

**Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach**

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

dr Danuta Leszczyńska

Rozprawa habilitacyjna pt.:

**STUDIA NAD AGROTECHNIKĄ MIESZANEK
ZBOŻOWYCH Z UWZGLĘDNIENIEM
ASPEKTÓW ALLELOPATYCZNYCH**

w formie cyklu publikacji naukowych

Puławy 2013

Praca habilitacyjna pt.:

„Studia nad agrotechniką mieszanek zbożowych z uwzględnieniem aspektów allelopatycznych”

udokumentowana monotematycznym cyklem publikacji naukowych:

1. Noworolnik K., **Leszczyńska D.** (60%): Konkurencyjność owsa względem jęczmienia w siewie mieszanym. Żyw. Nauka Tech. Jakość, 1999, 1(18): 126-130.
2. **Leszczyńska D.** (100%): Mieszanki zbożowe – ważne ogniwo potencjału produkcyjnego polskiego rolnictwa. Pam. Puł., 2003, 132: 287-294.
3. **Leszczyńska D.** (90%), Grabiński J.: Kiełkowanie zbóż w układach mieszanych – aspekt allelopatyczny. Ann. UMCS, E, 2004, 59(4): 1977-1984.
4. Noworolnik K., **Leszczyńska D.** (70%): Plon ziarna i białka jęczmienia nagoziarnistego i oplewionego w różnych warunkach siedliska w zależności od gęstości siewu. Pam. Puł., 2004, 138: 117-123.
5. Noworolnik K., **Leszczyńska D.** (70%): Przydatność nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia i owsa do uprawy w zasiewach mieszanych. Pam. Puł., 2004, 138: 109-116.
6. **Leszczyńska D.** (90%), Cacak-Pietrzak G.: Wpływ obecności owsa (formy oplewionej i nieoplewionej) na cechy plonotwórcze jęczmienia w zasiewie mieszanym. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2006, 46 (2): 19-23.
7. **Leszczyńska D.** (90%), Noworolnik K.: Wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu na plonowanie, komponenty plonu oraz zawartość białka i plon białka owsa nagoziarnistego. Fragm. Agron., 2008, 1: 220-227.
8. **Leszczyńska D.** (100%): Stan i uwarunkowania uprawy mieszanek zbożowych w Polsce. J. Res. Appl. Agric. Eng., 2010, 55(4): 7-11.
9. **Leszczyńska D.** (90%), Noworolnik K.: Wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu na plonowanie owsa nagoziarnistego. Żyw. Nauka Tech. Jakość, 2010, 3(70): 197-204.
10. **Leszczyńska D.** (100%): Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie i budowę przestrzenną łanu mieszanki zbożowej. J. Res. Appl. Agric. Eng., 2012, 4: 30-34.

Wprowadzenie

Siewy mieszane zwiększają bioróżnorodność łąnów roślinnych i w związku z tym pozwalają lepiej wykorzystać przestrzeń produkcyjną, zwiększyć zdrowotność roślin oraz produktywność. Mieszanki zbożowe, szczególnie z komponentem owsianym łagodzą skutki wysycenia płodozmianów zbożami i dlatego są pożądanym ogniwem zmianowań w rolnictwie integrowanym i ekologicznym [Michalski i Szołkowska, 2007; Rudnicki, 2005; Szempliński i Budzyński, 2011].

Wprowadzenie do rejestru odmian COBORU nowych nieoplewionych form owsa i jęczmienia wiązało się z potrzebą określenia reakcji tych form na czynniki agrotechniczne oraz zbadania ich przydatności do uprawy w mieszankach zbożowych.

Ziarno form nieoplewionych wyróżnia się cennymi walorami żywieniowymi i paszowymi, a ich wartość biologiczna jest najwyższa wśród zbóż [Bartnikowska i in., 2000]. Zarówno owies, jak i jęczmień zawierają więcej białka i tłuszczu w porównaniu z formami oplewionymi (tradycyjnymi). Charakteryzują się także niższą zawartością włókna surowego, dzięki temu ziarno można wykorzystywać w żywieniu trzody chlewnej i drobiu.

Wzrost i rozwój roślin w naturalnych i kształtowanych ekosystemach (agrosystemach) jest często modyfikowany przez procesy fizyczne i chemiczne wynikające z sąsiedztwa innych roślin. Typowym procesem fizycznym jest konkurencja o środowiskowe czynniki wzrostowe takie jak woda, składniki pokarmowe i światło, chemicznym natomiast - allelopatia.

Nie można w pełni wytłumaczyć oddziaływań roślin w łąnie bez wiedzy o allelopatii. W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania tym zjawiskiem [Oleszek i in. 2001, Wójcik-Wojtkowiak i in., 1998]. Mianem allelopatii określa się wpływ jednego gatunku rośliny na rosnący razem lub uprawiany po nim inny gatunek, zachodzący na drodze związków chemicznych wydzielanych przez roślinę lub pochodzących z jej rozkładu. Zjawisko allelopatii może występować także pomiędzy rośliną wyższą, a mikroflorą glebową lub między gatunkami drobnoustrojów glebowych. Polega ono na hamowaniu lub pobudzaniu wzrostu gatunku podlegającego wpływowi allelopatycznemu. Allelopatia może mieć duże znacznie praktyczne. Roślinne substancje chemiczne zmieniają wysokość plonów współrzędnie lub następczo uprawianych roślin, jak również mają wpływ na jakość wyprodukowanej masy roślinnej [Leszczyńska, 2002]. Wykazują zróżnicowane działanie w czasie i dlatego są obiektem zainteresowania teoretyków i

praktyków zajmujących się zagadnieniami „zmęczenia gleby”, zmianowań i płodozmianów [Oleszek, 1992; Duer, 1997].

Duże znaczenie ma również możliwość wykorzystania oddziaływań allelopatycznych do niekonwencjonalnych sposobów ograniczania zachwaszczenia oraz chorób, wykorzystując substancje biologicznie czynne o charakterze allelopatycznym, bezpośrednio wydzielane przez rośliny lub powstające w procesie rozkładu resztek roślinnych, albo związków wykazujących aktywność allelopatyczną jako wzorców do syntezy nowej generacji, bezpiecznych dla środowiska pestycydów [Sobótka, 1996].

Mimo znacznego postępu w wyjaśnianiu złożonych oddziaływań międzygatunkowych nie opracowano dotychczas podstaw naukowego uzasadnienia i funkcjonowania zjawiska allelopatii.

Celem badań było określenie wpływu różnych czynników agrotechnicznych na plonowanie mieszanek zbożowych z udziałem nieoplewionych form jęczmienia i owsa, z uwzględnieniem aspektów allelopatycznych.

Hipoteza

Założono, że wymagania agrotechniczne nieoplewionych odmian owsa i jęczmienia różnią się od wymagań form oplewionych (tradycyjnych).

Potencjał allelopatyczny form nieoplewionych jest inny niż form oplewionych, co może mieć wpływ na wzrost i rozwój roślin w mieszankach, a tym samym na plonowanie i jakość ziarna.

Podstawę do weryfikacji hipotez stanowiły badania przeprowadzone w oparciu o doświadczenia laboratoryjne, wazonowe oraz polowe z wybranymi zbożami jarymi i mieszankami zbożowymi. Warunki prowadzenia poszczególnych eksperymentów, zakres prac doświadczalnych oraz oznaczeń polowych i laboratoryjnych zostały szczegółowo omówione w metodykach badań prac dokumentujących osiągnięcie naukowe.

Cel główny realizowano w oparciu o cele szczegółowe:

1. Analiza uwarunkowań uprawy mieszanek zbożowych w Polsce.
2. Określenie wpływu warunków siedliska, gęstości siewu i nawożenia azotem na plonowanie i wybrane cechy jakościowe ziarna nieoplewionych form owsa i jęczmienia w siewach czystych.

3. Określenie przydatności nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego i owsa do uprawy w zasiewach mieszanych.
4. Oszacowanie wpływu czynników agrotechnicznych na architekturę łanu mieszanki zbożowej.
5. Rola oddziaływań konkurencyjnych w siewie mieszanym.
6. Określenie roli oddziaływań allelopatycznych w początkowych fazach wzrostu różnych zbóż jarych (jęczmień, owies, pszenica, pszenżyto) i ich mieszanek oraz określenie wpływu sąsiedztwa ziarniaków form nieoplewionych na kiełkowanie oraz wybrane cechy plonotwórcze gatunków uwzględnionych w mieszance.

W celu wyjaśnienia złożonych oddziaływań allelopatycznych dodatkowo wyniki badań uzupełniłam następującymi opracowaniami:

- *Leszczyńska D. (80%), Janda B., Stochmal A.: Determination of allelochemicals in root exudates collected by the Continuous Root Exudate Trapping System (CRETS). Acta Bioch. Pol., 2009, 56, suppl. 3: 92.*
- *Leszczyńska D (90%), Janda B.: Determination of allelochemicals in root exudates of barley collected by the Continuous Root Exudate Trapping System (CRETS). Acta Bioch. Pol., 2011, suppl. 3: 28.*
- *Leszczyńska D. (80%), Stochmal A., Oleszek W.: Cereal root exudates and their allelopathic activity. Proceedings Second European Allelopathy Symposium „Allelopathy – from understanding to application”. IUNG Puławy, 2004: 136.*

Ad. 1. Analiza uwarunkowań uprawy mieszanek zbożowych w Polsce

Stwierdziłam, że uprawa mieszanek zbożowych jest bardziej popularna w naszym kraju niż w innych krajach UE oraz, że rosnące zainteresowanie ekologią i ochroną środowiska będzie decydowało o rozprzestrzenianiu się uprawy roślin w różnych formach mieszanek.

Mieszanki zbożowe i zbożowo-strączkowe są koniecznym ogniwem zmianowań w gospodarstwach ekologicznych i w rolnictwie zrównoważonym. W Polsce niepokojącym zjawiskiem jest duży udział zbóż w strukturze zasiewów (około 75%), powodujący następstwo roślin zbożowych po sobie przez kilka lat, ponadto uproszczenia uprawowe prowadzą do zaburzenia równowagi biologicznej w środowisku rolniczym. Dominacja jednego gatunku zboża, czy też jednej odmiany w obrębie gatunku na danej przestrzeni sprzyja rozwojowi patogenów powodujących obniżkę plonu. Charakterystyczną cechą polskiego rolnictwa jest bardzo duży areal uprawy mieszanek zbożowych, głównie z

przeznaczeniem na cele paszowe. Scharakteryzowałam polskie rolnictwo w kontekście uwarunkowań sprzyjających dużemu udziałowi mieszanek w strukturze zasiewów. Stwierdziłam, że mieszanki zbożowe znajdują zastosowanie przede wszystkim w ekstensywnych warunkach uprawy, niesprzyjających uprawie pojedynczego gatunku oraz na obszarach zróżnicowanych pod względem typu gleby, zasobności w składniki pokarmowe, odczynu, przedplonu, kultury gleby. W tych warunkach zasiewy mieszane dają często wyższe lub wierniejsze plony niż zasiewy jednogatunkowe. Niesprzyjające warunki dla wzrostu jednego z komponentów mieszanki mogą być korzystne dla drugiego, co rekompensuje spadek plonu pierwszego komponentu.

Stwierdziłam ponadto, że produkcja mieszanek zbożowych w regionach Polski jest zróżnicowana, a decydują o tym czynniki siedliskowe, agrotechniczne i organizacyjno-ekonomiczne.

Przeanalizowałam stan aktualny zasiewów mieszanych, uwarunkowań uprawy oraz określiłam czynniki, które mają decydujący wpływ na regionalne zróżnicowanie produkcji mieszanek w Polsce.

Mieszanki zbożowe, podobnie jak i inne rośliny zbożowe, wykazują regionalne zróżnicowanie produkcji w zakresie udziału w strukturze zasiewów oraz poziomu plonowania. Najwięcej mieszanek zbożowych uprawia się w północno-wschodnim rejonie kraju, zwłaszcza w woj. podlaskim - 40,9 %. Jednak najwyższe plony ziarna (o 34%) w porównaniu do średniej krajowej wydajności uzyskuje się w woj. opolskim. Można to wiązać z przestrzeganiem prawidłowej agrotechniki oraz z poziomem kultury rolnej.

Udział powierzchni uprawy mieszanek w strukturze zasiewów zbóż wykazywał większą zmienność niż plon ziarna mieszanek.

Analiza korelacji prostej wykazała, że plony ziarna mieszanek zbożowych były dodatnio skorelowane ze wskaźnikiem waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej, plonem zbóż oraz średnią powierzchnią gospodarstwa indywidualnego. Ujemną korelację z udziałem gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych oraz z obsadą zwierząt. Ujemną zaś ze wskaźnikiem waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej, plonami zbóż, zużyciem wapna, udziałem gospodarstw o powierzchni powyżej 50 ha.

Stwierdziłam ponadto, że mieszanki powszechniej uprawia się na glebach słabszych w mniejszych gospodarstwach, cechujących się dużym udziałem zbóż, posiadających produkcję zwierzęcą.

Na podstawie analizy skupień za pomocą wybranych wskaźników wydzieliłam 5 grup województw o zróżnicowanej intensywności produkcji mieszanek zbożowych. Każdą wyodrębnioną grupę scharakteryzowałam za pomocą wybranych wskaźników analizowanych na tle ich średnich wartości w kraju, jako układu odniesienia.

Grupa 1 - województwa opolskie i dolnośląskie. Charakteryzuje się najwyższym wskaźnikiem waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej. W grupie tej dominuje towarowość produkcji, plony ziarna mieszanek są wysokie, wskaźnik zużycia nawozów mineralnych jest także wysoki. Udział powierzchni uprawy mieszanek w strukturze zasiewów jest niższy.

Grupa 2 - województwa kujawsko-pomorskie i wielkopolskie. Grupa ta wyróżnia się większym zużyciem nawozów mineralnych niż grupa 1 oraz posiada najwyższą obsadę trzody chlewnej. Udział województw w krajowej produkcji zbóż jest najwyższy spośród wydzielonych grup. Cechą charakterystyczną dla tego regionu jest najmniejszy spośród porównywanych grup udział gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych oraz gleb o niskiej zawartości potasu i fosforu.

Grupa 3 - obejmuje 4 województwa: podlaskie, mazowieckie, łódzkie i lubelskie. Największy udział powierzchni uprawy mieszanek w strukturze zasiewów występuje w województwie podlaskim. Rejon ten jest specyficzny, bowiem posiada największy w skali kraju udział gleb zakwaszonych. Niższe zużycie nawozów mineralnych oraz słabsze warunki siedliskowe rzutują na efekt końcowy produkcji roślinnej, czyli plonowanie.

Grupa 4 - obejmuje 4 województwa: warmińsko-mazurskie, pomorskie, zachodniopomorskie i lubuskie. Region ten wyróżnia się dużym udziałem gospodarstw o powierzchni powyżej 50 ha oraz wysoką średnią powierzchnią gospodarstwa indywidualnego. Plony roślin uzyskiwane w tej grupie województw są niższe od średnich w kraju.

Grupa 5 - utworzona również z 4 województw: świętokrzyskiego, śląskiego, małopolskiego i podkarpackiego. Cechą charakterystyczną tej grupy jest małoobszarowość gospodarstw. Występuje tutaj duży odsetek gleb zakwaszonych. Wykorzystanie nawozów mineralnych jest najniższe spośród wyodrębnionych grup województw. W grupie tej udział mieszanek zbożowych jest mniejszy niż w grupie 3, a głównym komponentem mieszanek jest owies.

Publikacje: 2 i 8.

Ad. 2. Określenie wpływu warunków siedliska, gęstości siewu i nawożenia azotem na plonowanie i wybrane cechy jakościowe ziarna nieoplewionej formy owsa i jęczmienia w siewach czystych

Z uwagi na odmienny genotyp forma nagoziarnista owsa może wykazywać inne wymagania co do niektórych czynników agrotechnicznych w stosunku do formy oplewionej.

W dostępnej literaturze brakowało informacji dotyczącej wpływu nawożenia azotem i gęstości siewu na plonowanie owsa nieoplewionego. W związku z tym określiłam wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu na plon ziarna, komponenty plonu, zawartość białka w ziarnie i plon białka owsa nagoziarnistego odmiany Akt.

Udowodniłam, że zwiększanie dawki azotu do $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało wzrost plonu ziarna, zawartości białka w ziarnie i plonu białka owsa nagoziarnistego. Zwyżki plonu ziarna były coraz mniejsze w miarę podwyższania poziomu nawożenia azotem.

Zróznicowanie plonu ziarna między poziomami nawożenia azotem było spowodowane zmiennością liczby wiech na jednostce powierzchni i liczby ziaren w wieszce, przy małej zmienności masy 1000 ziaren.

Nie stwierdziłam istotnego wpływu gęstości siewu w zakresie $400\text{-}700 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$ na plon ziarna i zawartość białka w ziarnie owsa nieoplewionego.

Stwierdziłam natomiast większy wpływ nawożenia azotem niż gęstości siewu na plon ziarna i białka nagoziarnistej odmiany owsa Akt, tak jak zakładano w hipotezie badawczej, ale współdziałanie tych czynników okazało się nieistotne.

Badania nad reakcją owsa nagoziarnistego na nawożenie azotem i gęstość siewu zostały powtórzone w kolejnych trzech latach, w tych samych warunkach siedliskowych. Zróznicowano jedynie gęstości siewu: 200, 300, 400 i $500 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$ a dawki nawożenia azotem: 0, 30, 60, 90 i $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ pozostały takie same. W latach prowadzenia badań wystąpiły niesprzyjające warunki pogodowe dla uprawy owsa, co skutkowało niskim plonem.

Wpływ badanych czynników na plonowanie owsa był zbliżony do wyników otrzymanych we wcześniejszym trzyleciu. Stwierdziłam wyższy plon ziarna owsa nieoplewionego, istotny przy gęstości siewu $300 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$ w porównaniu z gęstością siewu $200 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$.

Wyhodowana w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie pierwsza nagoziarnista odmiana jęczmienia jarego Rastik posiada większą zawartość

białka, a mniejszą zawartość włókna w ziarnie od odmian oplewionych i dzięki temu cechuje się znacznie wyższą jakością na cele spożywcze (kasza, płatki) a także na cele pastewne. Inny jej genotyp może powodować odmienne wymagania odnośnie niektórych czynników agrotechniczno-siedliskowych. W dotychczasowej literaturze brakowało informacji na temat wpływu gęstości siewu na plonowanie odmiany Rastik. Gęstość siewu jest ważnym czynnikiem wpływającym na plon ziarna jęczmienia jarego i współdziałającym z właściwościami odmian oraz z czynnikami siedliskowo-agrotechnicznymi. Niejednakowa reakcja odmian jęczmienia na gęstość siewu wiąże się z różnicami pod względem ich wymagań świetlnych, zdolności do krzewienia się roślin oraz odporności na wyleganie i choroby.

Założyłam silniejszą dodatnią reakcję jęczmienia nieoplewionego na dużą gęstość siewu, ze względu na słabsze krzewienie się roślin, stwierdzone we wcześniejszych badaniach wazonowych i mikroplotkowych.

Porównałam plon ziarna i białka jęczmienia nagoziarnistego z oplewionym w różnych warunkach edaficznych oraz określiłam wpływ gęstości siewu na plon obu form jęczmienia w zależności od jakości gleby, przedplonu i terminu siewu.

Zgodnie z założeniami, wyższa zawartość białka w ziarnie jęczmienia nieoplewionego zrekompensowała niższy jego plon ziarna, dlatego plony białka i energii netto w ziarnie jęczmienia nagoziarnistego i oplewionego były zbliżone. Omówione wyniki nie potwierdziły zakładanego silniejszego wzrostu plonu nagoziarnistej odmiany Rastik w miarę zwiększania gęstości siewu (z uwagi na słabszą jej zdolność do krzewienia się) w porównaniu z odmianami oplewionymi, ale obserwowano tendencję do dodatniej reakcji odmiany Rastik na dużą gęstość siewu (380 ziarn/m^2) w odróżnieniu od odmiany Rodion. Można to tłumaczyć przypuszczalnie większymi wymaganiami świetlnymi odmiany Rastik, z czym wiąże się większe wypadanie roślin tej odmiany w czasie wegetacji (szczególnie przy dużej gęstości siewu).

Przeprowadzone badania dały podstawę do następujących stwierdzeń.

Nagoziarnista odmiana jęczmienia Rastik charakteryzuje się niższym plonem ziarna, wyższą zawartością białka w ziarnie oraz podobnym plonem białka i energii netto w ziarnie w stosunku do oplewionych odmian: Rataj i Rodion.

Stwierdziłam, że jęczmień nagoziarnisty jest bardziej wrażliwy na opóźnienie siewu, większą kwasowość gleby i słabszy przedplon w porównaniu z jęczmieniem oplewionym.

Reakcja jęczmienia nieoplewionego na wzrastającą gęstość siewu wyrażona zwykłą plonu ziarna, nie różniła się znacznie od jęczmienia oplewionego. Większą efektywność dużej gęstości siewu odmiany Rastik niż odmiany Rodion uzyskano na glebach kompleksów: żytniego bardzo dobrego i żytniego dobrego, a zbliżoną efektywność tej gęstości dla porównywanych trzech odmian otrzymano na glebie kompleksu pszennego dobrego.

Publikacje: 4, 7 i 9.

Ad. 3. Określenie przydatności nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego i owsa do uprawy w zasiewach mieszanych

Jednym z głównych komponentów mieszanek jest owies oplewiony, którego zaletą jest dobra odporność na choroby i tolerancja na gorsze warunki glebowe, a wadą słaba wartość paszowa ziarna związana z dużym udziałem łuski (24-29%). Dobrym rozwiązaniem byłoby zastąpienie owsa oplewionego w mieszankach jego formą nagoziarnistą. Taką mieszankę można zalecać jako paszę dla trzody chlewnej, dla której zawartość owsa oplewionego w paszy powyżej 10% jest nieodpowiednia. Wyższą jakością pastewną charakteryzuje się również jęczmień jary nagoziarnisty (odmiana Rastik) w stosunku do formy oplewionej.

Uprawa nagoziarnistych odmian owsa i jęczmienia w siewach czystych jest mało konkurencyjna w stosunku do odmian oplewionych, wskutek niższego poziomu plonu ziarna. Dotyczy to w szczególności odmiany Rastik, dla której procentowa niżka plonu w stosunku do oplewionych odmian jęczmienia jest większa niż zwykła zawartość białka w ziarnie i energii netto.

Założyłam, że efektywność uprawy nieoplewionych odmian owsa i jęczmienia będzie większa w mieszankach niż w siewach czystych.

W tym celu porównałam plonowanie i zawartość białka w ziarnie różnych wariantów mieszanek jęczmienia jarego z owsem (z udziałem form nagoziarnistych i oplewionych) w przypadku stosowania różnej gęstości siewu i w różnych warunkach glebowych.

Udowodniłam, że mieszanki z udziałem nagoziarnistych odmian jęczmienia i owsa wydały niższy plon ziarna, zawierały więcej białka w ziarnie (szczególnie w przypadku mieszanki Rastik + Akt) i charakteryzowały się podobnym plonem białka i energii netto w stosunku do mieszanki odmian oplewionych (Rataj + Jawor).

Stwierdziłam tendencję wyższego plonu białka i energii netto w ziarnie mieszanki odmian nagoziarnistych (Rastik + Akt), co świadczy o zasadności uprawy takiej mieszanki w gospodarstwach prowadzących tucz trzody chlewnej na bazie pasz własnych.

Nagoziarniste formy zbóż, podobnie jak formy oplewione, lepiej krzewią się w zasiewach mieszanych i dzięki temu nie wymagają gęstego siewu.

Udowodniłam, że plonowanie porównywanych mieszanek nie zależało od gęstości ich siewu.

Warunki glebowe nie modyfikowały różnic plonu ziarna i białka oraz plonu energii netto między badanymi wariantami mieszanek.

Publikacja: 5.

Ad. 4. Oszacowanie wpływu czynników agrotechnicznych na architekturę łanu mieszanki zbożowej

Wieloletnie badania nad określeniem optymalnego modelu rośliny i łanu zbóż w zasiewach jednogatunkowych, prowadzone w Zakładzie Uprawy Roślin Zbożowych IUNG-PIB w Puławach wskazują na duże powiązanie wydajności łanu z jego budową przestrzenną. Wysokoplenny łan zbóż powinien składać się z roślin o wyrównanej długości pędów. Udowodniłam, że w przypadku międzygatunkowej mieszanki jest to niemożliwe.

Udział komponentów w mieszance (warianty) oraz termin siewu miały wyraźny wpływ na budowę łanu mieszanki. Ogólnie w warunkach opóźnionego siewu stwierdziłam zwiększenie się udziału w łanie pędów krótkich, kosztem liczebności pędów długich.

Masa ziarna z kłosa, liczba ziarn w kłosie oraz masa pojedynczego ziarna były ściśle związane z długością pędu. Omawiane cechy były modyfikowane przez termin siewu i jakość gleby. Nie obserwowano znaczącego wpływu gęstości siewu i wariantu mieszanki na wymienione cechy. Najdłuższe pędy zbóż charakteryzowały się największymi wartościami cech plenności kłosa-wiechy; w miarę skracania się długości pędów malała ich produkcyjność. Spadek masy ziarna z kłosa jęczmienia był znacznie mniejszy niż pszenicy i owsa.

W większości przypadków (szczególnie w niższych piętrach ładu i na słabszej glebie) obserwowano tendencję do większej masy ziarna z kwiatostanu w warunkach opóźnienia terminu siewu. Podobną zależność obserwowano u jęczmienia w stosunku do masy pojedynczego ziarniaka. Owies (na słabszej glebie) i pszenica (na lepszej glebie) reagowały wzrostem liczby ziarn w kwiatostanie, ale zmniejszeniem ich dorodności w każdym z pięter ładu przy opóźnieniu siewu. Na glebie kompleksu żytniego dobrego kłosa jęczmienia z najwyższych i środkowych pięter ładu, zwłaszcza w przypadku wczesnego siewu, cechowały się większą masą ziarna z kłosa w stosunku do kompleksu żytniego bardzo dobrego. Nie obserwowano takiej zależności w przypadku owsa i pszenicy.

Stwierdziłam, że plenność kłosa (wiechy) była ściśle i dodatnio powiązana z wysokością źdźbła. Zmiany w budowie przestrzennej ładu mieszanki zależały od udziału gatunków oraz od terminu siewu.

Publikacja: 10.

Ad. 5. Rola oddziaływań konkurencyjnych w siewie mieszanym

Niejednakowe wymagania siedliskowe poszczególnych gatunków zbóż przyczyniają się do dominacji w mieszance tego komponentu, który znajduje dla siebie lepsze warunki. Dowiodłam, że gatunki zbóż będące komponentami mieszanek różnią się rytmem rozwojowym. Wprawdzie populacje o różnej dynamice rozwoju mogą wykazywać taką samą produktywność końcową, ale w mieszankach prowadzi to do zjawiska dominacji i ustępowania gatunków. Szybciej rosnący jęczmień, w mieszankach z owsem, staje się gatunkiem dominującym. W końcowym efekcie wynik uprawy mieszanki zależy od kształtującej się w ładzie równowagi fitosocjologicznej między partnerami mieszanki. Wzajemne relacje między gatunkami są pochodną potencjału konkurencyjnego gatunków, a zwłaszcza różnicy między siłą konkurencyjną komponentów mieszanki. Dany gatunek znajduje korzystniejsze warunki wzrostu i plonowania w mieszance, gdy rośliny gatunku partnerskiego są słabszymi konkurentami niż rośliny własnego gatunku.

Oddziaływania konkurencyjne uwiaryściły się w różnych warunkach glebowych.

Udowodniłam, że dodatnio na konkurencyjność owsa względem jęczmienia w mieszance wpływało pogarszanie warunków glebowych, a ujemnie - opóźnianie siewu.

Współczynniki konkurencyjności obu komponentów w mieszance zwiększały się w miarę zmniejszania ich zawartości w materiale siewnym.

Owies plonował podobnie jak jego mieszanka z jęczmieniem na glebach kompleksu żytniego dobrego i żytniego słabego, niżej zaś na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego. Wyższe plony ziarna owsa w stosunku do jęczmienia w siewie czystym uzyskano na kompleksie żytnim słabym, podobne na kompleksie żytnim dobrym, natomiast niższe na kompleksie żytnim bardzo dobrym.

Publikacja: 1.

Ad. 6. Określenie roli oddziaływań allelopatycznych w początkowych fazach wzrostu różnych zbóż jarych (jęczmień, owies, pszenica, pszenżyto) i ich mieszanek oraz określenie wpływu sąsiedztwa ziarniaków form nieoplewionych na kiełkowanie oraz wybrane cechy plonotwórcze gatunków uwzględnionych w mieszance

Określałam jaką rolę w mieszankach zbożowych odgrywa zjawisko allelopatii. Badania dotyczyły oceny tego zjawiska w fazie kiełkowania ziarniaków. Wykonałam je w ramach kierowanego przeze mnie projektu badawczego 5PO6B 038 19, finansowanego przez KBN.

Badania laboratoryjne przeprowadziłam na szalkach Petriego. Uwzględniono ziarniaki zbóż jarych: jęczmienia, owsa, pszenicy i pszenżyta. Zastosowano układy 2-składnikowe mieszanek wymienionych gatunków (jęczmień + owies, jęczmień + pszenica, jęczmień + pszenżyto, owies + pszenica, owies + pszenżyto, pszenica + pszenżyto).

Badania wykazały, że żaden z gatunków nie reagował istotnymi zmianami energii i zdolności kiełkowania na sąsiedztwo nasion innych gatunków.

Kiełki jęczmienia rosnące w sąsiedztwie kiełkujących ziarniaków owsa, pszenicy oraz pszenżyta były istotnie krótsze (o 15-25 %) od kiełków jęczmienia rosnących w siewie czystym.

U pszenicy negatywny wpływ sąsiedztwa stwierdzono tylko w przypadku jęczmienia, natomiast wpływ owsa i pszenżyta na badany gatunek okazał się nieistotny.

Owies siewny niekorzystnie reagował na sąsiedztwo pszenicy i pszenżyta (w stosunku do obiektu kontrolnego) oraz w mniejszym stopniu na sąsiedztwo kiełkującego jęczmienia.

Na długość kielków pszenżyta nie wpływało sąsiedztwo pozostałych ziarniaków, za wyjątkiem obiektu z pszenicą, na którym zaznaczyła się tendencja do większej długości omawianej cechy.

Korzenie jęczmienia w siewie czystym były istotnie dłuższe niż w układach mieszkankowych. Najsilniejszą redukcję systemu korzeniowego stwierdzono w przypadku łącznego wysiewu jęczmienia z pszenżytem. Istotnie krótsze korzenie pszenicy stwierdzono w mieszance z jęczmieniem, różnice długości korzeni w pozostałych układach mieszanych i siewie czystym były nieistotne. Stwierdzono istotnie krótsze korzenie owsa rosnącego z pszenżytem w stosunku do owsa w układzie tzw. czystym. Najdłuższymi korzeniami charakteryzowało się pszenżyto będące w sąsiedztwie pszenicy, ale istotne różnice w tym zakresie dotyczyły tylko wymienionej mieszanki i pszenżyta w siewie czystym.

Sucha masa kielków i korzeni podlegała podobnej zmienności jak ich długość.

Przeprowadzone badania wykazały, że występuje zróżnicowane oddziaływanie międzygatunkowe ziarniaków zbóż (na etapie kiełkowania) w mieszankach, w odniesieniu do zasiewów czystych, na co niewątpliwie ma wpływ zjawisko allelopatii.

Na podstawie tego etapu badań sprecyzowałam następujące wnioski:

Energia i zdolność kiełkowania ziarniaków jęczmienia, owsa siewnego, pszenicy i pszenżyta w mieszankach i w siewach czystych nie różniła się istotnie.

Skład gatunkowy mieszanek miał wpływ na długość i masę kielków oraz korzeni wytworzonych przez ziarniaki badanych zbóż.

Potwierdzenie faktu występowania zjawiska allelopatii w zasiewach mieszanych nastąpiło po wydzieleniu związków chemicznych odpowiedzialnych za to zjawisko z wydzielin korzeniowych zbóż. Analiza chromatograficzna wydzielin korzeniowych, pozyskanych we wczesnych fazach rozwojowych zbóż wykazała obecność dwóch związków fenolowych. Uważam to za novum pracy. Badania były podstawą do publikacji:

Leszczyńska D. (80%), Stochmal A., Oleszek W.: Cereal root exudates and their allelopathic activity. Proceedings Second European Allelopathy Symposium „Allelopathy – from understanding to application”. IUNG Puławy, 2004: 136.

W badaniach przeprowadzonych według systemu RERS (Root Exudate Recirculating System) określiłam aktywność biologiczną wydzielin korzeniowych testowanych gatunków, natomiast w doświadczeniach prowadzonych według systemu

CRETS (Continuous Root Exudate Trapping System) pozyskałam wydzieliny korzeniowe z badanych gatunków w celu ich identyfikacji.

Analizy chromatograficzne próbek glebowych, pozyskanych z różnych kombinacji roślin donorowych i wydzielin korzeniowych z systemu CRETS, wykazały allelopatyczne właściwości dwóch związków fenolowych. Na podstawie analiz spektralnych ustalono, że dominujący związek to kwas benzoesowy o określonej strukturze (związek ten jest składnikiem jednego z herbicydów).

Wykazałam wyższy potencjał allelopatyczny form nieoplewionych owsa i jęczmienia niż form oplewionych, co zostało przedstawione w publikacjach:

- *Leszczyńska D. (80%), Janda B., Stochmal A.: Determination of allelochemicals in root exudates collected by the Continuous Root Exudate Trapping System (CRETS). Acta Bioch. Pol., 2009, 56, suppl. 3: 92.*
- *Leszczyńska D. (90%), Janda B.: Determination of allelochemicals in root exudates of barley collected by the Continuous Root Exudate Trapping System (CRETS). Acta Bioch. Pol., 2011, suppl. 3: 28.*

Badania nad określeniem wpływu sąsiedztwa owsa (formy oplewionej i nieoplewionej) na cechy plonotwórcze jęczmienia w mieszankach przeprowadziłam w Stacji Doświadczeń Wegetacyjnych IUNG-PIB w Puławach. Były to badania wazonowe z formami nieoplewionymi i oplewionymi jęczmienia i owsa oraz dwuskładnikowych mieszanek (w proporcji 1:1). Obiektem kontrolnym były wazony z gatunkami tzw. czystymi. Wysiano następujące formy owsa: nieoplewioną odmianę Polar i oplewioną odmianę Flaemingsstern. Formy jęczmienia użyte do badań to: nieoplewiona odmiana Rastik i oplewiona odmiana Orthega.

Stwierdziłam, że jęczmień oplewiony i nieoplewiony w siewie czystym oraz mieszanym (w sąsiedztwie owsa oplewionego bądź nieoplewionego) nie różnił się liczbą ziaren w kłosie. Liczba ziaren w wieszce owsa oplewionego w mieszance z jęczmieniem nieoplewionym była wyższa niż w zasiewie jednogatunkowym.

Sąsiedztwo owsa oplewionego i nieoplewionego nie wpływało na masę ziarna w kłosie obu form jęczmienia w mieszankach, w porównaniu do masy ziarna z kłosa jęczmienia wysiewanego w czystym siewie. Badania wykazały mniejszą dorodność ziarna (masa 1000 ziaren) jęczmienia oplewionego rosnącego w otoczeniu zarówno owsa oplewionego jak i nagoziarnistego. Z kolei obie formy owsa korzystnie wpływały na dorodność ziarna

jęczmienia nieoplewionego w mieszankach. Należy podkreślić, że jęczmień nieoplewiony w mieszankach z owsem wyróżniał się lepszą zdrowotnością niż w siewie czystym.

Jęczmień oplewiony w mieszance z owsem oplewionym wykazywał silniejsze rozkrzewienie produkcyjne niż w siewie czystym. Natomiast jęczmień nagoziarnisty silniej krzewił się w mieszance z owsem nieoplewionym. Wieloletnie badania polowe z mieszankami międzyodmianowymi jęczmienia potwierdzają podobne zależności tzn. silniejsze krzewienie jęczmienia w zasiewach mieszanych.

Dowiodłam, że zróżnicowanie gatunkowe mieszanek decydowało o składzie chemicznym ziarniaków. Forma nieoplewiona jęczmienia reagowała istotnym podwyższeniem zawartości białka pod wpływem obecności nieoplewionych form owsa. Stwierdziłam zwiększoną zawartość białka u owsa oplewionego rosnącego w sąsiedztwie roślin jęczmienia oplewionego i nagoziarnistego.

Publikacje: 3 i 6.

Podsumowanie

1. Produkcja mieszanek zbożowych w regionach Polski jest zróżnicowana, a decydują o tym czynniki siedliskowe, agrotechniczne i organizacyjno-ekonomiczne. Najwięcej mieszanek zbożowych uprawia się w północno-wschodnim rejonie kraju.
2. Stwierdzono większy wpływ nawożenia azotem, a mniejszy wpływ gęstości siewu na plon ziarna i białka nagoziarnistej formy owsa, ale współdziałanie tych czynników okazało się nieistotne.
3. Jęczmień nagoziarnisty charakteryzuje się mniejszą tolerancją na opóźnienie siewu w porównaniu z jęczmieniem oplewionym. Gęstszych siewów wymaga odmiana nieoplewiona jęczmienia w porównaniu z odmianą oplewioną (Rodion) na glebach kompleksów: żytniego bardzo dobrego i żytniego dobrego.
Wyższa zawartość białka w ziarnie jęczmienia nieoplewionego rekompensuje niższy jego plon ziarna, dlatego plony białka oraz wartości energetyczne ziarna jęczmienia nagoziarnistego i oplewionego były zbliżone.
4. W mieszankach zbożowych stwierdzono słabszą konkurencyjność owsa nagoziarnistego w porównaniu z owsem oplewionym. Jęczmień (niezależnie od formy) przeważał w plonie ziarna w mieszance z owsem nagoziarnistym, ale stanowił mniejszy udział (zwłaszcza w przypadku odmiany Rastik) w mieszance z owsem oplewionym.
5. Mieszanki z udziałem nagoziarnistych form jęczmienia jarego i owsa w porównaniu z mieszankami oplewionych form tych gatunków charakteryzują się niższym plonem ziarna, wyższą zawartością białka w ziarnie, podobnym plonem białka oraz wyższą wartością energetyczną ziarna. Warunki glebowe nie modyfikowały plonu ziarna i białka oraz wartości energetycznej ziarna w badanych wariantach mieszanek. Plonowanie porównywanych mieszanek nie zależało od gęstości siewu.
6. Zmiany w budowie przestrzennej łanu mieszanki zależały od udziału gatunków oraz od terminu siewu.
Plenność kłosa (wiechy) była ściśle i dodatnio powiązana z wysokością źdźbła.
7. Dodatkowo na konkurencyjność owsa oplewionego względem jęczmienia oplewionego w mieszance wpływało pogarszanie warunków glebowych, a ujemnie - opóźnianie siewu.

8. Oddziaływania allelopatyczne między gatunkami zbóż uprawianymi w mieszankach wpływały na rozwój siewek, natomiast energia i zdolność kiełkowania nie podlegały istotnym zmianom.
9. Głównym związkiem chemicznym odpowiedzialnym za zjawisko allelopatii w zasiewach mieszanych jest kwas benzoesowy, którego obecność stwierdzono w wydzielinach korzeniowych. Wyższym potencjałem allelopatycznym charakteryzują się formy nieoplewione owsa i jęczmienia w porównaniu z formami oplewionymi.
10. Sąsiedztwo badanych form oplewionych i nieoplewionych zbóż wpływało na ich cechy plonotwórcze. Jęczmień oplewiony w mieszance z owsem oplewionym wykazywał silniejsze rozkrzewienie produkcyjne niż w siewie czystym, natomiast jęczmień nagoziarnisty silniej krzewił się w mieszance z owsem nieoplewionym.
11. Oddziaływania allelopatyczne należy brać pod uwagę przy kreowaniu technologii produkcji różnych mieszanek zbożowych.

Literatura cytowana

- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M.: Ziarno owsa-niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. I. Ogólna charakterystyka owsa. Biul. IHAR. 2000, 215: 209-222.
- Duer I.: System gospodarowania a zmęczenie gleby powodowane allelopatią. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1997, 452: 51-57.
- Leszczyńska D.: The role of allelopathy in ecological mixtures crops. VII ESA Congress. Spain 2002: 201-202.
- Leszczyńska D., Stochmal A., Oleszek W.: Cereal root exudates and their allelopathic activity. Proceedings Second European Allelopathy Symposium „Allelopathy – from understanding to application”. IUNG Puławy, 2004: 136.
- Leszczyńska D., Janda B., Stochmal A.: Determination of allelochemicals in root exudates collected by the Continuous Root Exudate Trapping System (CRETS). Acta Bioch. Pol., 2009, 56, suppl. 3: 92.
- Leszczyńska D., Janda B.: Determination of allelochemicals in root exudates of barley collected by the Continuous Root Exudate Trapping System (CRETS). Acta Bioch. Pol., 2011, suppl. 3: 28.
- Michalski T., Szółkowska.: Plonowanie mieszanek owsa i jęczmienia jarego w zależności od doboru odmian. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2007, 516: 111-119.
- Oleszek W.: Techniki badania allelopatii. Wiadomości Botaniczne, 1992, 36(3/4): 17-25.
- Oleszek W., Główniak K., Leszczyński B.: Biochemiczne oddziaływania środowiskowe. AM Lublin, 2001.
- Rudnicki F.: Mieszanki zbożowe i zbożowo-strączkowe. (W:) Rynki i technologie produkcji roślin uprawnych. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa 2005: 197-214.
- Sobótka W.: Rola allelopatii w poszukiwaniach proekologicznych środków ochrony roślin. Mat. konf. „Teoretyczne i praktyczne aspekty allelopatii”. IUNG Puławy, K(10), 1996: 17-20.
- Szempliński W., Budzyński W.: Cereal mixtures in polish scientific literature in the period 2003-2007. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2011, 10(2): 127-140.
- Wójcik-Wojtkowiak D., Politycka B., Weyman-Kaczmarkowa W.: Allelopatia. AR Poznań, 1998.