

Załącznik B

Autoreferat

Dr inż. Dariusz Załuski
Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Plac Łódzki 3, 10-714 Olsztyn

Autoreferat

1. Imię i nazwisko

dr inż. Dariusz Załuski

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- Dyplom doktora nauk rolniczych w zakresie agronomii, specjalność biometria i doświadczalnictwo rolnicze. Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, 2004 r.
Rozprawa doktorska pt. „Zmienność przestrzenna pola doświadczalnego a efektywność układów czynnikowych typu s^k i s^{k-p} ”.
Promotor prof. dr hab. Janusz Gołaszewski.
- Dyplom magistra inżyniera rolnictwa, w zakresie agrotechnologie i zarządzanie produkcją. Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, 2000 r.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

- Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, adiunkt – od grudnia 2004 r.

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. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) Tytuł osiągnięcia naukowego,

„Metoda oceny technologii uprawy roślin rolniczych za pomocą wieloczynnikowych układów doświadczalnych.”

b) Wykaz prac (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa) dokumentujący osiągnięcia naukowe:

1. **Załuski D.**, Gołaszewski J., Stawiana-Kosiorek A., 2005. Efficiency of 3^5 factorial design determined using additional information on the spatial variability of the experimental field. *Listy Biometryczne - Biometrical Letters*, vol. 42 (1), 67-77.
2. **Załuski D.**, Gołaszewski J., 2006. Efficiency of 3^{5-p} fractional factorial design determined using additional information on the spatial variability of the experimental field. *J. Agron. Crop Sci.* 192, 303-309. doi:10.1111/j.1439-037X.2006.00216.x
3. Gołaszewski J., **Załuski D.**, Stawiana-Kosiorek A., Sulima P., 2009. The usefulness of some soil properties and plant traits for the estimation of spatial variation in the 3^5 field experiment with pea (*Pisum sativum* L. sensu lato). *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (EJPAU)* Volume 12, Issue2.
4. Hłasko-Nasalska A., **Załuski D.**, Dubis B., 2012. Technological level and the yield of winter malting barley. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 11(1), 27-41.
5. **Załuski D.**, Hłasko-Nasalska A., Bepirszcz K., 2012. Application of 3^{5-2} fractional design in evaluation of the effect of agrotechnical level on the brewing quality of winter barley grain (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Sci. Pol., Agricultura* 11(1), 125-132.
6. **Załuski D.**, Dubis B., Budzyński W., Jankowski K., 2016. Applicability of the 3^{5-2} fractional factorial design in determining the effect of cultivation factors on hulless oat. *Agronomy Journal* 108. doi:10.2134/agronj14.0607

Oświadczenia współautorów prac wraz z określeniem ich indywidualnego wkładu pracy w każdej z publikacji znajdują się w załączniku F.

c) Omówienie celu naukowego w/w publikacji, jak również osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Celem naukowym prac było opracowanie metodyki testowania technologii uprawy roślin rolniczych. Udokumentowane wyniki badań dowodzą, że jedną z dróg umożliwiających osiągnięcie złożonego celu, jest wykorzystanie

wieloczynnikowych układów doświadczalnych, a w szczególności układów opartych na planach frakcyjnych (ułamkowych) typu 3^{k-p} , gdzie k czynników na trzech poziomach testuje się na podstawie części – $1/3^p$ (gdzie p oznacza wielkość frakcji) kompletu 3^k obiektów doświadczalnych.

Wyniki badań opublikowane w/w pracach, zostały zauważone i wykorzystane przez naukowców w kraju i zagranicą. Potwierdzeniem tego faktu są odniesienia zamieszczone w publikacjach naukowych, monografiach, rozprawach doktorskich oraz zastosowania praktyczne w warunkach doświadczeń polowych w badaniach nad technologią uprawy gryki (Kwiatkowski 2010), pszenicy jarej (Dubis 2012), pszenicy ozimej: zwyczajnej, orkiszowej i twardej (Bepirszcz 2012), rzepaku ozimego (Hulannicki 2014), kolendry siewnej Nowak i Szempliński 2014). Przełożyć się to mogło na zalecenia technologiczne uprawy tych roślin. Publikacje składające się na cykl były cytowane w pracach naukowych prezentujących wpływ wybranych czynników technologii uprawy roślin na jakość żywności (Noworolnik i in. 2014), w badaniach leśnych (Kaitaniemi i Lintunen 2008, Lintunen i Kaitaniemi 2010, Lintunen 2013) czy przemysłowych (Shishebori i in. 2014). Za wyróżnienie uznaję zakwalifikowanie mojej osoby do ustnej prezentacji wyników badań na prestiżowym światowym kongresie *International Biometric Conference* z zakresu statystyki matematycznej, biometrii i doświadczalnictwa w 2008 r. w Dublinie (Irlandia) oraz w 2010 roku we Florianopolis (Brazylia). W trakcie prowadzenia badań, cząstkowe wyniki prezentowałem na międzynarodowych i ogólnopolskich konferencjach oraz sesjach naukowych organizowanych przez Polskie Towarzystwo Biometryczne oraz Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach.

Wstęp

Wprowadzanie do upraw nowych odmian roślin, które charakteryzują się zwiększonym potencjałem plonowania oraz specyficznymi wymaganiami, lub nagle zapotrzebowanie na produkty pochodzenia roślinnego o określonej jakości, często wymagają opracowania na nowo dedykowanej technologii uprawy, bądź nowego wartościowania pojedynczych czynników produkcji. W takim przypadku testowanie wymaga szybkiego i względnie taniego sposobu oceny badanych czynników agrotechnicznych. Klasyczną metodą jednoczesnego analizowania wielu czynników produkcyjnych jest zastosowanie kompletnego układu

czynnиковego typu s^k gdzie k czynników bada się na s poziomach, zwykle dwóch lub trzech. Jednak istotnym ograniczeniem stosowania takich układów jest to, że wraz ze wzrostem liczby czynników doświadczalnych drastycznie wzrasta liczba wszystkich kombinacji, które należy przetestować, co jest szczególnym utrudnieniem w przypadku układów z $s > 2$. Przykładowo, 3 czynniki na 3 poziomach (3^3) generują 27 obiektów doświadczalnych w jednym powtórzeniu; cztery czynniki (3^4) już 81, a 5 czynników (3^5) wymaga aż 243 kombinacji do przetestowania. W warunkach doświadczeń polowych stwarza to dodatkowy problem, albowiem maleje skuteczność układów blokowych, które są powszechną metodą kontroli zmienności glebowej, będącej głównym źródłem błędu w tego typu doświadczeniach. Jak podaje Hinkelmann i Kempthorne (2005) wariancja błędu eksperymentalnego jest silnie związana z wielkością bloku i rośnie wraz ze wzrostem liczby obiektów w bloku.

Wyniki badań stanowiących cykl publikacji naukowych odpowiedziały na tego typu wyzwanie i pokazały zasady planowania i praktyczne zastosowanie układów frakcyjnych typu 3^{k-p} w warunkach doświadczeń polowych. Prace te zaprezentowały też oryginalną i alternatywną metodę kontroli zmienności glebowej, w której analizy statystyczne wyników uwzględniały efekty zmienności przestrzennej pola doświadczalnego w postaci zmiennych towarzyszących przyswajalnych składników pokarmowych oraz cech biometrycznych roślin.

Charakterystyka układów czynnikowych pełnych typu 3^k

Punktem bezpośredniego odniesienia proponowanych układów frakcyjnych był kompletny układ czynnikowy typu 3^k gdzie k czynników A, B, C, ..., występowało na trzech poziomach ($s=3$) oznaczanych $\{0, 1, 2\}$ lub $\{-1, 0, 1\}$, gdzie 0 oznaczał poziom minimalny, 1 – poziom średni, 2 – poziom maksymalny, lub w przypadku drugiego zapisu $\{-1, 0, 1\}$ poziom oznaczony jako 0 to poziom optymalny, -1 – poziom minimalny a 1 – maksymalny. W analizie statystycznej wyników rozpatrywało się $3^k - 1$ porównań między 3^k obiektami. Efektem głównym każdego czynnika odpowiadało $s-1$ stopni swobody, a każdej interakcji k -czynnikowej odpowiednio $-(s-1)^k$. W analizie wariancji otrzymano odpowiednio: $3-1=2$ stopnie swobody dla efektów głównych każdego czynnika, $(3-1)^2=4$ stopnie swobody dla każdej interakcji dwuczynnikowej, $(3-1)^3=8$ stopni swobody dla interakcji trójczynnikowej, itd. Możliwa była tu bardziej wnikliwa ocena efektów czynników o charakterze ilościowym, gdyż między poziomami

takiego czynnika można było estymować efekt liniowy i efekt odchylenia od liniowości. Było to szczególnie cenne w przypadku testowania czynników takich jak nawożenie, termin oraz gęstość siewu, które często charakteryzowały się tym, że efekty kolejnych zmian wartości poziomu danego czynnika istotnie wpływały na reakcję badanej cechy (np. plonu) tylko do pewnej wartości krytycznej danego czynnika. Dodatkową zaletą korzystania z takiego typu układów była możliwość wyznaczenia tzw. powierzchni odpowiedzi, która to wykreślona w przestrzeni dwu- lub trójwymiarowej wyznaczała odpowiedź jednej lub wielu zmiennych w przypadku zmian dwóch zmiennych wejściowych, przy ustalonych wartościach pozostałych zmiennych. Przykład wykorzystania takiej powierzchni przedstawiono w **pracy nr 5**.

Charakterystyka układów czynnikowych frakcyjnych typu 3^{k-p}

Wszystkie opisane właściwości pełnego układu czynnikowego 3^k odnoszą się także do układów frakcyjnych typu 3^{k-p} , z tym że k czynników na $s=3$ poziomach testowano na podstawie wydzielonej części – $1/3^p$ (gdzie p oznaczał wielkość frakcji) kompletu 3^k obiektów doświadczalnych. Wyodrębnienie $1/3$ frakcji obiektów z pełnego układu czynnikowego 3^5 powodowało redukcję do 81 kombinacji podlegających testowaniu i otrzymano wtedy układ typu 3^{5-1} . Procedura wydzielenia tych 81 obiektów, którą opisano w **pracy nr 2**, dała możliwość estymowania tych samych efektów głównych i interakcyjnych, co w kompletnym układzie z 243 kombinacjami. Oznaczało to, że zastosowane generatory planu frakcyjnego umożliwiły ocenę wszystkich efektów głównych 5 czynników na 3 poziomach oraz efektów wszystkich ich interakcji dwuczynnikowych jedynie na $1/3$ części wymaganego kompletu obiektów układu 3^5 . W **pracy nr 6** pokazano, że możliwa była też dalsza redukcja ($1/3^2$), która prowadziła do układu 3^{5-2} , co oznaczało, że otrzymano 27 ocenianych kombinacji w jednym powtórzeniu. Zastosowane generatory układów 3^{5-2} najczęściej prowadziły do oceny samych efektów głównych 5 czynników na 3 poziomach.

Finney (1943, 1946, 1949), jako pionier takiego rozwiązania, podkreślał, że istotą konstrukcji układów frakcyjnych jest wiedza badacza o tym, które działania efektów są na tyle nieistotne (lub równe zero) aby je pominąć, a które są na tyle ważne, by włączyć je do modelu. Wiedza ta prowadziła do zastosowania odpowiednich równań matematycznych, które zastosowane jako generatory tworzyły właściwy układ frakcyjny. Takie równania umożliwiały

estymację najważniejszych efektów, a pozostałe pomijały i włączały je w modelu do błędu doświadczalnego. Z rolniczego punktu widzenia najmniej użyteczne wydają się być efekty interakcji wyższych rzędów, dlatego można je pominąć lub pozwolić na tzw. *aliaże*, czyli wikłanie się takich efektów. Aliaże to stan, w którym dwa lub więcej efektów ma identyczną ocenę i nie można analizować ich osobno (Oktaba 1980). Przykładowo, zapis $A^1=A^1B^2C^2D^2E^2=B^1C^1D^1E^1$ oznacza, że efekt główny czynnika A miał taką samą ocenę jak ocena efektu interakcji $A^1B^2C^2D^2E^2$ i interakcji $B^1C^1D^1E^1$. Tu ujawnia się największa trudność metodyczna, bo należy zastosować takie równania matematyczne, które w wygenerowanym układzie frakcyjnym dadzą możliwość oszacowania wszystkich efektów głównych oraz efektów interakcji dwuczynnikowych nie będących aliażami ocen efektów bloków lub interakcji wyższych rzędów (Załuski i in. 2006).

W wyniku zastosowania danego generatora planów frakcyjnych otrzymano określony stopień uwikłania estymowanych efektów, nazwany rozdzielczością układu (*ang.* resolution). Korzystając z terminologii wprowadzonej przez Box i Hunter (1961a, 1961b) rozróżniono:

- a) rozdzielczość III (*ang.* resolution III design) - efekty główne nie były uwikłane ze sobą, ale niektóre z nich mogły być aliażami dwuczynnikowych interakcji;
- b) rozdzielczość IV (*ang.* resolution IV design) - efekty główne nie były uwikłane ze sobą oraz z interakcjami dwuczynnikowymi, ale dwuczynnikowe interakcje mogły być aliażami innych dwuczynnikowych kombinacji;
- c) rozdzielczość V (*ang.* resolution V design) - efekty główne nie były uwikłane ze sobą oraz z interakcjami dwuczynnikowymi, a dwuczynnikowe interakcje mogły być aliażami trzyczynnikowych kombinacji.

Wyniki badań

Punktem oparcia dla badań udokumentowanych w osiągnięciu naukowym było wieloczynnikowe doświadczenie polowe 3^5 z grochem siewnym (*Pisum sativum* L.), z 5 czynnikami (A – odmiana, B – data siewu, C – gęstość siewu, D – nawożenie mineralne, E – ochrona roślin), które występowały na trzech poziomach intensywności agrotechnicznej. Wyniki uzyskane z tego dużego i kosztownego doświadczenia były bazą do wielu ocen symulowanych układów

frakcyjnych i punktem odniesienia w wielu ocenach efektywności analiz statystycznych różnych modeli układu 3^5 jak i stworzonych planów ułamkowych typu 3^{k-p} .

W **pracy 2** zaproponowano różne warianty planów układów frakcyjnych, które wygenerowano za pomocą następujących równań:

- **plany układu 3^{5-1}** wariant I $a+b+c+d+e=0 \pmod{3}$, wariant II $a+2b+2c+d+e=0 \pmod{3}$, wariant III $a+b+2c+d+e=0 \pmod{3}$ wszystkie o rozdzielczość V;
- **plany układu 3^{5-2}** wariant I $b+2c+d+2e=0 \pmod{3}$ i $a+b+2d+e=0 \pmod{3}$, wariant II $a+2b+d+e=0 \pmod{3}$ i $b+2c+2d+e=0 \pmod{3}$, wariant III $a+b+2c+e=0 \pmod{3}$ i $2a+b+d+2e=0 \pmod{3}$.

Wyniki analiz pokazały, że stopień wykrywania istotnych efektów głównych w zastosowanych modelach układów 3^{5-1} z 81 obiektami i 3^{5-2} z 27 obiektami, był zbliżony do kompletnego układu 3^5 z 243 kombinacjami w ocenie wysokości roślin grochu jak i masy nasion z rośliny. Więcej rozbieżności było w uznanych za istotne interakcjach dwuczynnikowych, przy czym dotyczyły one wyłącznie modeli o rozdzielczości V.

Kolejnym etapem badań było praktyczne zastosowanie planów układów frakcyjnych w testowaniu konkretnych technologii uprawy. Zaproponowałem plany układów frakcyjnych, które zastosowano w badaniach z gryką (Kwiatkowski 2010), pszenicą jarą (Dubis 2012), pszenicą ozimą: zwyczajną, orkiszową i twardą (Bepirszcz 2012), rzepakiem ozimym (Hulannicki 2014). Istotnym spostrzeżeniem było to, że naukowcy zainteresowani zastosowaniem takich układów, bardzo często zwracali uwagę na plany układu 3^{5-2} . Decydował o tym nie tylko walor związany z możliwością jednoczesnej oceny efektów głównych 5 czynników na 3 poziomach ale też aspekt ekonomiczny. Układ taki zastawano między innymi w badaniu związku pomiędzy czynnikami agrotechnicznymi, a wydajnością browarną jęczmienia ozimego odmiany Corbie (**praca nr 4**) czy też wpływu agrotechniki na jakość browarną ziarna tej odmiany (**praca nr 5**). Do tych celów przygotowany został plan układu 3^{5-2} w dwóch powtórzeniach, z założeniem, że doświadczenie prowadzone będzie przez trzy kolejne lata. Model układu uwzględniał efekty główne 5 czynników (A – termin siewu, B – gęstość siewu, C – nawożenie azotowe wiosną, D – ochrona przed chorobami, E – regulacja wzrostu roślin) oraz niektóre efekty interakcji dwuczynnikowych. Na podstawie tego ustalono, że związek wydajności

browarnej z poziomami agrotechnicznymi czynników technologii uprawy okazał się mniejszy, niż zakładano w hipotezie zerowej (**praca nr 4**). Wyniki analizy kwartylowej, wskazały, która technologia uprawy jęczmienia browarnego pozwalała osiągnąć wysokie plony (A0, B2, C1, D2, E2), a która sprawiała, że plony były najniższe (A2, B0, C0, D0, E0). **Praca nr 5** przedstawiła z kolei wyniki badań nad cechami jakościowymi z omawianego doświadczenia. Parametry jakościowe słoju z jęczmienia ozimego okazały się być cechami typowo odmianowymi, które w niewielkim stopniu modyfikowane były za pomocą różnego poziomu agrotechniki. Jedynym czynnikiem agrotechnicznym, który istotnie wpływał na parametry jakościowe słoju było to nawożenie azotem wiosną. Zaprezentowano powierzchnię odpowiedzi lepkości brzezki (parametr jakości słoju). Wykres ten zobrazował scenariusz możliwych zmian wartości tej cechy podczas stosowania różnych terminów siewu i poziomów nawożenia azotem wiosną. Najbardziej pożądaną wartość tej cechy otrzymano w przypadku zastosowania najwcześniejszego terminu siewu i minimalnego poziomu nawożenia azotem (poziomy 0). Wraz z opóźnianiem terminu siewu (poziomy 1 i 2) oraz zwiększaniem dawki azotu, wartość lepkości brzezki podnosiła się, co jest niekorzystną tendencją z punktu widzenia parametrów jakościowych słoju uzyskanego z ziarna jęczmienia browarnego.

Z wykorzystaniem innego planu układu 3^{5-2} , przeprowadzono badania w których oceniano wpływ pięciu czynników agrotechnicznych (A – termin siewu, B – gęstość siewu, C – nawożenie azotem, D – nawożenie magnezem, E – ochrona przed chorobami), na trzech różnych poziomach agrotechnicznej intensywności, na wydajność ziarna owsa jarego nagiego (*Avena sativa* var. *nuda* L.). Wygenerowano plan układu z równań: $D=2A+2B \text{ mod}(3)$ i $E=A+B+C \text{ mod}(3)$ o rozdzielczości III. Porównano cztery różne modele, które możliwe były do zastosowania w przypadku takiego układu. Współczynniki Akaike AIC oraz zmodyfikowana jego postać dla małych układów (AIC_c) wskazały, że model, w którym oceniano wyłącznie efekty główne pięciu czynników, cechowało lepsze kryterium informacyjności, niż modele z oceną efektów głównych i niektórych efektów interakcji dwuczynnikowych. Jednak z punktu widzenia praktyki rolniczej, efekty interakcyjne czynników mogły być cenniejsze od ocen samych efektów głównych. Dlatego ważnym było ukazanie, co się zyskuje, a co traci po wyborze danego modelu układu 3^{5-2} . Wyniki te zostały opublikowane w *Agronomy Journal* ($IF_{2014}=1.441$) - **praca 6**.

Koncepcja testowania technologii uprawy roślin rolniczych prezentowana w osiągnięciu naukowym była też cennym narzędziem wspomagającym badania metodyczno-ekonomiczne w typowaniu kluczowych czynników technologii uprawy żyta ozimego (*Secale cereale* L.) zastosowanym przez Imiołek (2013) i Imiołek i in. (2012). W pracach tych zaproponowano, by na początku procesu testowania technologii uprawy zastosować badanie ankietowe (wśród producentów), w celu określenia kluczowych elementów technologii oraz kalkulację kosztów jednostkowych produkcji. Wyniki analizy danych z takich ankiet determinowały wybór (redukcję) czynników agrotechnicznych do badań w ścisłym doświadczeniu polowym w układzie frakcyjnym z 12 czynnikami typu 2^{12-8} , w celu wytypowania kilku czynników kluczowych do końcowej oceny w doświadczeniu łanowym na polach produkcyjnych. W dalszym etapie wykonano analizy ekonomiczne, które oparto na bazie nakładów bezpośrednich poniesionych na produkcję, obliczono jednostkowe koszty oraz nadwyżkę bezpośrednią, określono strukturę kosztów oraz zyskowność produkcji w odniesieniu do technologii i każdego z badanych czynników z osobna.

Zmienność przestrzenna pola doświadczalnego

Podstawą oceny faktycznych efektów obiektowych jest jednorodność warunków eksperymentalnych. W doświadczeniach polowych obiekty doświadczalne prawie zawsze obciążone są wpływem zmienności glebowej. Najczęstszym sposobem ujednoczenia warunków w doświadczeniach polowych jest zastosowanie układów blokowych, w których pojemność bloku nie powinna przekraczać 16 obiektów (najlepiej 9) (Hinkelmann i Kempthorne 2005). W badaniach nad układami czynnikowymi frakcyjnymi nie mogłem pominąć tego aspektu, gdyż pojemność bloków w wygenerowanych planach takich układów mogły przekraczać dopuszczalne maksima. W prezentowanym osiągnięciu naukowym przedstawiono oryginalną i alternatywną metodę kontroli zmienności glebowej, w której analizy statystyczne uwzględniały efekty zmienności przestrzennej pola doświadczalnego w postaci zmiennych towarzyszących przyswajalnych składników pokarmowych oraz cech biometrycznych roślin.

Bazą takich analiz były wyniki z prób glebowych, pobieranych przed założeniem każdego doświadczenia, w których oznaczano pH gleby oraz zawartość przyswajalnych składników pokarmowych takich jak: P_2O_5 , K_2O i MgO . Dodatkowo, z powodu wpływu konkurencyjności roślin na ocenę efektów

obiektywnych włączono do analiz także informację o cechach biometrycznych roślin z tzw. poletek kontrolnych, na co zwracała uwagę między innymi Stawiana-Kosiorek i in. (2003a, 2003b, 2007) oraz Gołaszewski i in. (2005). W **pracy nr 1** przedstawiono efektywność tych rozszerzonych modeli w stosunku do modeli układu całkowicie losowego (CRD), układu losowanych bloków (RBD) i układu czynnikowego z blokami niekompletnymi (FD). Wyniki badań pokazały, że modele, które wykorzystywały dodatkową informację o zmienności przestrzennej składników pokarmowych dostępnych w glebie oraz cech roślin, zwiększyły efektywność oceny efektów obiektywnych w zakresie 48-60% w stosunku do modelu CRD, 37-49% modelu RBD i do 5% modelu FD w ocenie plonu nasion grochu. Stwierdzono, że znacznie większy zysk efektywności uzyskiwało się w przypadku oceny cech obciążonych większą naturalną zmiennością (jak np. plon) niż w przypadku cech determinowanych genetycznie o stosunkowo niewielkiej wariancji (np. wysokość roślin).

W kolejnym tego typu doświadczeniu, omawiane analizy rozszerzono o dodatkową zmienną, tj. zawartość węgla organicznego w glebie. W **pracy nr 3** przedstawiono wyniki analiz, z których wynikało, że efektywność modeli uwzględniających zawartości przyswajalnych składników pokarmowych w glebie stanowiła 150-200% modelu układu całkowicie losowego, a w przypadku uwzględnienia cech roślin z poletek kontrolnych nawet 370%. Warto nadmienić, że pole na którym prowadzono to doświadczenie charakteryzowało się znaczną zmiennością glebową, a zastosowane metody geostatystyczne wykazały, że zmienność przestrzenna badanych właściwości chemicznych gleby, przypisana przestrzennej autokorelacji, stanowiła 60% ogólnej wariancji.

Identyczne podejście zastosowano w ocenie efektywności układów frakcyjnych 3^{5-1} i 3^{5-2} (**praca nr 2**). Zaprezentowane wyniki potwierdziły możliwość zwiększania efektywności ocen obiektywnych, gdy uwzględniono zmienne towarzyszące w postaci informacji o zawartości przyswajalnych składników pokarmowych w glebie lub o wartości cech biometrycznych roślin z poletek kontrolnych. Analiza kowariancji w modelu układu 3^{5-1} zwiększyła efektywność o 20% w ocenie wysokości roślin grochu i o 23% w ocenie plonu nasion, a w przypadku 3^{5-2} odpowiednio o 13% i 62%. Podobnie jak w przypadku wcześniejszych badań wzrost efektywności planów frakcyjnych szczególnie widoczny był w ocenie plonu nasion grochu, a nieco mniejszy w ocenie wysokości roślin.

Omawiane własne osiągnięcie naukowe w naturalny sposób wpisało się w koncepcję rolnictwa precyzyjnego. Potwierdzeniem tego jest praca Gołaszewskiego i in. (2013). Autorzy zastosowali zaprezentowaną w osiągnięciu naukowy koncepcję użycia modeli wykorzystujących dodatkowe informacje o zawartości przyswajalnych składników pokarmowych w glebie oraz biometrycznych cechach badanych roślin. W badaniach autorów poprawa efektywności takich modeli w stosunku do modelu układu całkowicie losowego wzrastała w zakresie 3,4 – 9,7%. Warto podkreślić, że nie każda zmienna towarzysząca musiała dać taki efekt. Badania pokazały, że jeśli gleba była homogeniczna i zawartość danego składnika pokarmowego w glebie była mało zmienna, to wystarczył klasyczny układ doświadczalny. Niestety, w warunkach polowych badacz rzadko spotyka się z komfortem takiego wyrównania.

Reasumując, udokumentowane wyniki badań w **pracach 2, 4, 5 i 6** wskazują na użyteczność układów frakcyjnych w testowaniu technologii roślin uprawnych. W przypadkach gdy ocena wymaga zastosowania układów z dużą liczbą obiektów, w których wielkość bloku wyklucza skuteczną kontrolę zmienności glebowej lub/i plan doświadczenia wikła z blokami efekty główne oraz interakcyjne, to wyniki badań ukazane w **pracach 1, 2, 3**, dowodzą, że alternatywną metodą o dużej efektywności są układy uwzględniające efekty zmienności przestrzennej pola doświadczalnego w postaci zmiennych towarzyszących przyswajalnych składników pokarmowych oraz cech biometrycznych roślin. To oryginalne podejście stanowi nie tylko alternatywną metodę kontroli zmienności glebowej, ale także jest elementem rolnictwa precyzyjnego.

Piśmiennictwo

1. Bepirszcz K., 2012. Efektywność produkcji i wartość technologiczna ziarna pszenicy zwyczajnej, twardej i orkiszowej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* L., *Triticum aestivum* ssp. *spelta* L., *Triticum durum* Desf.) w zróżnicowanych warunkach agrotechnicznych. Rozprawa doktorska. Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, UWM Olsztyn.
2. Box, G.E.P., Hunter J.S., 1961a. The 2^{k-p} fractional factorial designs. Part I. *Technometrics* 3(3): 311-351.
3. Box, G.E.P., Hunter J.S., 1961b. The 2^{k-p} fractional factorial designs. Part II. *Technometrics* 3(4): 449-458.
4. Davood Shishebori D., Javad Akhgari M., Rassoul Noorossana R., Hossein Khaleghi G., 2015. An efficient integrated approach to reduce scraps of industrial manufacturing processes: a case study from gauge measurement tool production firm. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 76: 831-855.
5. Dubis B., 2012. Rolnicza i energetyczno-ekonomiczna ocena produkcji ziarna pszenicy jarej na cele konsumpcyjne. *Rozprawy i Monografie* 171, ss. 130. Wyd. UWM, Olsztyn.

6. Gołaszewski J., **Załużski D.**, Źuk-Gołaszewska K, Grzela K. 2013. Geostatistical methods as auxiliary tools in field plot experimentation. 9th European Conference on Precision Agriculture (ECPA'13), 7-11th July, Lleida, Catalonia, Spain.
7. Hinkelmann, K. i O. Kempthorne, 2005. Design and Analysis of Experiments. Advanced Experimental Design. Wiley New Jersey.
8. Hulanicki P.S., 2014. Reakcja półkarłowego i tradycyjnego morfotypu rzepaku ozimego na poziom agrotechniki. Rozprawa doktorska. Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, UWM Olsztyn.
9. Imiołek A., Gołaszewski J., **Załużski D.**, Nasalski Z., 2012. Practical statistical and economic aspects of using survey studies for identification of the key plant cultivation technology factors. Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach 120, 31-44.
10. Imiołek A., 2013. Metodyczne i ekonomiczne aspekty testowania nowych technologii produkcji żyta ozimego (*Secale cereale* L.). Rozprawa doktorska. Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, UWM Olsztyn.
11. Finney, D.J. 1943. The fractional replication of factorial arrangements. Annals of Eugenics. 12(1):291-301.
12. Finney, D.J. 1946. Recent developments in the design of field experiments. III. Fractional replication. J. Agric. Sci. 36(3):184-191.
13. Finney, D.J. 1949. The fractional replication of factorial experiments – a correction. Annals of Eugenics 15(1):276-276.
14. Kaitaniemi P., Lintunen A., 2008. Precision of allometric scaling equations for trees can be improved by including the effect of ecological interactions. Trees 22: 579-584.
15. Kwiatowski J., 2010. Agrotechniczne uwarunkowania produkcji gryki (*Fagopyrum esculentum* Moench) o wysokiej wartości technologicznej odżywczej i reprodukcyjnej orzeszków. Rozprawy i Monografie 153, ss 111. Wyd. UWM, Olsztyn.
16. Lintunen A., 2013. Crown architecture and its role in species interactions in mixed boreal forests. Dissertationes Forestales 165. Department of Forest Sciences Faculty of Agriculture and Forestry University of Helsinki doi: 10.14214/df.165
17. Lintunen A., Kaitaniemi P., 2010. Responses of crown architecture in *Betula pendula* to competition are dependent on the species of neighbouring trees. Trees 24: 411-424.
18. Nowak J., Szempliński W., 2014. Influence of sowing date on yield and fruit quality of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Acta Sc. Pol., Hortorum Cultus, 13/2: 83-96.
19. Noworolnik K., Wirkijowska A., Mikos-Szymańska M., 2014. Effect of genotype and nitrogen fertilization on grain yield and quality of spring barley intended for health food use. Bulg. J. Agric. Sci., 20: 576-580.
20. Oktaba W. 1980. Metody statystyki matematycznej w doświadczałnictwie. PWN, Warszawa.
21. Stawiana-Kosiorek A., Gołaszewski J., **Załużski D.**, 2003. Konkurencyjność roślin w doświadczeniach hodowlanych z grochem siewnym (*Pisum sativum* L.). Część I. Oddziaływania brzegowe. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 425-439.
22. Stawiana-Kosiorek A., Gołaszewski J., **Załużski D.**, 2003. Konkurencyjność roślin w doświadczeniach hodowlanych z grochem siewnym (*Pisum sativum* L.). Część II. Oddziaływania sąsiedzkie. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 441-455.
23. **Załużski D.**, Gołaszewski J., Stawiana-Kosiorek A., Zaręba A., 2006. Układy czynnikowe pełne i frakcyjne w praktyce doświadczałnictwa polowego. Postępy Nauk Rolniczych 53(1) 1/2006, 39-47.

5. Pozostałe formy aktywności naukowo – badawczej.

Całokształt realizowanej przeze mnie tematyki badawczej dotyczy następujących zagadnień:

1. Wieloczynnikowe układy doświadczalne jako metoda testowania technologii uprawy roślin rolniczych.
2. Efektywność układów doświadczalnych uwzględniających efekty zmienności przestrzennej pola doświadczalnego.
3. Wielowymiarowa analiza danych w genetyce, hodowli i uprawie wieloletnich roślin energetycznych.
4. Koncepcja analiz statystycznych doświadczeń ze zbożami uprawianymi w systemie ekologicznym.

Dwa pierwsze tematy stanowią komplementarną całość i dały podstawę przedstawionemu osiągnięciu naukowemu. Dwa kolejne zagadnienia to koncepcje analiz statystycznych doświadczeń z wieloletnimi roślinami energetycznymi oraz zbożami uprawianymi zgodnie z koncepcją rolnictwa ekologicznego.

Wielowymiarowa analiza danych w genetyce, hodowli i uprawie wieloletnich roślin energetycznych.

W Katedrze Hodowli Roślin i Nasiennictwa UWM w Olsztynie od wielu lat prowadzi się badania nad gatunkiem *Salix* spp. efektem tego są zarejestrowane oraz zgłoszone do rejestracji odmiany z przeznaczeniem na cele energetyczne lub zielarskie. W tym celu wykorzystuje się markery molekularne w hodowli oraz selekcji wydajnych genotypów roślin, stosuje się mikrorozmnażanie roślin *in vitro*, ocenia się przydatność danych genotypów i testuje technologie uprawy roślin lignocelulozowych. Ważnym elementem tych badań są moje koncepcje analiz statystycznych wyników uzyskanych z badań laboratoryjnych i doświadczeń polowych. Szczególnie cenne w tych badaniach stały się rekomendowane przeze mnie analizy skupień, składowych głównych PCA oraz współrzędnych głównych PCoA.

Analiza składowych głównych (PCA).

Koncepcja analizy składowych głównych (ang. Principal Component Analysis – PCA) była bardzo użyteczna w badaniach nad najlepszymi klonami i odmianami wierzby (*Salix* sp.), które mogłyby zapewnić wystarczającą ilość surowca do funkcjonowania zintegrowanej biorafinerii wieloproduktowej. Wyniki te przedstawiono w 2014 w *Industrial Crops and Products* (IF₂₀₁₄=2,837). Ocenę oparto na 18

parametrach fizyko-chemicznych biomasy. Za pomocą testu sferyczności Bartletta sprawdzono zasadność stosowania analizy PCA. Następnie na bazie kryterium Kaisera wydzielono pięć składowych głównych, które w 90,6% wyjaśniały wariancję badanych obiektów. Po rotacji VARIMAX ustalono strukturę ładunków czynnikowych dwóch pierwszych składowych, a były to takie zmienne jak: wilgotność biomasy, wartość opałowa, ciepło spalania, elementarna zawartość węgla i siarki (PCA 1) oraz zawartość celulozy i substancje rozpuszczalne: w zimnej i ciepłej wodzie, etanolu i 1%NaOH (PCA 2). Zastosowany biplot ukazał, które z badanych obiektów były do siebie podobne pod kątem omawianych cech, a które z nich wyróżniały się pod kątem danej właściwości fizyko-chemicznej. Najbardziej użytecznymi genotypami w kontekście jakości surowca do funkcjonowania biorafinerii wieloproduktowej okazały się formy UWM 006 i UWM 043.

W 2014 roku w czasopiśmie *BioEnergy Research* (IF₂₀₁₄=3,541) przedstawiono wyniki badań nad wpływem 8 różnych form wzbogacania gleby na przeżywalność, produktywność i wartość energetyczną trzech gatunków roślin energetycznych: wierzby, topoli i robinii. Rok później w *Industrial Crops and Products* (IF₂₀₁₄=2,837) opublikowano efekty dalszych badań nad tymi gatunkami, tym razem pod kątem oceny składu chemicznego biomasy w zależności od sposobu wzbogacania gleby jako substratu do produkcji bioetanolu II generacji. Podobnie jak we wcześniejszej pracy za pomocą testu sferyczności Bartletta sprawdzono zasadność stosowania analizy PCA. Na bazie kryterium Kaisera wydzielono składowe główne. W pierwszym przypadku były to tylko dwie składowe główne, które wyjaśniały 94 % zmienności, a w drugim badaniu wyodrębniono trzy składowe z 81% wyjaśnionym udziałem w wariancji. Przedstawiono strukturę ładunków czynnikowych wydzielonych składowych w formie oryginalnej (surowej) lub po rotacji VARIMAX. Zastosowano też analizę graficzną w postaci wykresów biplot, które wspomogły interpretację wyników z tych badań.

Analiza skupień metodą UPGMA.

W 2009 roku opublikowano wyniki badań w czasopiśmie *Crop Science* (IF₂₀₀₉=1,735), w których opisano ocenę różnorodności genetycznej roślin *Salix purpurea* L. i ich mieszańców z wykorzystaniem markerów molekularnych RAPD. Kora roślin *Salix purpurea* L. charakteryzuje się dużą zawartością glikozydów salicylowych, co sprawia, że jest to dobry surowiec zielarski m. in. do produkcji naturalnej aspiryny. Niezbędne w tych badaniach okazało się zastosowanie analizy

skupień, gdzie na bazie macierzy podobieństwa genetycznego Nei'a między wszystkimi genotypami, utworzono dendrogram metodą średnich połączeń UPGMA (ang. Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic mean). W metodzie tej odległość między danymi skupieniami obliczono za pomocą średniej arytmetycznej wyznaczonej ze wszystkich odległości obiektów należących do dwóch różnych skupień. W wyniku tych badań można było zidentyfikować najlepsze roślinne formy rodzicielskie przeznaczone na cele produkcyjne. Ponadto określenie różnorodności genetycznej przyczyniło się do możliwości stworzenia odpowiedniej populacji mapującej geny w celu identyfikacji loci cech ilościowych (ang. Quantitative Traits Loci - QTL).

Analiza współrzędnych głównych PCoA oraz analiza skupień metodą NJ.

W 2013 roku w czasopiśmie *International Journal of Molecular Sciences*, (IF₂₀₁₃=2,339) przedstawiono ocenę przydatności markerów molekularnych DArT w genotypowej identyfikacji (klasyfikacji) gatunków wierzby *Salix viminalis*, *S. purpurea*, *S. alba* i *S. triandra*. Analizy statystyczne rozpoczęto od zastosowania AMOVA (ang. Analysis of Molecular Variance) w celu ustalenia procentowego udziału molekularnej wariancji. Potem użyto analizy współrzędnych głównych PCoA (ang. Principal Coordinate Analysis). Analiza ta w odróżnieniu od PCA nie bazowała na macierzy korelacji, a na innym źródle danych, tj. na macierzy podobieństwa (odległości). Dzięki temu uzyskano możliwość rzutowania obiektów w dwuwymiarowej przestrzeni współrzędnych, reprezentujących maksimum zmienności zawartej w zbiorze danych. Z tego powodu analiza PCoA miała przewagę nad PCA, bo mogła ustalić dystans ekologiczny obiektów. Na bazie macierzy genetycznej odległości Nei'a utworzono też drzewo za pomocą metody łączenia sąsiedztwa NJ (ang. Neighbor Joining) odzwierciedlające pokrewieństwo filogenetyczne między obiektami. Zastosowane analizy potwierdziły bardzo dużą dokładność markerów DArT w klasyfikacji, które to dokonały podziału genotypów wierzby na cztery grupy odpowiadające poszczególnym gatunkom.

Koncepcja analiz statystycznych doświadczeń ze zbożami uprawianymi w systemie ekologicznym.

Filozofia uprawy roślin w ekologicznym systemie skłania do poszukiwania gatunków łączących tradycję, innowacyjność i harmonię ze środowiskiem przyrodniczym. Gatunki takie obok wysokiej wartości odżywczej powinny być

przyjazne środowisku (mniejsze wymagania glebowe, większa tolerancja na niekorzystne warunki termiczne i wodne). Do takich gatunków odkrywanych na nowo należą dawniej uprawiane pszenice takie jak: orkisz (*Triticum spelta* L.), płaskurka (*Triticum dicoccum* L.) czy pszenica samopsza (*Triticum monococcum* L.). W tego typu badaniach mogłem zaproponować różne układy doświadczalne i różne koncepcje analiz statystycznych wyników pochodzących z doświadczeń.

Układ split-split-plot

W czasopiśmie *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* (2008 r.) oraz w dawnym *Pamiętniku Puławskim* (2009 r.) opublikowano wynik badań, których celem była ocena wpływu nawożenia NPK i antywylegacza na cechy struktury plonu pszenicy płaskurki. Ocena mało znanej reakcji płaskurki na współczesną agrotechnikę odbyła się na tle współczesnych odmian pszenicy jarej. Wykorzystano do tego układ doświadczalny split-split-plot 2x2x4, w którym względy metodyczne (większa efektywność poletek, mniejsza podbloków) oraz techniczne przyczyniły się do podziału i rozmieszczenia czynników doświadczalnych. Blok podzielono na dwa poziomy antywylegacza (stosowanie i niestosowanie). Każdy powstały w ten sposób podblok (pierwszego rzędu) podzielno dalej na 2 poziomy nawożenia NPK (50% dawki i 100% dawki), a powstałe podbloki drugiego rzędu na poletka reprezentujące 4 poziomy genotypu (Płaskura, Torka, Kontesa, Nawra). Dzięki takiemu rozwiązaniu model układu split-split-plot umożliwił efektywną ocenę porównań między płaskurką a odmianami pszenicy jarej. Wyniki tego doświadczenia pokazały, że zastosowanie antywylegacza istotnie wpłynęło na skrócenie źdźbła oraz masę tysiąca nasion badanych obiektów. Nawożenie NPK z zastosowanymi poziomami nie spowodowały istotnych zmian w cechach struktury plonu.

Układ split-plot, analiza regresji prostej i wielorakiej oraz analiza ścieżek.

Wyniki oceny reakcji orkiszu (*Triticum spelta* L.) na współczesną agrotechnikę opublikowano w 2015 roku w *International Journal of Plant Production* (IF₂₀₁₄=0,767). Porównano uprawy prowadzone w myśl zasad rolnictwa ekologicznego odmian Speltz aus Tzaribrod i Roter Sommerkolben pszenicy jarej orkiszowej na tle rodzimych odmian Trappe i Waluta pszenicy zwyczajnej w dwóch terminach siewu. Nowatorskim elementem badań było określenie jednego z kluczowych mechanizmów modelowania architektury łanu i tym samym wydajności roślin jakim jest zawartość chlorofilu (indeks zieloności liścia). Cel badania sprawił, że poza analizą statystyczną

danych w modelu układu split-plot w dwóch latach badań, zastosowano też analizę regresji prostej i wielorakiej oraz analizę ścieżek. Zastosowane analizy statystyczne pomogły wskazać, że warunki pogodowe mają większe znaczenie na zdrowotność orkisz niż termin ich wysiewu. Potwierdzono stabilną zawartość chlorofilu w latach badań oraz większą tolerancję tego gatunku na zmienność warunków klimatycznych. Statystyczne metody oceny zależności plonu ziarna pszenicy zwyczajnej udowodniły istotne korelacje między plonem ziarna a komponentami plonu – liczbą ziarniaków z kłosa i masą tysiąca ziaren. Obie zmienne wykazywały zarówno wysokie efekty bezpośrednie, jak i pośrednie, co mogło oznaczać, że o produktywności roślin pszenicy zwyczajnej w warunkach uprawy organicznej decydują bezpośrednio składowe plonu – przede wszystkim masa ziaren z kłosa i masa tysiąca ziaren powiązana z dorodnością ziarna. Ponadto udowodniono, że odmiany orkisz charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością analizowanych składników odżywczych w porównaniu do odmian pszenicy zwyczajnej.

Metody oceny parametryczne i nieparametryczne

Jednym z najważniejszych zagadnień uprawy zbóż w warunkach koncepcji rolnictwa ekologicznego jest zdrowotność. Z metodycznego punktu widzenia w badaniach takich często spotykać można zmienne, które nie spełniają założeń metod oceny parametrycznej o normalności rozkładu, czy równości wariancji. Badacz stoi wtedy przed wyborem, czy stosować testy parametryczne po uprzedniej transformacji danych, czy może od razu zastosować metody nieparametryczne.

Zaproponowana koncepcja analizy statystycznej danych, w badaniach w których celem było porównanie ilościowe DNA grzybów *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium* i *Penicillium verrucosum* w ziarniakach zbóż uprawianych w systemie ekologicznym oraz konwencjonalnym, zmierzonych metodą qPCR, oparta została na teście Kruskala-Wallisa. Zastosowana analiza, będąca nieparametrycznym odpowiednikiem jednoczynnikowej ANOVA, była odpowiednim narzędziem do analizy wyników tych badań, gdyż za pomocą niego oceniono, czy n niezależnych prób pochodziło z tej samej populacji, bądź z populacji z taką samą medianą, przy czym poszczególne próby nie musiały mieć takiej samej liczebności. Stwierdzono, że we wszystkich badanych zbożach było istotnie najwięcej DNA grzybów z rodzaju *Alternaria* i *Cladosporium*. W ziarniakach żyta i pszenicy oznaczono istotnie wyższą ilość grzybów z rodzaju *Alternaria* i *Penicillium verrucosum* z uprawy ekologicznej niż z uprawy konwencjonalnej. W ocenie zależności ilości DNA między badanymi

grzybami zastosowano korelację rang R-Spearmana, która ukazała istotną ($P < 0,01$) dodatnią siłę związku pomiędzy grzybami *Alternaria* i *Cladosporium* oraz *Alternaria* i *Penicillium verrucosum*, co sugerowało, że podobne czynniki determinowały dystrybucję tych grzybów. Wyniki tych badań opublikowano w *Journal of Phytopathology* ($IF_{2014}=0.821$). Podobną koncepcję analizy danych zastosowano w badaniu nad opracowaniem stosunkowo czulej metody pomiaru ilościowego *Fusarium graminearum* sensu stricto opartej na qPCR (FgMito qPCR) wyniki którego opublikowano w *International Journal of Food Microbiology* ($IF_{2014}=3,082$).

W literaturze polskiej i światowej wciąż brakuje informacji na temat wartości elementów struktury plonu ziarna orkisz, płaskurki i samopszy w warunkach porażenia przez grzyby rodzaju *Fusarium*. Dlatego przeprowadzono badania nad określeniem reakcji oplewionych gatunków *T. monococcum*, *T. dicoccum* i *T. spelta*, na tle pszenicy zwyczajnej *T. aestivum*, na inokulację *F. culmorum* (W.G.Smith) Sacc. w fazie kiełkowania i kwitnienia (publikacja wyników w *Polish Journal of Agronomy* – 2013 rok) oraz określeniem poziomu aktywności alfa-amylazy w dojrzałych ziarniakach czterech gatunków pszenicy po inokulacji *F. culmorum* (publikacja wyników w *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* – 2013 rok). W badaniach tych wszystkie cechy spełniały założenie o normalności rozkładu i jednorodności wariancji, zatem dane otrzymane z doświadczenia polowego (inokulacja kłosów) i szklarniowego (reakcja siewek na inokulację kłosków) poddano analizie wariancji w modelu układu całkowicie losowego oraz użyto testu Tukeya (HSD) w ocenie istotności różnic między średnimi. Wnioski z tych badań były następujące: i) inokulacja kłosów *F. culmorum* spowodowała spadek wartości elementów struktury plonu ziarna u wszystkich badanych gatunków pszenicy; ii) inokulacja kłosków i ziarniaków *F. culmorum* spowodowała spadek liczby i masy siewek u wszystkich badanych gatunków; iii) spośród form oplewionych najłabszą reakcją na inokulację *F. culmorum*, zarówno w fazie siewki, jak i rośliny dojrzałej, wykazała *T. spelta*; iv) inokulacja kłosów *F. culmorum* w warunkach polowych istotnie zwiększała aktywność alfa-amylazy w ziarnach *Triticum monococcum*, *T. dicoccum*, *T. aestivum*. Jedynym wyjątkiem były ziarniaki *T. pelta*, które charakteryzowały się zarówno wzrostem i spadkiem aktywności alfa-amylazy w stosunku do obiektu kontrolnego; v) czynniki środowiskowe modyfikowały aktywność alfa-amylazy w ziarniakach badanych gatunków pszenicy.

Komplementarnym zagadnieniem w tej grupie problemowej były oceny zagrożenia dla przechowywanych ziarniaków pszenic uprawianych

w gospodarstwach ekologicznych przez szkodniki magazynowe takie jak kapturzik zbożowiec (*Rhizopertha dominica* F.) czy trojszyk ulec (*Tribolium confusum* Duv.). Zastosowanie parametrycznych metod oceny takich jak jednoczynnikowa analiza wariancji i test istotności różnic SNK, pozwoliło stwierdzić, że *R. dominica* może stanowić zagrożenie dla ziarniaków orkiszu. Rozwój tego chrząszcza zależał od formy przechowywanego ziarna. Magazynowanie tego zboża w postaci kłosek mogło ochronić ziarniaki przed kapturnikiem zbożowcem. Ten ostatni wniosek został potwierdzony w badaniach nad rozwojem i żerowaniem trojszyka ulca. Przeprowadzona analiza statystyczna udowodniła, że owad ten istotnie lepiej rozwijał się na ziarnie kukurydzy, niż na ziarniakach pszenic, gdyż brak okrycia w postaci twardej plewki ułatwiał dostęp do składników pokarmowych. Wyniki tych badań opublikowano w *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* w 2008 i 2011 roku.

Moja aktywność naukowo-badawcza nie ogranicza się do obszaru nauk rolniczych, leśnych i weterynaryjnych. Cenna jest dla mnie współpraca ze specjalistami z dziedziny nauk o zdrowiu oraz z dziedziny nauk prawnych. Zaproponowane przeze mnie metody badań oraz koncepcje analizy danych znalazły swoje odbicie między innymi w publikacji naukowej w Archiwum Kryminologii (MNiSW₂₀₁₄= 5 pkt. - lista B). Prezentowana tam praca to część wyników badań dotyczących wykorzystania seksualnego małoletnich w Polsce. Metodycznym wyzwaniem było zbudowanie odpowiedniego arkusza wywiadu, właściwe wylosowanie próby oraz zastosowanie różnych technik opisowych i eksploracyjnych analiz tabel dwudzielczych i wielodzielczych takich jak analiza korespondencji czy log-liniowa.

Plany naukowo-badawcze.

Założone przeze mnie plany związane są z kontynuacją badań nad wieloczynnikowymi układami doświadczalnymi, ale tym razem w postaci centralnych planów kompozycyjnych. Układy takie mogą być wykorzystane do optymalizacji wysokonakładowych czynników agrotechnicznych takich jak nawożenie, ochrona przed chwastami, chorobami czy szkodnikami stosowanymi w technologii uprawy roślin rolniczych. Planowane jest także przeze mnie większe zaangażowanie w biostatystykę i bioinformatykę stosowanych w badaniach genetycznych, a w szczególności w mapowaniu genów i identyfikacji loci cech ilościowych QTL *Salix*

spp. Planuję wykorzystać potencjał analiz wielowymiarowych nie tylko w pracach nad wieloletnimi roślinami energetycznymi, ale też w badaniach nad odpornością na choroby i szkodniki roślin uprawnych.

5. Udział w projektach badawczych.

2004-2007 Opracowanie metodyki testowania nowych technologii uprawy roślin w doświadczeniach poletkowych i farmerskich (2 P06R 032 27) - **wykonawca**

2010-obecnie Program strategiczny – Zaawansowane technologie pozyskiwania energii. Zadanie nr 4 – „Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów rolniczych i innych”. Etap BT4.3 Dedykowana produkcja biomasy lignocelulozowej na użytkach rolnych o niskiej bonitacji gleb oraz uwarunkowania środowiskowe i ekonomiczne. Podetap 4.3.A – Hodowla wysoko- produktywnych klonów wierzby oraz mieszańców wierzby. Podetap 4.3.A.1 Ocena zmienności genetycznej zgromadzonych materiałów oraz wytypowanie form do hodowli rekombinacyjnej – **wykonawca**

05-12.2011 Grant wydziałowy. Nr projektu 528-1008-0880 zad.1. Centralne plany kompozycyjne jako narzędzie optymalizacji produkcji roślin strączkowych w warunkach doświadczeń polowych - **kierownik**

6. Zestawienie dorobku naukowego

W tabeli B1 przedstawiono syntetyczne zestawienie dorobku naukowego, którego szczegółowy wykaz znajduje się w załączniku D.

Wśród 29 publikacji naukowych znajduje się 10 pozycji indeksowanych z sumarycznym współczynnikiem wpływu Impact Factor z **roku wydania** IF=20,445. Sumaryczna liczba punktów przyznawana przez MNiSW za publikację w czasopismach naukowych równa jest 396 z **roku wydania** lub 439 z ostatniego wykazu MNiSW. Liczba punktów za publikacje w czasopismach z listy A wykazu MNiSW wynosi 315 z **roku wydania**. Liczba cytowań według bazy Web of Science Core Collection wynosi 13, a indeks Hirsha $h=3$ (stan na 3 listopada 2015 r.)

Tabela B1. Zestawienie dorobku naukowego

Dorobek naukowy	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Razem
Publikacje naukowe z obliczonym współczynnikiem wpływu (IF), umieszczone w bazie JCR	-	10	10
Pozycje nie posiadające obliczonego IF: <ul style="list-style-type: none"> • w języku angielskim • w języku polskim 	- 3	7 8	7 11
Publikacje w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych uwzględnionych w Web of Science	-	1	1
Ogółem	3	26	29
Suma punktów z roku wydania – 396 Suma punktów wg ostatniego wykazu MNiSW – 439 Sumaryczny IF z roku wydania – 20,445			
Liczba prac cytowanych – 9 (indeksowanych – 4, nieindeksowanych – 5) Liczba cytowań prac indeksowanych – 13 Indeks Hirscha $h=3$			
<u>Wygłoszone referaty na konferencjach:</u> <ul style="list-style-type: none"> • za granicą • w Polsce 	- 2	2 7	2 9
<u>Prezentowane plakaty:</u> <ul style="list-style-type: none"> • w języku angielskim • w języku polskim 	1 2	6 6	7 8
<u>Streszczenia:</u>	5	29	34

Wykonane recenzje

1. Industrial Crops and Products - 2011 (Ref. No.: INDCRO-D-11-00254)
2. Industrial Crops and Products - 2013 (Ref. No.: INDCRO-D-13-00017)
3. Open Geosciences (wcześniej Central European Journal of Geosciences) – 2015 (Ref. No.: OPENGEO-D-15-00168)

