soybean to inoculation of seeds with Nitragina, foliar fertilization with Mikrokomplex and combined applications of Nitragina + Mikrokomplex. In the research hypothesis it was assumed that inoculation of

Table 1. Total monthly precipitation (mm)

Year	April	May	June	July	August	September	Total
2012	21.7	66.7	66.9	65.6	61.8	55.0	337.7
2013	39.4	111.7	192.4	58.3	21.2	68.6	491.6
2014	34.8	108.9	71.7	146.8	101.8	49.7	513.7
1956–2011	48.1	39.2	79.3	101.6	71.3	54.7	394.2

seeds with bacteria *Bradyrhizobium japonicum* and foliar fertilization of plants would cause a positive change in tested quantitative and qualitative characteristics of soya. It was assumed that soil plant analysis development (SPAD) measurements would be useful for assessment of the state of plant nourishment during their growth. The results of leaf area index (LAI) and mean tip angle (MTA) measurements, in turn, would allow noticing changes in the canopy architecture determining the seed yield.

MATERIAL AND METHODS

Field experiment. An exact field experiment was carried out over 2012–2014. It was located at the Experimental Station of Cultivar Assessment in Przecław (50°11'N, 21°29'E), south-eastern Poland, in soil originated from clay loam, classified as Gleyic Fluvisol (FAO 2006). These soils are commonly used to grow soybean in this region of Poland. The experiment was established in four replications in complete randomized block design. The experiment comprised the following treatments: bacterial inoculant Nitragina (N); foliar fertilization with Mikrokomplex (M); bacterial inoculant Nitragina plus foliar fertilization with Mikrokomplex (N + M); control treatment (C). The weather conditions were recorded at the Experimental Station of Cultivar Assessment in Przecław. The lowest total precipitation from April

to September occurred in 2012. High rainfalls were recorded in May and June 2013 and in May, July and August 2014. They considerably exceeded the long-term average (Table 1). Higher air temperatures during the plant growth were recorded in 2012, and the lowest in 2014 (Table 2). Analysis of soil samples was performed at the Chemical and Agricultural Station in Rzeszów, according to the Polish Standards (accredited laboratory). Soil samples were collected by a sampling stick to a depth of 0–30 cm and 30–60 cm. The soil showed neutral reaction. C_{org} content was moderate and N_{min} was low. Soil abundance in Mg was high, in P and K was medium or high, and in S was low. The content of microelements were medium or high, except for B, which was low (Table 3). Cultivation practices were performed according to the methods of the Research Centre for Cultivar Testing (COBORU), Poland. The breeder of soybean cv. Aldana was the Institute of Plant Breeding and Acclimatization (IHAR), Radzików, Poland. The bacterial inoculant Nitragina (Biofood s.c. Wałcz) and the foliar fertilizer Mikrokomplex (Intermag sp. z.o.o.) were produced in Poland. Nitragina contained the bacterium *Bradyrhizobium japonicum*. The chemical composition of Mikrokomplex was as follows (% m/m): Mg – 9.6; S – 12.8; B – 0.05; Cu – 0.3; Mn – 0.35; Mo – 0.01; Zn – 0.2. Soybean seeds were dressed with the dressing Vitavax 200 FS (fungicide), and Nitragina was applied on the day of sowing. Nitragina was dissolved in water and then mixed with seeds. For starting fertilization

Table 2. Mean monthly air temperature (°C)

Year	April	May	June	July	August	September	Mean
2012	9.89	14.72	18.24	20.87	18.75	14.29	16.13
2013	8.84	15.00	18.52	19.36	18.59	11.43	15.29
2014	8.80	13.30	15.10	19.30	17.70	13.37	14.60
1956–2011	8.80	14.20	17.50	19.40	18.10	13.30	15.22

doi: 10.17221/292/2016-PSE

Table 3. Physicochemical soil properties

	2012	2013	2014
Specification			
Soil reaction (1 mol/L KCl)	7.20	7.12	7.02
C _{org} (%)	1.03	0.99	0.99
N _{min} 0–0.6 m (kg/ha)	63.2	66.8	58.4
Content of available nutrients in soil (mg/kg)			
P	85	55	72
K	149	108	168
Mg	81	77	72
SO ₄ ²⁻ -S	4.8	5.3	5.1
Fe	2504	3105	3340
Mn	463	344	474
Zn	17.7	16.9	20.7
B	2.1	1.9	2.0
Cu	7.2	8.1	7.4

with nitrogen, ammonium nitrate 34% was used, at a rate of 30 N kg/ha. Phosphorus and potassium fertilizers were applied in the amount of 30 P kg/ha and 100 K kg/ha. The plot area was 16.5 m². The previous crop for soybean was winter wheat. The seeding rate amounted to 90 seeds per m², row spacing 21.4 cm, and sowing depth 3–4 cm. Sowing was performed within the first ten days of May. Weeds were controlled mechanically. Foliar fertilization with Mikrokomples at a dose of 5.0 L/ha each, was performed three times at stages: leaf and shoot development (13 BBCH), end of budding (59 BBCH) and beginning of pod development (71 BBCH).

Measurements LAI and MTA were made with the apparatus LAI 2000 (LI-COR, Lincoln, USA). Measurements SPAD were made with the apparatus SPAD-502 P Konica Minolta (Tokyo, Japan). Chlorophyll meter is a hand-held tool that objectively indicates leaf colour. SPAD measurements were made on 30 soybean leaves, at the stages of beginning of flowering (61 BBCH) and pod development (72 BBCH). At technical maturity stage, 20 plants were collected from each plot for biometric measurements and yield structure components. Plant height (cm) was measured from the root crown to the top of the shoot. Prior to harvest, the plant density per 1 m² was counted.

Seed yield from the plots per 1 ha was calculated, taking into consideration 15% humidity.

Analytical methods. The seed chemical composition (total protein) was determined with the near infrared method using the apparatus Spectrometer FT NIR MPA (Bruker, Billerica, USA). Macroelements and microelements were determined at the Laboratory of the Faculty of Biology and Agriculture, the University of Rzeszow. The prepared weighed sample (0.3 g of ground soybean bean seeds) was placed in a Teflon dish for mineralization, and then 10 cm³ of nitric acid (HNO₃) and 2 cm³ 30% perhydrol were added. The samples were left for 10 min. At the same time a blind sample was prepared. Then the dishes were closed and placed in the microwave mineralizer Berghof Speedwave-Four (Eningen, Germany). After cooling, mineralized samples were transferred to measuring flasks of 25 cm³. Determinations of the contents of individual elements (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn) were performed using the flame absorption spectrophotometer Hitachi Z-2000 (Tokyo, Japan). For determination of Ca, Mg and K an addition of lanthanum was used (to a concentration of 0.1% in solution).

Statistical analyses. The obtained results were statistically evaluated by analysis of variance. Differences between mean values were evaluated by the Tukey's (*LSD*) test assuming significance at *P* = 0.05. The computations were done using the Statistica 8.0 programme (StatSoft, Tulsa, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Biometric measurements and yield components. The application of Nitragina and N + Mikrokomples resulted in a significant increase in plant density before harvest and plant height as compared with the control treatment (Table 4). De Luca and Hungría (2014) conclude that high density of soya plants does not result in an increase in seed yield.

Shahid et al. (2009) and Afzal et al. (2010) in a field experiment proved the effect of a bacterial inoculant and applied phosphorus on soybean plant height. In the study by Meschede et al. (2004) the use of foliar fertilizers (Bas-Citrus + Fetrilon) increased the plant height, but also lodging of soybean. The first pod was set on average at a height of 11.8 cm, and experimental factors did

Table 4. Plant density, selected morphological features and yield (2012–2014)

Factor	Number of plants before harvest (pcs./m ²)	Plant height (cm)	Height of first pod (cm)	Number of pods per plant	Number of seeds per pod	1000 seed weight (g)	Seed yield (t/ha)
Control	68 ^b	80.5 ^b	11.9 ^a	10.5 ^b	2.05 ^a	159.0 ^b	2.31 ^c
Bacterial inoculant Nitragina (N)	72 ^a	83.7 ^a	11.6 ^a	12.2 ^a	2.13 ^a	162.3 ^{ab}	3.01 ^a
Foliar fertilization with Mikrokomplex (M)	69 ^{ab}	80.9 ^{ab}	11.8 ^a	11.8 ^a	2.08 ^a	165.4 ^a	2.75 ^b
N + M	71 ^a	84.0 ^a	11.9 ^a	12.6 ^a	2.14 ^a	165.8 ^a	3.12 ^a

Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level of probability

not significantly modify this character. Meschede et al. (2004) also did not find a significant effect of foliar fertilization on the height of the first pod setting. A significant increase in the number of pods per plant was observed in the treatments with Nitragina, Mikrokomplex and N + M as compared with treatment C. Correlation between the number of pods per plant and the seed yield amounted to $r = 0.71$. Shahid et al. (2009) proved that inoculation of soybean seeds increases the number of pods per plant and the number of seeds per pod. Afzal et al. (2010) under the influence of a bacterial inoculant obtained an increase in the number of pods per plant only. In the study by Heidarian et al. (2011) foliar fertilization with Zn and Fe increased the number of pods per plant and thousand seed weight, which was dependent on the application time of foliar fertilizer. Kumar et al. (2013) after foliar fertilization obtained an increase in the number of pods per plant and the number of seeds per pod. Seidel et al. (2015) did not indicate a significant effect of foliar fertilizer (B + Ca) on the soybean yield structure components. Mikrokomplex and N + M caused a significant increase in the thou-

sand seed weight (by 6.4 g and 6.8 g) as compared with the control. Pan et al. (2002) and Afzal et al. (2010) did not show a significant effect of a bacterial inoculant, and Kobraee and Shamsi (2013) of foliar fertilization, on the thousand seed weight. Odeleye et al. (2007) obtained an increase in the thousand seed weight under the influence of foliar fertilization, but with macroelements.

Seed yield. Significant increase in seed yield was obtained after the application of Nitragina (3.01 t/ha) and N + M (3.12 t/ha) as compared with M and C treatments. Abbasi et al. (2008) proved that the use of a mixture of two symbiotic bacteria strains in soybean results in an increase in yield by 21.0% as compared with the control. By contrast, Pan et al. (2002) did not indicate the effect of the bacterial inoculant on soybean yield. Fertilization with Mikrokomplex caused a significant increase (by 19.0%) in soybean yield as compared with C treatment (Table 4). Meschede et al. (2004) confirmed an increase in soybean yield (by 20.0%) applying foliar Mo + Co. Heidarian et al. (2011) proved a significant effect of the foliar application of Zn + Fe on soybean yield, which was not confirmed by Freeborn et al. (2001).

Table 5. Measurements of soil plant analysis development (SPAD), leaf area index (LAI) and mean tip angle (MTA) indicator (2012–2014)

Factor	SPAD		LAI		MTA	
	I	II	I	II	I	II
Control	38.2 ^b	43.8 ^b	5.05 ^b	4.91 ^b	32.5 ^b	37.5 ^b
Bacterial inoculant Nitragina (N)	38.6 ^{ab}	43.9 ^b	5.32 ^a	4.98 ^a	35.3 ^a	38.1 ^a
Foliar fertilization with Mikrokomplex (M)	38.9 ^{ab}	44.5 ^a	5.08 ^b	4.91 ^b	32.8 ^b	37.6 ^b
N + M	40.1 ^a	44.7 ^a	5.33 ^a	5.02 ^a	35.2 ^a	38.3 ^a

I – 61 BBCH; II – 72 BBCH; Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level of probability

doi: 10.17221/292/2016-PSE

Table 6. Total protein content in dry matter of the soybean seeds (%; 2012–2014)

Factor	Total protein
Control	35.2 ^b
Bacterial inoculant Nitragina (N)	36.4 ^a
Foliar fertilization with Mikrokomplex (M)	35.1 ^b
N + M	36.3 ^a

Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level of probability

Measurements of indexes. The highest SPAD (40.1) values were obtained at the beginning of flowering in N + M treatment (Table 5). Also at pod development, the SPAD index was high in N + M and M treatments (44.7) (44.5). The results of SPAD measurement showed that the state of plant nourishment was determined by their comprehensive supply in macro- and microelements. Better nourished plants (higher SPAD) gave a higher yield, which was confirmed by strong correlation ($r = 0.83$). Therefore measurements of SPAD may be useful for predicting soya seed yield. Zhang et al. (2013) indicated differentiation of SPAD measurements depending on the developmental stage of soybean and nitrogen rate. Krivosudská and Filová (2013) suggest the practical application of SPAD measurements on soybean plants for evaluation of their response to site and cultivation factors. The LAI and MTA values both at the beginning of flowering and pod development were significantly higher in treatments with Nitragina (N and N + M) as compared with M and C treatments. These results indicate that proper supply of plants (first of all in nitrogen) increases the area of assimilation organs and affects more horizontal position of leaves. However, the results of the study did not

show a relationship between the measurements of LAI and MAT indices and the seed yield. Heidarian et al. (2011) recorded the highest LAI applying foliar Fe, whereas the other microelements differentiated LAI to a lesser extent.

Chemical composition of seeds. Protein content in the seeds was significantly higher in Nitragina (36.4% dry matter) and N + M (36.3% dry matter) treatments as compared with M treatment and control (Table 6). Using a bacterial inoculant, Shahid et al. (2009) and Afzal et al. (2010) obtained an increase in protein content, and Jarecki and Bobrecka-Jamro (2015) an increase in ash content, in soybean seeds. Vratarić et al. (2006) reported that foliar fertilization differentiates the chemical composition of soybean seeds, affecting an increase in the contents of protein and fat. Liu et al. (2005), using Mo + B applied to soil, achieved an increase in protein content, and after fertilization with Mo, B or Mo + B, a decrease in fat content in soybean seeds. The content of Fe in seeds increased in N and N + M treatments as compared with control, which was not observed for Mg in N treatment (Table 7). Jarecki and Bobrecka-Jamro (2015) using a bacterial inoculant combined with the starting nitrogen rate obtained an increase in Fe content and a decrease in Mn concentration in soybean seeds. Bellaloui et al. (2010) indicated that foliar application of B increased the content of this component in seeds.

In conclusion, Nitragina, Mikrokomplex and Nitragina + Mikrokomplex resulted in a significant increase in yield and a change in the chemical composition of seeds. SPAD reached the highest values after the application of Nitragina + Mikrokomplex, and at the stage of pod development, also after foliar fertilization with Mikrokomplex. Higher values of LAI and MTA were obtained after the application of the bacterial inoculant Nitragina and Nitragina + Mikrokomplex.

Table 7. Macroelement and microelement content (2012–2014)

Factor	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
	(g/kg DM)				(mg/kg DM)			
Control	5.7 ^a	18.3 ^a	1.4 ^a	1.9 ^b	69.2 ^b	14.9 ^a	20.1 ^a	33.5 ^a
Bacterial inoculant Nitragina (N)	5.9 ^a	18.2 ^a	1.5 ^a	2.0 ^{ab}	75.1 ^a	15.5 ^a	20.1 ^a	34.8 ^a
Foliar fertilization with Mikrokomplex (M)	5.7 ^a	18.4 ^a	1.6 ^a	2.1 ^a	74.2 ^{ab}	15.3 ^a	20.4 ^a	33.4 ^a
N + M	5.9 ^a	18.3 ^a	1.6 ^a	2.1 ^a	74.8 ^a	15.5 ^a	20.4 ^a	33.7 ^a

Values followed by the same letter are not significantly different at the 5% level of probability. DM – dry matter

REFERENCES

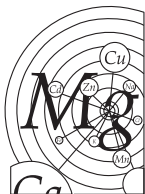
- Abbasi M.K., Majeed A., Sadiq A., Khan S.R. (2008): Application of *Bradyrhizobium japonicum* and phosphorus fertilization improved growth, yield and nodulation of soybean in the sub-humid hilly region of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *Plant Production Science*, 11: 368–376.
- Afzal A., Bano A., Fatima M. (2010): Higher soybean yield by inoculation with N-fixing and P-solubilizing bacteria. *Agronomy for Sustainable Development*, 30: 487–495.
- Bellaloui N., Reddy K.N., Gillen A.M., Abel C.A. (2010): Nitrogen metabolism and seed composition as influenced by foliar boron application in soybean. *Plant and Soil*, 336: 143–155.
- Chianu J.N., Nkonya E.M., Mairura F.S., Chianu J.N., Akinnifesi F.K. (2011): Biological nitrogen fixation and socioeconomic factors for legume production in sub-Saharan Africa: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31: 139–154.
- Fecák P., Šariková D., Černý I. (2010): Influence of tillage system and starting N fertilization on seed yield and quality of soybean *Glycine max* (L.) Merrill. *Plant, Soil and Environment*, 56: 105–110.
- Freeborn J.R., Holshouser D.L., Alley M.M., Powell N.L., Orcutt D.M. (2001): Soybean yield response to reproductive stage soil-applied nitrogen and foliar-applied boron. *Agronomy Journal*, 93: 1200–1209.
- Heidarian A.R., Kord H., Mostafavi K., Lak A.P., Mashhadi F.A. (2011): Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) at different growth stages. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*, 3: 189–197.
- Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. (2015): Effect of fertilization with nitrogen and seed inoculation with nitragina on seed quality of soya bean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura*, 14: 51–59.
- Kobraee S., Shamsi K. (2013): Impact of micronutrients foliar application on soybean yield and its components under water deficit condition. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 3: 39–45.
- Krivosudská E., Filová A. (2013): Evaluation of selected soybean genotypes (*Glycine max* L.) by physiological responses during water deficit. *Journal of Central European Agriculture*, 14: 691–706.
- Liu P., Yang Y.S., Xu G.D., Fang Y.H., Yang Y.A. (2005): The response of antioxidant enzymes of three soybean varieties to molybdenum and boron in soil with a connection to plant quality. *Plant, Soil and Environment*, 51: 351–359.
- Lošák T. (2007): Applications of mineral nitrogen increase the yield and content of crude protein in narrow-leaf lupin seeds. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science*, 57: 231–234.
- De Luca M.J., Hungria M. (2014): Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen fixation in soybean. *Scientia Agricola*, 71: 181–187.
- Meschede D.K., Braccini A.L., Braccini M.C.L., Scapim C.A., Schuab S.R.P. (2004): Yield, protein content in seeds and agronomic characteristics of soybean in response to foliar fertilization and seed treatment with molybdenum and cobalt. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 26: 139–145. (In Portuguese)
- Odeleye F., Odeleye O.M.O., Animashaun M.O. (2007): Effects of nutrient foliar spray on soybean growth and yield (*Glycine max* (L.) Merrill) in south west Nigeria. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 35: 22–32.
- Pan B., Vessey J.K., Smith D.L. (2002): Response of field-grown soybean to co-inoculation with the plant growth promoting rhizobacteria *Serratia proteamaculans* or *Serratia liquefaciens*, and *Bradyrhizobium japonicum* pre-incubated with genistein. *European Journal of Agronomy*, 17: 143–153.
- Portes T. de A., de Araújo B.R.B. (2012): Comparison of the allocation of phytomass in soybean and bean and its potential role in biological nitrogen fixation. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 34: 285–292.
- Rodríguez-Navarro D.N., Oliver I.M., Contreras M.A., Ruiz-Sainz J.E. (2011): Soybean interactions with soil microbes, agronomical and molecular aspects. *Agronomy for Sustainable Development*, 31: 173–190.
- Sato T., Zahlner V., Berghofer E., Lošák T., Vollmann J. (2012): Near-infrared reflectance calibrations for determining sucrose content in soybean breeding using artificial reference samples. *Plant Breeding*, 131: 531–534.
- Seidel E.P., Egewarth W.A., Piano J.T., Egewarth J. (2015): Effect of foliar application rates of calcium and boron on yield and yield attributes of soybean (*Glycine max*). *African Journal of Agricultural Research*, 10: 170–173.
- Shahid M.Q., Saleem M.F., Khan Z.H., Anjum S.A. (2009): Performance of soybean (*Glycine max* L.) under different phosphorus levels and inoculation. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 46: 1–5.
- Kumar C.V., Vaiyapuri K., Amanullah M.M., Gopalaswam G. (2013): Influence of foliar spray of nutrients on yield and economics of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Journal of Biological Sciences*, 13: 563–565.
- Vollmann J., Lošák T., Pachner M., Watanabe D., Musilová L., Hlušek J. (2015): Soybean cadmium concentration: Validation of a QTL affecting seed cadmium accumulation for improved food safety. *Euphytica*, 203: 177–184.
- Vratarić M., Sudarić A., Kovačević V., Duvnjak T., Krizmanić M., Mijić A. (2006): Response of soybean to foliar fertilization with magnesium sulfate (Epsom salt). *Cereal Research Communications*, 34: 709–712.
- Zhang X., Huang G., Bian X., Zhao Q. (2013): Effects of root interaction and nitrogen fertilization on the chlorophyll content, root activity, photosynthetic characteristics of intercropped soybean and microbial quantity in the rhizosphere. *Plant, Soil and Environment*, 59: 80–88.

Received on April 15, 2016

Accepted on July 8, 2016

Corresponding author:

Dr. Ing. Wacław Jarecki, University of Rzeszow, Department of Plant Production, Zelwerowicza 4, 35 601 Rzeszów, Poland; e-mail: wacław.jarecki@wp.pl



Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2016. *Effect of foliar fertilization on the chlorophyll content in leaves and the chemical composition of faba bean seeds (Vicia faba L. (Partim))*. J. Elem., 21(4): 1305-1313. DOI: 10.5601/jelem.2015.20.2.947

ORIGINAL PAPER

EFFECT OF FOLIAR FERTILIZATION ON THE CHLOROPHYLL CONTENT IN LEAVES AND THE CHEMICAL COMPOSITION OF FABA BEAN SEEDS (*VICIA FABA* L. (PARTIM))*

Wacław Jarecki, Jan Buczek, Dorota Bobrecka-Jamro

Department of Plant Production
University of Rzeszów

ABSTRACT

Foliar fertilization allows supplementation of nutrients during their highest demand by agricultural crops. During the growing period, the state of plant nutrition can be assessed based on the chlorophyll content in leaves, and such analyses can be made using the chlorophyll gauge. The measurement of the so-called leaf greenness index (SPAD) obtained in this way allows determination of the optimal fertilization doses in order to increase or improve the quality characteristics of the yield. A controlled field experiment was conducted at the Experimental Station of Cultivar Assessment in Przecław in 2011 - 2013. The aim of this study was to estimate the response of two faba bean morphotypes (Amulet and Granit) to foliar fertilization with a multi-component fertilizer (Basfoliar 6-12-6). The foliar fertilization was applied twice, i.e.: at the budding stage (BBCH 55) and after flowering (BBCH 69). Foliar fertilization did not significantly modify the chlorophyll content in leaves as compared with the control. Intervarietal differences in the SPAD index were not proven either. The mean measurement of the so-called leaf greenness measured at the first flat pod stage (BBCH 70) amounted to 40 SPAD units. Seeds of the cultivar Amulet contained significantly more total protein, ash and fibre but less raw fat than the seeds of the cultivar Granit. Foliar fertilization resulted in a significant increase in raw fat content in the seeds, but only in the cultivar Amulet. The foliar fertilizer increased the content of potassium (K) and zinc (Zn) in seeds. Seeds of the cultivar Amulet as compared with Granit contained significantly more magnesium (Mg), iron (Fe) and manganese (Mn) but less phosphorus (P).

Keywords: traditional cultivar, self-completing cultivar, SPAD index, macroelements, microelements.

dr inż. Wacław Jarecki, Department of Plant Production, University of Rzeszów, Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów, Poland, e-mail: wacław.jarecki@wp.pl

* The study was conducted as part of the own research project of the National Centre of Science, no. 030/B/P01/2011/40, N N310 003040.

INTRODUCTION

In Poland animal feeding is largely based on imported soybean meal. Since a considerable amount of this meal derives from genetically modified crops, action has been undertaken aiming at increasing the domestic production of legumes (JERZAK et al. 2012). Polish plant production has good cultivars of all legume species, and increasing their cultivation is possible in nearly all areas of the country. Also the production profitability of legumes has increased, thanks to subsidies introduced for their cultivation. Due to a considerable differentiation of legume morphotypes and unstable yields in years, it is necessary to conduct research over their agricultural requirements under different habitat conditions (PODLEŚNY 2005, PODLEŚNY, KSIEŻAK 2009, PRUSIŃSKI 2007*b*, *c*, CZERWIŃSKA-KAYZER, FLOREK 2012). Of the domestic legumes, faba bean is characterized by high yielding potential and a good nutrition value of seeds with a reduced content of non-nutritional substances. However, there is small interest in faba bean cultivation. This also refers to the scope of scientific research, which is reflected in the decreasing number of relevant scientific publications (KULIG, ZAJĄC 2007).

Many authors (ELSHEIKH et al. 1999, OSMAN et al. 2010, RUGHEIM, ABDELGANI 2012) point to a significant effect of proper cultivation technology, including fertilization, on the faba bean seeds quality. KOCOŃ (2003, 2010) and WOJCIESKA and KOCOŃ (1997) report that in faba bean cultivation it is possible to apply foliar fertilization with nitrogen during the growth period. From many studies (SHAABAN et al. 2006, ABOU EL-YAZIED, MADY 2012, JASIM et al. 2014, SALEM et al. 2014) it follows that legumes also show a positive response to foliar fertilization with microelements. Microelements have a positive effect on nutrients taken up by plants, they enhance physiological processes and determine the quantity and quality of yield. PRUSIŃSKI and BOROWSKA (2003), however, draw attention to failures in foliar application of microelements in legumes, since costs of such treatment do not always compensate the subsequent slight increase in the seed yield. SEMIDA et al. (2014) also report on a possibility of foliar application of other substances, e.g. α -tocopherol (α TOC), which affect plant metabolism and plays an essential role in smoothing biotic and abiotic stresses.

The leaves greenness index (SPAD) is used to diagnose the state of plant nutrition and to determine the fertilization requirements. Based on this measurement, one may assess the chlorophyll content in leaves, which consequently allows determination of proper doses of fertilizers (MACHUL 2001).

The aim of this study was to estimate the effect of foliar fertilization on the state of plant nutrition and the faba bean seed quality. In the working hypothesis it was assumed that the applied fertilizer would increase the chlorophyll content in leaves and differentiate the quality of faba bean seeds. The experiment was conducted within the framework of our own research project grant obtained from the National Centre of Science, no. 030/B/P01/2011/40, N N310 003040.

MATERIALS AND METHODS

A controlled field experiment was carried out at the Experimental Station of Varietal Assessment in Przecław (50°11' N, 21°29' E, altitude of 185 m ASL) in 2011 - 2013. The experimental factors were: foliar fertilization (Basfoliar 6-12-6) and the control, and two cultivars: Amulet (traditional, low-tannin) and Granit (self-completing, high-tannin). The seed material originated from the company Plant Breeding Strzelce, IHAR Group. The experiment was conducted in medium-rich soil of very good wheat complex. The soil showed slightly acid reaction. The abundance of assimilable phosphorus and potassium was moderate and that of magnesium was high or very high. The content of microelements was medium or high. The analysis of a soil sample was made at the Regional Chemical and Agricultural Station in Rzeszów.

Agricultural treatments were performed according to the guidelines for faba bean cultivation and in accordance with the COBORU methodology. Potassium and phosphorus fertilization was applied in the autumn, in the form of granulated triple superphosphate and potash salt at doses of 30.52 kg ha⁻¹ P and 99.6 kg ha⁻¹ K. Ammonium nitrate 34% was used for the initial fertilization with nitrogen. Foliar fertilization with the fertilizer Basfoliar 6-12-6 was performed at the budding stage (BBCH 55) and after flowering (BBCH 69); each dose amounting to 10 dm³ ha⁻¹. The amount of working fluid was 300 dm³ ha⁻¹. The chemical composition of the foliar fertilizer is presented in Table 1.

Table 1

Chemical composition of the fertilizer - Basfoliar 6-12-6

Nutrients	Content (% by volume)	Content (% by weight)	Content (g dm ³)
N	7.200	6.000	72.00
P	6.278	7.969	62.78
K	5.976	4.980	59.76
Mg	0.007	0.006	0.072
Mn	0.012	0.010	0.120
Cu	0.012	0.010	0.120
Fe	0.012	0.010	0.120
B	0.012	0.010	0.120
Zn	0.060	0.050	0.600
Mo	0.005	0.005	0.060

Linurex 500 SC was applied immediately after sowing to control weeds. The secondary weed infestation was eliminated manually. The preparation Rovral Aquaflo 500SC (1.5 kg ha⁻¹) was used twice to prevent faba bean diseases. Pests were controlled twice using Karate Zone 050EC (0.15 dm³ ha⁻¹) and once using the preparation Pirimor 500WG (0.3 kg ha⁻¹).

The weather conditions were changeable in the years of the study, which modified the course of plant growing and faba bean yielding. In March 2013, subzero mean monthly air temperature and intensive precipitation (including snow) were recorded, which delayed faba bean sowing until the 10th -20th April. In turn, in July 2011 and in May and June 2013, intensive rainfalls occurred. The warmest months throughout the study were August in 2011 and July in 2012 and 2013. The weather conditions data were derived from the records of the Experimental Station of Cultivar Assessment in Przecław.

Chlorophyll content in leaves was evaluated using the SPAD index on the scale from 0-99 (chlorophyll gauge SPAD 502P). Measurements were made on 30 top leaves in the phase of the first flat pod (BBCH 70) on each plot.

The basic chemical composition of the seeds (total protein, raw fat, ash and fibre) was determined using the apparatus Spektrometr FT, NIR MPA from Bruker. Macroelements and microelements were determined in the Laboratory of the Biological and Agricultural Faculty of the University of Rzeszów. Determinations of the contents of particular elements were performed using a flame absorption spectrophotometer Hitachi Z-2000 with the calibration curve method. For determination of Ca, Mg and K, an addition of lanthanum was applied (to a concentration of 0.1% in the solution).

Significance of differences between the values of analyzed parameters was evaluated with the Tukey's confidence half-intervals, at the significance level $\alpha = 0.05$. Calculations were made using the statistic software FR-ANALWAR-5.3.FR.

RESULTS AND DISCUSSION

The state of plant nutrition on the treatment with foliar fertilization was better as compared with the control. However, the obtained differences in SPAD units were not confirmed statistically (Figure 1). The SPAD index me-

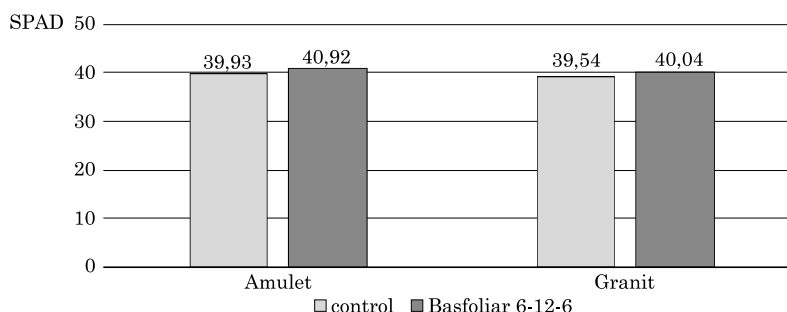


Fig.1. Influence of foliar fertilization on the SPAD index (non-significant differences)

asured at the first flat pod stage amounted on average to 40 units. PRUSIŃSKI et al. (2008) reported that different doses and forms of mineral nitrogen applied in faba bean cultivation did not significantly modify chlorophyll content in the leaves. In the experiment conducted by those authors, a measurement of SPAD index made at the end of plant flowering stage amounted to 45 units. According to PRUSIŃSKI (2007a), in faba bean the factor differentiating the chlorophyll content is primarily the plant developmental stage. KSIĘŻAK (2007) observes that the greatest accumulation of nitrogen in faba bean plants occurs from the end of flowering to the pod maturity. Additionally, he confirmed that nitrogen accumulation in plants was varied in cultivars.

KOCOŃ (2010) explains that it is more beneficial to supply nitrogen to faba bean plants in the form of foliar fertilization than to the soil. Urea used in this form effects the increase in photosynthesis intensity, and this in turn results in higher nitrogen accumulation. NEUHAUS et al. (2014) indicated that foliar fertilization of faba bean plants with magnesium resulted in a higher chlorophyll concentration in leaves. As a result, the intensity of photosynthesis was enhanced and consequently, the supply of assimilates increased.

Foliar fertilization effected a significant rise in raw fat content in seeds of the cultivar Amulet. This relationship was not confirmed for the cultivar Granit.

Seeds of the cultivar Amulet contained significantly more total protein, ash and fibre but less raw fat than seeds of the cultivar Granit (Table 2).

Table 2

Content of the components in seeds of faba bean (g kg⁻¹ d.m.)

Component	Cultivar (B)	Foliar fertilization (A)		Mean for B
		Basfoliar 6-12-6	control	
Total protein	Amulet	298.9	299.1	299.0
	Granit	284.5	284.9	284.7
	mean for A	291.7	292.0	291.9
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – 3.65, for AxB – n.s.			
Crude fat	Amulet	10.2	8.4	9.3
	Granit	12.0	13.0	12.5
	mean for A	11.1	10.7	10.9
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – 2.33, for AxB – 2.63			
Ash	Amulet	32.5	32.3	32.4
	Granit	29.3	29.2	29.3
	mean for A	30.9	30.8	30.9
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – 2.89, for AxB – n.s.			
Fiber	Amulet	69.8	66.0	67.9
	Granit	64.5	64.0	64.3
	mean for A	67.2	65.0	66.1
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – 3.04, for AxB – n.s.			

n.s. – non-significant differences

The experiment on the chemical composition of faba bean seeds conducted by SZPUNAR-KROK et al. (2009) indicated that the studied cultivars did not differ significantly in the content of protein, fat or ash. The above authors claimed that the seed yield of mixtures of naked oats with faba bean was balanced better in respect of nutrition than monoculture crops. Also KULIG et al. (2009) did not prove intervarietal differences in protein content in faba bean seeds. The mean protein content in their experiment stayed within the range 312 - 343 g kg⁻¹ of seeds. Thus, they were higher values than those obtained in the present study. STĘPNIK and LEPIARCZYK (2009) reported that the protein content in faba bean seeds was significantly modified by the climatic conditions. This is also confirmed by MUSALLAM et al. (2004), who claim that an increase in the content of protein, ash and fibre in faba bean seeds is significantly affected by plant irrigation. In turn ALGHAMDI (2009) obtained a significantly higher protein content in faba bean seeds in conditions of water stress. Apart from that, he confirmed significant varietal differentiation in the chemical composition of faba bean.

EL-FOULY et al. (1990) indicated benefits from the combined application of nitrogen (Urea) with microelements. In such cases, the use of applied mineral elements by plants increases.

In our study, foliar fertilization resulted in a significant increase in potassium content in seeds, as compared with the control. The foliar fertilizer also increased the concentrations of the other determined macroelements in seeds, but this was not confirmed statistically (Table 3).

Table 3

Content of macroelements in seeds of faba bean (g kg⁻¹)

Component	Cultivar (B)	Foliar fertilization (A)		Mean for B
		Basfoliar 6-12-6	control	
P	Amulet	6.38	6.39	6.39
	Granit	6.59	6.51	6.55
	mean for A	6.49	6.45	6.47
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – 0.145, for AxB – n.s.			
K	Amulet	11.0	10.3	10.6
	Granit	10.8	10.7	10.7
	mean for A	10.9	10.5	10.7
	LSD _{0.05} for A – 0.36, for B – n.s., for AxB – n.s.			
Mg	Amulet	1.19	1.19	1.19
	Granit	1.09	1.01	1.05
	mean for A	1.14	1.10	1.12
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – 0.115, for AxB – n.s.			
Ca	Amulet	0.69	0.68	0.69
	Granit	0.66	0.63	0.65
	mean for A	0.68	0.66	0.67
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – n.s., for AxB – n.s.			

n.s. – non-significant differences

Seeds of the cultivar Amulet contained more manganese whereas seeds of the cultivar Granit contained more phosphorus. The calcium content was not modified by the experimental factors. SZPUNAR-KROK et al. (2009) did not confirm varietal differentiation in the content of macroelements in faba bean seeds. However, they determined similar mean contents of microelements (P, K, Mg) and a higher content of calcium (Ca). NEUHAUS et al. (2014) proved that foliar fertilization with magnesium did not modify the content of this element in seeds, but it had a beneficial effect on the protein concentration.

The copper content in seeds was not dependent on the experimental factors (fertilization and cultivars). Foliar application of fertilizers resulted in an increase in the zinc content in seeds as compared with the control. Seeds of the cultivar Amulet contained more iron and manganese than those of the cultivar Granit (Table 4). SZPUNAR-KROK et al. (2009) obtained a higher con-

Table 4

Content of microelements in seeds of faba bean (mg kg⁻¹)

Component	Cultivar (B)	Foliar fertilization (A)		Mean for B
		Basfoliar 6-12-6	control	
Fe	Amulet	41.5	40.0	40.8
	Granit	38.4	36.9	37.6
	mean for A	39.9	38.5	39.2
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – 2.57, for AxB – n.s.			
Cu	Amulet	12.9	12.5	12.7
	Granit	13.5	13.2	13.3
	mean for A	13.2	12.9	13.0
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – n.s., for AxB – n.s.			
Mn	Amulet	17.1	16.9	17.0
	Granit	16.1	15.9	16.0
	mean for A	16.6	16.4	16.5
	LSD _{0.05} for A – n.s., for B – 0.96, for AxB – n.s.			
Zn	Amulet	31.5	30.9	31.2
	Granit	32.5	30.2	31.4
	mean for A	32.0	30.6	31.3
	LSD _{0.05} for A – 1.32, for B – n.s., for AxB – n.s.			

n.s. – non-significant differences

tent of iron, manganese and zinc and a lower content of copper in faba bean seeds. Nevertheless, they did not indicate varietal differences in the content of microelements in seeds. EL-GIZAWY AND MEHASSEN (2009) point up a crucial role of microelements in increasing both quantity and quality of faba bean seed yield. EL-FOULY et al. (2010) add that foliar fertilization with microelements may eliminate the negative effect of soil salinity on the uptake of nutrients. They suggest that the foliar application of microelements may be recommended for improvement of plant tolerance to salinity.

CONCLUSIONS

1. The state of plant nutrition, evaluated with the SPAD index, was not significantly dependent on foliar fertilization.
2. Foliar fertilizer effected a significant increase in the raw fat content in seeds, but only in the cultivar Amulet.
3. Foliar fertilization resulted in a significant increase in the potassium (K) and zinc (Zn) content in seeds in comparison with seeds harvested from the control object.
4. Seeds of the cultivar Amulet contained more total protein, ash, fibre, magnesium, iron and manganese but less raw fat and phosphorus than seeds of the cultivar Granit.

REFERENCES

- ABOU EL-YAZIED A., MADY M.A. 2012. *Effect of boron and yeast extract foliar application on growth, pod setting and both green pod and seed yield of broad bean (Vicia faba L.)*. J. Appl. Sci. Res., 8(2): 1240-1251. <http://www.academia.edu/7712701>
- ALGHAMDI S.S. 2009. *Chemical composition of faba bean (Vicia faba L.) genotypes under various regimes*. Pak. J. Nutr., 8(4): 477-482. DOI: 10.3923/pjn.2009.477.482
- CZERWIŃSKA-KAYZER D., FLOREK J. 2012. *Profitability of selected legumes*. Fragm. Agron., 29(4): 36-44. (in Polish)
- EL-FOULY M.M., FAWZI A.F.A. MOBARAK Z.M., ALY E.A., ABDALLA F.E. 1990. *Micronutrient foliar intake by different crop plants, as affected by accompanying urea*. Plant Nutr. Physiol. Appl., 41: 267-273.
- EL-FOULY M.M., MOBARAK Z.M., SALAMA Z.A. 2010. *Improving tolerance of faba bean during early growth stages to salinity through micronutrients foliar spray*. Not. Sci. Biol., 2(2): 98-102. <http://www.notulaebiologicae.ro/index.php/nsb/article/view/3701/4337>
- EL-GIZAWY N. KH. B., MEHAZEN S.A.S. 2009. *Response of faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc*. World Appl. Sci. J., 6(10): 1359-1365. <http://www.idosi.org/wasj/wasj6%2810%29/8.pdf>
- ELSHEIKH E.A.E., EL TINAY A.H., FADUL I.A. 1999. *Effect of nutritional status of faba bean on proximate composition, anti-nutritional factors and in vitro protein digestibility (IVPD)*. Food Chem., 67(4): 379-383. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00127-2
- JASIM A.H., OBAID A.S. 2014. *Effect of foliar fertilizers spray, boron and their interaction on broad bean (Vicia faba L.) yield*. Scientific Papers, Ser. B, Horticulture, 58: 271-276. <http://www.horticulturejournal.usamv.ro/pdf/2014/art46.pdf>
- JERZAK M.A., CZERWIŃSKA-KAYZER D., FLOREK J., ŚMIGŁAK-KRAJEWSKA M. 2012. *Determinants for the production of legumes as an alternative source of protein in the new area of agricultural policy within Poland*. Rocz. Nauk Rol., Ser. G, 99(1): 113-120. (in Polish)
- KOCOŃ A. 2003. *Effect of nitrogen utilization from urea (15N) applied to leaves or to soil by winter wheat and faba bean*. Acta Agrophs., 85: 55-63. (in Polish)
- KOCOŃ A. 2010. *The effect of foliar or soil top-dressing of urea on some physiological processes and seed yield of faba bean*. Pol. J. Agron., 3: 15-19. (in Polish)
- KSIĘŻAK J. 2007. *The dynamics of weight and nitrogen accumulation by cultivars of faba bean with different morphological features*. Ann. UMCS, Sect. E, 62(1): 189-200. (in Polish)
- KULIG B., OLEKSY A., SAJDAK A. 2009. *Yielding of selected faba bean cultivars depending on plant protection methods and sowing density*. Fragm. Agron., 26(3): 93-101. (in Polish)

- KULIG B., ZAJĄC T. 2007. *Biological and agrotechnical conditions of faba bean productivity*. Post. Nauk Rol., 1: 63-80. (in Polish)
- MACHUL M. 2001. *Assessment of nutritional status of plants with nitrogen using a test plant*. Post. Nauk Rol., 3: 71-83. (in Polish)
- MUSALLAM I. W., AL-KARAKI G., EREIFEJ K.I., TAWAHA A.M. 2004. *Chemical composition of faba bean genotypes under rainfed and irrigation conditions*. Int. J. Agric. Biol., 6(2): 359-362.
- NEUHAUS C., GEILFUS C.M., MÜHLING K.H. 2014. *Increasing root and leaf growth and yield in Mg-deficient faba beans (Vicia faba) by MgSO₄ foliar fertilization*. J. Plant Nutr. Soil Sci., 177: 741-747. DOI: 10.1002/jpln.201300127
- OSMAN A.G., ABD ELAZIZ F.I., EL HASSAN G.A. 2010. *Effects of biological and mineral fertilization on yield, chemical composition and physical characteristics of faba bean (Vicia faba L.) cultivar Seleim*. Pak. J. Nutr., 9(7): 703-708. DOI: 10.3923/pjn.2010.703.708
- PODLEŚNY J. 2005. *Legumes in Poland - Future prospects of cultivation and seeds utilization*. Acta Agrophys., 6(1): 213-224. http://www.old.acta-agrophysica.org/artykuly/acta_agrophysic/ActaAgr_125_2005_6_1_213.pdf
- PODLEŚNY J., KSIEŻAK J. 2009. *Current and prospective possibilities of legume seed production in Poland*. Studies and Reports IUNG-PIB Puławy, 14: 111-132. (in Polish)
- PRUSIŃSKI J. 2007A. *Content and balance of nitrogen in faba bean fertilized with ammonium nitrate and fed additionally with urea*. EJPau, 10(4), #24. <http://www.ejpau.media.pl/volume10/issue4/art-24.html>
- PRUSIŃSKI J. 2007B. *Biological progress in pea and faba bean breeding and cultivation*. Fragn. Agron., 24(4): 113-119. (in Polish)
- PRUSIŃSKI J. 2007C. *Degree of success of legume cultivars registered by the Center for Cultivar Testing over the period of market economy*. Acta. Sci. Pol. Agricultura, 6(2): 3-16. (in Polish) <http://agricultura.acta.utp.edu.pl/uploads/pliki/000010200700006000020000300016.pdf>
- PRUSIŃSKI J., BOROWSKA M. 2003. *The biological potential of legumes and its use*. Part II. *Foliar fertilization legumes*. Hod. Rośl. Nasienn., 1: 8-13. (in Polish)
- PRUSIŃSKI J., BOROWSKA M., KASZKOWIAK E. 2008. *Chosen productivity indices of faba bean fertilized with increasing N doses*. Biul. IHAR, 248: 105-116. (in Polish)
- RUGHEIM A.M.E., ABDELGANI M.E. 2012. *Effects of microbial and chemical fertilization on yield and seed quality of faba bean (Vicia faba)*. Int. Food Res. J., 19(2): 417-422. [http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20\(02\)%202012/\(5\)IFRJ-2012%20Abdelgani.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20(02)%202012/(5)IFRJ-2012%20Abdelgani.pdf)
- SALEM A.K., EL-HARTY E.H., AMMAR M.H., ALGHAMDI S.S. 2014. *Evaluation of faba bean (Vicia faba L.) performance under various micronutrient foliar applications and plant spacing*. Life Sci. J., 11(10): 1298-1304. http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life1110/191_27252life111014_1298_1304.pdf
- SEMIDA W.M., TAHA R.S., ABDELHAMID M.T., RADY M.M. 2014. *Foliar-applied α-tocopherol enhances salt-tolerance in Vicia faba L. plants grown under saline conditions*. S. Afr. J. Bot., 95: 24-31. DOI: 10.1016/j.sajb.2014.08.005
- SHAABAN M.M., ABDALLA F.E., ABOU EL-NOUR E.A.A., EL-SAADY A.M. 2006. *Boron/Nitrogen interaction effect on growth and yield of faba bean plants grown under sandy soil conditions*. Int. J. Agric. Res., 1: 322-330. DOI: 10.3923/ijar.2006.322.330
- STĘPNIK K., LEPIARCZYK A. 2009. *Effect of weather conditions and soil tillage systems on the productivity of faba bean (Vicia faba ssp. minor L.)*. Fragn. Agron., 26(1): 127-135. (in Polish)
- SZPUNAR-KROK E., BOBRECKA-JAMRO D., TOBIASZ-SALACH R., KUBIT P. 2009. *Chemical composition of naked grains oat and faba bean seeds in pure sowing and mixtures*. Fragn. Agron., 26(2): 152-157. (in Polish)
- WOJCIESKA U., KOCON A. 1997. *Reaction of faba bean plants to soil and foliar N application and K nutrition*. Acta Physiol. Plant., 43(1): 23-28.

Reaction of white lupin (*Lupinus albus* L.) to the initial nitrogen feeding and foliar feeding

Reakcja łubinu białego (*Lupinus albus* L.) na dawkę startową azotu i dokarmianie dolistne

Wacław JARECKI*, Magdalena CZARNIK and Dorota BOBRECKA-JAMRO

University of Rzeszow, Faculty of Biology and Agriculture, Department of Crop Production, A. Zelwerowicza 4; 35-601 Rzeszow, Poland

*correspondence: wacław.jarecki@wp.pl

Abstract

In the years 2009-2011 field experiment was carried out, whose aim was determination of reaction of white lupin cultivar Boros to the initial nitrogen feeding and foliar feeding Basfoliar 6-12-6 ($2 \times 10 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). It was found that the initial nitrogen feeding a significant increase prolonged lodging degree and stage of maturity compared with the control (without fertilization). The initial nitrogen feeding increased significantly number of pods per plant and the weight of one thousand seeds. Applied Basfoliar 6-12-6 did not modified yield components. Yielding of white lupin was variable between studies and averaged $3.95 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Starting dose of nitrogen significantly increased seed yield to the control of $0.15 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Applied foliar fertilizer had no effect on the average seed yield, but significantly increased the total protein content in the seeds.

Keywords: foliar feeding, initial nitrogen feeding, total protein, white lupin, yield

Streszczenie

W latach 2009-2011 przeprowadzono ściśle doświadczenie polowe, którego celem było określenie reakcji łubinu białego odmiany Boros na dawkę startową azotu i dokarmianie dolistne wieloskładnikowym nawozem Basfoliar 6-12-6 ($2 \times 10 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Stwierdzono, że dawka startowa azotu istotnie podniosła stopień wylegania roślin oraz wydłużyła fazę dojrzewania w odniesieniu do kontroli. Nawożenie startowe azotem istotnie zwiększyło liczbę strąków na pojedynczej roślinie oraz masę tysiąca nasion. Aplikacja Basfoliaru 6-12-6 nie zmodyfikowała elementów struktury plonu. Plonowanie łubinu białego było zmienne w latach badań i wyniosło średnio $3.95 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dawka startowa azotu istotnie zwiększyła plon nasion wobec obiektu

kontrolnego o $0.15 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zastosowany nawóz dolistny nie miał wpływu na średni plon nasion, zwiększył natomiast istotnie zawartość białka ogólnego w nasionach.

Słowa kluczowe: białko, dawka startowa azotu, dokarmianie dolistne, łubin biały, plon

Streszczenie szczegółowe

Ścisłe doświadczenie polowe z łubinem białym przeprowadzono w latach 2009-2011 w Stacji Doświadczalnej Wydziału Biologiczno – Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego w Krasnem ($50^{\circ}03' \text{ N}$, $22^{\circ}06' \text{ E}$) koło Rzeszowa. Eksperyment zrealizowany został wg metody split-plot w czterech powtórzeniach. Badanymi czynnikami były: dawka startowa azotu $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Saletra amonowa 34% N), dokarmianie dolistne (Basfoliar 6-12-6) oraz obiekt kontrolny. Do doświadczeń wybrano samokończącą odmianę Boros. Wysiewu nasion dokonano w następujących terminach: 16.04.2009 r., 13.04.2010 r. i 05.04.2011 r. Norma wysiewu wyniosła $110 \text{ szt} \cdot \text{m}^{-2}$. Przedplonem w każdym roku badań była pszenica ozima. Powierzchnia jednego poletka wynosiła 15 m^2 (do zbioru 12 m^2). Na powierzchni 1 m^2 policzono obsadę roślin przed zbiorem. W okresie wegetacji notowano występowanie ważniejszych fazy rozwojowych. Wyleganie oceniono w skali od 1° do 9° . W fazie pełnej dojrzałości nasion, z każdego poletka, pobrano losowo 20 roślin i określono ich elementy struktury plonu: liczbę strąków na roślinie, liczbę nasion w strąku i masę tysiąca nasion (przy 15% wilgotności). Zbiór przeprowadzono w terminie: 20.08.2009 r., 24.08.2010 r. i 19.08.2011 r. Plon nasion przeliczono na powierzchnię 1 ha i sprowadzono do stałej wilgotności 15%. W nasionach oznaczono zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla i przeliczono na białko ogólne stosując mnożnik 6.25. Okres wegetacji odmiany Boros wyniósł średnio 128 dni. Dawka startowa azotu istotnie zwiększyła stopień wylegania roślin o 1.25° oraz wydłużyła fazę dojrzewania o 4.5 dnia w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Liczba strąków na pojedynczej roślinie oraz masa tysiąca nasion były istotnie większe po zastosowaniu dawki startowej azotu. Dokarmianie dolistne Basfoliarem 6-12-6 nie zmodyfikowało elementów struktury plonu. Plon nasion był zmienny w latach badań i wyniósł średnio $3.95 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dawka startowa azotu istotnie zwiększyła plonowanie łubinu. Nawóz dolistny nie miał wpływu na średni plon nasion, zwiększył natomiast istotnie zawartość białka ogólnego w nasionach.

Introduction

White lupin cultivation occupies a small area in Poland, although has the great yield-forming potential. The growing importance of this species is possible by spreading the forms determinate and improve their agricultural technology (Podleśny, 2005; Jarecki and Bobrecka-Jamro, 2012). Lupins (*Lupinus albus*, *Lupinus angustifolius*, *Lupinus luteus*, *Lupinus mutabilis*) are cultivated for three main reasons: as a ruminant feed, as a green manure contributing to improved soil structure, and for human nutrition because of their high protein and oil contents (Faluyi et al., 2000; Huyghe, 1997).

Seeds of white lupin have a protein content ranging from 33% to 47%, according to genotype and location (Erbas et al., 2005). White lupin varieties of determinate type, characterized by a shorter vegetation period, earlier and more uniform maturing, and different dynamics of accumulation of assimilates in seed yield in comparison with other traditional varieties (Podleśny, 2005). White lupin seed yield obtained in Poland ranges from 3 to 4 Mg·ha⁻¹ (Jarecki and Bobrecka-Jamro, 2012). The fertilization of white lupin with mineral nitrogen and foliar fertilization with macro- and microelements may affect the quantity and quality of yield seeds. It is claim that legumes should be treated only with 20-40 kg·ha⁻¹ pre-sowing nitrogen doses to meet the requirements of plants before starting symbiosis (Prusiński, 2005). Foliar feeding is recommended to be used in the beginning of budding stage.

New varieties of white lupin with determinate type have different plant habit, produce lower biomass in the vegetation period and are characterized by other rhythm of growth and development than traditional ones (Podleśny, 2005). The present results of experiments on foliar feeding legumes are not clear and need for further detailed agronomic research in different habitats (Prusiński, 2005). This applies especially new varieties with determinate type. They are characterized by a clear reduction or absence of latter shoots, which reduces shading of plants (Podleśny, 2005).

In the research hypothesis was assumed that the initial nitrogen feeding and foliar feeding with macro- and microelements influence on quantity and quality of the yield as well as the growth and development of plants

Materials and Methods

Field experiments with white lupin were carried out in the years 2009-2011 at the Experimental Station of the Faculty of Biology and Agriculture of the University of Rzeszów in Krasne (50°03' N; 22°06' E) near Rzeszow. The experiment was realized according to the split-plot design in four replications. The studied factors included:

- I - the initial nitrogen feeding 30 kg·ha⁻¹ (ammonium nitrate 34% N),
- II - the foliar feeding (Basfoliar 6-12-6; before flowering - 10 dm³·ha⁻¹ and after flowering - 10 dm³·ha⁻¹)
- III - the initial nitrogen feeding 30 kg·ha⁻¹ (ammonium nitrate 34% N) +the foliar feeding (Basfoliar 6-12-6; before flowering - 10 dm³·ha⁻¹ and after flowering - 10 dm³·ha⁻¹)
- IV - control object (without fertilization).

Boros (determinate form) was used for the experiment. Weather conditions are given according to Weather Reports for Rzeszow from the Institute of Meteorology and Water Management (IMiGW) in Warsaw. In the research years, the rainfall total was unstable (Table 1.). In the period April-August it was: 372.5 mm in 2009, 651.8 mm in 2010 and 450.0 in 2011. Mean temperatures in the same period were less diversified (Table 2.).

The experiment was set up on the soil of good wheat complex, bonitation class IIIa, with pH in the range from 5.10 (2009) to 5.94 (2010). The content of assimilable phosphorus, potassium and microelements was average, however magnesium

content was very low. Soil samples were collected to a depth of 20 cm. Soil analysis was carried out at the Regional Chemical-Agricultural Station in Rzeszow, according to the accepted methods. Seed material was dressed with Sarfun T 450 FS and was sown on the following dates: 16 April 2009, 13 April 2010 and 05 April 2011. The amount of sown seeds was $110 \text{ seeds} \cdot \text{m}^{-2}$.

Winter wheat was the forecrop of white lupin in every year of research. The area of a plot was 15 m^2 (for harvest 12 m^2). Mineral phosphoricpotassic fertilization (triple superphosphate 46% and potassium salt 60%) was applied under autumn ploughing at the following rates: $35 \text{ P kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $100 \text{ K kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Directly after sowing lupin, preparation Afalon Dispersive 450 SC was used for weed control at a rate of $1.5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Pesticides for the control of pests and diseases were not applied. Foliar feeding was used twice. The first dose ($10 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) was applied before flowering. The second dose after flowering.

Every year, on the area of 1 m^2 plant density of white lupin was calculated before its harvest. In the vegetation period, occurrence of more important development stages of plants was observed, i.e. budding, flowering and maturity. Lodging was evaluated in the scale from 1° to 9° . In the stage of full seed maturity, from each plot, 20 plants were collected at random, and their yield components were determined: the number of pods per plant, number of seeds per pod, and weight of one thousand seeds (with 15% moisture).

The harvest was conducted in a single stage on the following dates: 20 August 2009, 24 August 2010 and 19 August 2011. During harvest, from each plot, seed yield was determined calculating it per area of 1 ha, and leading it to a constant moisture of 15%.

In the seeds the total nitrogen content was determined with the use of Kjeldahl method, and it was calculated into total protein with the use of a multiplier 6.25.

Obtained results for the yield, yield structure and protein content were elaborated statistically with the use of analysis of variance. Significance of difference between trait values were tested based on Tukey's honestly significant difference test, with significance level $P=0.05$. Statistical program ANALWAR-5FR was used for calculations.

Table 1. Distribution of precipitations (mm) for white lupin vegetation period
 Tabela 1. Rozkład opadów atmosferycznych (mm) w okresie wegetacji łubinu białego

Year	Month					Precipitations total
	April	May	June	July	August	
2009	3.7	102.6	146.4	98.0	21.8	372.5
2010	49.9	177.0	126.1	200.2	98.6	651.8
2011	50.0	49.2	88.5	233.7	28.6	450.0
Many years 1986-2008	50.6	80.8	82.0	88.2	68.8	370.4

Table 2. Distribution of mean air temperatures (°C)
 Tabela 2. Rozkład średnich temperatur powietrza (°C)

Year	Month					Mean
	April	May	June	July	August	
2009	11.1	13.8	16.6	20.7	19.4	16.3
2010	8.9	14.3	17.9	20.8	19.5	16.3
2011	10.3	13.9	18.1	18.6	19.0	16.0
Many years 1986-2008	8.7	13.9	17.0	19.0	18.2	15.4

Results and discussion

It was found that the initial nitrogen feeding and foliar feeding did not have significant effect on plant density during the growing season. Plant density before harvest was on average $87.25 \text{ plants} \cdot \text{m}^{-2}$ (Table 3.). Prusiński (2002a) adds that, with morphological diversity of white lupin cultivars, it is important to maintain a suitable plant density. It has a fundamental significance for the yield and cultivation costs.

It was found that a significant increase prolonged lodging the initial nitrogen feeding compared with the control (without fertilization).

Foliar feeding did not modify the discussed features (Table 3.). Podleśny (2005) reported no lodging of white lupine plants which have an effect on the stiffness of the stems and favorable weather conditions in the system during the growing season.

The plants were green longer on a control object compared to the objects fertilized with nitrogen. The dose of nitrogen significantly extended the starting stage of maturation (Table 3.). Vegetation period was on average 127.75 days. Podleśny (2005, 2006) collected white lupin seeds after 115 days in the dry year and after 138 days in the wet year.

Table 3. Plant density, lodging and length of development stages in days since the date of sowing (mean in years)

Tabela 3. Obsada roślin, wyleganie i długość faz rozwojowych w dniach od daty siewu (średnia z lat)

Initial nitrogen feeding	Foliar feeding	Number of plants before harvest, pcs.·m ⁻²	Lodging 1-9°	Budding	Flowering	Maturity
Control	Control	86	8.5	52	61	125
	Basfoliar	86	8.5	52	62	126
30 N kg·ha ⁻¹	Control	88	7.5	54	65	129
	Basfoliar	89	7.0	54	65	131
Mean for factor						
Control		86.0	8.50	52	61.5	125.5
30 N kg·ha ⁻¹		88.5	7.25	54	65.0	130.0
LSD I _{0.05}		ns	0.953	ns	ns	3.694
Control		87.0	8.00	53	63.0	127.0
Basfoliar 6-12-6		87.5	7.75	53	63.5	128.5
LSD II _{0.05}		ns	ns	ns	ns	ns
LSD IxII _{0.05}		ns	0.359	ns	ns	ns
Mean		87.25	7.88	53	63.25	127.8

ns – non – significant differences

The initial nitrogen feeding increased significantly number of pods per plant and the weight of one thousand seeds as compared to the control (Table 4.). The number of seeds per pod showed no statistically significant differences. The cultivar Boros

developed average 4.74 pod per plant and 3.43 seeds per pod. Weight of one thousand seeds was on average 300 g.

Borowska and Prusiński (2005) obtained on average 8.77 pods in cultivar Butan; while Podleśny (2006) 6.9 pods per plant. In experiments on indeterminate white lupin, Prusiński (2005) considered it important to take into account yield components on the main shoot and lateral shoot, as the proportion of pods and seeds from lateral shoots in the total yield of this species is approximately 50%. The situation is different in the varieties of determinate type. Borowska and Prusiński (2005) obtained weight of 1000 seeds in cultivar Butan of 288 g.

Foliar feeding did not modify a number of pods per plant, number of seeds per pod and the weight of one thousand seeds. Borowska and Prusiński (2005) found no significant effect of foliar fertilizer (Ekolist) on the weight of one thousand seeds. Prusiński (2005) said that the effectiveness of foliar fertilization of plants with urea and microelements will depend on the availability of macro- and microelements and symbiotic intensity.

Analysis of variance showed no significant effect of starting dose of nitrogen on the protein content in dry matter of seeds. Foliar feeding increased the content of this component by 0.15% as compared to the control (Table 4.). What's more Prusiński (2005) obtained a significant increase in total protein content in the seeds of the foliar treatment.

Table 4. Yield components of white lupin and protein content in seeds (mean in years)

Tabela 4. Elementy struktury plonu łubinu białego i zawartość białka w nasionach (średnia z lat)

Initial nitrogen feeding	Foliar feeding	Number of pods per plant	Number of seeds per pod	Weight of one thousand seeds (g)	Total protein (%)
Control	Control	4.62	3.41	297	32.70
	Basfoliar 6-12-6	4.71	3.46	299	32.95
30 N kg·ha ⁻¹	Control	4.80	3.42	301	32.90
	Basfoliar 6-12-6	4.82	3.44	303	32.95
Mean for factor					
Control		4.67	3.44	298	32.83
30 N kg·ha ⁻¹		4.81	3.43	302	32.93
LSD I _{0.05}		0.135	ns	0.356	ns
Control		4.71	3.42	299	32.80
Basfoliar 6-12-6		4.77	3.45	301	32.95
LSD II _{0.05}		ns	ns	ns	0.132
LSD IxII _{0.05}		ns	ns	ns	ns
Mean		4.74	3.43	300	32.88

ns – non – significant differences

Statistical analysis of the research results proved that the initial nitrogen feeding contributes to a significant increase in seed yield. With reference to the control plots, the obtained increase was 0.15 Mg·ha⁻¹, i.e. 3.9% (Table 5). Ekolist significantly affected white lupin seed yield. Foliar feeding did not influence the average seed yield. In the years of research, seed yield was 3.95 Mg·ha⁻¹, and was significantly higher than the research of Podleśny (2005). Prusiński (2002b, 2005) in his research showed that the traditional type of white lupin yielded higher than the indeterminate type. In the research of Borowska and Prusiński (2005) foliar feeding with a high dose of Ekolist influenced significantly on yielding of white lupin.

Table 5. Seed yield in years 2009-2011 ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
 Tabela 5. Plon nasion w latach 2009-2011 ($\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Initial nitrogen feeding	Foliar feeding	2009	2010	2011	2009-2011
Control	Control	4.25	2.97	4.17	3.80
	Basfoliar 6-12-6	4.35	3.23	4.25	3.94
$30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	Control	4.38	3.28	4.29	3.98
	Basfoliar 6-12-6	4.51	3.32	4.36	4.06
Mean for factor					
Control		4.25	3.10	4.21	3.87
$30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$		4.45	3.30	4.33	4.02
LSD I $_{0.05}$		0.179	0.165	ns	0.142
Control		4.32	3.13	4.23	3.89
Basfoliar 6-12-6		4.43	3.28	4.31	4.00
LSD II $_{0.05}$		ns	0.235	ns	ns
LSD IxII $_{0.05}$		ns	0.259	ns	0.125
Mean		4.38	3.20	4.27	3.95

ns – non – significant differences

Conclusions

1. Initial nitrogen increased the lodging of plants of 1.25° and the maturity stage became 4.5 days longer as compared to the control. Vegetation period of was on average 127.75 days. Vegetation period of Boros varieties approximately to 128 days.
2. Number of pods per plant and the weight of one thousand seeds were considerably higher after the using of initial dose of nitrogen. Foliar feeding with Basfoliar 6-12-6 did not modify the yield components.
3. The yield was changeable during research years and on average amounted to $3.95 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$. The initial nitrogen feeding increased yielding. Foliar feeding did not influence the average seed yield but it increased considerably the amount of total protein in seeds.

References

- Borowska, M., Prusiński J. (2005) IBA and Ekolist in white lupin seed production. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 237/238, 207-221.
- Erbas, M., Certel, M., Uslu, M. K. (2005) Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus L.*). *Food Chemistry*, 89, 341-345.
[doi:10.1016/j.foodchem.2004.02.040](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.040)
- Faluyi, M. A., Zhou, X. M., Zhang, F., Leibovitch, S., Migner, P., Smith, D. L. (2000) Seed quality of sweet white lupin (*Lupinus albus*) and management practice in eastern Canada. *European Journal of Agronomy*, 13, 7-37.
[doi:10.1016/S1161-0301\(00\)00057-5](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00057-5)
- Huyghe, C. (1997) White lupin (*Lupinus albus L.*). *Field Crops Research*, 53, 147-160. [doi:10.1016/S0378-4290\(97\)00028-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00028-2)
- Jarecki, W., Bobrecka-Jamro, D. (2012) Reaction of white lupine (*Lupinus albus L.*) to seed inoculation with Nitragina. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 11 (2), 19-26.
- Podleśny J. (2005) The effect of sowing method and row spacing on the growth, development and yielding of determinate type of white lupine. *Pamiętnik Puławski*, 140, 199-214.
- Podleśny J. (2006) Suitability of point sowing in cultivation of selected species of leguminous plants. *Inżynieria Rolnicza*, 13, 385-392.
- Prusiński J. (2002a) Yield analysis of traditional and self-completing white lupin (*Lupinus albus L.*) varieties in relation to plant density. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 221, 175-187.
- Prusiński J. (2002b) Impact of foliar plant fertilization and chemical control on yielding of traditional and self-completing white lupin (*Lupinus albus L.*) cultivars. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 1 (1), 37-47.
- Prusiński J. (2005) Traditional and self-completing white lupin (*Lupinus albus L.*) cultivars yielding depending on foliar plant fertilization and chemical protection. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 8 (3), 41.
<http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/art-41.html>

Wacław Jarecki, Dorota Bobrecka-Jamro

**WPLYW DOLISTNEGO DOKARMIANIA BASFOLIA-
REM 6-12-6 NA WIELKOŚĆ I JAKOŚĆ PLONU ŁUBINU
WĄSKOLISTNEGO (*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.)**

**IMPACT OF FOLIAR FERTILIZATION
WITH BASFOLIAR 6-12-6 ON THE QUANTITY AND QUALITY
OF CROPS OF BLUE LUPIN (*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.)**

*Katedra Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Rzeszowski
Department of Crop Production, University of Rzeszów*

Ścisłe doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2009–2011 w Stacji Doświadczalnej Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego w Krasnem. Celem badań było określenie reakcji odmian łubinu wąskolistnego – Neptun i Zeus na dolistne dokarmianie Basfoliarem 6–12–6. Wyniki badań dowiodły, że aplikowany nawóz istotnie zwiększył liczbę strąków na roślinie i masę tysiąca nasion (MTN) w porównaniu z obiektem kontrolnym. Liczba nasion w strąku nie została istotnie zróżnicowana przez badany czynnik. Zastosowane dokarmianie dolistne istotnie zwiększyło plon nasion oraz zawartość białka ogólnego w nasionach w porównaniu z obiektem kontrolnym. Stwierdzono, że użycie Basfoliaru 6–12–6 w niewielkim stopniu zmodyfikowało zawartość makro- i mikroelementów w nasionach. Istotne różnice, w porównaniu z kontrolą, dotyczyły tylko manganu. W nasionach odmiany Neptun, w porównaniu z odmianą Zeus, uzyskano istotne zróżnicowanie zawartości wapnia, magnezu, manganu i miedzi.

SŁOWA KLUCZOWE: łubin wąskolistny, dokarmianie dolistne, plon, elementy struktury plonu, białko, makro- i mikroelementy

WSTĘP

Prawidłowe zaopatrzenie rośliny strączkowych w składniki pokarmowe zwiększa liczbę kwiatów, zawiązywanie strąków i wykształcanie nasion. W efekcie tego wzrasta plon i poprawia się jego wartość biologiczna. Rośliny strączkowe obok makroelementów wykazują również duże zapotrzebowanie na mikroelementy takie jak: molibden,

Do cytowania – For citation: Jarecki W., Bobrecka-Jamro D., 2012. Wpływ dolistnego dokarmiania Basfoliarem 6–12–6 na wielkość i jakość plonu łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CIII, 589: 125–134.

bor, miedź, mangan, cynk, żelazo czy tytan (Yu, Rengel 1999, Prusiński, Borowska 2003, Prusiński i wsp. 2010). Niedobór mikroelementów w glebach Polski jest zróżnicowany regionalnie i dotyczy głównie boru i miedzi (Gembarzewski 2000, Lipiński 2009). Wystąpić może również ograniczone pobieranie składników pokarmowych przez system korzeniowy, np. w wyniku niedoboru wody. Za korzystne wówczas uznaje się stosowanie preparatów dolistnych (Prusiński, Borowska 2003, Książek, Podleśny 2005, Faligowska, Szukała 2007b, Prusiński i wsp. 2010). Zabieg dokarmiania dolistnego pozwala na bardzo szybkie wprowadzenie do części nadziemnych roślin uprawnych deficytowych składników pokarmowych (Czuba 2000, Szewczuk, Michałojć 2003, Grzyś 2004, Jaskulski 2004, Szewczuk, Sugier 2009). Dla roślin strączkowych szczególnie polecane są nawozy zawierające komplet makro- i mikroelementów (Szewczuk, Sugier 2009). Ponieważ mikroelementy są na ogół słabo reutilizowane w roślinie, stąd za korzystne uznaje się ich kilkakrotne stosowanie w okresie wegetacji (Czuba 2000, Hoffmann, Górecki 2000, Szewczuk, Michałojć 2003). Dotychczasowe wyniki badań nad zasadnością stosowania nawozów dolistnych w uprawie łubinu są rozbieżne (Faligowska, Szukała 2007a, b, Kurasiak-Popowska, Szukała 2007, Prusiński i wsp. 2010). Zabieg taki można zatem rekomendować dla praktyki rolniczej tylko w uzasadnionych przypadkach a przy ocenie potrzeb dolistnego dokarmiania trzeba brać pod uwagę efekty ekonomiczne. Koszty dokarmiania nie powinny bowiem przewyższąć wartości uzyskanej zwyżki plonu nasion. Stąd polecane w agrotechnice roślin uprawnych, w tym strączkowych jest łączne stosowanie nawozów dolistnych z agrochemikaliami (Pruszyński, Mrówczyński 2002, Prusiński, Borowska 2003, Piwowar 2007, Szewczuk, Sugier 2009, Sztuder 2009). Celem badań było określenie reakcji łubinu wąskolistnego na dokarmianie dolistne Basfoliarem 6–12–6.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie polowe z łubinem wąskolistnym prowadzono w latach 2009–2011 w Stacji Doświadczalnej Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego w Krasnem (50°03' N, 22°06' E) koło Rzeszowa. Eksperyment prowadzono w czterech powtórzeniach w układzie split-plot. Badanymi czynnikami były:

I – dokarmianie dolistne (Basfoliar 6–12–6, brak dokarmiania)

II – odmiany (Neptun, Zeus).

Warunki wilgotnościowo-termiczne podano według Biuletynów Agrometeorologicznych IMiGW w Warszawie, na podstawie zapisów Stacji Meteorologicznej w Jasionce koło Rzeszowa. W 2010 r. obfite opady atmosferyczne, wynoszące w okresie kwiecień–sierpień 651,8 mm, silnie zróżnicowały wzrost i rozwój roślin. Przebieg warunków pogodowych w 2009 i 2011 r. był na ogół korzystny dla wegetacji roślin. Suma opadów od kwietnia do sierpnia wyniosła odpowiednio 372,5 mm i 450,0 mm. Średnie temperatury powietrza były mniej zmienne i w mniejszym zakresie odbiegały od wieloletnich (tab. 1).

Tabela 1

Table 1

Warunki pogodowe w okresie wegetacji łubinu wąskolistnego w latach 2009–2011
Weather conditions in the growing period of blue lupine in the years 2009–2011

Miesiące Months	Opady (mm) – Rainfall				Średnie temperatury (°C) Mean temperatures			
	2009	2010	2011	Średnia z lat Average for the years	2009	2010	2011	Średnia z lat Average for the years
IV	3,7	49,9	50,0	50,6	11,1	8,9	10,3	8,7
V	102,6	177,0	49,2	80,8	13,8	14,3	13,9	13,9
VI	146,4	126,1	88,5	82,0	16,6	17,9	18,1	17,0
VII	98,0	200,2	233,7	88,2	20,7	20,8	18,6	19,0
VIII	21,8	98,6	28,6	68,8	19,4	19,5	19,0	18,2

Próbkę glebową oznaczono w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Rzeszowie. Gleba należała do kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa. Była to gleba brunatnoziemna wytworzona z lessu, o składzie granulometrycznym pyłu zwykłego. Z punktu widzenia kategorii agronomicznej można ją zaliczyć do gleb średnich. Charakteryzowała się odczynem kwaśnym lub lekko kwaśnym. Zawartość przyswajalnego fosforu, potasu i mikroelementów była średnia, zaś magnezu bardzo niska (tab. 2).

Tabela 2

Table 2

Wyniki analizy gleby (mg·kg⁻¹)

Results of soil analysis

Rok Year	pH w KCl 1 mol·dm ⁻³	Zawartość przyswajalnych form składników pokarmowych The content of available forms of nutrients							
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	B
2009	5,10	141	170	21	4,1	188,0	5,3	1210	1,55
2010	5,94	112	130	19	4,5	139,5	4,8	965	1,50
2011	5,67	148	145	21	3,2	143,2	5,0	1440	1,50

Wysiewu nasion łubinu wąskolistnego dokonywano w pierwszej lub drugiej dekadzie kwietnia. Materiał siewny zaprawiono Sarfunem T 450 FS. Ilość wysiewu nasion dla obu odmian wyniosła 100 szt·m⁻². Kwalifikowany materiał siewny pochodził z Hodowli Roślin Smolice, oddział Przebędowo. Powierzchnia jednego poletka wynosiła 15 m² (do zbioru 12 m²). Przedplonem w każdym roku badań była pszenica ozima. Nawożenie mineralne fosforowo-potasowe (superfosfat potrójny 46% i sól potasowa 60%) zastosowano pod orkę przedzimową w dawkach: 60 kg·ha⁻¹ P₂O₅ i 80 kg·ha⁻¹ K₂O. Szczerpienia Nitraginą i nawożenia startowego azotem mineralnym nie stosowano. Do zwalczania chwastów wykorzystano Afalon Dyspersyjny 450 SC w dawce 1,5 dm³·ha, zaś do zwalczania chorób użyto Gwarantu 500 SC w dawce 2 dm³·ha. Basfoliar 6-12-6 aplikowano dwukrotnie w fazie pąkowania i po przekwitnięciu, w każdorazowej dawce po 10 dm³·ha. Ilość cieczy roboczej wyniosła 300 dm³·ha. Skład nawozu dolistnego przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Table 3

Skład chemiczny nawozu – Basfoliar 6–12–6
The chemical composition of the fertilizer – Basfoliar 6–12–6

Składniki pokarmowe Nutrients	Zawartość w % objętościowych Content in % by volume	Zawartość w % wagowych Content in % by weight	Zawartość (g·dm ³) Content
N – azot – nitrogen	7,2	6,0	72,0
P ₂ O ₅ – fosfor – phosphorus	14,4	12,0	144,0
K ₂ O – potas – potassium	7,2	6,0	72,0
MgO – magnez – magnesium	0,012	0,01	0,12
Mn – mangan – manganese	0,012	0,01	0,12
Cu – miedź – copper	0,012	0,01	0,12
Fe – żelazo – iron	0,012	0,01	0,12
B – bor – boron	0,012	0,01	0,12
Zn – cynk – zinc	0,06	0,05	0,6
Mo – molibden – molybdenum	0,005	0,005	0,06

W fazie pełnej dojrzałości nasion, z każdego poletka, pobrano losowo 20 roślin. Próba ta posłużyła do określenia elementów struktury plonu: liczby strąków na roślinie, liczby nasion w strąku i masy tysiąca nasion przy 15% wilgotności.

Zbiór przeprowadzano jednoetapowo w pierwszej lub drugiej dekadzie sierpnia. Desykacji nie stosowano. Podczas zbioru z każdej kombinacji określano średni plon nasion, przeliczając go na powierzchnię 1 ha, przy uwzględnieniu wilgotności 15%.

Zawartość azotu ogólnego w nasionach określono metodą Kjeldahla i przeliczono na białko ogólne. Oznaczenia zawartości poszczególnych pierwiastków dokonano przy użyciu spektrofotometru absorpcji płomieniowej Hitachi Z-2000, metodą krzywej wzorcowej. W przypadku oznaczania Ca, Mg, K i Na zastosowano dodatek lantanu (do stężenia 0,1% w roztworze).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji (według modelu split-plot). Istotność różnic pomiędzy wartościami cech testowano na podstawie półprzdziałów ufności Tukeya, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Do obliczeń wykorzystano program statystyczny ANALWAR-5FR.

WYNIKI I DYKUSJA

Wyniki badań dowiodły istotnego wpływu dokarmiania dolistnego na wzrost liczby strąków na roślinie i MTN w porównaniu z obiektem kontrolnym. Liczba nasion w strąku pozostała na jednakowym statystycznie poziomie. Prusiński i Borowska (2003) podają, że zawiązywanie organów generatywnych u roślin strączkowych uzależnione jest między innymi od warunków termicznych i wodnych. Zjawisko to zależy również od równowagi żywieniowej, stąd opadanie strąków wzmaga niedobór tak makro-, jak i mikroelementów. Komponenty struktury plonu oraz zawartość białka w nasionach nie zostały zróżnicowane przez czynnik odmianowy (tab. 4). Galek i wsp. (2006) dowiedli natomiast istotnej zmienności elementów struktury plonu u poszczególnych rodów

i odmian łubinu wąskolistnego. Dotyczyły one jednak zróżnicowania odmian tradycyjnych w stosunku do samokończących.

Analiza statystyczna wyników badań wykazała istotny wpływ dokarmiania dolistnego na wzrost zawartości białka ogólnego w nasionach w porównaniu z kontrolą (tab. 4). Średnia zawartość tego składnika wyniosła 32%. Faligowska i Szukała (2007a) podają, że nawozy dolistne w małym zakresie modyfikują wydajność białka, wyjątkiem w ich badaniach była jednorazowo zastosowana dawka Mikrosolu U. Wiatr i wsp. (2007) stwierdzili, że zawartość białka ogólnego w nasionach łubinu wąskolistnego podlega zmienności genetycznej oraz wpływom siedliska. Skrajne zawartości białka w ich badaniach wahały się od 29,4 do 34,2%. Podleśny i wsp. (2010) uzyskali natomiast małe zróżnicowanie odmianowe zawartości omawianego składnika w nasionach łubinu wąskolistnego.

Tabela 4
Table 4

Elementy struktury plonu łubinu wąskolistnego i zawartość białka ogólnego w nasionach
(średnie z lat 2009–2011)

Yield components of blue lupine and protein content in seeds (average of the years 2009–2011)

Dokarmianie dolistne Foliar fertilization	Odmiana Cultivar	Liczba strąków na roślinie Number of pods per plant	Liczba nasion w strąku Number of seeds in a pod	Masa tysiąca nasion (g) Thousand seed weight	Białko ogólne (g·kg ⁻¹ s.m.) Total protein (g·kg ⁻¹ d.m.)
Kontrola Control	Neptun	6,05	3,40	144,1	320
	Zeus	5,90	3,35	139,6	312
Basfoliar 6–12–6	Neptun	6,75	3,50	150,9	324
	Zeus	6,70	3,45	145,4	324
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I x II		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I x II x lata – years		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Kontrola Control	–	5,98	3,38	141,85	316
Basfoliar 6–12–6		6,73	3,48	148,15	324
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I		0,729	r.n.	5,891	7,56
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I x lata – years		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
–	Neptun	6,4	3,45	147,5	322
	Zeus	6,3	3,40	142,5	318
NIR _{0,05} LSD _{0,05} II		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
NIR _{0,05} LSD _{0,05} II x lata – years		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnia – Mean		6,35	3,43	145,0	320

r.n. – różnica nieistotna – non-significant differences

W badaniach potwierdzono, że dokarmianie dolistne zwiększa plon nasion łubinu wąskolistnego (tab. 5). Uzyskana istotna różnica w stosunku do obiektu kontrolnego

wyniosła średnio $0,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 11%. W praktyce rolniczej o potrzebie nawożenia mikroelementami decydują głównie niska zasobność ich form przyswajalnych w glebie oraz odczyn. Z uwagi na fakt, że gleba pod doświadczeniem była lekko kwaśna lub kwaśna oraz zawierała średnie zawartości fosforu, potasu i mikroelementów, efekty dokarmiania dolistnego nie były tak duże jak oczekiwano. Dodatkowo w latach badań 2009 i 2011 układ warunków pogodowych sprzyjał prawidłowej vegetacji roślin. Faligowska i Szukała (2007a) wykazali korzystny wpływ dokarmiania dolistnego na plon łubinu wąskolistnego. Dotyczyło to jednak tylko podwójnej dawki Ekolistu Standard. Z kolei Prusiński i wsp. (2010) nie uzyskali modyfikującego wpływu dokarmiania dolistnego Ekolistem na plonowanie żadnego z badanych gatunków i odmian łubinu.

Średnio w latach badań odmiany Neptun i Zeus plonowały na jednakowym statystycznie poziomie, przy czym zmiennie w latach (tab. 5). W 2009 r. odmiana Neptun plonowała istotnie wyżej od odmiany Zeus. W kolejnych latach plon nasion badanych odmian ukształtował się na jednakowym statystycznie poziomie. Na dużą niestabilność i wahania plonów łubinu w poszczególnych latach zwracają również uwagę Podleśny (2007), Prusiński (2007) oraz Podleśny i wsp. (2010).

Tabela 5

Table 5

Plon nasion w latach 2009–2011 ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)
Yield of seeds in years 2009–2011

Dokarmianie dolistne Foliar fertilization	Odmiana Cultivar	Lata badań – Years of research			Średnia z lat Mean in years
		2009	2010	2011	
Kontrola Control	Neptun	3,00	2,60	2,50	2,70
	Zeus	2,70	2,60	2,96	2,75
Basfoliar 6–12–6	Neptun	3,40	2,70	3,20	3,10
	Zeus	3,00	2,80	3,05	2,95
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I x II		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I x II x lata – years		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Kontrola Control	–	2,85	2,60	2,73	2,73
Basfoliar 6–12–6		3,20	2,75	3,13	3,03
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I		0,328	r.n.	0,334	0,273
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I x lata – years		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
–	Neptun	3,20	2,65	2,86	2,90
	Zeus	2,85	2,70	3,00	2,85
NIR _{0,05} LSD _{0,05} II		0,339	r.n.	r.n.	r.n.
NIR _{0,05} LSD _{0,05} II x lata – years		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnia – Mean		3,03	2,68	2,93	2,88

r.n. – różnica nieistotna – non-significant differences

Aplikacja Basfoliaru 6–12–6 nie modyfikowała istotnie zawartości makroelementów w nasionach łubinu wąskolistnego (tab. 6). Stwierdzono natomiast istotnie wyższą zawartość wapnia a niższą magnezu w nasionach odmiany Zeus w porównaniu z Neptunem.

Średnia zawartość badanych składników wyniosła: sód 40,17; wapń 1969,76; magnez 1667,67; fosfor 2669,96 i potas 9674,14 mg·kg⁻¹. Wyniki te były zbieżne z podanymi przez Faligowską i Szukałę (2007b) dla potasu, wapnia i magnezu. Autorzy ci wykazali modyfikujący wpływ warunków pogodowych, zaś brak istotnego wpływu nawozów dolistnych, na skład chemiczny nasion.

Tabela 6

Table 6

Zawartość makroelementów w nasionach (mg·kg⁻¹)
Macroelements content in seeds

Dokarmianie dolistne Foliar fertilization	Odmiana Cultivar	Na	Ca	Mg	P	K
Kontrola Control	Neptun	39,25	1930,26	1705,25	2701,33	9656,25
	Zeus	40,12	2005,33	1635,87	2656,65	9705,11
Basfoliar 6–12–6	Neptun	39,95	1936,24	1698,35	2682,56	9634,90
	Zeus	41,35	2007,21	1631,20	2639,27	9700,28
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I x II		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I x II x lata – years		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Kontrola Control	—	39,68	1967,80	1670,56	2678,99	9680,68
Basfoliar 6–12–6		40,65	1971,73	1664,78	2660,92	9667,59
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I x lata – years		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
—	Neptun	39,60	1933,25	1701,80	2691,95	9645,58
	Zeus	40,74	2006,27	1633,54	2647,96	9702,70
NIR _{0,05} LSD _{0,05} II		r.n.	72,358	67,554	r.n.	r.n.
NIR _{0,05} LSD _{0,05} II x lata – years		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnia – Mean		40,17	1969,76	1667,67	2669,96	9674,14

r.n. – różnica nieistotna – non-significant differences

Dokarmianie dolistne wywarło istotny wpływ na zawartość manganu w nasionach. Uzyskana różnica w stosunku do obiektu kontrolnego wyniosła 6,2 mg Mn·kg⁻¹. Zawartość żelaza, miedzi i cynku nie została istotnie zróżnicowana przez badany nawóz dolistny. Odmiana Zeus zawierała w nasionach więcej manganu a mniej miedzi w porównaniu z nasionami odmiany Neptun. Różnice to potwierdzono statystycznie (tab. 7). Barłóg i Biernacka (2003) podają, że zawartość mikroelementów w nasionach łubinu wąskolistnego zależy od odmiany oraz od rodzaju nawożenia azotowego.

Tabela 7
Table 7Zawartość mikroelementów w nasionach (mg·kg⁻¹)
Microelements content in seeds

Dokarmianie dolistne Foliar fertilization	Odmiana Cultivar	Fe	Mn	Cu	Zn
Kontrola Control	Neptun	33,48	68,52	3,76	26,31
	Zeus	33,51	76,69	3,60	26,42
Basfoliar 6–12–6	Neptun	33,57	77,25	3,94	26,08
	Zeus	33,59	80,29	3,70	26,39
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I x II		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I x II x lata – years		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Kontrola Control	—	33,50	72,61	3,68	26,37
Basfoliar 6–12–6		33,58	78,77	3,82	26,24
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I		r.n.	5,589	r.n.	r.n.
NIR _{0,05} LSD _{0,05} I x lata – years		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
—	Neptun	33,53	72,89	3,85	26,20
	Zeus	33,55	78,49	3,65	26,41
NIR _{0,05} LSD _{0,05} II		r.n.	4,257	0,198	r.n.
NIR _{0,05} LSD _{0,05} II x lata – years		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnia – Mean		33,54	75,69	3,75	26,31

r.n. – różnica nieistotna – non-significant differences

WNIOSKI

1. Dokarmianie dolistne Basfoliaru 6–12–6 zwiększało plon nasion łubinu wąskolistnego. Średnio z 3 lat badań przyrost plonu nasion wyniósł 0,3 t·ha⁻¹ w porównaniu z obiektem kontrolnym. Było to wynikiem istotnego wzrostu liczby strąków na roślinie i masy 1000 nasion. Liczba nasion w strąku nie została istotnie zmieniona przez badany czynnik. Elementy struktury plonu i plon nasion nie podlegały zróżnicowaniu przez czynnik odmianowy.

2. Zawartość białka ogólnego w nasionach istotnie wzrosła pod wpływem dokarmiania dolistnego w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Czynnik odmianowy nie modyfikował zawartości tego składnika.

3. Zastosowanie Basfoliaru 6–12–6, w odniesieniu do obiektu kontrolnego, zróżnicowało w nasionach tylko zawartość manganu. Stwierdzono natomiast istotnie wyższą zawartość wapnia i manganu a niższą magnezu i miedzi w nasionach odmiany Zeus w porównaniu z odmianą Neptun.

PIŚMIENNICTWO

- Barlóg P., Biernacka A., 2003. Wpływ magnezu i nawozów azotowych na zawartość i nagromadzenia niektórych mikroelementów w łubinie wąskolistnym (*Lupinus angustifolius* L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 495: 81–94.
- Czuba R., 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 471: 161–169.
- Faligowska A., Szukała J., 2007a. Plonowanie i wydajność paszowa łubinu wąskolistnego w zależności od systemów uprawy roli i dolistnego dokarmiania mikroelementami. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 522: 209–217.
- Faligowska A., Szukała J., 2007b. Wpływ systemów uprawy roli i dolistnego dokarmiania mikroelementami na jakość nasion i efektywność ekonomiczną uprawy łubinu wąskolistnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 522: 219–228.
- Galek R., Kalińska H., Sawicka-Sienkiewicz E., 2006. Analiza wybranych cech morfologicznych i struktury plonu w kolekcji łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). Biul. IHAR, 240/241: 243–252.
- Gembarzowski H., 2000. Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 471: 171–179.
- Grzyś E., 2004. Rola i znaczenie mikroelementów w żywieniu roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 502: 89–99.
- Hoffmann J., Górecki H., 2000. Nowe technologie wytwarzania nawozów mikroelementowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 471: 637–645.
- Jaskulski D., 2004. Efektywność dolistnego stosowania nawozów „Sonata”. Annales UMCS, Sec. E, 59, 1: 431–439.
- Książek J., Podleśny J., 2005. Rośliny strączkowe [w:] pod red. Jacka Chotkowskiego, Rynki i technologie produkcji roślin uprawnych. Wieś Jutra. Warszawa: 312–328.
- Kurasiak-Popowska D., Szukała J., 2007. Effect of tillage systems, microelement foliar fertilization and harvest methods on the germinability and vigor of narrow-leaf lupin seeds. EJP AU, 10 (4): 27.
- Lipiński W., 2009. Ocena zasobności gleb Polski w mikroelementy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 541, cz. II: 291–296.
- Piwowar A., 2007. Nowe produkty w grupie nawozów mineralnych i ich marketing. Roczniki Naukowe SERiA. T. IX., 3: 164–168.
- Podleśny J., 2007. Doskonalenie wybranych elementów technologii produkcji nasion roślin strączkowych. Wybrane elementy technologii produkcji roślinnej. Studia i Raporty IUNG – PIB Puław. 9: 189–208.
- Podleśny J., Strobel W., Podleśna A., Kotlarz A., 2010. Wpływ terminu zbioru na plon i skład chemiczny nasion zróżnicowanych odmian łubinu wąskolistnego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 550: 121–129.
- Prusiński J., 2007. Postęp biologiczny w łubinie (*Lupinus sp.*) – rys historyczny i stan aktualny. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 522: 23–37.
- Prusiński J., Borowska M., 2003. Potencjał biologiczny roślin strączkowych i jego wykorzystanie, cz. II. Dolistne dokarmianie roślin strączkowych. Hodowla Roślin i Nasiennictwo, 1: 8–13.
- Prusiński J., Kaszkowiak E., Borowska M., 2010. Produkcyjne efekty zastosowania IBA i Ekolistu w uprawie łubiny żółtego (*Lupinus luteus* L.) wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.) i białego (*Lupinus albus* L.). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 550: 89–96.

- Pruszyński S., Mrówczyński M. (pod red.), 2002. Łączne stosowanie agrochemikaliów. IOR Poznań: 8–48.
- Szewczuk Cz., Michałojć Z., 2003. Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agrophys.*, 85: 19–29.
- Szewczuk Cz., Sugier D., 2009. Ogólna charakterystyka i podział nawozów dolistnych oferowanych na polskim rynku. *Annales UMCS, Sec. E, LXIV*, 1: 29–36.
- Sztuder H., 2009. Ocena efektywności dolistnego dokarmiania wybranych gatunków roślin nawozami płynnymi zawierającymi mikroelementy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 541, cz. II: 417–424.
- Wiatr K., Dolata A., Mańczak T., 2007. Koncentracja i zmienność podstawowych cech jakościowych nasion odmian łubinów zarejestrowanych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 522: 75–85.
- Yu Q., Rengel Z., 1999. Micronutrient Deficiency Influences Plant Growth and Activities of Superoxide Dismutases in Narrow-leaved Lupins. *Annals of Botany*, 83: 175–182.

**IMPACT OF FOLIAR FERTILIZATION WITH BASFOLIAR 6-12-6
ON THE QUANTITY AND QUALITY OF CROPS OF BLUE LUPIN
(*LUPINUS ANGUSTIFOLIUS* L.)**

S u m m a r y

Formal field experiments were carried out from 2009 to 2011 at the Research Station of the Biology and Agriculture Faculty of Rzeszów University in Krasne. The goal of the research was to determine the reaction of Neptun and Zeus varieties of blue lupin to foliar fertilization with Basfoliar 6-12-6. The results of the experiments proved that the applied fertilizer considerably increased the amount of pods in the plant and the thousand seed mass compared to the control sample. The number of seeds in a pod did not change significantly. Foliar fertilization increased the seed yield and the overall content of albumen in the seeds compared to the control sample. Using Basfoliar 6-12-6 led to a slight change in the amount of micro and macro elements in the seeds. There were significant differences only in the level of manganese compared to the control samples. There were considerable differences in the content of calcium, magnesium, manganese, and copper in the seeds of the Neptun variety compared to the Zeus variety.

KEY WORDS: blue lupine, foliar nutrition, yield, yield components, protein, macro- and microelements

Wacław Jarecki, Ewa Szpunar-Krok, Dorota Bobrecka-Jamro

**REAKCJA ŁUBINU ŻÓŁTEGO (*LUPINUS LUTEUS* L.)
NA DOLISTNE DOKARMIANIE**
**REACTION OF YELLOW LUPINE (*LUPINUS LUTEUS* L.)
TO FOLIAR FEEDING**

Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski
Department of Crop Production, Faculty of Biology and Agriculture, University
of Rzeszów

Ścisłe doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2011–2013 w Zakładzie Doświadczalnym Oceny Odmian w Dukli. Celem badań było określenie reakcji łubinu żółtego (odmiany Mister i Taper) na dolistne dokarmianie (Basfoliar 6-12-6). Stwierdzono, że odmiana Mister charakteryzuje się istotnie większą liczbą strąków na roślinie, MTN oraz plonem nasion w porównaniu z odmianą Taper. Nawóz dolistny istotnie zwiększył liczbę strąków na roślinie, MTN oraz plon nasion. Uzyskana zwyczajka plonu nasion po zastosowaniu Basfoliaru 6-12-6 wyniosła 0,27 t·ha⁻¹ w odniesieniu do kontroli. W nasionach odmiany Mister oznaczono istotnie większą zawartość tłuszczu surowego, fosforu i magnezu, zaś mniejszą wapnia w porównaniu z odmianą Taper. Dokarmianie dolistne skutkowało wzrostem zawartości fosforu w nasionach, nie modyfikowało natomiast zawartości mikroelementów.

SŁOWA KLUCZOWE: łubin żółty, dolistne dokarmianie, elementy struktury plonu, plon nasion, skład chemiczny nasion

WSTĘP

Łubin żółty (*Lupinus luteus* L.) należy do rodziny bobowatych (*Fabaceae*). Uprawiany jest na glebach lekkich i toleruje ich lekko kwaśny odczyn. Nasiona przeznaczone są głównie na pasze, a zielona masa także na przyzioranie (Krawczyk i Mrówczyński 2012). Wzrost znaczenia łubinu żółtego wynika z zarejestrowania nowych odmian o zdeteminowanym wzroście oraz odmian o niskiej zawartości alkaloidów w nasionach, tzw. słodkich (Prusiński 2007). Łubin żółty dzięki symbiozie z bakteriami brodawkowymi samozaopatruje się w azot, stąd nie jest nawożony azotem lub tylko dawką startową

Do cytowania – For citation: Jarecki W., Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D., 2017. Reakcja łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) na dolistne dokarmianie. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol. CXX, 623: 27–36.

(Szukała 2012). Dodatkowo, dzięki głębokiemu korzeniowi palowemu pobiera wodę oraz składniki pokarmowe z głębszych warstw gleby (Krawczyk i Mrówczyński 2012). Plonowanie łubinu żółtego jest zmienne w latach (Panasiewicz i wsp. 2016) i uzależnione od wielu czynników, w tym agrotechniki. W uprawie łubinów ważne jest zoptymalizowane nawożenie, w którym oprócz makroelementów uwzględnić należy mikroelementy. Te ostatnie można zastosować w formie dolistnego dokarmiania (Mengel 2002, Wójcik 2004, Szewczuk i Sugier 2009). Dotychczasowe badania wskazują jednak, że zabieg taki nie zawsze jest uzasadniony w agrotechnice łubinów. Faligowska i Szukała (2008) wykazali korzystny wpływ dwukrotnej dawki Ekolistu na plon nasion łubinu żółtego. Również Jarecki i Bobrecka-Jamro (2012) uzyskali wyższą plonu nasion łubinu wąskolistnego po zastosowaniu nawozu dolistnego. Z kolei Faligowska i wsp. (2009) oraz Prusiński i wsp. (2010) nie stwierdzili istotnego wpływu dokarmiania dolistnego na plonowanie badanych gatunków łubinu.

Celem badań było porównanie wielkości i jakości plonu nasion dwóch odmian łubinu żółtego w zależności od zastosowanego dokarmiania dolistnego.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe dwuczynnikowe doświadczenie polowe z łubinem żółtym przeprowadzono w latach 2011–2013 w Zakładzie Doświadczalnym Oceny Odmian w Dukli ($\phi = 49^{\circ}34'$, $\lambda = 21^{\circ}41'$). Eksperyment założono w czterech powtórzeniach w układzie split-plot. Badanymi czynnikami były: A – dokarmianie dolistne (Basfoliar 6-12-6, kontrola), B – odmiana (Mister, Taper). Odmiana Mister (tradycyjna) jest dobrze plonującą i zalecaną do uprawy na terenie całego kraju. Odmiana Taper (samokończąca) niewiele ustępuje odmianie Mister pod względem zawartości białka w nasionach, ma natomiast znacznie krótszy okres wegetacji i mniejszą podatność na porażenie antraknozą.

Warunki wilgotnościowo-termiczne podano według zapisów Stacji Meteorologicznej Zakładu Doświadczalnego Oceny Odmian w Dukli. W 2011 roku odnotowano umiarkowane średnie temperatury powietrza oraz sumy opadów, z wyjątkiem wilgotnego lipca. W 2012 roku intensywne opady wystąpiły w czerwcu, a wysokie temperatury w lipcu. W ostatnim roku badań odnotowano wysokie opady w marcu (w tym śniegu) przy ujemnych temperaturach, natomiast w lipcu i sierpniu miesięczne sumy opadów były znacznie niższe od średniej wieloletniej (tab. 1).

Odczyn pH gleby oraz zasobność w makro- i mikroskładniki oznaczono w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Rzeszowie. Doświadczenie założono na glebie średniej, należącej do kompleksu zbożowego górskiego. Była to gleba brunatna wylugowana o składzie granulometrycznym ilu pylastego i glin ciężkich pylastych. Charakteryzowała się odczynem kwaśnym lub lekko kwaśnym. Zawartość przyswajalnego fosforu i potasu była średnia lub wysoka, zaś magnezu bardzo wysoka. Zawartość mikroelementów była średnia lub niska (tab. 2).

Tabela 1

Table 1

Warunki pogodowe w latach 2011–2013
Weather conditions in the years 2011–2013

Miesiąc Months	Sumy opadów Rainfall summ (mm)				Średnie temperatury powietrza Average temperatures air (°C)			
	2011	2012	2013	wielolecie multi-year	2011	2012	2013	wielolecie multi-year
III	18,9	42,0	100,4	49,02	1,87	3,16	-1,15	2,13
IV	37,4	43,6	42,8	66,66	8,95	9,21	8,91	8,29
V	42,0	78,0	65,8	82,93	12,57	13,83	14,17	13,93
VI	93,0	170,0	117,7	110,35	17,23	17,55	17,53	17,13
VII	188,0	98,6	30,7	119,83	17,60	19,73	18,04	18,75
VIII	41,3	51,4	25,6	73,74	18,44	18,03	18,15	18,30

Tabela 2

Table 2

Wyniki analizy gleby
Results of soil analysis

Parametr Parameter	Jednostka Unit	2011	2012	2013
		wynik – score		
pH w – in KCL	–	6,10	6,19	5,14
Próchnica – Humus	(g·kg ⁻¹)	26,5	28,1	15,3
N _{min}	(kg·ha ⁻¹)	20,1	49,7	32,5
P ₂ O ₅	(mg·kg ⁻¹)	137	120	199
K ₂ O		160	175	205
Mg		124	151	128
Fe		3076,0	3040,0	974
Mn		341,0	366,2	156
Zn		10,6	12,2	3,10
B		2,75	1,5	0,50
Cu		6,8	8,4	2,00

Wysiewu nasion łubinu żółtego dokonywano w kwietniu. Materiał siewny zaprawiono Sarfunem T 450, a tuż przed wysiewem zaszczerpiono Nitraginą (Biofood s.c., Wałcz). Norma wysiewu nasion wyniosła 100 szt·m⁻² w przypadku odmiany Mister i 120 szt·m⁻² u odmiany Taper. Kwalifikowany materiał siewny pochodził z Poznańskiej Hodowli Roślin Sp. z o.o. oddział w Wiatrowie. Powierzchnia jednego poletka wynosiła 19,5 m² (do zbioru 16,5 m²). Przedplonem w każdym roku badań była pszenica ozima. Nawożenie mineralne fosforowo-potasowe (superfosfat potrójny 46% i sól potasowa 60%) zastosowano pod orkę przedzimową w dawkach: 60 kg·ha⁻¹ P₂O₅ i 80 kg·ha⁻¹ K₂O. Nawożenia startowego azotem nie stosowano. Do regulacji zachwaszczenia wykorzystano Afalon Dyspersyjny 450 SC w dawce 1,5 dm³·ha, zaś do ograniczenia występowania chorób

użyto preparatu Gwarant 500 SC w dawce $2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}$. Nawóz dolistny Basfoliar 6-12-6 aplikowano dwukrotnie w fazie pąkowania i po przekwitnięciu, w każdorazowej dawce po $10 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Ilość cieczy roboczej wyniosła $300 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Skład nawozu dolistnego przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3
Table 3

Skład chemiczny nawozu dolistnego – Basfoliar 6-12-6
The chemical composition of the fertilizer – Basfoliar 6-12-6

Składnik pokarmowy – Nutrients	Zawartość w $\text{g} \cdot \text{dm}^3$ – Content in $\text{g} \cdot \text{dm}^3$
N	72,0
P_2O_5	144,0
K_2O	72,0
MgO	0,12
Mn	0,12
Cu	0,12
Fe	0,12
B	0,12
Zn	0,6
Mo	0,06

Obsadę roślin po wschodach i przed zbiorem policzono na powierzchni 1 m^2 . W fazie pełnej dojrzałości nasion, z każdego poletka, pobrano losowo 20 roślin. Próba ta posłużyła do określenia elementów struktury plonu: liczby strąków na roślinie, liczby nasion w strąku i masy tysiąca nasion, przy 15% wilgotności. Zbiór przeprowadzano jednoetapowo w pierwszej lub drugiej dekadzie sierpnia. Desykacji nie stosowano. Podczas zbioru z każdej kombinacji określano średni plon nasion, przeliczając go na powierzchnię 1 ha , przy uwzględnieniu wilgotności 15%.

Na aparacie SPEKTROMETR FT, NIR MPA firmy Bruker oznaczono podstawowy skład chemiczny nasion (białko ogólne, tłuszcz surowy, popiół i włókno). Oznaczenia zawartości poszczególnych pierwiastków przeprowadzono przy użyciu spektrofotometru absorpcji płomieniowej Hitachi Z-2000 metodą krzywej wzorcowej. W przypadku oznaczania Ca, Mg i K zastosowano dodatek lantanu (do stężenia 0,1% w roztworze).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji. Istotność różnic pomiędzy wartościami cech testowano na podstawie półprzedziałów ufności Tukeya, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Do obliczeń wykorzystano program statystyczny ANALWAR-5FR.

WYNIKI I DYSKUSJA

Obsada roślin po wschodach i przed zbiorem była istotnie wyższa na poletkach z odmianą Taper w porównaniu z Mister. Wynikało to głównie ze zróżnicowania normy wysiewu badanych odmian. Dokarmianie dolistne nie wpłynęło na zagęszczenie roślin przed zbiorem

(tab. 4). Bieniaszewski i wsp. (2012) za optymalną obsadę dla łubinu żółtego podają 60 roślin na 1 m². Przy czym najwyższy plon nasion uzyskali w obiektach o obsadzie 100 roślin na 1 m².

Tabela 4
Table 4

Liczba roślin po wschodach i przed zbiorem
Number of plants after emergence and before harvest

Dokarmianie dolistne Foliar feeding	Odmiany Cultivars	Liczba roślin (1 m ²) Number of plants	
		po wschodach after emergence	przed zbiorem before harvest
Kontrola Control	Mister	96	94
	Taper	105	103
Basfoliar 6-12-6	Mister	97	97
	Taper	104	100
NIR – LSD I x II _{0,05}		n.i.	7,79
NIR – LSD II x I _{0,05}		n.i.	6,35
Kontrola – Control		101	99
Basfoliar 6-12-6		100	98
NIR – LSD I _{0,05}		n.i.	n.i.
Mister		97	95
Taper		104	101
NIR – LSD II _{0,05}		6,76	5,35

r.n. – różnica nieistotna – non significant differences

Rośliny odmiany Mister wykształciły istotnie więcej strąków na roślinie oraz wydały dorodniejsze nasiona w porównaniu z odmianą Taper. Zastosowany nawóz dolistny zwiększył liczbę strąków na roślinie oraz MTN (tab. 5). We wcześniejszych badaniach Pytlarz-Kozicka (2010) wykazała, że odmiana Mister przewyższa odmianę Taper pod względem cech struktury plonu. Faligowska i Szukała (2008) nie wykazali wpływu stosowanych nawozów dolistnych na dorodność nasion łubinu żółtego.

Plon nasion odmiany Mister wyniósł średnio 2,02 t·ha⁻¹, zaś odmiany Taper 1,7 t·ha⁻¹. Uzyskana różnica była istotna i wyniosła 0,32 t·ha⁻¹, tj., 18,8%. Znacznie wyższe plony łubinu żółtego uzyskali Panasiewicz i wsp. (2016), wynoszące średnio 3,7 t·ha⁻¹. Bieniaszewski i wsp. (2012) udowodnili, że wyższy plon nasion (o 16,2%) wydają odmiany tradycyjne w porównaniu z samokończącymi.

W przeprowadzonym doświadczeniu nawóz dolistny zwiększył średni plon nasion (o 0,27 t·ha⁻¹, tj., 15,6%) w porównaniu z kontrolą. Zależności takiej nie udowodniono jednak w 2013 roku (tab. 6). Prusiński i Borowska (2001) potwierdzili zasadność stosowania Ekolistu w uprawie łubinu żółtego, ale tylko w odpowiednim terminie i dawce. Kurasiak-Popowska i Szukała (2008) podają, że nawozy dolistne nie modyfikują zdolności kiełkowania oraz wigoru nasion łubinu żółtego, co ma ważny aspekt praktyczny.

Tabela 5

Table 5

Elementy struktury plonu
Yield components

Dokarmianie dolistne Foliar feeding	Odmiany Cultivars	Liczba strąków na roślinie Number of pods per plant	Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod	MTN (g) Weight of 1000 seeds
Kontrola Control	Mister	7,1	3,3	125
	Taper	6,4	3,3	113
Basfoliar 6-12-6	Mister	8,3	3,4	126
	Taper	6,7	3,3	116
NIR – LSD I x II _{0,05}		0,63	n.i.	n.i.
NIR – LSD II x I _{0,05}		0,70	n.i.	n.i.
Kontrola – Control		6,8	3,3	119
Basfoliar 6-12-6		7,5	3,4	121
NIR – LSD I _{0,05}		0,35	n.i.	1,82
Mister		7,7	3,4	126
Taper		6,6	3,3	114
NIR – LSD II _{0,05}		0,53	n.i.	2,19

r.n. – różnica nieistotna – non significant differences

Tabela 6

Table 6

Plon nasion (t·ha⁻¹)
Yield of seeds

Dokarmianie dolistne Foliar feeding	Odmiany Cultivars	2011	2012	2013	Średnia z lat Mean in years
Kontrola Control	Mister	2,60	1,55	1,56	1,90
	Taper	1,99	1,20	1,50	1,56
Basfoliar 6-12-6	Mister	3,12	1,74	1,58	2,15
	Taper	2,60	1,38	1,57	1,85
NIR – LSD I x II _{0,05}		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
NIR – LSD II x I _{0,05}		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Kontrola – Control		2,29	1,38	1,53	1,73
Basfoliar 6-12-6		2,86	1,56	1,58	2,00
NIR – LSD I _{0,05}		0,244	0,114	n.i.	0,105
Mister		2,86	1,65	1,57	2,02
Taper		2,29	1,29	1,54	1,70
NIR – LSD II _{0,05}		0,260	0,135	n.i.	0,126

r.n. – różnica nieistotna – non significant differences

Zawartość tłuszczu w nasionach odmiany Mister była istotnie większa w odniesieniu do nasion odmiany Taper. Pozostałe oznaczone składniki nie zostały zróżnicowane badanymi czynnikami doświadczenia (tab. 7). Faligowska i Szukała (2008) oraz Faligowska i wsp. (2009) nie wykazali istotnego wpływu nawozu dolistnego na podstawowy skład chemiczny nasion łubinu żółtego. Również Prusiński i Borowska (2002) podają, że wpływ Ekolistu na skład chemiczny i żywotność nasion łubinu żółtego był niewielki.

Tabela 7
Table 7

Skład chemiczny suchej masy nasion w g·kg⁻¹
Chemical composition of seeds in g·kg⁻¹ DM

Dokarmianie dolistne Foliar feeding	Odmiany Cultivars	Białko ogółem Total protein	Tłuszcz surowy Crude fat	Popiół surowy Crude ash	Włókno surowe Crude fiber
Kontrola Control	Mister	433,7	46,1	59,2	127,7
	Taper	430,4	40,4	60,0	128,9
Basfoliar 6-12-6	Mister	433,8	43,9	59,7	131,2
	Taper	433,3	41,2	59,8	125,9
NIR – LSD I x II _{0,05}		n.i.	2,68	n.i.	n.i.
NIR – LSD II x I _{0,05}		n.i.	2,15	n.i.	n.i.
Kontrola – Control		432,1	43,2	59,6	128,3
Basfoliar 6-12-6		433,6	42,6	59,8	128,6
NIR – LSD I _{0,05}		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Mister		433,8	45,0	59,4	129,5
Taper		431,9	40,8	59,9	127,4
NIR – LSD II _{0,05}		n.i.	2,30	n.i.	n.i.

r.n. – różnica nieistotna – non significant differences

Badane odmiany różniły się istotnie zawartością w nasionach: fosforu (P), magnezu (Mg) i wapnia (Ca). Aplikacja nawozu dolistnego zwiększyła zawartość fosforu w nasionach w porównaniu z kontrolą (tab. 8). Wilczewski (2007) oceniając zawartość makroskładników w zielonce roślin strączkowych, stwierdził, że zgromadziły w biomasie znaczne ilości azotu i potasu. Pozostałe składniki (P, Ca i Mg) były akumulowane w biomasie roślin motylkowatych w małych ilościach. W badaniach Jareckiego i Bobreckiej-Jamro (2012) nad łubinem wąskolistnym wykazano istotne zróżnicowanie odmianowe zawartości w nasionach zarówno makro-, jak i mikroelementów.

Czynniki doświadczenia nie zmodyfikowały istotnie zawartości oznaczonych mikroelementów w nasionach (tab. 9). Jarecki i Bobrecka-Jamro (2012) stosując Basfoliar 6–12–6 na rośliny łubinu wąskolistnego, uzyskali wzrost zawartości manganu w nasionach. Bartkiene i wsp. (2016) wykazali duże zróżnicowanie zawartości makro- i mikroelementów w nasionach badanych gatunków, odmian i linii łubinu.

Tabela 8
Table 8

Skład chemiczny nasion w g·kg⁻¹
Chemical composition of seeds in g·kg⁻¹

Dokarmianie dolistne Foliar feeding	Odmiany Cultivars	P	K	Mg	Ca
Kontrola Control	Mister	6,79	10,70	2,29	1,47
	Taper	6,53	11,36	2,10	1,75
Basfoliar 6-12-6	Mister	7,17	10,89	2,34	1,41
	Taper	6,63	11,61	2,09	1,85
NIR – LSD I x II _{0,05}		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
NIR – LSD II x I _{0,05}		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Kontrola – Control		6,66	11,03	2,20	1,61
Basfoliar 6-12-6		6,90	11,25	2,21	1,63
NIR – LSD I _{0,05}		0,198	n.i.	n.i.	n.i.
Mister		6,98	10,79	2,32	1,44
Taper		6,58	11,48	2,10	1,80
NIR – LSD II _{0,05}		0,289	n.i.	0,187	0,297

r.n. – różnica nieistotna – non significant differences

Tabela 9
Table 9

Skład chemiczny nasion w mg·kg⁻¹
Chemical composition of seeds in mg·kg⁻¹

Dokarmianie dolistne Foliar feeding	Odmiany Cultivars	Fe	Cu	Mn	Zn
Kontrola Control	Mister	56,4	11,2	54,2	45,8
	Taper	52,2	10,3	49,2	46,1
Basfoliar 6-12-6	Mister	57,6	11,4	52,1	47,8
	Taper	50,7	10,5	48,6	46,9
NIR – LSD I x II _{0,05}		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
NIR – LSD II x I _{0,05}		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Kontrola – Control		54,3	10,7	51,7	46,0
Basfoliar 6-12-6		54,1	11,0	50,4	47,3
NIR – LSD I _{0,05}		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Mister		57,0	11,3	53,2	46,8
Taper		51,4	10,4	48,9	46,5
NIR – LSD II _{0,05}		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

r.n. – różnica nieistotna – non significant differences

WNIOSKI

1. Odmiana Mister w porównaniu z Taper odznaczyła się istotnie większą liczbą strąków na roślinie, MTN oraz plonem nasion.
2. Dokarmianie dolistne istotnie zwiększyło liczbę strąków na roślinie, MTN, plon nasion oraz zawartość fosforu w nasionach w porównaniu z kontrolą.
3. W nasionach odmiany Mister oznaczono istotnie większą zawartość tłuszczu surowego, fosforu i magnezu, zaś mniejszą wapnia w odniesieniu do odmiany Taper.

PIŚMIENNICTWO

- Bartkiene E., Bartkevicius V., Starkute V., Krungleviciute V., Cizeikiene D., Zadeike D., Juodeikiene G., Maknickiene Z., 2016. Chemical composition and nutritional value of seeds of *Lupinus luteus* L., *L. angustifolius* L. and new hybrid lines of *L. angustifolius* L. *Zemdirbyste-Agriculture*, 103 (1): 107–114.
- Bieniaszewski T., Podleśny J., Olszewski J., Stanek M., Horoszkiewicz M., 2012. Reakcja łubinu żółtego form tradycyjnych i samokończących za zróżnicowaną obsadę roślin. *Fragm. Agron.*, 29 (4): 7–20.
- Faligowska A., Szukała J., 2008. Effect of soil cultivation systems and foliar microelement fertilization on the yielding and usability of yellow lupin. *EJPAU*, 11 (1): #23.
- Faligowska A., Szukała J., Kowalska M., 2009. The influence of foliar fertilization with microelements and seed inoculation on the crop yield and quality of seeds of leguminous plants. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 541: 113–119.
- Jarecki W., Bobrecka-Jamro D., 2012. Wpływ dolistnego dokarmiania Basfoliarem 6-12-6 na wielkość i jakość plonu łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). *Zesz. Nauk. UP Wroc.*, Rol. CIII, 589: 125–134.
- Krawczyk R., Mrówczyński M., (red.) 2012. Metodyka integrowanej ochrony łubinu wąskolistnego, żółtego i białego dla producentów. IOR-BIP, Poznań, 3–4.
- Kurasik-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.
- Mengel K., 2002. Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. *Acta Hort.*, 594: 33–47.
- Panasiewicz K., Koziara W., Sulewska H., Szukała J., Faligowska A., Szymańska G., Ratajczak K., Strzelińska J., Sobieszczański R., 2016. Produkcyjność wybranych gatunków roślin bobowatych w warunkach uprawy uproszczonej w obrębie pola produkcyjnego. *Nauka Przyr. Technol.*, 10 (1): #6.
- Prusiński J., 2007. Ilościowy i jakościowy potencjalny postęp biologiczny w łubinie (*Lupinus* sp.) – rys historyczny i stan aktualny. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 522: 23–37.
- Prusiński J., Borowska M., 2001. Impact of selected growth regulators and Ekolist on yellow lupin seed yield (*Lupinus luteus* L.). *EJPAU*, 4 (2): #4.
- Prusiński J., Borowska M., 2002. Impact of selected growth regulators and Ekolist on yellow lupin seed chemical composition, viability and vigour (*Lupinus luteus* L.). *Acta Sci. Pol. Agricultura*, 1 (1): 81–97.
- Prusiński J., Kaszkowiak E., Borowska M., 2010. Produkcyjne efekty zastosowania IBA i Ekolistu w uprawie łubiny żółtego (*Lupinus luteus* L.) wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.) i białego (*Lupinus albus* L.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 550: 89–96.

- Pytlarz-Kozicka M., 2010. Wpływ ochrony roślin i szczepienia nitraginą na zdrowotność i plonowanie dwóch odmian łubinu żółtego. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Roślin*, 50 (1): 47–51.
- Szewczuk Cz., Sugier D., 2009. Ogólna charakterystyka i podział nawozów dolistnych oferowanych na polskim rynku. *Ann. UMCS, Sec. E*, 64 (1): 29–36.
- Szukała J., 2012. Problemy w agrotechnice roślin strączkowych [w:] *Rośliny strączkowe w rolnictwie integrowanym*, pod red. Andrzeja Koteckiego. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu: 21–28.
- Wilczewski E., 2007. Wartość wybranych roślin motylkowatych uprawianych w międzyplonie ścierniskowym na glebie lekkiej. Cz. II. Skład chemiczny i akumulacja makroskładników. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 6 (1): 35–44.
- Wójcik P., 2004. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization (review). *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, Special ed.*, 12: 201–218.

REACTION OF YELLOW LUPINE (*LUPINUS LUTEUS* L.) TO FOLIAR FEEDING

Summary

A strict field experience was conducted between 2011 and 2013 in Dukla Experimental Assessment Station. The purpose of the study was to determine the response of yellow lupine (Mister and Taper cultivars) to foliar feeding (Basfoliar 6-12-6). It has been found that the Mister cultivar is characterized by significantly more pods on the plant, MTN and seed yield compared to the Taper cultivar. The foliar feeding significantly increased the number of pods per plant, MTN and seed yield. The yield of seed gained after application of Basfoliar 6-12-6 was 0.27 t·ha⁻¹ in relations to control. Mister seeds were significantly higher in crude fat, phosphorus and magnesium, and lower in calcium compared to the Taper cultivar. Foliar feeding resulted in an increase in the phosphorus content of the seeds and did not modify the content of the micronutrients.

KEY WORDS: yellow lupine, foliar fertilization, yield components, seed yield, seed chemical composition

Wacław Jarecki, Dorota Bobrecka-Jamro

**WPŁYW DOLISTNIE STOSOWANEGO MOCZNIKA
Z MIKROKOMPLEXEM NA WIELKOŚĆ I JAKOŚĆ PLONU
NASION RZEPAKU JAREGO**

**INFLUENCE OF USED ON LEAVES UREA
WITH MICROCOMPLEX ON SIZE AND QUALITY
OF CROP OF SPRING RAPE**

*Katedra Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Rzeszowski
Department of Crop Production, University of Rzeszów*

W latach 2006–2008 przeprowadzono ścisłe doświadczenie polowe, którego celem było określenie reakcji roślin rzepaku jarego na dolistne dokarmianie Mocznikiem z Mikrokomplexem. Stwierdzono, że jednokrotna aplikacja mieszanki nawozów istotnie zwiększyła liczbę łuszczyń na roślinie, zaś dwukrotna – dodatkowo masę tysiąca nasion. Plon nasion był istotnie wyższy na obiektach dokarmianych w porównaniu z kontrolnymi. Uzyskana wyżka plonu nasion po jednokrotnym i dwukrotnym dokarmieniu wyniosła odpowiednio 0,34 t·ha⁻¹ i 0,42 t·ha⁻¹. Zawartość białka ogólnego w nasionach istotnie wzrosła jedynie po dwukrotnym oprysku, a zawartość tłuszczu surowego nie była w sposób istotny uzależniona od zastosowanego dokarmiania. Plon biologiczny tłuszczu surowego był jednak wyższy na obiektach nawozowych w porównaniu z obiektem kontrolnym, co potwierdzono statystycznie.

SŁOWA KLUCZOWE: dokarmianie dolistne, rzepak jary, mocznik, Mikrokomplex, makro- i mikroelementy

WSTĘP

Dolistne dokarmianie jest elementem agrotechniki wielu roślin uprawnych. Zabieg ten pozwala na szybkie wprowadzenie do części nadziemnych roślin deficytowych składników pokarmowych (Czuba 2000, Gembarzewski 2000, Szewczuk, Michałojć 2003,

Do cytowania – For citation: Jarecki W., Bobrecka-Jamro D., 2010. Wpływ dolistnie stosowanego Mocznika z Mikrokomplexem na wielkość i jakość plonu nasion rzepaku jarego. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCVII, 578, 267–274.

Grzyś 2004, Jaskulski 2004, Szewczuk, Sugier 2009). Dolistnie można zastosować makro- i mikroelementy. Te ostatnie zwykle tylko w tej formie są dostarczane roślinom podczas ich wzrostu i rozwoju. Niedobór mikroelementów w glebach Polski jest zróżnicowany regionalnie i dotyczy głównie boru oraz miedzi (Gembarzewski 2000, Lipiński 2009). Ponieważ mikroelementy są na ogół słabo reutilizowane w roślinie, za korzystne uznaje się ich kilkakrotne stosowanie w okresie wegetacji (Czuba 2000, Hoffmann, Górecki 2000, Szewczuk, Michałojć 2003). W ofercie handlowej dostępne są zarówno nawozy jedno-, jak i wieloskładnikowe. Niewątpliwą zaletą nawozów dolistnych jest możliwość ich łącznego zastosowania ze środkami ochrony roślin, a często i z mocznikiem. Należy zaznaczyć, że mocznik, obok funkcji nawozowej, ułatwia wnikanie wielu substancji do roślin (Seta i wsp. 2000, Piwowar 2007, Szewczuk, Sugier 2009, Sztuder 2009). Ważny przy omawianiu dolistnego dokarmiania roślin jest również aspekt ekologiczny dotyczący tych mikroelementów, które są metalami ciężkimi (Filipek, Harasim 2007, Piwowar 2007, Sztuder 2009). W dotychczasowych badaniach (Budzyński, Jankowski 2003, Tobiła, Muśnicki 2003, Jędrzejak i wsp. 2005, Cieśliński i wsp. 2007) określono wpływ doglebowego nawożenia azotem na wielkość i jakość uzyskiwanych plonów rzepaku jarego, mniej jest natomiast wyników dotyczących wieloskładnikowego dolistnego dokarmiania rzepaku jarego (Seta i wsp. 2000, Jarecki, Bobrecka-Jamro 2006). Celem badań było rozpoznanie reakcji roślin rzepaku jarego (odmiana Huzar) na jedno- i dwukrotne dolistne dokarmianie mieszanką Mocznika z Mikrokompleksem.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Ścisłe doświadczenia polowe z rzepakiem jarym (odmiana Huzar) przeprowadzono w latach 2006–2008 w Stacji Doświadczalnej Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego w Krasnem koło Rzeszowa. Było to doświadczenie jednoczynnikowe, przeprowadzone w czterech powtórzeniach. Badanymi czynnikami były dolistne dokarmianie oraz obiekt kontrolny. Mieszanek nawozów Mocznika z Mikrokompleksem zastosowano jednokrotnie w fazie początku pąkowania oraz dwukrotnie w fazach początku i końca pąkowania. Jednorazowo aplikowano 36 kg Mocznika i 6 kg Mikrokomplexu na 1 ha. Skład chemiczny Mikrokomplexu przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1
Table 1

Skład chemiczny Mikrokomplexu (%)
Chemical composition of Mikrokomplex

Siarka Sulfur SO ₃	Magnez Magnesium MgO	Bor Boron	Miedź Copper	Mangan Manganese	Cynk Zinc	Molibden Molybdenum
32	16	0,05	0,3	0,35	0,2	0,01

Rzepak wysiano w ilości 150 kielkujących nasion na 1 m², w rozstawie rzędów 20 cm, na głębokość 2 cm. Siewy wykonano w następujących terminach: 20.04.2006 r., 5.04.2007 r. i 11.04.2008 r. Przedplonem corocznie był jęczmień jary. Powierzchnia poletek wynosiła 15 m² (do zbioru 12 m²). Nawożenie mineralne PK zastosowano pod orkę przedzimową; wynosiło ono 80 kg P₂O₅/ha i 120 kg K₂O/ha. Natomiast nawożenie azotowe (saletra amonowa 34%) zastosowano w dwóch terminach: 70 kg N/ha przed siewem i 50 kg N/ha w fazie rozety. Podczas wegetacji do zwalczania chwastów wykorzystano preparaty: Butisan Star 416 SC i Lontrel 300 SL, a do zwalczania szkodników Decis 2,5 EC.

W okresie wegetacji rzepaku prowadzono obserwacje wzrostu i rozwoju roślin. Obejmowały one: wschody, pąkowanie, kwitnienie oraz dojrzałość (techniczną i pełną). Obsadę roślin na 1 m² policzono w fazie pełni wschodów i przed zbiorem.

W fazie dojrzałości technicznej z każdego poletka pobrano 10 reprezentatywnych roślin i określono elementy ich struktury plonu: liczbę łuszczyń na roślinie, liczbę nasion w łuszczyńce oraz masę tysiąca nasion (przy 15% wilgotności).

Zbiór rzepaku przeprowadzono jednoetapowo w dniach: 12.08.2006 r., 10.08.2007 r. i 8.08.2008 r. Uzyskaną z poletek masę nasion przeliczono na plon z 1 ha przy uwzględnieniu wilgotności 15%. Nasiona do analiz chemicznych pozyskiwano w trakcie zbioru, tworząc próbę ogólną dla każdej kombinacji i oznaczając w nich: tłuszcz surowy metodą Soxhleta, białko ogólne metodą Kjeldahla. Na podstawie wielkości plonu nasion i zawartości w nich tłuszczu wyliczono biologiczny plon tłuszczu surowego z jednostki powierzchni.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej – tzw. analiza wariancji (według modelu "split-plot"). Istotność różnic pomiędzy wartościami cech testowano na podstawie półprzedziałów ufności Tukeya, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Dla składu chemicznego nasion oraz biologicznego plonu tłuszczu surowego wykonano uproszczoną analizę zmienności. Do obliczeń wykorzystano program statystyczny AWAR (IUNG Puławy).

Warunki pogodowe podano według Biuletynów Agrometeorologicznych IMiGW w Warszawie, z zapisów stacji Meteorologicznej w Jasionce koło Rzeszowa. Analizy próbek glebowych dokonano w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Rzeszowie.

WYNIKI I OMÓWIENIE

W badanych sezonach układ warunków pogodowych (tab. 2) sprzyjał wzrostowi i rozwojowi roślin. Corocznie uzyskiwano wysoki plon nasion. Wałkowski (1998) podaje, że w południowo-wschodniej Polsce uzyskiwane są zadowalające plony rzepaku jarego, na co mają wpływ m.in. korzystne warunki wilgotnościowo-termiczne.

W latach prowadzenia badań wyraźnie zróżnicowana była długość trwania poszczególnych faz rozwojowych rzepaku jarego. Pełnię wschodów odnotowano po 8–11 dniach od daty wysiewu nasion. Faza pąkowania rzepaku trwała od 14 do 16 dni, zaś kwitnienia od 18 do 26 dni (tab. 3). Dokarmianie dolistne nie modyfikowało długości faz rozwojowych roślin. Najkrótszy okres wegetacji roślin odnotowano w 2006 r. (114 dni). Obsada roślin przed zbiorem wyniosła średnio: 94 szt. m² w 2006 r., 97 szt. m² w 2007 r. i 95 szt. m² w 2008 r.

Tabela 2

Table 2

Warunki pogodowe w latach 2006–2008
Weather conditions in the years 2006–2008

Miesiące Months	Opady – Rainfall (mm)				Średnie temperatury (°C) Mean temperatures			
	2006	2007	2008	średnia average	2006	2007	2008	średnia average
Kwiecień – April	37,7	27,2	45,5	36,8	9,4	8,7	9,1	9,1
Maj – May	106,3	39,9	105,3	83,8	13,5	15,8	13,6	14,3
Czerwiec – June	91,2	70,5	86,7	82,8	17,0	19,2	18,1	18,1
Lipiec – July	15,9	73,6	117,6	69,0	20,9	20,2	18,9	20,0
Sierpień – August	103,5	87,9	55,3	82,2	18,4	18,9	18,8	18,7

Tabela 3

Table 3

Przebieg wegetacji roślin rzepaku jarego w dniach od daty siewu
Course of vegetation of spring rape plants in days from data of seeding

Rok Year	Wschody Emergence	Pąkowanie Budding		Kwitnienie – Flowering		Dojrzałość Maturity	
		pełnia fully	długość trwania, dni period duration, days	pełnia fully	długość trwania, dni period duration, days	techniczna technical	pełna fully
2006	8	53	14	64	18	109	114
2007	11	57	14	75	26	118	127
2008	11	52	16	74	25	112	119
Średnia Mean	10,0	54,0	14,7	71,0	23,0	113,0	120,3

Doświadczenie zostało założone na glebie klasy bonitacyjnej IIIa o pH w granicach od 5,7 (2008 r.) do 6,0 (2006 r.). Zawartość oznaczonych makro- i mikroelementów w glebie była na średnim lub niskim poziomie. Jedynie w 2008 r. odnotowano bardzo niską zawartość magnezu (tab. 4).

Jednokrotna i dwukrotna aplikacja Mocznika z Mikrokompleksem istotnie zwiększyła średnią liczbą łuszczyń na roślinie rzepaku jarego (tab. 5). Uzyskana różnica wyniosła odpowiednio 22,0 i 18,9 % w porównaniu z roślinami z kontroli. We wcześniejszych badaniach autorów (Jarecki, Bobrecka-Jamro 2006) parametr tej cechy w podobnym zakresie zwiększyło dokarmianie Basfoliarem 12-4-6+S z Soluborem DF.

W przeprowadzonym doświadczeniu łuszczyzny rzepaku jarego zawierały przeciętnie 20,8 nasion (tab. 5). Nie udowodniono istotnego zróżnicowania badanej cechy pod wpływem dokarmiania dolistnego. MTN wyniosła średnio 3,5 g, a dwukrotny oprysk dolistny

istotnie zwiększył dorodność nasion. Cieśliński i wsp. (2007) podają, że liczba nasion w łuszczyńce i MTN w mniejszym stopniu niż liczba łuszczyń na roślinie determinują wielkość plonu nasion rzepaku jarego.

Tabela 4
Table 4

Wyniki analizy gleby
Results of soil analysis

Rok – Year	pH KCl	Przyswajalne – Available							
		makroskładniki (mg/100g gleby) macroelements (mg/100 g of soil)			mikroskładniki (mg/kg gleby) microelements (mg/kg of soil)				
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	B
2006	6,00	9,76	18,1	3,7	2,6	430	4,15	975	1,20
2007	5,79	10,90	18,2	3,7	4,8	444	4,00	964	1,72
2008	5,66	13,10	15,5	2,2	4,2	459	5,30	1110	1,65

Tabela 5
Table 5

Elementy struktury plonu rzepaku jarego (średnia z lat)
Yield components of spring rape (mean for years)

Dokarmianie dolistne Foliar fertilization	Liczba łuszczyń na roślinie – Number of siliques on one plant	Liczba nasion w łuszczyńce – Number of seeds in one silique	Masa tysiąca na- sion (g) – Mass of 1 000 seeds
kontrola – control	50,53	19,30	3,18
jednokrotne – single	61,66	21,76	3,32
dwukrotne – double	60,08	21,36	3,69
NIR _{0,05}	8,462	r.n.	0,412
średnio – mean	57,42	20,81	3,50

r.n. – różnica nieistotna – non significant difference

W latach badań średni plon nasion rzepaku wyniósł 3,19 t·ha⁻¹, a dokarmianie dolistne korzystnie wpłynęło na jego wielkość (tab. 6). W porównaniu z kontrolą jednokrotna i dwukrotna aplikacja Mocznika z Mikrokompleksem zwiększyła plon nasion odpowiednio o 0,34 i 0,42 t·ha⁻¹, tj. o 11,6 i 14,3%. Różnice te potwierdzono statystycznie. Szewczuk i Michajłóc (2003) podają, że w wyniku dolistnego dokarmiania można oczekiwać wzrostu plonów roślin uprawnych rzędu 8–20%.

Tabela 6
Table 6Plon nasion (t·ha⁻¹)
Yield seeds (t·ha⁻¹)

Dokarmianie dolistne Foliar fertilization	2006	2007	2008	Średnia z lat – Mean for years
kontrola – control	2,88	3,01	2,93	2,94
jednokrotne – single	3,37	3,38	3,10	3,28
dwukrotne – double	3,44	3,42	3,22	3,36
NIR _{0.05}	0,390	0,313	r.n.	0,302
średnia – mean	3,23	3,27	3,08	3,19

r.n. – różnica nieistotna – non significant difference

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zawartość białka ogólnego była istotnie wyższa w nasionach pozyskanych z obiektu dwukrotnie dokarmianego dolistnie (25,38%) w porównaniu z nasionami pozyskanymi z kontroli (24,00%). Stosowane dokarmianie dolistne nie modyfikowało znacznie zawartości tłuszczu surowego w suchej masie nasion. Nasiona rzepaku jarego zawierały średnio 40,3 % tłuszczu surowego (tab. 7). Plon tłuszczu surowego z 1 ha rzepaku był jednak w dużym stopniu zróżnicowany i wyniósł średnio 1287 kg·ha⁻¹. Różnica po jedno- i dwukrotnym użyciu Mocznika z Mikrokompleksem wyniosła odpowiednio 118 kg·ha⁻¹ i 131 kg·ha⁻¹ w porównaniu z kontrolą (tab. 7). Uzyskane wyniki pozwalają wnioskować, iż wieloskładnikowe dokarmianie dolistne daje korzystne efekty. Podobne wyniki dotyczące dokarmiania rzepaku nawozami wieloskładnikowymi lub mieszanymi podają również inni autorzy (Sienkiewicz-Cholewa 2002, Jarecki, Bobrecka-Jamro 2006, Figas 2009).

Tabela 7
Table 7Zawartość białka i tłuszczu w nasionach rzepaku jarego oraz biologiczny plon tłuszczu
Content of protein and fat in seeds of spring rape and biological crop of fat

Dokarmianie dolistne Foliar fertilization	Białko (%) Protein	Tłuszcz (%) Fat	Plon tłuszczu (kg·ha ⁻¹) Yield fat
kontrola – control	24,00	40,96	1204
jednokrotne – single	24,50	40,30	1322
dwukrotne – double	25,38	39,74	1335
NIR _{0.05}	1,252	r.n.	113,401
średnia – mean	24,63	40,33	1287

WNIOSKI

1. Wzrost i rozwój roślin rzepaku jarego modyfikowały zmienne warunki siedliskowe. Stosowana mieszanka nawozów nie różnicowała przebiegu faz rozwojowych i okresu wegetacji roślin.

2. Jednokrotne dolistne dokarmienie rzepaku jarego skutkowało osadzeniem większej liczby łuszczyń na roślinie, zaś dwukrotne – dodatkowo zwiększyło masę tysiąca nasion, co potwierdzono statystycznie.

3. Aplikowana mieszanka Mocznika z Mikrokompleksem wpłynęła na wzrost plonu nasion rzepaku jarego. Plon nasion w porównaniu z kontrolą po jednokrotnym i dwukrotnym oprysku był wyższy odpowiednio o 11,6 i 14,3%.

4. Zawartość tłuszczu surowego w nasionach utrzymywała się na jednakowym statystycznie poziomie. Jednak plon tłuszczu surowego był istotnie wyższy na obiektach dokarmianych w porównaniu z kontrolnym. Zawartość białka ogólnego w nasionach była istotnie wyższa tylko po dwukrotnym dolistnym oprysku.

PIŚMIENNICTWO

- Budzyński W., Jankowski K., 2003. Poziom agrotechniki a struktura i plon nasion rzepaku jarego. Biuletyn IHAR., 228, 161–174.
- Cieśliński M., Ostrowska D., Gozdowski D., 2007. Wpływ zagęszczenia roślin oraz nawożenia azotem na wybrane cechy morfologiczne i plonowanie rzepaku jarego (*Brassica napus* var. *Oleifera* f. *annua*), cz. II: Plon i jego składowe. Rośliny oleiste, T. XXVIII, 251–260.
- Czuba R., 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 471, 161–169.
- Figas A., 2009. Wpływ sposobu nawożenia siarką i dolistnej aplikacji magnezu i boru na plonowanie rzepaku jarego oraz zawartość glukozyolanów w nasionach. Fragm. Agron., 26(1), 25–33.
- Filipek T., Harasim P., 2007. Kumulacja pierwiastków śladowych (Zn i Ni) w biomasie pszenicy jarej i rzepaku jarego dokarmianych dolistnie mocznikiem i nawozami mikroelementowymi. Acta Agrophysica, 9(3), 591–602.
- Gembarzewski H., 2000. Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z pól produkcyjnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 471, 171–179.
- Grzyś E., 2004. Rola i znaczenie mikroelementów w żywieniu roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 502, 89–99.
- Hoffmann J., Górecki H., 2000. Nowe technologie wytwarzania nawozów mikroelementowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 471, 637–645.
- Jarecki W., Bobrecka-Jamro D., 2006. Reakcja rzepaku jarego na dolistne dokarmianie nawozami wieloskładnikowymi, [w:] Zin M., Znamierowska A. (red.). Aspekty technologiczne i ekonomiczne gospodarki żywnościowej regionu podkarpackiego. Mat. Konf. Uniwersytet Rzeszowski, 258–268.
- Jaskulski D., 2004. Efektywność dolistnego stosowania nawozów „Sonata”. Annales UMCS, Sec. E, 59, 1, 431–439.
- Jędrzejak M., Kotecki A., Kozak M., Malarz W., 2005. Wpływ zróżnicowanych dawek azotu na rozwój i plonowanie rzepaku jarego. Rośliny oleiste, T. XXVI, 125–138.

- Lipiński W., 2009. Ocena zasobności gleb Polski w mikroelementy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 541, cz. II, 291–296.
- Piwowar A., 2007. Nowe produkty w grupie nawozów mineralnych i ich marketing. Roczniki Naukowe SERiA, IX., 3, 164–168.
- Seta G., Drzewiecki S., Mrówczyński M., 2000. Opłacalność stosowania insektycydów i ich mieszanin z nawozami do dolistnego stosowania w zwalczaniu słodyszka rzepakowego na rzepaku jarym w latach 1998–1999. Rośliny oleiste, XXI, 113–118.
- Sienkiewicz-Cholewa U., 2002. Znaczenie mikroelementów w nawożeniu rzepaku. Post. Nauk Rol., 5, 19–28.
- Szewczuk Cz., Michałojć Z., 2003. Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. Acta Agrophysica, 85, 19–29.
- Szewczuk C., Sugier D., 2009. Ogólna charakterystyka i podział nawozów dolistnych oferowanych na polskim rynku. Annales UMCS, Sec. E, LXIV, 1, 29–36.
- Sztuder H., 2009. Ocena efektywności dolistnego dokarmiania wybranych gatunków roślin nawozami płynnymi zawierającymi mikroelementy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 541, cz. II: 417–424.
- Toboła P., Muśnicki C., 2003. Wpływ wzrastających dawek nawożenia azotem na plonowanie rzepaku jarego. Rośliny oleiste, XXIV, 121–130.
- Wąkowski T., 1998. Rzepak jary. IHAR Poznań, 1–15.

INFLUENCE OF USED ON LEAVES UREA WITH MICROCOMPLEX ON SIZE AND QUALITY OF CROP OF SPRING RAPE

Summary

In years 2006–2008 the detailed field research was carried which goal was to identify the reaction of spring rape to Urea with Microcomplex used on leaves. It was noticed that one application of fertilizer mixture considerably increased the amount of siliquae on the plant and two applications additionally increased the mass of one thousand seeds. The seed crop was considerably higher on plants that were extra fed in comparison with the control sample. The obtained increase of seed crop after one application amounted to 0,34 t·ha⁻¹ and after two applications to 0,42 t·ha⁻¹. The content of general fat in seeds increased only after two sprays and the content of raw fat did not depend considerably on extra feeding. But the biological crop of raw fat was higher on fertilized plants than on the control sample, what was statistically proved.

KEY WORDS: foliar nutrition, spring rape, urea, Mikrokomplex, macro- and microelements

Recenzent – Reviewer: prof. dr hab. Jezry Szukała, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

EFEKTYWNOŚĆ DOLISTNEGO DOKARMIANIA RZEPAKU OZIMEGO BASFOLIAREM I SOLUBOREM

Wacław Jarecki, Dorota Bobrecka-Jamro

Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Biologiczno-Rolniczy,
Katedra Produkcji Roślinnej

Synopsis. W latach 1999- 2002 przeprowadzono badania nad efektywnością dokarmiania dolistnego odmian rzepaku ozimego mieszanką nawozów dolistnych Basfoliar 12-4-6+S z Soluborem DF, stosowana jednorazowo w terminie jesiennym lub dwukrotnie w terminie jesiennym i wiosennym. Stosowane dokarmianie w sezonie 2001/2002 o najostrzejszej zimie zmniejszyło ubytki roślin w okresie zimowym. Dokarmianie dolistne różnicowało dwie cechy struktury plonu, liczbę łuszczyń na roślinie oraz masę tysiąca nasion. Stosowane dwukrotnie, jesienią i wiosną dokarmianie roślin istotnie zwiększyło plon nasion rzepaku. Jednorazowe, jesienne dokarmianie rzepaku okazało się mniej efektywne. Dokarmianie dolistne nie miało istotnego wpływu na zawartość w nasionach tłuszczu surowego i białka ogólnego.

Słowa kluczowe–*Key words:* dokarmianie dolistne–*foliar nutrition*, rzepak ozimy–*winter rape*, makro i mikroelementy–*macro and microelements*

WSTĘP

Prawidłowe nawożenie zwiększa możliwość uzyskania dużych i opłacalnych plonów, rzepaku ale tylko wówczas gdy, inne czynniki ich nie ograniczają [Sienkiewicz-Cholewa 2002, Zachmann 2003]. Dotychczasowe prace badawcze nad rzepakiem pozwoliły na rozpoznanie jego potrzeb pokarmowych oraz na opracowanie zaleceń nawozowych. Istnieje jednak możliwość zwiększenia efektywności podstawowego nawożenia rzepaku poprzez stosowanie dokarmiania dolistnego mikroelementami. Ma to szczególne znaczenie zwłaszcza w warunkach okresowej suszy, gdy pobieranie składników pokarmowych z gleby jest znacznie ograniczone [Czuba 1993]. Spośród polecanych nawozów do jesiennego dokarmiania rzepaku, na uwagę zasługuje Basfoliar 12-4-6+S. Istnieje również możliwość połączenia

wymienionego nawozu z Soluborem DF, który zawiera 17,4% boru. Dodatkowe zaopatrzenie roślin w okresie jesiennej wegetacji w składniki pokarmowe zawarte w takiej mieszance nawozowej jest szczególnie ważne, ponieważ już wówczas kształtują się elementy struktury plonu, zwiększa się ilość gromadzonych składników zapasowych w szyjce korzeniowej, a przez to zimotrwałość roślin. Kolejnym zalecanym terminem dokarmiania dolistnego rzepaku jest okres wiosny, z wyjątkiem fazy kwitnienia [Pruszyński 1999, Zachman 2003].

Celem badań było określenie wpływu dokarmiania dolistnego Basfoliarem 12-4-6+S z Soluborem DF, na wielkość i jakość plonu nasion rzepaku ozimego. W doświadczeniu dokonano również pomiarów biometrycznych roślin w okresie wegetacji. Wyliczono także ekonomiczne efekty przeprowadzonych zabiegów.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w sezonach 1999/2000–2001/2002 w Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Krasnem koło Rzeszowa na glebie brunatnej wytworzonej z lessu, o składzie mechanicznym utworu pyłowego zwykłego, klasy bonitacyjnej IIIa o zawartości próchnicy 1,5–3,0% i lekko kwaśnym odczynie. Zawartości makro i mikro-elementów w glebie były średnie, za wyjątkiem 1999 roku, gdy odnotowano niską zawartość miedzi.

W dwuczynnikowym doświadczeniu pierwszym czynnikiem były zróżnicowane terminy dokarmiania dolistnego mieszanką nawozów Basfoliar 12-4-6+S w dawce 10 l ha⁻¹ z Soluborem DF w dawce 3 kg ha⁻¹. Czynnikiem drugim były odmiany podwójnie uszlachetnionego rzepaku ozimego, Lirajet, Lisek, Marita. Nawozy stosowano jednorazowo, jesienią (faza 5-6 liści) lub dwukrotnie jesienią i wiosną (faza 5–6 liści i faza pąkowania). Basfoliar zawierał 12 %N, 4%P, 6%K, 3%S, 0,2%Mg, 0,02%B, 0,01%Fe, 0,01%Cu, 0,01%Mn, 0,005% Zn i 0,005 % Mn, a Solubor 17,4 % B. Rzepak wysiewano siewnikiem precyzyjnym w ilości 80 kielujących nasion na 1 m², w rozstawie rzędów 30 cm, w końcu sierpnia, w stanowisku po pszenicy ozimej. Zastosowano jednorazowo 80 kg P₂O₅ i 180 kg K₂O i 180 kg N ha⁻¹ w podziale na dawkę jesienną 30 kg N na ha i wiosenną 150 kg N na ha.

W okresie wegetacji dokonywano obserwacji i oceny wzrostu i rozwoju roślin w fazach wschodów, pąkowania kwiatowych, kwitnienia oraz dojrzałości. W fazie dojrzałości technicznej z każdego poletka pobrano 10 roślin i określono ich wysokość, liczbę rozgałęzień pierwszego rzędu, liczbę łuszczyń na roślinie, liczbę nasion w łuszczyńce i masę tysiąca nasion (15% wilgotności). W próbkach nasion oznaczono: tłuszcz surowy–metodą Soxhleta i białko ogólne–metodą Kjeldahla.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, przeprowadzając analizę wariancji według modelu split-plot. Istotność różnic pomiędzy wartościami cech stwierdzono na podstawie półprzedziałów ufności Tukeya, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Obliczeń dokonano przy pomocy programu statystycznego AWAR (IUNG Puławy).

W końcowym etapie pracy przedstawiono ekonomiczną efektywność wykonanych zabiegów posługując się wskaźnikami opłacalności produkcji Q_1 , pokrycia kosztów (E) i opłacalności zabiegów Q_2 [Pruszyński 1999], obliczonymi zgodnie ze wzorami: $Q_1 = K_z/C$, $E = W_u/K_z$ i $Q_2 = K_z \cdot 100/W_p$, gdzie: K_z - koszt zabiegów na 1 ha, C - cena sprzedaży jednostki plonu, W_u - wartość przyrostu plonu, W_p - wartość produkcji z 1 ha.

Wskaźnik Q_1 określa, jaką ilość produktu uzyskanego po dokarmieniu zostaną zrównoważone koszty zabiegu. Wskaźnik E wyższy od jedności oznacza, że zabiegi dokarmiania roślin były opłacalne. Według wskaźnika Q_2 koszty zabiegów dokarmiania roślin rzepaku, nie powinny przekroczyć 5% wartości uzyskanego plonu z plantacji dokarmianej. Założono, iż w terminie wiosennym nawozy dolistne będą stosowane łącznie ze środkami ochrony roślin i nie uwzględniono kosztów ich stosowania. Cenę skupu nasion przyjmowana na 800 zł t⁻¹ w latach 2000 i 2001 oraz 850 zł t⁻¹ w 2002 r.

WYNIKI I DISKUSJA

Przebieg pogody w kolejnych latach badań był zróżnicowany i wywarł znaczący wpływ na wzrost i rozwój roślin rzepaku. Odnotowane opady przekraczały wartości podawane przez Wałkowskiego i in. [2000–2001], jako wymagane dla prawidłowego wzrostu i rozwoju rzepaku, tj. > 600 mm rocznie, jednak ich rozkład i synchronizacja z poszczególnymi fazami rozwojowymi nie były optymalne. W dniu 24 czerwca 2002 roku odnotowano intensywny opad deszczu połączony z gradem, przypadł on na fazę wypełniania łuszczyń rzepaku ozimego. Uszkodzenia mechaniczne roślin były jednak nieznaczne. Największe opady w okresie siew-zbiór odnotowano w sezonie 1999/2000, ich suma wyniosła 909,2 mm. W następnych dwóch sezonach było to odpowiednio 621,2 i 653,0 mm, przy średniej wieloletniej 636,1 mm. Odnotowane temperatury w sezonie 1999/2000 i 2000/2001 na ogół sprzyjały wzrostowi i rozwojowi rzepaku ozimego, ich suma w okresie siew-zbiór przekroczyła 2400°C. W sezonie 2001/02, odnotowano natomiast ostrzejszą zimę i znaczące wahania temperatury na przedwiośniu. W okresie jesiennej wegetacji liczba dni z temperaturą >5°C wahała się od 83 do 93, co zapewniło prawidłowe uformowanie się rozety liściowej. Najwyższą temperaturą w okresie wegetacji rzepaku ozimego, odznaczył się sezon 2000/01, wyniosła ona średnio 9,14 °C. Z kolei w latach 1999/2000 i 2001/02 było to odpowiednio 8,78 i 8,93 °C, przy średniej wieloletniej 8,3 °C.

Pełnię wschodów obserwowano w kolejnych latach badań po 8–12 dniach od daty wysiewu nasion. Średnia obsada roślin po wschodach w kolejnych latach badań wyniosła 56,6; 63,3 i 75,9 sztuk na 1 m², tj. 70,7, 79,1 i 94,9 % ilości wysianych kiełkujących nasion. W okresie trzech lat badań najlepiej zimowały rośliny odmiany Marita (10,3% strat), a istotnie słabiej odmiany Lirajet (17,2% strat). Średnie ubytki roślin w okresie zimy wyniosły 14,3%. Dokarmianie dolistne ko-

rzystnie wpłynęło na przezimowanie roślin, jednak istotne różnice w porównaniu do obiektu kontrolnego uzyskano tylko w sezonie 2001/2002 (tab. 1).

Tabela 1. Wpływ dokarmiania dolistnego na obsadę roślin rzepaku
Table 1. Influence of extra feeding of leaves on the stock of rape

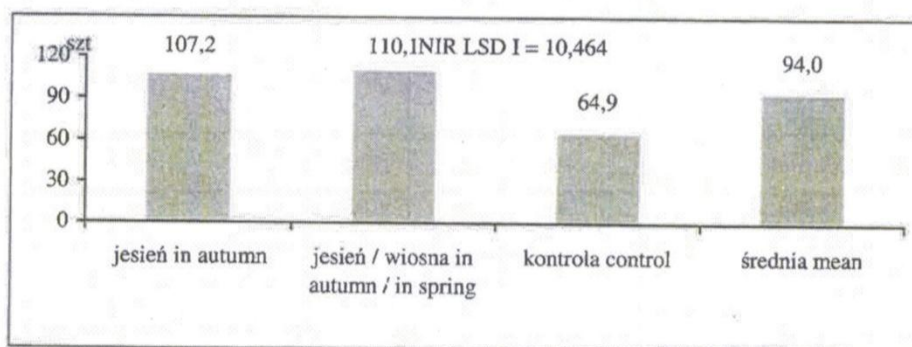
Termin dokarmiania <i>Application time</i>	Odmiana <i>Cultivar</i>	Straty roślin w okresie wschody-ruszenie vegetacji na wiosnę (%) <i>Loss of plants in the period: seedlings - breaking up of vegetation in spring (%)</i>				Rośliny zanikłe w okresie vegetacji <i>Dyingout plants in vegetation period (%)</i>
		1999/2000	2000/2001	2001/2002	1999 - 2002	1999-2002
Jesienny <i>In autumn</i>	średnia bez względu na odmianę <i>mean regardless of cultivar</i>	10,5	12,6	14,2	12,43	18,1
Jesienny, wiosenny <i>in autumn, in spring</i>		10,2	13,4	13,8	12,475	18,2
Kontrola <i>control</i>		16,0	16,7	21,5	18,071	21,8
NIR LSD I _{0,05}		ns	ns	6,820	ns	ns
średnia bez względu na termin <i>mean regardless of fertilizer</i>	Lirajet	19,0	16,6	16,2	17,2	22,1
	Lisek	9,0	16,0	21,1	15,4	20,3
	Marita	8,7	9,9	12,2	10,3	15,8
NIR LSD II _{0,05}		7,707	ns	ns	5,851	4,450
Średnia ogólna <i>total mean</i>		12,2	14,2	16,5	14,3	19,4

Wystąpiły wówczas ostrzejsze warunki zimowe w porównaniu do dwóch wcześniejszych sezonów. W badaniach Szewczuka [2003] przeprowadzonych w latach 1998-2001 straty roślin rzepaku (odmiany Lirajet) w okresie zimy wyniosły średnio 11,4 %. Na wynik ten miał duży wpływ łagodny przebieg pogody. Stosowane przez wymienionego autora jednorazowe jesienne dokarmianie (Rolvit – B lub Plonvit R) wpłynęło korzystnie na przezimowanie roślin.

W początek faz pąkowania i kwitnienia najwcześniej wchodziła odmiana Lisek. W latach prowadzenia badań pąkowanie trwało od 8 do 14 dni, zaś kwitnienie od 24 do 43 dni. Długość wymienionych faz była zróżnicowana odmianowo natomiast nie podlegała modyfikującemu wpływowi dokarmiania dolistnego. Okres vegetacji odmiany Lisek wynosił średnio 320 dni, a pozostałych dwóch odmian średnio 323 dni. Podobne długości faz rozwojowych i całego okresu vegetacji dla rzepaku podaje Wałkowski [2000]. W okresie całej vegetacji zanikło średnio 19,4% roślin (tab. 2). Największe straty zanotowano u odmiany Lirajet 22,1%, a istotnie mniejsze u odmiany Marita 15,8%. Przed zbiorem liczba roślin na 1 m² wyniosła: 46,4 szt. w 2000 r., 51,5 szt. w 2001 r. i 60,0 szt. w 2002 r.

Zastosowane dokarmianie dolistne nie wywarło istotnego wpływu na wysokość roślin. Rośliny odmiany Marita w 2001 roku osiągnęły średnią wysokość 138,6 cm, a rośliny odmian Lirajet i Lisek były istotnie niższe odpowiednio o 6,7 i 8,7 cm. W latach 2000 i 2002 różnic wysokości roślin badanych odmian nie stwierdzono. Rzepak ozimy wykształcił średnio 6,6 rozgałęzień pierwszego rzędu. Cecha ta nie zależała istotnie od badanych czynników. W 2002 roku uzyskano najmniejszą liczbę rozgałęzień pierwszego rzędu (5,7 szt.), na co miała wpływ przede wszystkim zwiększona obsada roślin na 1 m².

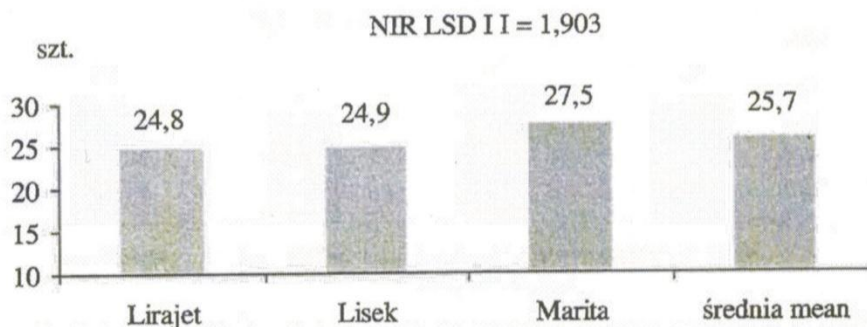
Liczba łuszczyn na roślinie istotnie wzrosła pod wpływem dokarmiania dolistnego (rys. 1), nie wykazywała natomiast zróżnicowania odmianowego. Na pozytywny wpływ dolistnego dokarmiania na liczbę łuszczyn z rośliny rzepaku ozimego wskazuje też Szewczuk [2003]. W badaniach tego autora rośliny dokarmiane mikroelementami jesienią zawiązywały o 4 łuszczyny więcej, zaś dokarmiane wiosną o 9 łuszczyn więcej w stosunku do obiektu kontrolnego.



Rys 1. Wpływ terminu dokarmiania dolistnego na wykształconą liczbę łuszczyn przez rośliny rzepaku ozimego, średnia z lat

Fig. 1. The influence of the time of extra feeding over the number of siliques of winter rape, average of years

Stosowane dokarmianie dolistne nie wpłynęło istotnie na liczbę nasion w łuszczynie. Liczba nasion była natomiast zróżnicowana odmianowo (rys. 2). Szewczuk [2003] w swoich badaniach również nie stwierdził wyraźnego wpływu jesiennego dokarmiania dolistnego na liczbę nasion w łuszczynie rzepaku.



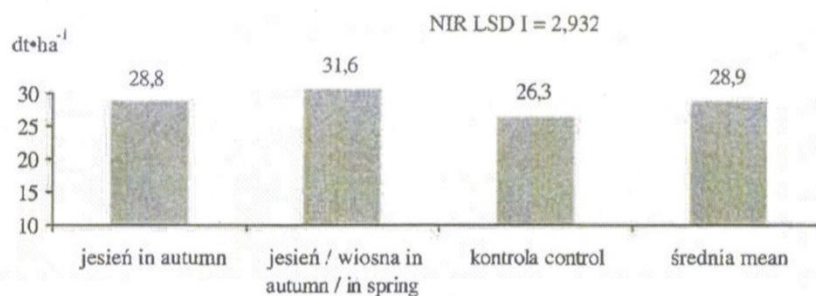
Rys. 2. Liczba nasion w huszczynie rzepaku ozimego, średnia z lat
Fig. 2. Number of seeds in one replum of winter rape, average of years

Na masę tysiąca nasion korzystnie wpłynęło zastosowanie jednorazowo lub dwukrotnie dokarmianie dolistne (tab. 2). Nasiona odmiany Marita były mniej dorodne niż nasiona odmian Lirajet i Lisek, co zostało udowodnione statystycznie. Szewczuk [2003] na obiektach dokarmianych dolistnie jesienią uzyskał także większą o 0,1 g MTN w porównaniu do obiektu kontrolnego. Różnice ta nie była jednak istotne statystycznie.

Tabela 2. Masa tysiąca nasion rzepaku ozimego, średnia z lat
Table 2. Mass of 1000 seeds of winter rape, average of years

Termin dokarmiania <i>Application time</i>	Odmiana <i>Cultivar</i>	Masa tysiąca nasion <i>Mass of 1000 seeds (g)</i>
jesienny <i>in autumn</i>	średnia bez względu na odmianę <i>mean regardless of cultivar</i>	4,81
jesienny, wiosenny <i>in autumn, in spring</i>		5,12
kontrola <i>control</i>		4,11
NIR LSD I _{0,05}		0,534
średnia bez względu na termin <i>mean regardless of fertilizer</i>	Lirajet	4,24
	Lisek	4,50
	Marita	3,58
NIR LSD II _{0,05}		0,415
średnia ogólna <i>total mean</i>		4,68

Nawożenie dolistne istotnie zwiększało plony rzepaku ozimego (rys. 3). Stwierdzono znaczne zróżnicowanie plonów nasion w latach badań. Różnica plonów pomiędzy najkorzystniejszym rokiem 2000 i najmniej korzystnym 2002 wynosiła 0,64 t nasion z ha. Badane odmiany plonowały natomiast na jednakowym statystycznie poziomie. Z badań Szewczuka [2003] wynika, że jesienne dokarmianie roślin rzepaku skutkuje średnim wzrostem plonu nasion o 11%, a wiosenne o 17% w porównaniu do kontroli.



Rys. 3. Plonowanie rzepaku ozimego w zależności od terminu aplikacji nawozów dolistnych, średnia z lat

Fig. 3. Crop yield of winter rape depending on the time of the application of leaf fertilizers, average of years

Zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego była nieznacznie zróżnicowana w latach badań (o 2,3%) nie zależała natomiast istotnie od dokarmiania dolistnego i odmiany (tab. 3). Zawartość białka ogólnego w nasionach była zróżnicowana odmianowo ale nie podlegała modyfikującemu wpływowi zastosowanego dokarmiania dolistnego. Plon tłuszczu i białka istotnie wzrastał pod wpływem zastosowanych nawozów dolistnych co wynikało z większego plonu nasion.

Tabela 3. Zawartość tłuszczu surowego i białka ogólnego w nasionach rzepaku ozimego oraz biologiczny plon tłuszczu i białka z 1 ha, średnia z lat

Table 3. Content of raw fat and general albumin in the winter rape seeds and the biological yield of fat and albumin from 1 ha, average of years

Termin dokarmiania <i>Application time</i>	Odmiana <i>Cultivar</i>	tłuszcz <i>fat</i> %	plon tłuszczu <i>productivity</i> <i>fat dt·ha⁻¹</i>	białko <i>protein</i> %	plon białka <i>productivity</i> <i>protein dt·ha⁻¹</i>
jesienny <i>in autumn</i>	średnia bez względu na odmianę <i>mean regardless of cultivar</i>	46,89	13,52	19,95	5,75
jesienny, wiosenny <i>in autumn, in spring</i>		45,53	14,40	19,45	6,15
kontrola <i>control</i>		46,33	12,19	19,00	5,00
NIR <i>LSD I</i> _{0,05}		r.n.	2,157	r.n.	0,725
średnia bez względu na termin <i>mean regardless of fertilizer</i>	Lirajet	46,00	13,56	18,58	5,48
	Lisek	46,21	13,39	18,54	5,37
	Marita	46,53	13,18	20,29	5,75
NIR <i>LSD II</i> _{0,05}		r.n.	r.n.	0,825	r.n.
średnia ogólna <i>total mean</i>		46,25	13,38	19,14	5,54
NIR <i>LSD IxII</i> _{0,05}		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

Zastosowanie Basfoliaru 12-4-6+S z Soluborem DF przyniosło korzystne efekty ekonomiczne. Największy zysk odnotowano w 2000 r. 360,2 zł ha⁻¹, po dwukrotnym oprysku natomiast najmniejszy w 2002 r. 32,8 zł ha⁻¹, po jednorazowym, jesiennym zabiegu. Obliczone wskaźniki opłacalności—Q1 i pokrycia kosztów—E pozwalają wnioskować o zasadności włączenia do agrotechniki rzepaku ozimego dokarmiania dolistnego. Według wskaźnika Q1 koszty jednokrotnego dokarmiania 1 ha rzepaku Basfoliarem 12-4-6 z Soluborem DF odpowiadały wartości około 1,3 dt nasion, a dwukrotnego wartości około 2,3 dt (tab. 4). Wartość E wskazuje, że w 2000 roku koszt dokarmiania zwracał się niemal 2,5 krotnie po oprysku jesiennym oraz ponad 3 krotnie po oprysku jesiennym i wiosennym. W kolejnych latach wymieniony wskaźnik przyjął jednak niższe wartości. Wskaźnik Q2 wykazał jednak, że stosowane zabiegi dokarmiania dolistnego znacznie obciążają koszty uprawy rzepaku ozimego.

Tabela 4. Wskaźniki opłacalności dokarmiania dolistnego rzepaku ozimego (1 ha)
Table 4. Profitability rate of the extra feeding of winter rape leaves (1 ha)

Rok Year	Terminy dokarmiania Application time	Wskaźnik Index		
		Q1	E	Q2
2000	jesienny <i>in autumn</i>	1,26	2,47	3,86
	jesienny, wiosenny <i>in autumn, in spring</i>	2,21	3,07	6,08
2001	jesienny <i>in autumn</i>	1,35	2,01	4,88
	jesienny, wiosenny <i>in autumn, in spring</i>	2,35	2,08	7,87
2002	jesienny <i>in autumn</i>	1,37	1,28	5,25
	jesienny, wiosenny <i>in autumn, in spring</i>	2,36	1,83	8,22

WNIOSKI

1. Stosowany dwukrotnie Basfoliar 12-4-6+S z Soluborem DF istotnie zwiększył plony nasion rzepaku ozimego w porównaniu do kontroli. Po jednorazowym, jesiennym dokarmieniu stwierdzono jedynie dodatnią tendencją wzrostu plonu. Spośród badanych odmian najwyżej plonowały Lirajet i Lisek, a istotnie niżej Marita.
2. Dokarmianie dolistne zmniejszyło straty roślin w okresie zimowym. Istotne różnice w porównaniu do obiektu kontrolnego uzyskano tylko w sezonie 2001/2002. Wystąpiły wówczas najostrejsze warunki zimowe w okresie prowadzenia badań. Spośród badanych odmian najlepszą zimotrwałością odznaczyła się Marita, a istotnie słabszą Lirajet.
3. Zastosowane dokarmianie dolistne roślin rzepaku istotnie zróżnicowało liczbę tłuszczyn na roślinie oraz masę tysiąca nasion.
4. Zawartość tłuszczu surowego i białka ogólnego nie zależała w sposób istotny od dokarmiania dolistnego. Udowodniono natomiast, że odmiana Marita gro-

madzi w nasionach więcej białka niż Lirajet i Lisek. Biologiczny plon tłuszczu surowego i białka ogólnego był istotnie większy na obiektach dokarmianych dolistnie w porównaniu do kontrolnego.

5. Na podstawie wskaźników Q1 i E stwierdzono, iż stosowane dokarmianie rzepaku ozimego Basfoliarem 12-4-6 z Soluborem DF przyniosło korzystne efekty ekonomiczne. Według wskaźnika Q2 dwukrotny zabieg, obciążał jednak znacząco koszty uprawy rzepaku.

PIŚMIENNICTWO

1. COBORU. 1995–2001. Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze: zbożowe, okopowe, strączkowe, oleiste. Słupia Wielka
2. Pruszyński, S. 1999. (pod red.) Łączne stosowanie agrochemikaliów w uprawach rolniczych. IOR Poznań: 7-12.
3. Szewczuk, C. 2003. Wpływ stosowania wybranych nawozów dolistnych na przezimowanie i plony nasion rzepaku ozimego. *Acta Agrophysica*. Nr 85: 289-295.
4. Wałkowski, T. 2000. Rzepak jary. *IHAR Poznań*: 5-52.
5. Wałkowski, T., Krzymański, J., Bartkowiak-Broda, I. 2000-2001. Rzepak ozimy. *IHAR Poznań*: 5-104.
6. Zachman, A. 2003. Nawożenie rzepaku. Program ochrony rzepaku na sezon 2003/2004. *PLANTPRESS* Kraków: 32-33.
7. Czuba, R. 1993. Efekty dolistnego dokarmiania roślin uprawnych. Część II. Reakcja roślin na dolistne stosowanie mikroelementów i azotu łącznie z mikroelementami. *Roczniki Gleboznawcze*. T. XLIV. Nr 3/4: 79-87.
8. Sienkiewicz-Cholewa U. 2002. Znaczenie mikroelementów w nawożeniu rzepaku. *Postępy Nauk Rolniczych*. Nr 5: 19-28.

W. Jarecki, D. Bobrecka-Jamro

EFFICIENCY OF EXTRA FEEDING OF WINTER RAPE LEAVES USING BASFOLIAR 12-4-6+S WITH SOLUBOR DF

Summary

In years 1999/2000–2001/2002 the research was carried concerning the efficiency of extra feeding of winter rape leaves. The mixture of leaf fertilizers: Basfoliar 12-4-6 + S with Solubor DF was applied, once in autumn or twice in autumn and spring. That extra feeding decreased the loss of plants in winter in comparison with the control object, but the considerable difference was obtained only in the season 2001/2002. That winter was the most severe in the whole research period. Among the varieties used in the research Marita was the strongest and Lirajet turned out to be considerably weaker. The extra leaf feeding influenced two features of yield structure: number of siliques on the plant and the mass of one thousand seeds. The examined varieties differentiated in many morphological features, what was statistically proved. The mixture of Basfoliar 12-4-6 + S with Solubor DF applied twice in spring and in autumn considerably increased the yield of winter rape seeds in comparison with the control. The difference obtained amounted to 5.3 dt ha⁻¹, i.e. 20.1%. The extra feeding applied once in autumn resulted only with the increasing tendency of yield. The highest yield of seeds was issued by the varieties Lirajet and Lisek. The extra feeding did not modified essentially the raw fat and general albumin content of seeds. The seeds of Marita variety contained most albumin. The biological yield of raw fat and general albumin was really higher in case of objects with extra fed leaves compared with the control group. It was stated on the grounds of Q2 ratio that double leaf spray considerably increased the costs of winter rape cultivation. In season 2001/2002 the same effect was obtained after one spraying in autumn.

dr inż. Waław Jarecki
Uniwersytet Rzeszowski
Wydział Biologiczno-Rolniczy, Katedra Produkcji Roślinnej
35-601 Rzeszów, ul. M. Œwiklińskiej 2

Załącznik 6

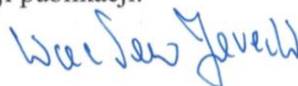
Oświadczenia współautorów prac naukowych

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr inż. Wacław Jarecki
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2017. Response of spring wheat to different soil and foliar fertilization. Journal of Central European Agriculture. 18(2): 460-476, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.



Wacław Jarecki

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr hab. inż. Jan Buczek
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2017. Response of spring wheat to different soil and foliar fertilization. Journal of Central European Agriculture. 18(2): 460-476, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Jan Buczek



Rzeszów 28.03.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Dorota Bobrecka-Jamro
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2017. Response of spring wheat to different soil and foliar fertilization. Journal of Central European Agriculture. 18(2): 460-476, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Dorota Bobrecka-Jamro

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr inż. Wacław Jarecki
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2017. Response of spring wheat to diversified mineral fertilization. Journal of Elementology. 22(3): 881-891, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Wacław Jarecki

Wacław Jarecki

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr hab. inż. Jan Buczek
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2017. Response of spring wheat to diversified mineral fertilization. Journal of Elementology. 22(3): 881-891, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Jan Buczek

Jan Buczek

Rzeszów 28.03.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Dorota Bobrecka-Jamro
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2017. Response of spring wheat to diversified mineral fertilization. Journal of Elementology. 22(3): 881-891, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Dorota Bobrecka-Jamro


Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr hab. inż. Jan Buczek
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Buczek J., Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2017. Hybrid wheat response to topdressing and foliar application of nitrogen. Journal of Elementology. 22(1): 7-20, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Jan Buczek



Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr inż. Wacław Jarecki
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Buczek J., Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2017. Hybrid wheat response to topdressing and foliar application of nitrogen. Journal of Elementology. 22(1): 7-20, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.



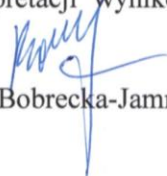
Wacław Jarecki

Rzeszów 28.03.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Dorota Bobrecka-Jamro
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Buczek J., Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2017. Hybrid wheat response to topdressing and foliar application of nitrogen. Journal of Elementology. 22(1): 7-20, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.



Dorota Bobrecka-Jamro

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr inż. Wacław Jarecki
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2016. Response of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) to bacterial soil inoculants and foliar fertilization. Plant, Soil and Environment. 62(9): 422-427, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Wacław Jarecki

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr hab. inż. Jan Buczek
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2016. Response of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) to bacterial soil inoculants and foliar fertilization. Plant, Soil and Environment. 62(9): 422-427, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Rzeszów 28.03.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Dorota Bobrecka-Jamro
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2016. Response of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) to bacterial soil inoculants and foliar fertilization. Plant, Soil and Environment. 62(9): 422-427, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Dorota Bobrecka-Jamro

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr inż. Wacław Jarecki
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2016. Effect of foliar fertilization on chlorophyll content in leaves and chemical composition of faba bean seeds (*Vicia faba* L. (Partim)). Journal of Elementology. 21(4): 1305-1313, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Wacław Jarecki

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr hab. inż. Jan Buczek
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2016. Effect of foliar fertilization on chlorophyll content in leaves and chemical composition of faba bean seeds (*Vicia faba* L. (Partim)). Journal of Elementology. 21(4): 1305-1313, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Jan Buczek

Rzeszów 28.03.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Dorota Bobrecka-Jamro

Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D. 2016. Effect of foliar fertilization on chlorophyll content in leaves and chemical composition of faba bean seeds (*Vicia faba* L. (Partim)). Journal of Elementology. 21(4): 1305-1313, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.


Dorota Bobrecka-Jamro

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr inż. Wacław Jarecki
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Czarnik M., Bobrecka-Jamro D. 2016. Reaction of white lupin (*Lupinus albus* L.) to the initial nitrogen feeding and foliar feeding. Journal of Central European Agriculture. 17(2): 325-334, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.



Wacław Jarecki

Rzeszów 28.03.2018 r.

Mgr inż. Magdalena Czarnik
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Czarnik M., Bobrecka-Jamro D. 2016. Reaction of white lupin (*Lupinus albus* L.) to the initial nitrogen feeding and foliar feeding. Journal of Central European Agriculture. 17(2): 325-334, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Magdalena Czarnik

Rzeszów 28.03.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Dorota Bobrecka-Jamro
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Czarnik M., Bobrecka-Jamro D. 2016. Reaction of white lupin (*Lupinus albus* L.) to the initial nitrogen feeding and foliar feeding. Journal of Central European Agriculture. 17(2): 325-334, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Dorota Bobrecka-Jamro

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr inż. Wacław Jarecki
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2012. Wpływ dolistnego dokarmiania Basfoliarem 6-12-6 na wielkość i jakość plonu łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. CIII, 589: 125-134, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.



Wacław Jarecki

Rzeszów 28.03.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Dorota Bobrecka-Jamro
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2012. Wpływ dolistnego dokarmiania Basfoliarem 6-12-6 na wielkość i jakość plonu łubinu wąskolistnego (*Lupinus angustifolius* L.). Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. CIII, 589: 125-134, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.



Dorota Bobrecka-Jamro

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr inż. Wacław Jarecki
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D. 2017. Reakcja łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) na dolistne dokarmianie. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. CXX, 623: 27-36, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.



Wacław Jarecki

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr hab. inż. Ewa Szpunar-Krok, prof. UR
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D. 2017. Reakcja łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) na dolistne dokarmianie. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. CXX, 623: 27-36, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.

Ewa Szpunar - Krok



Rzeszów 28.03.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Dorota Bobrecka-Jamro
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D. 2017. Reakcja łubinu żółtego (*Lupinus luteus* L.) na dolistne dokarmianie. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. CXX, 623: 27-36, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.


Dorota Bobrecka-Jamro

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr inż. Wacław Jarecki
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2010. Wpływ dolistnie stosowanego Mocznika z Mikrokomplexem na wielkość i jakość plonu nasion rzepaku jarego. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. XCVII, 578: 267-274, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.



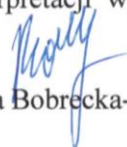
Wacław Jarecki

Rzeszów 28.03.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Dorota Bobrecka-Jamro
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2010. Wpływ dolistnie stosowanego Mocznika z Mikrokompleksem na wielkość i jakość plonu nasion rzepaku jarego. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo. XCVII, 578: 267-274, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.


Dorota Bobrecka-Jamro

Rzeszów 28.03.2018 r.

Dr inż. Wacław Jarecki
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2007. Efektywność dolistnego dokarmiania rzepaku ozimego Basfoliarem i Soluborem. Fragmenta Agronomica. 1(93): 88-97, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.



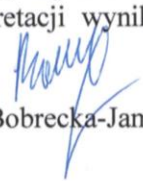
Wacław Jarecki

Rzeszów 28.03.2018 r.

Prof. dr hab. inż. Dorota Bobrecka-Jamro
Katedra Produkcji Roślinnej, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski
Ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

OŚWIADCZENIE

Oświadczam, że w pracy: Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. 2007. Efektywność dolistnego dokarmiania rzepaku ozimego Basfoliarem i Soluborem. Fragmenta Agronomica. 1(93): 88-97, mój udział polegał na współautorskim opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji publikacji.


Dorota Bobrecka-Jamro

Dane adresowe

Adres prywatny:

Wacław Jarecki
Ul. Jarowa 18
35-083 Rzeszów
podkarpackie

Adres służbowy:

Katedra Produkcji Roślinnej
Wydział Biologiczno-Rolniczy
Uniwersytet Rzeszowski w Rzeszowie
Ul. Zelwerowicza 4, budynek D9
35-601 Rzeszów

Wacław Jarecki