

dr inż. Marcin Niemiec
Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej
Wydział Rolniczo-Ekonomiczny
Uniwersytet Rolniczy im Hugona Kołłątaja w Krakowie

Załącznik 2
Autoreferat,
przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych,
w szczególności określonych w art. 16 ust. 2 ustawy
w języku polskim.

**Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych,
w szczególności określonych w art. 16 ust. 2 ustawy**

1. Imię i nazwisko: Marcin Niemiec

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne z podaniem nazwy i miejsca i roku ich uzyskania

magister inżynier zootechniki, specjalizacja rybactwo i ochrona wód, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Zootechniczny, 2002;

Tytuł pracy: "Zawartość miedzi w mięśniach pstrągów tęczowych w okresie lata i zimy";

Opiekun naukowy: prof. dr hab. Włodzimierz Popek;

Recenzent: prof. dr hab. Marian Ormian;

doktor nauk rolniczych z zakresu agronomii, specjalność chemia rolna, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, 2007;

Tytuł rozprawy: "Możliwości rolniczego zagospodarowania osadu bagrowanego ze Zbiornika Rożnowskiego";

Promotor: prof. dr hab. Barbara Wiśniowska-Kielian;

Recenzenci: prof. dr hab. Czesława Jasiewicz,

prof. dr hab. Józef Koc;

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych

2007 - 2008 starszy referent techniczny, Katedra Chemii Rolnej, Wydział Rolniczy, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

2008 - 2010 asystent naukowo - dydaktyczny, Katedra Chemii Rolnej, Wydział Rolniczy, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

2010 - obecnie adiunkt naukowo - dydaktyczny, Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

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:

jednotematyczny cykl publikacji pt.:

Wykorzystanie nawozów wolnodziałających do optymalizacji produkcji wybranych warzyw

b) publikacje wchodzące w zakres osiągnięcia naukowego:

Autor/autorzy, data wydania, tytuł, wydawca lub czasopismo, tom, strony

b.1. Niemiec M. 2014. Efficiency of slow-acting fertilizer in the integrated cultivation of chinese cabbage. Ecological Chemistry and Engineering A 21 (3), 333-346. **IF = 0; punkty MNiSW: 7**

b.2. Szelaż-Sikora A., Niemiec M., Cupiał M., Sikora J. 2015. Możliwości wykorzystania nawozów wolnodziałających w uprawie selera korzeniowego. *Proceedings of ECOpole* 9 (1), 321-331. **IF = 0; punkty MNiSW: 7**

b.3. Niemiec M., Cupiał M., Szelaż-Sikora A. 2015. Evaluation of the efficiency of celeriac fertilization with the use of slow-acting fertilizers. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 7, 177-183. **IF = 0; punkty MNiSW: 15**

b.4. Niemiec M., Szelaż-Sikora A., Cupiał M. 2015. Efficiency of celeriac fertilization with phosphorus and potassium under conditions of integrated plant production. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 7, 184-191. **IF = 0; punkty MNiSW: 15**

b.5. Niemiec M., Tabak M., Paluch Ł., Komorowska M. 2018. Assessment of productive and environmental efficiency of slow-release fertilizers in integrated production of napa cabbage. *International Scientific Conference: Rural Development 2017*, 3 (15), 86-90. **IF = 0; punkty MNiSW: 0**

b.6. Niemiec M., Komorowska M. 2018. The use of slow-release fertilizers as a part of optimization of celeriac production technology. *Agricultural Engineering* 2018, 22 (2), 59-68. **IF = 0; punkty MNiSW: 9**

Sumaryczny IF prac, zgodnie z rokiem opublikowania, wynosi 0. Suma punktów według ujednoliconego wykazu czasopism punktowanych MNiSW, z dnia 31 grudnia 2014 r., wynosi 53. Prace i oświadczenia wszystkich współautorów, określające indywidualny wkład każdego z nich w ich powstanie, stanowią załącznik 4 wniosku.

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

Wprowadzenie i cel badań

Produkcja żywności na wszystkich etapach związana jest z wykorzystywaniem zasobów naturalnych takich jak gleba, woda, przestrzeń czy surowce energetyczne. Specyfiką produkcji żywności, szczególnie w zakresie produkcji pierwotnej, są duże wymagania w stosunku do powierzchni, na której jest ona prowadzona. Rozwój rolnictwa, szczególnie w drugiej połowie XX w., nastawiony był na zwiększanie produkcji bez uwzględniania jakości produktu. Wynikało to z rosnącego zapotrzebowania na artykuły rolno-spożywcze dla szybko powiększającej się populacji ludzi na świecie. Poprawa efektywności produkcji rolniczej oparta była na zwiększaniu ilości używanych nawozów oraz środków ochrony roślin a także stosowaniu odmian roślin charakteryzujących się wysokim potencjałem produkcyjnym. Coraz częściej produkcję roślinną lokowano na obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania, co wymuszało większe nakłady energetyczne i wyższe zużycie środków produkcji w przeliczeniu na jednostkę masy produktu [Brito de Figueirêdo i in. 2016]. W sektorze produkcji zwierzęcej powstawały duże fermy, w których prowadzono chów w warunkach dużej koncentracji zwierząt na jednostce powierzchni. Taka technologia produkcji wymuszała stosowanie większych ilości farmaceutyków, co negatywnie odbijało się na jakości produktów pochodzenia zwierzęcego. Intensyfikacja produkcji bardzo szybko doprowadziła do degradacji środowiska na znacznych obszarach, szczególnie w krajach

rozwiniętych, gdzie poziom rolnictwa był najbardziej intensywny. Zakwaszenie gleb, ubytek materii organicznej, pogorszenie stosunków wodnych oraz chemiczne zanieczyszczenie gleby i wody to najczęściej definiowane skutki rolnictwa. Nieracjonalne wykorzystanie wód powierzchniowych i podziemnych do nawadniania doprowadziło do znacznego obniżenia poziomu wód podziemnych oraz pogorszenia ich jakości. Prowadzenie upraw roślin na dużych powierzchniach przy efektywnym zwalczaniu chwastów znacznie obniżyło poziom różnorodności biologicznej w agrocenozach oraz na terenach przyległych [Dwivedi i in. 2017, Forleo i in. 2018]. Konsekwencją intensyfikacji produkcji rolniczej było także pogorszenie jakości wytworzonych produktów roślinnych, związane ze zwiększonym poziomem pozostałości środków ochrony roślin w produktach, nadmierną zawartością azotanów oraz pierwiastków śladowych [Jiao i in. 2018]. Opracowywanie oraz wdrażanie systemów zarządzania jakością w produkcji żywności było swego rodzaju reakcją rynku konsumentów na obecność na rynku produktów o niezadawalającej jakości [Lorenz i Lal 2016]. Rozwój gospodarczy i związany z nim wzrost zamożności społeczeństw w krajach rozwiniętych prowadził do kształtowania świadomości konsumentów na temat środowiskowych i zdrowotnych skutków rabunkowej gospodarki związanej z produkcją żywności [Conacher 1998, Sassenrath in. 2010, Cole i in. 2016]. Konsekwencją działań marketingowych prowadzonych przez media, organizacje pozarządowe, organizacje religijne oraz społeczne jest postrzeganie konwencjonalnego rolnictwa jako działalności, która w sposób wielokierunkowy negatywnie oddziałuje na środowisko [Nunes-Damacenoa i in. 2013, Chen i in. 2017]. Wyjściem naprzeciw trendom w zmieniającym się rolnictwie było opracowanie i wdrożenie szczególnych zasad produkcji, zarówno zwierzęcej jak i roślinnej, które zostały ujęte w sformalizowane systemy jakości. Wśród najbardziej popularnych jest: Integrowana Produkcja Roślin, GLOBAL G.A.P. oraz prywatne systemy sieciowe [Wongprawmas i in. 2015, Ariyawardana i in. 2017, Rajkovic i in. 2017]. W pierwszej kolejności były one wdrażane w uprawach sadowniczych oraz warzywniczych, a więc w produkcji roślin znajdujących się w grupie wysokiego ryzyka podwyższonych zawartości pozostałości pestycydów, azotanów oraz metali ciężkich [Goossens i in. 2017]. Systemy jakości w produkcji pierwotnej opierają się na zrównoważonym wykorzystaniu zasobów środowiska, energii oraz środków do produkcji a ich celem jest wytwarzanie dobrych jakościowo plonów, przy utrzymaniu opłacalności produkcji [Lockie i in. 2015, Thorlakson i in. 2018]. U podstaw systemów jakości w produkcji pierwotnej leży połączenie aspektów środowiskowych i zdrowotnych, a także ekonomicznych. Korzyści środowiskowe związane z racjonalizacją produkcji to zmniejszenie ilości ksenobiotyków wprowadzanych do środowiska poprzez racjonalne techniki ochrony roślin, oparte przede wszystkim na metodach agrotechnicznych i biologicznych [Jiao i in. 2018]. Na wielkość produkcji rolniczej wpływają w różnym stopniu właściwości gleby, dostępność wody w poszczególnych okresach wegetacji oraz kształtowanie się warunków pogodowych [Nendel 2009, Sun i in. 2012]. Właściwe podejście do produkcji rolniczej powinno być oparte na podejmowaniu decyzji związanych z nawożeniem, ochroną roślin czy agrotechniką na podstawie wyników monitoringu plantacji. Wypracowanie oraz unifikowanie zasad integrowanej produkcji jest trudne ze względu na zmienność warunków glebowych w przestrzeni, różne warunki klimatyczne w poszczególnych latach. W związku z tym, że efektywność szeroko rozumianej agrotechniki w dużym stopniu jest zależna od czynników środowiskowych należy wypracowywać technologie uprawy oparte na gruntownej analizie warunków atmosferycznych oraz glebowych, a jednocześnie nie wymagające używania kosztownego sprzętu oraz posiadania specjalistycznej wiedzy [Morris i Winter 1999]. Nawożenie pełni ważną rolę w produkcji roślinnej, ponieważ kształtuje ilość oraz

jakość plonu, wpływa na właściwości fizyczne, biologiczne oraz fizykochemiczne gleby, oddziałuje na jakość wód powierzchniowych, gruntowych a także na powietrze. Z punktu widzenia producenta nawożenie jest ważnym czynnikiem kształtującym koszty produkcji. Zbyt duże dawki nawozów jak i zbyt małe, a także niewłaściwe technologie nawożenia (techniki oraz terminy aplikacji nawozów) wpływają niekorzystnie na środowisko oraz ilość i jakość plonów [Pypers i in. 2011, Bailey i in. 2003]. Ponadto wprowadzanie metod racjonalnego nawożenia jest skutecznym narzędziem kształtowania wizerunku rolnictwa we współczesnym świecie [Nardi i in. 2018]. W systemach prymitywnego rolnictwa, za pomocą prostych technik, można zwiększyć plonowanie roślin nawet o kilkadziesiąt procent, przy niewielkich nakładach środków produkcji i pracy [Mucheru-Muna 2010]. Zwiększanie efektywności nawożenia w nowoczesnym rolnictwie jest znacznie trudniejsze ze względu na stosowane już efektywne metody produkcji. Niemniej jednak poprawa wykorzystania składników nawozowych na poziomie kilku procent jest opłacalna w skali globalnej [Oenema i in. 2009, He i in. 2011], dlatego też współczesne rolnictwo musi być uzbrajane w technologie, wykorzystujące najnowsze osiągnięcia nauki. Wdrożenie integrowanej produkcji, pomimo korzyści, które wynikają z ideologicznych założeń, co szczególnie podkreślają Carlsson i in. [2007], jest na obecnym etapie wiedzy i doświadczalnictwa ryzykowne ze względu na zagrożenie niedożywienia roślin, głównie azotem. Rolnicy wdrażający zasady integrowanej produkcji uzyskują wyższy status społeczny, na lokalnych rynkach zbytu mają lepszą pozycję i cieszą się większym zaufaniem konsumentów.

Oszacowanie efektywności środowiskowej i ekonomicznej wdrażanych systemów jakości w produkcji pierwotnej jest bardzo ważnym elementem związanym z ewaluacją faktycznego wpływu wymaganych od producentów zasad na jakość produktów i stopień oddziaływania na środowisko [Tuomisto i in. 2012, Papadopoulos i Markopoulos 2015, Craheix i in. 2016]. Jedną z metod kompleksowej i wielopłaszczyznowej oceny systemu jakości jest sporządzenie cyklu życia produktów uwzględniającego wykorzystanie energii, środków produkcji oraz odnawialnych i nieodnawialnych zasobów środowiska [Nemecek i in. 2011, De Luca i in. 2017]. W kontekście oceny oddziaływania rolnictwa na środowisko coraz częściej zwraca się uwagę na kwestie właściwego gospodarowania składnikami pokarmowymi roślin, a efektywność wykorzystania wprowadzonych z nawozami pierwiastków często jest wykorzystywana do oceny systemów rolniczych [Bedano i in. 2016, Maia i in. 2016, Forleo i in. 2018]. Właściwa ocena systemu rolniczego powinna zawierać także elementy społeczne i socjalne, ponieważ rolnictwo od zarania dziejów człowieka było nierozdzielnie związane ze sposobem życia rolników. W dzisiejszych czasach funkcja rolnictwa jest coraz bardziej ograniczana do celów produkcyjnych. Zdaniem Garret'a i in. [2017] oraz Rivera i in. [2017] przywrócenie socjalnych funkcji rolnictwu jest jednym z elementów zrównoważonego rozwoju tego sektora produkcji. Opracowanie miarodajnej i uniwersalnej metody jest jednak bardzo trudne, ponieważ gospodarstwa funkcjonują w określonej rzeczywistości gospodarczej, społecznej, kulturowej i klimatycznej, co w zasadniczy sposób wpływa na przeprowadzoną ocenę i jest bardzo trudne do interpretacji [Devapriya i in. 2017]. Dlatego też bardzo często prowadzi się ocenę systemów rolniczych w oparciu o wybrany fragment działalności. Wyniki tej oceny nie są kompleksowe, jednak pozwalają na wskazanie mocnych i słabych punktów określonego systemu, co pozwala na wprowadzanie korekt [Jones i in. 2017, Todorović i in. 2018]. Ocenę systemów rolniczych często wykonuje się w oparciu o analizę efektywności nawożenia lub efektywności wykorzystania środków produkcji [Perramon i in. 2016]. Wielu autorów zwraca uwagę na przydatność wskaźników oceny efektywności nawożenia do oceny

systemów rolniczych z punktu widzenia efektywności ekonomicznej oraz środowiskowej. Mucheru-Muna i in. [2010] dokonali oceny efektywności produkcji kukurydzy w centralnej Kenii. Cassman i in. [2002] prowadzili badania nad efektywnością nawożenia pszenicy, ryżu i kukurydzy w Azji oraz USA. Autorzy ci oceniali systemy rolnicze w oparciu o współczynnik usunięcia azotu. Wartości współczynnika usunięcia w rejonie badań podają na poziomie 0,18 do 0,49 kg N · kg⁻¹ azotu zastosowanego w formie nawozów mineralnych. Dua i in. [2007] podają z kolei, że współczynnik produktywności jest skutecznym narzędziem oceny efektywności produkcji ziemniaka. Na przydatność wskaźników efektywności produkcji w ocenie technologii produkcji zwracają także uwagę Dobermann i in. [2007], Cui i in. [2008] oraz Dodd i in. [2014]. Ocena efektywności procesu nawożenia jest szczególnie ważna w warunkach niedoboru środków produkcji lub w warunkach ograniczeń związanych z wdrożonym systemem jakości jakim jest rolnictwo ekologiczne [Hasegawa i in. 2005]. Wskaźniki efektywności produkcji zostały wykorzystane przez Changkid i in. [2013] w ocenie efektywności integrowanej produkcji w Tajlandii. Yadvinder-Singh i in. [2009] podają, że w oparciu o współczynniki efektywności nawożenia azotem można ocenić system rolniczy przez pryzmat efektywności ekonomicznej i środowiskowej.

Efektywność produkcji rolniczej jest jednym z ważniejszych elementów kształtujących poziom antropopresji związany z tą aktywnością człowieka a także parametrem związanym z ekonomiką produkcji roślinnej. Jest ona obliczana na podstawie ilości zużywanych środków produkcji i energii, w przeliczeniu na masę jednostkową produktu [Maia i in. 2016, Quintero-Angel i in. 2018]. Parametr ten jest uwarunkowany wieloma czynnikami, do których zaliczamy warunki siedliskowe, klimatyczne oraz agrotechniczne. Efektem optymalizacji nawożenia roślin jest produkcja żywności o wysokiej jakości pod względem składu chemicznego oraz parametrów technologicznych [Walters i in. 2016]. W praktyce rolniczej wykorzystuje się różne metody, których efektem jest zwiększenie stopnia wykorzystania składników nawozowych, wprowadzanych do agroekosystemów. Wśród nich najczęściej stosowane to: odpowiedni płodozmian, zwiększanie ilości zabiegów nawożenia, stosowanie nawozów dolistnych oraz nawożenie przez fertygację [Aulakh i in. 2012]. Wychodząc naprzeciw potrzebom rozwijającego się rolnictwa przemysł nawozowy wprowadza na rynek coraz większy asortyment nawozów, które charakteryzują się spowolnionym uwalnianiem składników pokarmowych, dzięki czemu ich podaż jest rozciągnięta w okresie wegetacji roślin. Wykorzystanie nawozów wolnodziałających jest jedną z metod optymalizacji nawożenia, której znaczenie w ostatnich latach zwiększa się [Gaetano i in. 2016, Nardi i in. 2018, Chen i in. 2018a, Chen i in. 2018b]. W nawozach tych barierą ograniczającą przechodzenie składników nawozowych do roztworu glebowego są otoczki wykonane z różnych związków pochodzenia naturalnego, syntetycznego lub biologicznego (Li i in. 2017). Celem stosowania nawozów wolnodziałających jest zmniejszenie sumarycznej ilości składników pokarmowych wprowadzanych do środowiska oraz ograniczenie zużycia energii na zabiegi nawożenia. Niewłaściwe ich stosowanie może jednak przynieść negatywne skutki w postaci zmniejszenia plonowania roślin. Skuteczne stosowanie nawozów wolnodziałających wymaga gruntownej wiedzy z zakresu fizjologicznych aspektów pobierania składników pokarmowych w określonych warunkach siedliskowych i klimatycznych, dlatego też bardzo istotne jest opracowanie technologii ich stosowania. Ryzyko słabych efektów produkcyjnych jest jedną z głównych przyczyn małego zainteresowania producentów wykorzystaniem nawozów wolnodziałających. Jednym z głównych czynników ograniczających ilości stosowanych nawozów wolnodziałających we

współczesnym rolnictwie jest ich cena. Prowadzone są jednak liczne badania związane z możliwością produkcji nawozów wolnodziałających w oparciu o komponenty organiczne, których cena może być konkurencyjna dla dostępnych na rynku nawozów tradycyjnych [Agegehu i in. 2017].

Celem przeprowadzonych badań było określenie przydatności stosowania nawozów wolnodziałających w nawożeniu kapusty pekińskiej oraz selera korzeniowego z wykorzystaniem różnych strategii nawożenia. Specyfiką badań było prowadzenie ich w warunkach bardzo wysokiej zasobności gleby w składniki pokarmowe, ponieważ wszystkie doświadczenia przeprowadzone były w gospodarstwach prowadzących intensywną towarową produkcję warzyw. Zgodnie z zasadami integrowanej produkcji, w warunkach dużych zawartości pierwiastków w glebie, nawożenie roślin należy ograniczyć, a w niektórych przypadkach należy go zaniechać. Praktyka produkcyjna wskazuje, że bardzo trudno jest przekonać producentów do racjonalizacji nawożenia w warunkach bardzo wysokich zawartości pierwiastków nawozowych w glebie. Ponadto rozwój certyfikowanych systemów zarządzania jakością związany jest z coraz bardziej restrykcyjnym spojrzeniem na kwestie racjonalnego żywienia roślin. W warunkach produkcyjnych trudno jest zwiększyć efektywność procesu nawożenia przez modyfikację sposobu aplikacji nawozów konwencjonalnych. Należy się więc spodziewać, że w przyszłości udział nawozów o spowolnionym uwalnianiu składników pokarmowych, aplikowanych w pobliżu strefy korzeniowej roślin uprawnych, będzie się zwiększał. W związku z powyższym interesującym z punktu widzenia nauki i bardzo ważnym z punktu widzenia praktyki rolniczej zagadnieniem wydaje się być stworzenie technologii nawożenia opartej na nawozach wolnodziałających. Obecnie można bazować na zaleceniach producentów nawozów, którzy rekomendują określone dawki nawozów aplikowane metodą pod korzeń, jednakże dane literaturowe oraz badania własne wskazują, że niewłaściwe podejście do kwestii nawożenia nawozami wolnodziałającymi może prowadzić do zmniejszenia plonowania roślin. Stworzenie zaleceń do nawożenia roślin nawozami precyzyjnie aplikowanymi pod rośliny pozwoli budować zaufanie producentów rolnych do precyzyjnych technik nawożenia, a producentów nawozów do prac nad ulepszaniem istniejących produktów i tworzeniem nowych, tańszych produktów. Takie działania pozwolą uzyskać zadawalający efekt produkcyjny przy zmniejszonym nawożeniu. Efektywność nawożenia oceniono w oparciu o wskaźniki efektywności nawożenia, które uwzględniają środowiskowe i produkcyjne aspekty produkcji roślin.

Wyniki badań

W pracy **b.1.** przedstawiono wyniki badań związane z efektywnością nawożenia kapusty pekińskiej w różnych strategiach nawożenia. Uprawę i dokumentację produkcyjną prowadzono zgodnie z Metodą Integrowanej Produkcji Kapusty Pekińskiej, zatwierdzoną na podstawie art. 5 ust. 3 pkt. 2 Ustawy z dnia 18 grudnia 2003 r. o ochronie roślin, tekst jednolity (Dz. U. z 2008 r. nr 133, poz. 849 ze zm.) przez Głównego Inspektora Ochrony Roślin i Nasiennictwa.

W ramach realizacji założonego celu badań obliczono wskaźniki efektywności nawożenia takie jak: wielkość produkcji, współczynnik produktywności, efektywność agronomiczna, efektywność odzysku i efektywność usunięcia. Doświadczenie założono w warunkach normalnej uprawy towarowej z nawadnianiem, bez wdrożonego systemu zarządzania jakością. Czynnikiem doświadczenia było zróżnicowane nawożenie.

Tabela 1. Wybrane właściwości gleby użytej do doświadczenia z nawożeniem kapusty pekińskiej w 2011 r.

pH _{H2O}	pH _{KCl}	N _{ogólny}	C _{organiczny}	N _{mineralny}	P	K	Mg	Ca
7,01	6,65	[g·kg ⁻¹]		[mg·kg ⁻¹]				
		3,14	46,5	366	147,8	459,5	199,4	135,0

Tabela 2. Schemat doświadczenia z nawożeniem kapusty pekińskiej w 2011 r.

Wariant doświadczenia	Zastosowany nawóz				Komponent		
	Nawóz wolnodziałający NPK Ca Mg (18-05-10-4-2)	Saletra amonowa	Superfosfat potrójny	Sól potasowa	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	[kg·ha ⁻¹]						
kontrola	-	-	-	-	-	-	-
1	200	-	108	213	36	60	50
2	400	-	89	177	72	60	50
3	500	-	76	158	90	60	50
4	600	-	65	140	108	60	50
5	800	-	43	103	144	60	50
6	-	150	130	250	50	60	50
7	-	225	130	250	100	60	50
8	-	300	130	250	150	60	50

W doświadczeniu użyto nawóz wolnodziałający wieloskładnikowy o zawartości NPK (%) 18-05-10 + 4CaO + 2Mg oraz nawozy konwencjonalne: saletrę amonową, superfosfat potrójny oraz sól potasową 60%. Doświadczenie obejmowało 8 poziomów nawożenia i obiekt kontrolny [Tabela 2]. Nawóz wolnodziałający był aplikowany punktowo pod każdą roślinę, podczas sadzenia. Nawozy fosforowe i potasowe w całości zastosowano przedsięwzięcie, natomiast saletrę amonową rozdzielono na 2 dawki: 60% dawki zastosowano przed sadzeniem roślin, 40% po sadzeniu. Wymagania pokarmowe roślin przy założonym plonie - 100 Mg · ha⁻¹, oszacowano na poziomie: 160 kg N, 36 kg P, 270 kg K oraz 21 kg Mg. Potrzeby nawozowe obliczono w oparciu o zawartość przyswajalnych form pierwiastków w glebie, potrzeby pokarmowe roślin oraz historię pola, zgodnie z metodyką uprawy kapusty pekińskiej w systemie integrowanym [Metodyka 2011].

Plon uzyskany w obiekcie kontrolnym - bez nawożenia, kształtował się na wysokim poziomie 44,22 Mg · ha⁻¹ [Tabela 3]. Nawożenie w ilości 36 kg N · ha⁻¹ w postaci kg nawozu wolnodziałającego i pełnej dawki fosforu i potasu spowodowało zwiększenie plonowania o ponad 20 Mg. Największy plon, wynoszący 120,7 Mg · ha⁻¹ uzyskano w obiekcie z dodatkiem 90 kg N · ha⁻¹ w formie nawozu o spowolnionym działaniu.

Tabela 3. Wartości wybranych wskaźników efektywności nawożenia kapusty pekińskiej w 2011 r.

Wariant doświadczenia	Wielkość plonu	Współczynnik produktywności	Współczynnik wydajności	Efektywność usunięcia
	[Mg·ha ⁻¹]	[kg ś.m.·kg N ⁻¹]	[kg s.m.·kg N ⁻¹]	[kg N·kg N zastosowanego ⁻¹]
kontrola	44,22	-	-	-
1	65,69	1825	26,42	2,774
2	81,25	1128	21,96	2,136
3	120,66	1341	35,93	2,040
4	105,95	981	24,61	1,365
5	93,60	650	15,16	1,032
6	51,13	1023	6,161	1,457
7	74,82	748	12,29	0,920
8	95,77	638	13,39	0,934

W warunkach przeprowadzonego doświadczenia, dawka azotu w formie nawozów wolnodziałających na poziomie 90 kg · ha⁻¹, skutkowała wytworzeniem plonu o około 30% większego w porównaniu z obiektem, w którym zastosowano saletrę amonową w ilości odpowiadającej 150 kg · ha⁻¹ azotu w czystym składniku. Wyniki doświadczenia jednoznacznie wskazują na lepszą efektywność wykorzystania azotu aplikowanego w formie nawozów o spowolnionym uwalnianiu składników. Mniejsza ilość azotu wprowadzanego do agroekosystemów przekłada się na zmniejszenie ilości emitowanych do atmosfery gazów cieplarnianych oraz ograniczenie eutrofizacji zbiorników hydrosfery. Zwiększenie dawki nawozów wolnodziałających do 108 kg N · ha⁻¹ spowodowało zmniejszenie plonowania roślin. Prawdopodobnie wynikało to ze zwiększenia zasolenia roztworu glebowego w strefie korzeniowej roślin. Ponadto stosowanie nawozów wolnodziałających spowodowało zwiększenie różnic mas jednostkowych kapusty, co nie jest korzystne z punktu widzenia jakości handlowej produktu. Na uwagę zasługuje fakt, że zaobserwowano zmniejszenie plonowania roślin przy zwiększeniu poziomu azotu o zaledwie 18 kg · ha⁻¹, z 90 do 108 kg N · ha⁻¹. Doświadczenie zostało przeprowadzone w warunkach optymalnego nawadniania, dlatego też wyników w nim uzyskanych nie można unifikować na uprawy nie nawadniane. Należy się też spodziewać innej reakcji roślin w warunkach uprawy na glebie o innej pojemności kompleksu sorpcyjnego oraz mniejszej zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu oraz azotu mineralnego. W oparciu o uzyskane wyniki oraz dane prezentowane przez innych badaczy problemu można się spodziewać, że na glebach mniej żyznych, z okresowymi deficytami wody, efekt inhibicji plonowania może być zauważony przy mniejszych dawkach testowanego nawozu wolnodziałającego. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia wskazują na potencjał wykorzystania nawozów wolnodziałających w agroekosystemach zasobnych w pierwiastki biogenne, jednakże nie można określić optymalnych dawek tego nawozu dla ilości i jakości wytwarzanych produktów.

Współczynnik produktywności mówi jaki osiągnięto plon w związku z użyciem 1 kg azotu w formie nawozu. W przeprowadzonych doświadczeniach kształtował się on w zakresie od 650 do 1825 kg świeżej masy produktu \cdot kg⁻¹ azotu zastosowanego w nawozach mineralnych [Tabela 3]. Największą wartość tego parametru stwierdzono w obiekcie z najmniejszą dawką nawozu wolnodziałającego, w ilości 36 kg N \cdot ha⁻¹ [Tabela 2]. Zwiększanie ilości wprowadzanego azotu w formie nawozu wolnodziałającego prowadziło do obniżania wartości tego parametru. W obiektach nawożonych konwencjonalnie wartości omawianego współczynnika kształtowały się na poziomie obserwowanym w obiektach z najwyższą dawką nawozu wolnodziałającego. Najczęściej spotykane wartości tego parametru w konwencjonalnych systemach rolniczych mieszczą się w zakresie od 40 do 80 kg suchej masy plonu \cdot kg⁻¹ N. Wartości powyżej 60 kg \cdot kg⁻¹ N spotyka się w systemach dobrze zarządzanych, przy małej zawartości azotu w glebie. Takie wartości stwierdzono w obiektach nawożonych nawozem wolnodziałającym w ilości 36, 72 i 90 kg N \cdot ha⁻¹ [Tabela 2, Tabela 3]. W obiektach nawożonych saletrą amonową wartości współczynnika produktywności były niskie - charakterystyczne dla ekosystemów o nieefektywnym zarządzaniu składnikami pokarmowymi.

Współczynnik wydajności agronomicznej jest wskaźnikiem określającym zwiększenie plonu roślin przy zastosowaniu 1 kg azotu w formie nawozu azotowego. Jego wartość w najlepszy sposób obrazuje efektywność systemów rolniczych. Wartość współczynnika wydajności agronomicznej w poszczególnych wariantach doświadczenia kształtowała się w zakresie 6,16 do 35,92 kg \cdot kg⁻¹ N, w przeliczeniu na plon suchej masy kapusty pekińskiej [Tabela 3]. Najmniejszą wartość tego parametru stwierdzono w wariacie z nawożeniem tradycyjnym w ilości 50 kg azotu w formie saletry amonowej oraz pełnej dawki fosforu i potasu. Największą wartość współczynnika wydajności agronomicznej zaobserwowano w wariacie z użyciem nawozu wolnodziałającego w ilości 90 kg N \cdot ha⁻¹. Dalsze zwiększanie ilości nawozu prowadziło do obniżenia wartości tego współczynnika. Generalnie, w obiektach nawożonych nawozami wolnodziałającymi stwierdzono znacznie większe wartości współczynnika wydajności agronomicznej w porównaniu z tradycyjnym nawożeniem. Zastosowanie nawożenia punktowego z wykorzystaniem nawozów wolnodziałających jest skuteczną metodą poprawy wydajności agronomicznej, niemniej jednak należy ustalić maksymalną ilość nawozów, jaką można wprowadzić bez negatywnych skutków produkcyjnych.

Efektywność usunięcia jest najważniejszym wskaźnikiem, w oparciu o który można ocenić systemy rolnicze z punktu widzenia oddziaływania na środowisko przyrodnicze. Wskazuje on bowiem jaka część azotu zastosowanego w formie nawożenia mineralnego zostaje usunięta z ekosystemu wraz z plonem. Ze względu na niewielką zdolność glebowego kompleksu sorpcyjnego do wiązania tego pierwiastka znaczna jego część, nie pobrana z plonem, jest rozpraszana w środowisku, co prowadzi do intensyfikacji procesów eutrofizacji. Bardzo wysokie wartości tego parametru świadczą o deficytowym poziomie nawożenia azotem oraz dobrym wykorzystaniu azotu z zapasów glebowych. Z kolei niskie jego wartości wskazują na wystąpienie czynników upośledzających normalne funkcjonowanie agroekosystemu, takich jak deficyt składników pokarmowych, niekorzystne warunki pogodowe czy nadmierne wystąpienie agrofagów. W warunkach prowadzonego doświadczenia (bardzo duże ilości związków azotu w glebie) wysokie wartości współczynnika usunięcia świadczą o efektywnej strategii nawożenia. Przy właściwym gospodarowaniu zasobami wartość tego parametru powinna wahać się w zakresie 0,55 – 0,65 kg N \cdot N⁻¹ zastosowanego w formie nawozów mineralnych [IFA 2007]. Najczęściej spotykane wartości tego parametru wahają się w granicach 0,3 – 0,9 kg N \cdot kg N zastosowanego⁻¹. W

przeprowadzonym doświadczeniu wartości współczynnika efektywności usunięcia wahały się w zakresie od 0,920 do 2,774 kg N · kg N zastosowanego⁻¹, w zależności od wariantu nawożenia [Tabela. 3]. Najmniejsze wartości tego parametru stwierdzono w obiektach nawożonych nawozami konwencjonalnymi. We wszystkich wariantach nawożenia stwierdzono bardzo wysokie wartości współczynnika usunięcia, co było spowodowane dużymi ilościami związków azotu mineralnego w glebie. Przedplonem dla kapusty pekińskiej był ziemniak wczesny w uprawie intensywnej. Najwyższe wartości wskaźnika efektywności usunięcia stwierdzono w obiektach z najniższą dawką nawozów wolnodziałających. Najbardziej korzystny współczynnik efektywności usunięcia uzyskano w obiekcie z dawką nawozów wolnodziałających na poziomie 90 kg N · ha⁻¹. Zaproponowana technologia uprawy oparta na zastosowaniu nawozu w formie nawozu wolnodziałającego, aplikowanego pod roślinę w ilości 90 kg · ha⁻¹, skutkowało pobraniem przez rośliny azotu z zapasów glebowych w ilości 93 kg N · ha⁻¹. Przy konwencjonalnej uprawie, standardowo stosowanej w rejonie prowadzenia badań, stwierdzono mniejszą o około 10 kg ilość tego pierwiastka wyniesioną z plonem w porównaniu z jego ilością zastosowaną wraz z nawożeniem mineralnym. Zastosowanie nawozów wolnodziałających do nawożenia upraw, w warunkach wysokiej zasobności gleby w składniki odżywcze dla roślin, przyniosło pozytywny efekt środowiskowy.

W oparciu o wyniki uzyskane w doświadczeniu, którego wyniki zaprezentowano w pracy **b.1.**, przeprowadzono kolejne doświadczenie związane z wykorzystaniem nawozów wolnodziałających w uprawie kapusty pekińskiej. W związku z problemem możliwego negatywnego wpływu stosowania nawozów wolnodziałających, zidentyfikowanym w pracy **b.1.**, zaproponowano technologię aplikacji nawozu wolnodziałającego w trakcie sadzenia roślin, ale aplikowanego poniżej poziomu korzeni. Wyniki tego doświadczenia zawarto w pracy **b.5.**. Z punktu widzenia technologii aplikacji nawozu taka strategia nawożenia jest trudniejsza niemniej jednak zaproponowano ją, aby zmniejszyć zagrożenie ograniczania plonowania roślin przy dużych dawkach nawozów. Ponadto zaproponowano dwie metody aplikacji nawozu: punktową - pod każdą roślinę, oraz rzędową - opartą o aplikację nawozu w redlinach, poniżej poziomu sadzenia roślin. Jednocześnie w doświadczeniu zmniejszono zróżnicowanie dawek nawozu. Doświadczenie przeprowadzono na glebie o mniejszej zawartości składników pokarmowych oraz o mniejszej zawartości materii i podobnym składzie granulometrycznym. Parametry gleby, na której założono doświadczenie, przedstawiono w Tabeli 4. Zawartość azotu mineralnego w glebie wynosiła 102 mg N · kg⁻¹ - było to prawie trzykrotnie mniej niż w przypadku doświadczenia opisanego w pracy **b.1.**

Tabela 4. Wybrane właściwości gleby użytej do doświadczenia z nawożeniem kapusty pekińskiej w 2017 roku.

pH _{H2O}	pH _{KCl}	N _{ogólny}	C _{organiczny}	N _{mineralny}	P	K	Mg	Ca
6,63	6,01	[g·kg ⁻¹]		[mg·kg ⁻¹]				
		1,82	18,8	102	116,2	62,30	88,40	856,6

Zapotrzebowanie pokarmowe roślin obliczono w oparciu o metodę bilansową na podstawie oceny potencjału produkcyjnego siedliska. Potencjał produkcyjny siedliska oceniono na 60 Mg · ha⁻¹. Schemat doświadczenia zawarto w Tabeli 5.

Tabela 5. Schemat doświadczenia z nawożeniem kapusty pekińskiej w 2017 r.

Wariant doświadczenia	Nawóz				Komponent		
	Wolnodziałający	Azotan amonu	Superfosfat potrójny	Sol potasowa	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	[kg·ha ⁻¹]						
kontrola	-	-	-	-	-	-	-
1	-	400	68	200	126	30	120
Aplikacja punktowa							
2	200	-	45	130	38	30	120
3	400	-	22,5	65	76	30	120
4	600	-	-	-	114	30	120
Aplikacja rzędowa							
5	200	-	45	130	38	30	120
6	400	-	22,5	65	76	30	120
7	600	-	-	-	114	30	120

Plon kapusty pekińskiej w obiekcie kontrolnym w tym doświadczeniu uzyskano na poziomie 23,32 Mg · ha⁻¹ [Tabela. 6]. Przy zastosowaniu nawożenia wynikającego z potrzeb nawozowych uprawianych roślin z wykorzystaniem nawożenia konwencjonalnego uzyskano plon handlowy w ilości 48,38 Mg · ha⁻¹. Nawożenie z zastosowaniem nawozu wolnodziałającego w ilości 38 kg N · ha⁻¹ spowodowało zwiększenie plonu handlowego o około 50%. Największy plon, na poziomie 52,27 Mg · ha⁻¹, uzyskano w wariantcie nawożenia z użyciem dodatku 114 kg N · ha⁻¹ w formie nawozu o spowolnionym działaniu, wysiewanym rzędowo [Tabela. 6]. W przypadku punktowej aplikacji nawozów, największy plon uzyskano przy dodatku nawozu wolnodziałającego na poziomie 76 kg N · ha⁻¹. Zwiększenie jego ilości do 114 kg N · ha⁻¹ spowodowało obniżenie plonowania roślin. Wyniki uzyskane w opisywanym doświadczeniu w konfrontacji z danymi zamieszczonymi w publikacji **b.1.** mogą wskazywać na brak wpływu głębokości aplikacji nawozu wolnodziałającego na plonowanie roślin. Niemniej jednak, doświadczenie opisane w publikacji **b.1.** zostało przeprowadzone na glebie o znacznie większej zasobności składników pokarmowych oraz z większą ilością materii organicznej, co może zwiększyć oddziaływanie aplikowanego nawozu na rośliny. Przy aplikacji nawozu metodą rzędową zaobserwowano największe plonowanie roślin. Duże zróżnicowanie masy kapusty nie jest korzystne z punktu widzenia wprowadzania produktu na rynek. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia wskazują, że największą powtarzalność produktu osiągnięto przy nawożeniu nawozami konwencjonalnymi. Zmienność w obrębie tego obiektu wynosiła około 20%. Nawożenie z użyciem nawozów wolnodziałających powodowało zwiększanie zróżnicowanie masy główek kapusty. Przy najwyższej ich dawce stwierdzono zmienność na poziomie 48,7% przy aplikacji rzędowej i 82,0% przy punktowym stosowaniu nawozów [Tabela 6].

Tabela 6. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia z nawożeniem kapusty pekińskiej w 2017 r.

Wariant doświadczenia	Średni plon handlowy	Zakres	Średnia masa główki kapusty	Zakres	Współczynnik produktywności	Współczynnik wydajności	Efektywność usunięcia
	[Mg·ha ⁻¹]		[g·jednostka ⁻¹]		[kg ś.m.·kg N ⁻¹]	[kg s.m.·kg N ⁻¹]	[kg N·kg N zastosowanego ⁻¹]
kontrola	23,32	21,22 - 24,99	424	388 - 556	-	-	-
1	48,38	44,62 - 50,56	879	688 - 921	310,1	7,062	0,619
2	35,88	32,56 - 36,82	652	439 - 691	629,5	10,00	1,024
3	44,29	38,56 - 49,88	85	566 - 1034	466,2	9,700	0,758
4	35,88	27,89 - 47,55	652	422 - 1588	269,8	4,161	0,501
5	35,96	33,48 - 36,82	653	499 - 811	630,9	9,95	0,913
6	42,96	38,29 - 44,67	781	612 - 988	452,2	8,867	0,715
7	52,27	41,66 - 56,88	95	662 - 1358	393,0	8,593	0,604

Z punktu widzenia powtarzalności produktu, najlepsze efekty uzyskano przy zawożeniu konwencjonalnym.

Wartość współczynnika produktywności kształtowała się w zakresie od 269,8 do 630,9 kg świeżej masy produktu · kg⁻¹ azotu zastosowanego w formie nawozów mineralnych. Najmniejszą wartość współczynnika produktywności stwierdzono w przypadku zastosowania 114 kg azotu w formie nawozu wolnodziałającego wysiewanego punktowo. Z kolei najwyższy współczynnik produktywności stwierdzono przy zastosowaniu nawozów wolnodziałających w ilości 39 kg N · ha⁻¹ [Tabela 6]. Uwzględniając wartości omawianego parametru oraz wielkość uzyskanego plonu, najlepsze efekty osiągnięto przy zastosowaniu 76 kg N · ha⁻¹ w formie nawozu wolnodziałającego.

Wartość współczynnika wydajności agronomicznej w poszczególnych wariantach doświadczenia kształtowała się w zakresie 4,161 do 10 kg suchej masy produktu · kg⁻¹ azotu zastosowanego w nawozach mineralnych [Tabela 6]. Najmniej korzystną wartość tego parametru uzyskano przy zastosowaniu nawozu wolnodziałającego punktowo, w ilości 114 kg · ha⁻¹. W przypadku takiej samej dawki wysiewanej rzędowo uzyskano ponad dwukrotnie większą wartość współczynnika wydajności agronomicznej.

W oparciu o współczynnik efektywności usunięcia oceniono efektywność zaproponowanego systemu rolniczego z punktu widzenia oddziaływania na środowisko przyrodnicze. W przeprowadzonym doświadczeniu wartości współczynnika efektywności usunięcia wahały się w zakresie od 0,501 do 1,024 kg N · kg⁻¹ N wprowadzonego z nawozami mineralnymi, w zależności od wariantu nawożenia [Tabela 6]. Najmniejszą wartość tego parametru stwierdzono w obiekcie nawożonym nawozami wolnodziałającymi w sposób punktowy, w dawce 114 kg N · ha⁻¹ oraz w obiekcie nawożonym konwencjonalnie. Najwyższe wartości wskaźnika efektywności usunięcia stwierdzono w obiektach z najniższą dawką nawozów wolnodziałających. Najbardziej korzystny

współczynnik efektywności usunięcia, w konfrontacji z wielkością plonów, uzyskano w obiekcie z dawką nawozów wolnodziałających na poziomie $76 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz pełnej dawce fosforu i potasu. W tym obiekcie wraz z plonem usunięte zostało $54 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ [Tabela 6].

Aby zrealizować zdefiniowany na początku autoreferatu cel, przeprowadzono badania nad efektywnością nawożenia selera korzeniowego z użyciem nawozów wolnodziałających. Przeprowadzono dwa doświadczenia polowe, których wyniki przedstawiono w pracach: **b.2.**, **b.3.**, **b.4.** i **b.6.** Pierwsze doświadczenie przeprowadzono w 2012, natomiast drugie w 2017 roku. Właściwości gleby, na których przeprowadzono doświadczenia zawarte są odpowiednio w Tabelach 7 i 8.

Tabela 7. Wybrane właściwości gleby użytej do doświadczenia z nawożeniem selera w 2012 r.

pH _{H2O}	pH _{KCl}	N _{ogólny}	C _{organiczny}	N _{mineralny}	P	K	Mg	Ca
7,01	6,65	[g·kg ⁻¹]		[mg·kg ⁻¹]				
		3,24	46,9	347	147,8	478,5	12,50	1240

Tabela 8. Wybrane właściwości gleby użytej do doświadczenia z nawożeniem selera w 2017 r.

pH _{H2O}	pH _{KCl}	N _{ogólny}	C _{organiczny}	N _{mineralny}	P	K	Mg	Ca
6,62	6,12	[g·kg ⁻¹]		[mg·kg ⁻¹]				
		2,48	22,6	272	127,2	378,3	128,1	696,3

W doświadczeniu pierwszym [Tabela 9] użyto nawóz o spowolnionym uwalnianiu składników o składzie NPK (%) 18-05-10+4CaO+2MgO, saletrę amonową, superfosfat potrójny oraz sól potasową 60%. Doświadczenie obejmowało 9 poziomów nawożenia opartego na zasadach integrowanej produkcji roślin, obiekt kontrolny bez nawożenia, oraz obiekt nawożony w sposób standardowy w intensywnej uprawie selera w rejonie prowadzenia badań. Nawóz o spowolnionym uwalnianiu składników był aplikowany punktowo pod każdą roślinę. Schemat doświadczenia zawarty jest w Tabeli 9. Ze względu na uprawę rośliny o długim okresie wegetacji zastosowano warianty z nawożeniem nawozami wolnodziałającymi i konwencjonalnymi. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia zawarto w pracach **b.2.**, **b.3.** i **b.4.** Plon korzeni uzyskany w obiekcie kontrolnym, w 2012 roku, kształtował się na poziomie $32,14 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ [Tabela 10]. Ze względu na zastosowane jesienią poprzedniego roku nawożenie organiczne oraz dużą zasobność gleby w składniki pokarmowe nie zaobserwowano mocnej reakcji roślin na zastosowane nawożenie. Nawożenie w ilości $36 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ z nawozami wolnodziałającymi spowodowało zwiększenie plonowania korzeni o ponad $5 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Największy plon świeżej masy korzeni, wynoszący $49,73 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, uzyskano w wariacie nawożenia opartego na kombinacji nawożenia nawozami tradycyjnymi i wolnodziałającymi zgodnym z zasadami integrowanej produkcji.

Tabela 9. Schemat doświadczenia z nawożeniem selera w 2012 r.

Wariant doświadczenia	Zastosowany nawóz				Komponent		
	Nawóz wolnodziałający NPK Ca Mg (18-05-10-4-2)	Saletra amonowa	Superfosfat potrójny	Sól potasowa	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
kontrola	-	-	-	-	-	-	-
1	200	-	87	163	36	50	120
2	400	-	65	122	72	50	120
3	500	-	54	180	90	50	120
4	600	-	43	90	108	50	120
5	800	-	21	53	144	50	120
6	200	218	87	163	130	50	120
7	300	165	76	145	130	50	120
8	400	112	65	127	130	50	120
9	-	441	244	325	150	112	195
10	-	588	326	433	200	150	260

Tabela 10. Wielkość plonu i wskaźniki efektywności agronomicznej w uprawie selera obliczone dla azotu w doświadczeniu z 2012 r.

Wariant doświadczenia	Plon korzeni	Współczynnik produktywności	Współczynnik wydajności	Efektywność usunięcia	Bilans azotu
	[Mg·ha ⁻¹]	[kg ś.m.·kg N ⁻¹]	[kg s.m.·kg N ⁻¹]	[kg N·kg N zastosowanego ⁻¹]	[kg N]
kontrola	32,14	-	-	-	-150,4
1	37,79	1049	36,34	207,9	-171,9
2	45,88	637	88,31	272,8	-200,8
3	42,86	476	68,90	231,5	-141,5
4	27,90	258	-27,27	163,1	-55,08
5	21,02	146	-71,47	105,6	38,37
6	42,72	329	67,47	242,2	-112,2
7	48,60	374	105,8	285,0	-155,0
8	49,73	383	113,1	289,2	-159,2
9	44,50	297	82,4	251,4	-101,4
10	47,40	237	76,4	285,9	-85,92

Pozytywny efekt plonotwórczy obserwowano w obiektach, w których zastosowano 36 i 72 kg N · ha⁻¹ w formie nawozu wolnodziałającego pod korzenie roślin. Dalsze zwiększanie dawki nawozu skutkowało obniżaniem poziomu plonowania roślin. Zastosowanie azotu w formie nawozów wolnodziałających w ilości 108 i 144 kg N · ha⁻¹ skutkowało zmniejszeniem plonowania korzeni selera w stosunku do obiektu kontrolnego [Tabela 10]. W przypadku kombinacji nawożenia nawozami wolnodziałającymi i konwencjonalnymi najlepszy efekt uzyskano przy zastosowaniu 72 kg N w formie nawozów wolnodziałających oraz 48 kg N w formie nawozów konwencjonalnych. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że niewłaściwe stosowanie nawozów wolnodziałających może negatywnie oddziaływać na plonowanie roślin. Wartość współczynnika produktywności dla nawożenia azotem kształtowała się w zakresie od 146 do 1049 kg świeżej masy korzeni · kg⁻¹ N zastosowanego z nawożeniem mineralnym [Tabela 10]. Zakresy wartości tego parametru obliczone dla fosforu i potasu wynosiły od 533 do 2238 kg korzeni · kg⁻¹ P i 210 do 486 kg świeżej masy korzeni · kg⁻¹ K [Tabela 11].

Tabela 11. Wielkość plonu i wskaźniki efektywności nawożenia w uprawie selera obliczone dla fosforu i potasu w doświadczeniu z 2012 r.

Wariant doświadczenia	Fosfor				Potas			
	Współczynnik produktywności	Współczynnik wydajności	Efektywność usunięcia	Bilans	Współczynnik produktywności	Współczynnik wydajności	Efektywność usunięcia	Bilans
1	1701	36,8	1,137	-7,56	377,9	56,53	1,337	-194,1
2	2064	88,8	1,362	-31,75	458,8	137,4	1,823	-266,7
3	1929	67,1	1,398	-44,32	428,6	107,2	2,127	-252,9
4	1255	-25,9	0,812	-42,95	279,0	-42,41	1,113	-100,2
5	946	-66,3	0,570	-6,28	210,2	-111,2	0,740	-35,4
6	1922	71,2	1,288	10,66	427,2	105,8	1,779	-230,3
7	2187	112,1	1,631	-36,76	486,0	164,6	2,066	-300,6
8	2238	112,6	1,621	-59,58	497,3	175,9	2,205	-334,3
9	668	28,1	0,513	-60,27	274,7	76,32	1,176	-181,5
10	533	25,8	0,425	8,99	219,4	70,65	0,969	-160,9

Najmniejszą wartość tego parametru stwierdzono w obiektach z największą dawką azotu, zarówno w przypadku stosowania nawozów wolnodziałających jak i konwencjonalnych. Największą wartość współczynnika produktywności dla azotu stwierdzono w obiekcie nawożonym najmniejszą dawką tego pierwiastka (36 kg N · ha⁻¹) w formie nawozu wolnodziałającego. Największy współczynnik produktywności dla fosforu i potasu stwierdzono w obiektach nawożonych równolegle nawozami wolnodziałającymi i konwencjonalnymi, w różnym ich stosunku ilościowym [Tabela 11]. Wartość współczynnika wydajności agronomicznej obliczonego dla azotu, w poszczególnych wariantach doświadczenia, w 2012 roku, kształtowała się w zakresie od -71,47 do 113,1 kg suchej masy

korzeni $\cdot \text{kg}^{-1} \text{N}$ wprowadzonego z nawozami mineralnymi [Tabela 10]. Wartości tego parametru dla fosforu i potasu kształtowały się odpowiednio od -66,3 do 112,6 kg suchej masy korzeni $\cdot \text{kg}^{-1} \text{P}$, od -111,2 do 175,9 kg suchej masy korzeni $\cdot \text{kg}^{-1} \text{K}$ [Tabela 11]. W dwóch wariantach z największą dawką nawozu wolnodziałającego stwierdzono zmniejszenie plonu w stosunku do obiektu kontrolnego, dlatego też omawiany parametr przyjął wartości ujemne w przypadku wszystkich pierwiastków.

Największą wartość współczynnika wydajności agronomicznej dla nawożenia azotem stwierdzono w przypadku obiektu, w którym zastosowano $72 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. W przypadku nawożenia fosforem i potasem, największe wartości tego parametru stwierdzono w obiekcie nawożonym nawozami wolnodziałającymi oraz nawozami konwencjonalnymi [Tabela 11]. Przy zastosowaniu nawożenia na poziomie $36 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskano wysoki plon oraz bardzo wysokie wskaźniki efektywności nawożenia. Jest to rezultat zwiększenia wykorzystania składników pokarmowych z zasobów glebowych. W glebach intensywnie nawożonych, z wysoką zawartością materii organicznej, istnieje duży potencjał składników pokarmowych zabsorbowanych w kompleksie sorpcyjnym. W związku z narastającym problemem zbyt dużych dawek nawozów potasowych i fosforowych na gleby intensywnie użytkowane, w nowoczesnych systemach jakości, takich jak Integrowana Produkcja oraz Global G.A.P., coraz bardziej zwraca się uwagę na racjonalizację nawożenia w kontekście ilości składnika wprowadzanego do środowiska oraz ilości składnika pobieranego z plonem. Wyniki badań zawarte w pracy **b.3.** wskazują na duże różnice wartości współczynnika usunięcia fosforu i potasu. Racjonalne gospodarowanie tymi składnikami ma strategiczne znaczenie w warunkach integrowanej produkcji roślin oraz innych systemach jakości w produkcji pierwotnej. Zbyt duże dawki fosforu i potasu prowadzą do ich rozpraszania w środowisku oraz pogarszają efekty ekonomiczne produkcji roślin. W przypadku fosforu problemem jest uwstecznianie tego pierwiastka w glebie lub jego straty w wyniku zmywów i spływów, natomiast w przypadku potasu, nadmierne nawożenie tym pierwiastkiem prowadzi do strat tego pierwiastka w wyniku wypłukiwania. W intensywnych systemach rolniczych, szczególnie w uprawach warzywniczych, sadowniczych a także przemysłowych, często obserwuje się bardzo wysokie poziomy nawożenia fosforem, znacznie większe niż wynika to z potrzeb pokarmowych uprawianych roślin. Taka polityka zarządzania składnikami nawozowymi prowadzi do sukcesywnego zwiększania zawartości przyswajalnych i ogólnych form tego pierwiastka w glebie. Wysokie zawartości fosforu w glebie nie wywołują bezpośrednich negatywnych skutków w agroekosystemie, jednak prowadzą do zwiększenia kosztów uprawy oraz zwiększają zagrożenie eutrofizacji wód. Ponadto, fosfor jest pierwiastkiem, którego zasoby na świecie są ograniczone i należy dążyć do efektywnego jego wykorzystania w ramach zrównoważonego zarządzania produkcją. W przypadku potasu efektywne nawożenie ma także kluczowe znaczenie przy produkcji roślin o zdefiniowanych parametrach jakościowych. Racjonalne zarządzanie nawożeniem roślin wymaga, aby w przypadku wysokich i bardzo wysokich zawartości przyswajalnych form tych pierwiastków w glebie, dawki nawozów były na poziomie pokrywającym zapotrzebowanie pokarmowe roślin, przy założonej wielkości plonu. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia zawarte w pracy **b.3.** wskazują, że zastosowane różne strategie nawożenia wpłynęły w znaczący sposób na kształtowanie się wskaźnika efektywności usunięcia potasu i fosforu. W warunkach nawożenia zgodnego z praktyką w rejonie prowadzenia badań wartość tego parametru kształtowała się na poziomie około $0,5 \text{ kg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{P}$ aplikowanego w postaci nawozów [Tabela 11]. Oznacza to, że około połowa zastosowanej dawki fosforu została odprowadzona z plonem roślin. W przypadku

potasu pobranie składnika przez rośliny w obiektach nawożonych konwencjonalnie było na poziomie zbliżonym do ilości tego składnika wprowadzonej z nawożeniem. Uzyskana wartość tego parametru dla fosforu jest zbyt niska i wskazuje na straty tego pierwiastka. Największą wartość tego parametru w przypadku obydwu pierwiastków stwierdzono w obiektach nawożonych nawozem wolnodziałającym w ilości 24 i 72 kg N · ha⁻¹ w połączeniu z azotowymi nawozami konwencjonalnymi. Nadmierne nawożenie fosforem jest definiowane jako problem związany z racjonalnym gospodarowaniem zasobami naturalnymi. Nie pobrany przez rośliny fosfor ulega nagromadzeniu w glebie i w wyniku różnych procesów ulega uwstecznieniu i nie jest dostępny dla roślin.

Istotnym elementem oceny systemów rolniczych jest wielkość plonu, ale także stosunek plonu głównego do plonu ubocznego. Plon uboczny, który z technologicznego punktu widzenia jest odpadem, jest problematyczny ze względu na konieczność jego utylizacji, ale przede wszystkim na wytworzenie plonu ubocznego roślina musi wykorzystywać składniki pokarmowe, wodę oraz promieniowanie słoneczne. Duży udział plonu ubocznego w plonie ogólnym jest niekorzystny z punktu widzenia ekonomicznego, a często także z punktu widzenia jakości technologicznej lub handlowej produktu. W pracy **b.4.** zaprezentowano wyniki związane z wielkością plonu handlowego w relacji do ilości plonu ubocznego a także wyniki pobrania pierwiastków nawozowych w poszczególnych wariantach doświadczenia. W poszczególnych wariantach nawożenia stwierdzono zróżnicowanie wielkości plonu, jednak nie zaobserwowano różnicy pomiędzy udziałem plonu głównego w plonie całkowitym. W obiekcie kontrolnym plon handlowy korzeni selera stanowił 61% plonu całkowitego. Zmiana wariantu nawożenia nie spowodowała zaburzenia relacji ilościowych pomiędzy wielkością plonu całkowitego i plonu handlowego, co jest bardzo istotną informacją z punktu widzenia wdrażania zaproponowanych metod uprawy. W obiekcie kontrolnym stwierdzono pobranie azotu z plonem na poziomie 150,4 kg · ha⁻¹ [Tabela 10]. Tak duża wartość wynika z wysokiej zasobności gleby w ten pierwiastek, która jest wynikiem nieracjonalnego nawożenia azotowego w roku poprzedzającym prowadzenie doświadczeń. Gleba, na której przeprowadzono doświadczenie zawierała bardzo wysokie zawartości azotu mineralnego, które wskazują na zagrożenie wymywania dużych ilości tego pierwiastka z gleby w sezonie jesiennym i zimowym. Zastosowanie nawożenia azotowego na poziomie 36 kg N · ha⁻¹, w postaci nawozów wolnodziałających, spowodowało zwiększenie pobrania azotu do 207,9 kg · ha⁻¹. Dalsze zwiększanie poziomu nawożenia azotowego ograniczało pobranie azotu z gleby. W przypadku nawożenia tradycyjnego przy poziomie 200 kg N · ha⁻¹, ilość tego pierwiastka pobrana z plonem wynosiła 285 kg N · ha⁻¹. Taka sama ilość azotu została pobrana z plonem roślin nawożonych w ilości 130 kg N · ha⁻¹, z wykorzystaniem kombinacji nawozów wolnodziałających i konwencjonalnych. W oparciu o wyniki przeprowadzonego doświadczenia stwierdzono, że optymalizacja nawożenia z użyciem nawozów wolnodziałających pozwoliła na zwiększenie pobrania azotu z plonem o 70 kg N · ha⁻¹. Modyfikacje strategii nawożenia wpłynęły także na zmianę ilości pobranego fosforu i potasu z gleby. Zgodnie z zasadami integrowanej produkcji bilans fosforu i potasu w glebie, na której przeprowadzono doświadczenie powinien być ujemny. Pobranie fosforu i potasu z obiektu kontrolnego wynosiło odpowiednio 25 i 192 kg · ha⁻¹. Najbardziej korzystne z punktu widzenia środowiskowego i produkcyjnego okazała się strategia nawożenia, w której zastosowano nawozy wolnodziałające i konwencjonalne. Wyniki takie otrzymano przy dawce nawozu wolnodziałającego na poziomie 72 kg N · ha⁻¹ oraz nawozów mineralnych konwencjonalnych NPK do dawki odpowiednio 130 kg N · ha⁻¹, 50 kg · P₂O₅ ha⁻¹ i 120 kg K₂O ·

ha⁻¹. W tych warunkach stwierdzono bilans ujemny fosforu na poziomie -59,58 kg P₂O₅ · ha⁻¹, natomiast w przypadku potasu wartość ta wynosiła -334,3 kg K₂O · ha⁻¹. Stwierdzono dodatni bilans w obiektach nawożonych konwencjonalnie oraz w warunkach wysokich dawek nawozów wolnodziałających. Wyniki uzyskane w niniejszym doświadczeniu były danymi wyjściowymi do procesu opracowania założeń doświadczenia związanego z nawożeniem selera korzeniowego, którego wyniki zaprezentowano w pracy **b.6**. Schemat doświadczenia przedstawiono w Tabeli 12.

Tabela 12. Schemat doświadczenia z nawożeniem selera w 2017 r.

Wariant doświadczenia	Nawóz				Komponent		
	Wolnodziałający	Azotan amonu	Superfosfat potrójny	Sól potasowa	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	[kg·ha ⁻¹]				[kg·ha ⁻¹]		
kontrola	-	-	-	-	-	-	-
1	-	500	200	250	128	92	150
Aplikacja punktowa							
2	200	-	156	216	40	92	150
3	400	-	112	183	80	92	150
4	600	-	70	150	120	92	150
Aplikacja rzędowa							
5	200	-	156	216	40	92	150
6	400	-	112	183	80	92	150
7	600	-	70	150	120	92	150

Doświadczenie oparto o zaproponowaną strategię nawożenia wykorzystującą dwie metody aplikacji nawozów wolnodziałających. Nawóz wolnodziałający aplikowano punktowo oraz rzędowo, około 8 cm poniżej poziomu korzeni roślin. W doświadczeniu użyto nawóz o spowolnionym (o 5 - 6 miesięcy) uwalnianiu składników, o składzie NPK (%) 20-10-10+4MgO. Doświadczenie obejmowało 3 poziomy nawożenia z wykorzystaniem nawozów wolnodziałających, obiekt kontrolny bez nawożenia oraz obiekt kontrolny nawożony nawozami tradycyjnymi w ilości odpowiadającej zapotrzebowaniu roślin na składniki pokarmowe, przy założeniu wielkości plonu na poziomie 60 Mg plonu handlowego · ha⁻¹. Doświadczenie w ramach realizacji założonego celu badawczego prowadzono na glebie zasobnej w pierwiastki nawozowe o dobrej strukturze, cechującej się optymalnym odczynem dla produkcji selera. W takich warunkach uzyskano plon w obiekcie kontrolnym na poziomie 29,25 Mg · ha⁻¹. Przy zastosowaniu nawożenia konwencjonalnego, wynikającego z potrzeb nawozowych obliczonych metodą bilansową, z uwzględnieniem zasobów glebowych, uzyskano plon handlowy w ilości 48,79 Mg · ha⁻¹ [Tabela 13].

Tabela 13. Wielkość plonu i wskaźniki efektywności nawożenia w uprawie selera obliczone w 2017 r.

Wariant doświadczenia	Średni plon handlowy	Zakres	Średnia masa korzenia	Zakres	Współczynnik produktywności	Współczynnik wydajności	Efektywność usunięcia	Efektywność fizjologiczna
	[Mg·ha ⁻¹]		[g·unit ⁻¹]		[kg ś.m.·kg N ⁻¹]	[kg s.m.·kg N ⁻¹]	[kg N·kg N zastosowanego ⁻¹]	
kontrola	29,25	26,23 - 34,25	532	476 - 588	-	-	-	-
1	48,79	46,56 - 54,56	887	824 - 915	417,3	23,51	0,759	16,61
2	42,03	40,05 - 45,89	764	702 - 796	1143	48,89	0,826	16,71
3	47,33	44,58 - 50,58	861	728 - 942	623,1	33,47	0,817	17,93
4	44,57	38,23 - 50,62	810	614 - 1112	381,2	18,43	0,597	14,20
5	38,57	37,58 - 41,56	701	647 - 788	968,0	32,89	0,568	12,33
6	48,96	47,96 - 50,11	890	612 - 988	693,3	39,25	1,056	18,64
7	54,22	52,68 - 57,42	986	752 - 1258	517,8	33,54	0,946	20,38

Nawożenie nawozami wolnodziałającymi w ilości 40 kg N · ha⁻¹, zarówno metodą punktową jak i rzędową, spowodowało istotne zwiększenie plonu handlowego [Tabela 13]. Dalsze zwiększanie dawki nawozów wolnodziałających przekładało się na wielkość wytworzonego plonu handlowego i przy ich dawce na poziomie 120 kg N · ha⁻¹, w obiektach nawożonych technologią rzędową, zebrano 54,22 Mg korzeni selera · ha⁻¹. Nawożenie tą samą dawką nawozu wolnodziałającego aplikowanego punktowo skutkowało wytworzeniem plonu na poziomie 44,57 Mg · ha⁻¹ korzeni selera. Jedną z najważniejszych cech jakościowych korzeni selera, zarówno z przeznaczeniem na konsumpcję jak i do przetwórstwa, jest wyrównanie wielkości poszczególnych korzeni. Z punktu widzenia tej cechy jakościowej najlepsze plony uzyskano przy zastosowaniu nawozów konwencjonalnych. W tym wariacie uzyskano średnią masę korzenia handlowego na poziomie 887 g [Tabela 13] i stwierdzono najmniejszą względną różnicę mas poszczególnych korzeni. Największe różnice masy poszczególnych korzeni zaobserwowano w przypadku najwyższej dawki nawozów wolnodziałających, zarówno w przypadku nawożenia punktowego jak i rzędowego. Współczynnik produktywności w przeprowadzonym doświadczeniu kształtował się w zakresie od 381,2 do 1143 kg świeżej masy korzeni · kg N⁻¹ aplikowanego z nawozami mineralnymi. Najmniejszą wartość tego parametru stwierdzono w obiekcie nawożonym konwencjonalnie oraz z najwyższą zastosowaną dawką nawozu wolnodziałającego, stosowanego punktowo. Największą wartość omawianego współczynnika stwierdzono przy najmniejszej dawce nawozów wolnodziałających [Tabela 13]. Najbardziej korzystną wartość współczynnika produktywności przy uwzględnieniu wielkości plonu uzyskano w wariacie przy zastosowaniu nawozu wolnodziałającego na poziomie 80 kg N aplikowanego punktowo · ha⁻¹, natomiast w przypadku aplikacji rzędowej, najbardziej korzystne efekty uzyskano przy dawce 120 kg N · ha⁻¹.

Średnia wartość współczynnika wydajności agronomicznej w badaniach własnych wynosiła 32,85 kg produktu · kg⁻¹ N i wahała się w granicach od 18,43 do 48,89 kg suchej masy produktu · kg⁻¹ nawozu [Tabela 13]. Największą wartość tego parametru stwierdzono w obiektach z najmniejszą dawką nawozu wolnodziałającego. Średnia jego wartość dla obiektu nawożonego punktowo wynosiła 48,89 kg produktu · kg⁻¹ N, natomiast przy aplikacji rzędowej wartość tego parametru kształtowała się na poziomie 39,25 kg produktu · kg⁻¹ N, w przeliczeniu na suchą masę. Najmniejszą wartość omawianego parametru stwierdzono w przypadku nawożenia konwencjonalnego oraz przy dawce nawozu wolnodziałającego na poziomie 120 kg · ha⁻¹ aplikowanego punktowo. Wartość współczynnika usunięcia (efektywność usunięcia) w poszczególnych wariantach przeprowadzonego doświadczenia wahała się w granicach od 0,568 do 1,056 kg N · kg N⁻¹ zastosowanego z nawozami. Najmniejszą wartość tego wskaźnika stwierdzono w przypadku obiektu nawożonego punktowo w ilości 80 i 120 kg N · ha⁻¹, w których wartość współczynnika usunięcia wynosiła około 0,6 kg N · kg N⁻¹ azotu zastosowanego z nawozami [Tabela 13]. Uzyskane wyniki, w obiektach nawożonych konwencjonalnie oraz z wykorzystaniem nawozów wolnodziałających metodą rzędową były wysokie i charakterystyczne dla systemów rolniczych dobrze zarządzanych.

Wnioski:

- i. We wszystkich przeprowadzonych doświadczeniach nawozowych stwierdzono wpływ dawki oraz sposobu nawożenia na wielkość plonów.
- ii. Najbardziej korzystny współczynnik wydajności agronomicznej oraz efektywność odzysku azotu w uprawie selera korzeniowego osiągnięto w przy zastosowaniu kombinacji nawozów wolnodziałających i tradycyjnych w ilości 500 kg · ha⁻¹.
- iii. Dawki stosowanego nawożenia mineralnego pod korzeń w uprawie kapusty pekińskiej i selera z wykorzystaniem nawozów wolnodziałających nie powinny być wyższe niż 80 kg N · ha⁻¹.
- iv. Zastosowanie nawożenia punktowego z wykorzystaniem nawozów wolnodziałających jest skuteczną metodą poprawy wydajności agronomicznej, jednak należy ustalić maksymalną ilość nawozów, jaką można wprowadzić bez negatywnych skutków produkcyjnych.
- v. Stosowanie nawozów wolnodziałających jest skutecznym narzędziem ograniczania emisji związków azotu w środowisku w warunkach intensywnej uprawy warzyw.
- vi. Z punktu widzenia jakości produktu bardziej korzystne efekty produkcyjne osiąga się przy aplikacji nawozów wolnodziałających rzędowo w porównaniu z aplikacją punktową.
- vii. Wysokie dawki nawozów wolnodziałających aplikowanych w pobliżu strefy korzeniowej roślin mogą skutkować większym zróżnicowaniem wielkości poszczególnych jednostek produktu.

- viii. Wyższe wskaźniki efektywności stosowania nawozów wolnodziałających uzyskuje się w przypadku ich aplikacji na gleby zasobne w pierwiastki nawozowe. Prawdopodobnie na glebach mało zasobnych, szczególnie w związku azotu mineralnego, efektywność nawożenia nawozami wolnodziałającymi pod korzeń będzie znacznie mniejsza.
- ix. Aplikacja nawozów wolnodziałających metodą rzędową, poniżej poziomu sadzenia roślin, jest bardziej korzystna z punktu widzenia powtarzalności produktu, niż aplikacja nawozów punktowo pod roślinę.
- x. W przypadku uprawy selera korzeniowego najlepsze efekty produkcyjne uzyskano przy jednoczesnym stosowaniu nawozów wolnodziałających oraz nawozów konwencjonalnych.
- xi. Zastosowanie nawozów wolnodziałających aplikowanych pod korzeń zwiększa potencjał roślin do wykorzystywania glebowych zasobów pierwiastków.
- xii. Zastosowanie równoległego nawożenia nawozami wolnodziałającym i konwencjonalnymi jest najbardziej korzystne z punktu widzenia produkcyjnego oraz środowiskowego.
- xiii. Zmiana wariantu nawożenia nie spowodowała zaburzenia relacji ilościowych pomiędzy wielkością plonu całkowitego i plonu handlowego, co jest bardzo istotną informacją z punktu widzenia wdrażania zaproponowanych metod uprawy.
- xiv. W obiektach nawożonych nawozami wolnodziałającymi pod korzeń, zarówno metodą rzędową jak i punktową, uzyskano plon o gorszej jakości handlowej (większe zróżnicowanie masy jednostkowej produktu), w porównaniu z obiektem nawożonym konwencjonalnie
- xv. Stosowanie technologii nawożenia opartej na udziale nawozów o spowolnionym uwalnianiu składników może ułatwić racjonalne gospodarowanie składnikami pokarmowymi w zrównoważonym rolnictwie, jednakże należy stworzyć skuteczną technologię ich stosowania.

Literatura:

- Agegnehu G., Srivastava A.K., Bird M.I. 2017. The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review. *Applied Soil Ecology* 119, 156-170.
- Ariyawardana A., Ganegodage K., Mortlock M.Y. 2017. Consumers' trust in vegetable supply chain members and their behavioral responses: A study based in Queensland, Australia. *Food Control* 73, Part B, 193-201.
- Aulakh M.S., Manchanda J.S., Garg A.K., Kumar S., Dercon G., Nguyen M.L. 2012. Crop production and nutrient use efficiency of conservation agriculture for soybean-wheat rotation in the Indo-Gangetic Plains of Northwestern India. *Soil and Tillage Research*, 120, 50-60.
- Bailey A.P., Basford W.D., Penlington N., Park J.R., Keatinge J.D.H., Rehman T. 2003. A comparison of energy use in conventional and integrated arable farming systems in the UK. *Agr. Ecosyst. Environ.* 97(1-3): 241-253.
- Bedano J.C., Domínguez A., Arolfo R., Wall L.G. 2016. Effect of Good Agricultural Practices under no-till on litter and soil invertebrates in areas with different soil types. *Soil and Tillage Research* 158, 100-109.
- Brito de Figueirêdo M. C., Potting J., Lopes Serrano L. A., Bezerra M. A., da Silva Barros V., Sonsol-Gondim R., Nemecek T. 2016. Environmental assessment of tropical perennial crops: the case of the Brazilian cashew. *Journal of Cleaner Production* 112(1), 131-140.
- Carlsson F., Khanh Nam P., Linde-Rahr M., Martinsson P. 2007. Are Vietnamese farmers concerned with their relative position in society? *The Journal of Development Studies* 43(7), 1177-1188.

- Cassman K.G., Dobermann A.R., Walters D.T. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen. *A Journal of the Human Environment* 31(2), 132-140.
- Changkid N. 2013. The Factors Production Use Efficiency in the Integrated Farming in Suratthani Province, Southern Thailand, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 91, 376-384.
- Chen Q., Qin J., Sun P., Cheng Z., Shen G. 2018a. Cowdung-derived engineered biochar for reclaiming phosphate from aqueous solution and its validation as slow-release fertilizer in soil-crop system. *A Journal of Cleaner Production* 17, 2009-2018.
- Chen S., Yang M., Ba C., Yu S., Jiang Y., Zou H., Zhang Y. 2018b. Preparation and characterization of slow-release fertilizer encapsulated by biochar-based water born copolymers. *Science of The Total Environment* 615(15), 431-437.
- Chen Y-H., Wen X-W., Wang B., Nie P-Y. 2017. Agricultural pollution and regulation: How to subsidize agriculture? *Journal of Cleaner Production* 164, 258-264.
- Cole D.C., Levin C., Loechl C., Thiele G., Grant F., Girard A.W., Sindi K., Low J. 2016. Planning an integrated agriculture and health program and designing its evaluation: Experience from Western Kenya. *Eval. and Program Plann* 56, 11-22.
- Conacher A. 1988. Resource development and environmental stress: Environmental impact assessment and beyond in Australia and Canada. *Geoforum* 19(3), 339-352.
- Craheix D., Angevin F., Doré T., de Tourdonnet S., 2016. Using a multicriteria assessment model to evaluate the sustainability of conservation agriculture at the cropping system level in France. *European Journal of Agronomy* 76, 75-86.
- Cui Z-L., Zhang F.S., Chen X-P., Miao Y-X., Li J-L., Shi L-W., Xu J-F., Ye Y-L., Liu C-S., Yang Z-P., Zhang Q., Huang S-M., Bao D-J. 2008. On-farm estimation of indigenous nutrient supply for site-specific nitrogen management in the North China plain. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 81, 37-47.
- De Luca A.I., Iofrida N., Leskinen P., Stillitano T., Falcone G., Strano A., Gulisano G. 2017. Life cycle tools combined with multi-criteria and participatory methods for agricultural sustainability: Insights from a systematic and critical review. *Science of The Total Environment* 595, 352-370.
- Devapriya P., Ferrell W., Geismar N. 2017. Integrated production and distribution scheduling with a perishable product. *European Journal of Operational Research* 25(3), 906-916.
- Dobermann A. 2007. Nutrient use efficiency, measurement and management. IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices, 7-9 March 2007, Brussels, Belgium, International Fertilizer Industry Association.
- Dodd R.J., McDowell R.W., Condon L.M. 2014. Manipulation of fertiliser regimes in phosphorus enriched soils can reduce phosphorus loss to leachate through an increase in pasture and microbial biomass production. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 185, 65-76.
- Dua V.K., Govindakrishnan P.M., Lal S.S., Khurana S.M.P. 2007. Partial factor productivity of nitrogen in potato. *Better Crops* 91(4) 26-27.
- Dwivedi S.L., Lammerts van Bueren E.T, Ceccarelli S., Grando S., Upadhyaya H.D., Ortiz R. 2017. Diversifying Food Systems in the Pursuit of Sustainable Food Production and Healthy Diets. *Trends in Plant Science*, available online, 14 July 2017.
- Forleo M.B., Palmieri N., Suardi A., Coaloa D., Pari L. 2018. The eco-efficiency of rapeseed and sunflower cultivation in Italy. Joining environmental and economic assessment. *Journal of Cleaner Production* 172, 3138-3153.
- Gaetano M., Polinori P., Tei F., Benincasa P., Turchetti L. 2016. An economic analysis of the efficiency and sustainability of fertilization programs at level of operational systems of soft wheat in Umbria. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 8, 298-306.
- Garrett R.D., Niles M.T., Gila J.D.B., Gaudin A., Chaplin-Kramer R., Assmann A., Assmann T.S., Brewere K., de Faccio Carvalho P.C., Cortner O., Dynes R., Garbach K., Kebreab E., Muellerm N., Petersone C., Reiss J.C., Snow V., Valentim J. 2017. Social and ecological analysis of commercial integrated crop livestock systems: current knowledge and remaining uncertainty. *Agricultural Systems* 155, 136-146.
- Goossens Y., Annaert B., De Tavernier J., Mathijs E., Keulemans W., Geeraerd A. 2017. Life cycle assessment (LCA) for apple orchard production systems including low and high productive years in conventional, integrated and organic farms. *Agricultural Systems* 153, 81-93.
- Hasegawa H., Furukawa Y., Kimura S.D., 2005. On-farm assessment of organic amendments effects on nutrient status and nutrient use efficiency of organic rice fields in Northeastern Japan. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 108(4), 350-362.
- He J., Wang J., He D., Dong J., Wang Y. 2011. The design and implementation of an integrated optimal fertilization decision support system. *Mathematical and Computer Modelling* 54(3-4), 1167-1174.
- IFA. 2007. Sustainable management of the nitrogen cycle in agriculture and mitigation of reactive nitrogen side effects. International Fertilizer Industry Association, Paris, 53.
- Jiao X.Q., Mongol N., Zhang F.S. 2018. The transformation of agriculture in China: Looking back and looking forward. *Journal of Integrative Agriculture* 17, 755-764.

- Jones J.W., Antle J.M., Basso B., Boote K.J., Conant R.T., Foster I., Godfray H.C.J., Herrero M., Howitt R.E., Janssen S., Keating B.A., Munoz-Carpena R., Cheryl H., Porter C.H., Rosenzweig C., Wheelerk T.R. 2017. Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems* 155, 269-288.
- Li Y., Sun Y., Liao S., Zou G., Zhao T., Chen Y., Yang J., Zhang L. 2017. Effects of two slow-release nitrogen fertilizers and irrigation on yield, quality, and water-fertilizer productivity of greenhouse tomato. *Agricultural Water Management* 186, 139-146.
- Lockie S., Traverro J., Tennent R. 2015. Private food standards, regulatory gaps and plantation agriculture: social and environmental (ir)responsibility in the Philippine export banana industry. *Journal of Cleaner Production* 107, 122-129.
- Lorenz K., Lal R. 2016. Chapter Three – Environmental Impact of Organic Agriculture. *Advances in Agronomy* 139: 99–152.
- Maia R., Silva C., Costa E. 2016. Eco-efficiency assessment in the agricultural sector: the Monte Novo irrigation perimeter, Portugal. *Journal of Cleaner Production* 138(2), 217-228.
- Metodyka integrowanej produkcji kapusty pekińskiej. 2011. Zatwierdzona na podstawie art. 5 ust. 3 pkt 2 ustawy z dnia 18 grudnia 2003 r. o ochronie roślin (tekst jednolity Dz. U. z 2008 r. Nr 133, poz. 849 ze zm.) przez Głównego Inspektora Ochrony Roślin i Nasiennictwa, 33.
- Morris C., Winter M. 1999. Integrated farming systems: the third way for European agriculture? *Land Use Policy* 16, 193-205.
- Mucheru-Muna M., Pypers P., Mugendi D., Kung J., Mugwe J., Merckx R., Vanlauwe B. 2010. A staggered maize–legume intercrop arrangement robustly increases crop yields and economic returns in the highlands of Central Kenya. *Field Crop. Research* 115, 132–139.
- Nardi P., Neri U., Di Matteo G., Trincherà A., Napoli R., Farina R., Subbaravo G.V., Benedetti A. 2018. Nitrogen release from slow-release fertilizers in soils with different microbial activity. *Pedosphere*, In press.
- Nemecek T., Dubois D., Huguenin-Elie O., Gaillard E.G. 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: Integrated and organic farming. *Agricultural Systems* 104(3), 217-232.
- Nendel C. 2009. Evaluation of Best Management Practices for N fertilization in regional field vegetable production with a small-scale simulation model. *European Journal of Agronomy* 30(2), 110–118.
- Nunes-Damacenoa M., Muñoz-Ferreiro N., Romero-Rodríguez M.A., Vázquez-Oderiza M.L. 2013. A comparison of kiwi fruit from conventional, integrated and organic production systems. *LWT - Food Science and Technology* 54(1) 291-297.
- Oenema O., Witzke H.P., Klimont Z., Lesschen J.P., Velthof G.L. 2009. Integrated assessment of promising measures to decrease nitrogen losses from agriculture in EU-27 Agriculture, Ecosystems & Environment 133(3–4), 280–288.
- Papadopoulos S., Markopoulos T. 2015. Factors affecting the implementation of Integrated Agriculture in Greece. *Procedia Economics and Finance* 33, 269–276.
- Perramon B., Bosch-Serra A.D., Domingo F., Boixadera J. 2016. Organic and mineral fertilization management improvements to a double-annual cropping system under humid Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy* 76, 28–40.
- Pypers P., Sanginga J-M., Kasereka B., Walangululu M., Vanlauwe B. 2011. Increased productivity through integrated soil fertility management in cassava–legume intercropping systems in the highlands of Sud-Kivu, DR Congo. *Field Crop. Research* 120(1) 76–85.
- Quintero-Angel M., González-Acevedo A. 2018. Tendencies and challenges for the assessment of agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 254, 273-281.
- Rajkovic A., Smigic N., Djekic I., Popovic D., Tomic N., Krupezevic N., Uyttendaele M., Jacxsens L. 2017. The performance of food safety management systems in the raspberries chain. *Food Control* 80, 151-161.
- Rivera M., Knickel K., Los Riosa I., Ashkenazy A., Qvist D., Tzruy P., Chebach T., Šūmane S. 2017. Rethinking the connections between agricultural change and rural prosperity: A discussion of insights derived from case studies in seven countries. *Journal of Rural Studies*, In Press, Corrected Proof.
- Sun Y., Ma J., Sun Y., Xu H., Yang Z., Liu S., Jia X., Zheng H. 2012. The effects of different water and nitrogen managements on yield and nitrogen use efficiency in hybrid rice of China. *Field Crops Research* Volume 127(27), 85–98.
- Thorlakson T., Hainmueller J., Lambin E.F. 2018. Improving environmental practices in agricultural supply chains: The role of company-led standards. *Global Environmental Change* 48, 32–42.
- Todorović M., Mehmeti A., Cantore V. 2018. Impact of different water and nitrogen inputs on the eco-efficiency of durum wheat cultivation in Mediterranean environments. *Journal of Cleaner Production* 183, 1276-1288.
- Tuomisto H.L., Hodge I.D., Riordan P., Macdonald D.W. 2012. Exploring a safe operating approach to weighting in life cycle impact assessment e a case study of organic, conventional and integrated farming systems. *Journal of Cleaner Production* 37, 147-153.

- Walters J.P., Archer D.W., Sassenrath G.F., Hendrickson J.R., Hanson J.D., John M. Halloran J.M., Vadas P., Vladimir J., Alarcon V.J. 2016. Exploring agricultural production systems and their fundamental components with system dynamics modeling. *Ecological Modelling* 333, 51–65.
- Wongprawmas R., Canavari M., Waisarayutt C. 2015. A multi-stakeholder perspective on the adoption of good agricultural practices in the Thai fresh produce industry, *British Food Journal* 117(9), 2234-2249.
- Yadvinder-Singh, R.K. Gupta G-S., Jagmohan-Singh H.S., Sidhu B-S. 2009. Nitrogen and residue management effects on agronomic productivity and nitrogen use efficiency in rice–wheat system in Indian Punjab. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 84, 141-154.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.

Od początku pracy naukowej moje zainteresowania naukowe skupiały się wokół problemu monitoringu środowiska oraz jakości poszczególnych jego elementów, w kontekście oceny stopnia antropopresji oraz bezpieczeństwa produktów przeznaczanych na spożycie lub paszę. Zbyt duże ilości ksenobiotyków wprowadzane do środowiska generują zagrożenie włączania ich do biocenozy, dlatego też organizacja produkcji żywności musi być poprzedzona gruntownym monitoringiem abiotycznych oraz biotycznych elementów ekosystemu, który będzie wykorzystywany do produkcji. Z punktu widzenia zagrożenia dla jakości żywności bardzo istotne jest oszacowanie wpływu obszarowych źródeł zanieczyszczenia na jakość środowiska. W ramach zainteresowań związanych z powyższym opisany tematem prowadziłem badania związane z dynamiką zawartości pierwiastków śladowych, makroelementów oraz związków azotu w wodzie, osadach dennych i biomacie wierzby wzdłuż rzeki Dunajec [II.A.12; II.D.3 - II.D.6; II.D.9; II.D.11 - II.D.14; II.D.18]. Badania dotyczyły przestrzennego i czasowego rozkładu zmian wartości tych parametrów w elementach środowiska. Kolejnym etapem badań związanych z monitoringiem środowiska wodnego była ocena stopnia zanieczyszczania wód i osadów dennych w zbiornikach gromadzących wody spływające z drogi krajowej nr 4, na odcinku Kraków-Bochnia [II.A.2; II.A.7; II.D.32; II.D.41; II.D.42; II.D.51]. Zasadniczym celem badań była ocena zagrożenia zanieczyszczeń gromadzonych w przedmiotowych zbiornikach dla organizmów żywych, szczególnie amfibiotycznych. Drugim celem była ocena efektywności oczyszczania wód w zbiornikach odparowujących. Wyniki badań zostały opublikowane w czasopiśmie naukowych oraz prezentowane na konferencjach krajowych i zagranicznych [II.K.1 - II.K.7; II.K.9; II.K.13; II.K.17; II.K.21; II.K.22, III.B.2; III.B.3a-b; III.B.4a-b; III.B.5-11; III.B.14]. W celu rozwijania warsztatu badawczego, związanego z opracowywaniem metod oceny jakości środowiska wodnego, odbyłem staż naukowo-badawczy w Rosyjskiej Akademii, w Instytucie Wodnych Problemów Północy [III.L.2]. Staż ten dotyczył wymiany doświadczeń w zakresie technik badań laboratoryjnych oraz gospodarowania zasobami wodnymi w warunkach ich degradacji, w rejonie Kostomukszy i Pietrozawodska. W trakcie stażu zapoznałem się z metodologią badań i technikami laboratoryjnymi wykorzystywanymi w laboratorium strony przyjmującej. Laboratorium Instytutu Wodnych Problemów Północy jest akredytowane na zgodność z normą ISO 17025, w związku z czym wartością dodaną stażu naukowego było zainteresowanie się jakością, nie tylko w badaniach laboratoryjnych, ale przede wszystkim jako czynnika optymalizacji działań procesowych. W trakcie stażu brałem udział w opracowaniu kompleksowej oceny jakości wody w jeziorach w rejonie Pietrozawodska oraz poznałem podstawy badań monitoringowych ekosystemów morskich. Uczestniczyłem w badaniach jakości wód Morza Białego w rejonie Wysp Sołowieckich. W celu pogłębiania wiedzy z zakresu problematyki oceny wpływu antropopresji na obszarze zlewiska na funkcjonowanie ekosystemów morskich oraz estuaryjnych, odbyłem staż naukowobadawczy w Uniwersytecie Tauryjskim, w Katedrze Geografii

i Oceanologii w Symferopolu, w Republice Ukrainy [III.L.4]. W trakcie stażu uczestniczyłem w badaniach związanych z oszacowaniem antropogenicznych i naturalnych czynników zanikania zbiorowisk glonów brunatnych na obszarach przybrzeżnych Morza Czarnego na obszarze Krymu. Zmniejszanie powierzchni zasiedlanej przez glony brunatne jest jednym z ważniejszych skutków degradacji środowiska oraz przyczyn zmniejszania się bioróżnorodności w basenie tego morza. W trakcie stażu rozpoczęto współpracę z Instytutem Biologii Mórz Południowych, Ukraińskiej Akademii Nauk w zakresie wdrażania zunifikowanych metod monitoringu środowiska wodnego, w kontekście uzyskiwania danych wyjściowych do procesu oceny przyczyn i skutków zanieczyszczenia środowiska oraz procesu ewaluacji działań związanych z ochroną środowiska. Efektem rozpoczęcia wspólnych badań było podpisanie porozumienia o współpracy pomiędzy Instytutem Biologii Mórz Południowych i Uniwersytetem Rolniczym. W 2012 roku odbyłem staż naukowy w rumuńskim Instytucie Nauk o Morzu "GrigoreAntipa" w Konstancie [III.L.5]. Staż dotyczył pracy przy realizacji projektu związanego z oceną roli zbiorowisk glonów (tzw. podwodnych łąk) w kształtowaniu poziomu bioróżnorodności w zbiorniku oraz obiegu makro i mikroelementów, ze szczególnym uwzględnieniem węgla i żelaza. Kolejnym etapem rozwijania kompetencji w zakresie badań zbiorników wodnych był staż naukowy w Instytucie Oceanografii i Rybactwa w Splicie, w Republice Chorwacji [III.L.8]. Staż dotyczył wymiany doświadczeń z zakresu badania mórz przy użyciu metod chemicznych i biologicznych. W trakcie stażu uczestniczyłem w audytach jednostek akwakultury, zajmujących się chowem omułka jadalnego oraz ostrygi jadalnej. W trakcie stażu poznałem strategie pobierania próbek wody oraz organizmów akwakultury w zależności od kierunku zaplanowanych badań. Ponadto brałem udział w opracowaniu analizy ryzyka dla produkcji filtratorów w rejonie Dubrownika, zgodnie z normą 31000: 2012. Audyty prowadzone u producentów akwakultury dotyczyły aspektów środowiskowych oraz bezpieczeństwa produktu, w oparciu o elementy funkcjonujących na świecie systemów zarządzania jakością. Zdobyte doświadczenie oraz kompetencje związane z organizacją badań dotyczących jakości wód pozwoliło na nawiązanie współpracy z firmą Aquanetta sp. z o.o. w zakresie realizacji projektu pt.: "Ocena efektywności oczyszczania wody w systemach akwariowych z wykorzystaniem „mułapki” - innowacyjnego urządzenia zaproponowanego przez firmę Aquanetta i wprowadzonego przez nią na rynek. Projekt był realizowany w ramach półrocznego stażu pt.: "Innowacyjny transfer" [III.L.7]. Projekt zakończył się opracowaniem raportu końcowego, zaakceptowanego przez partnera biznesowego. W zakresie współpracy z praktyką w obszarze jakości środowiska wodnego oraz produkcji zwierząt akwakultury współpracuję z Podmiotem "Gospodarstwo Rybackie Gospodarstwo Rolne, Chościszowice Krzysztof Karaim i Hubert Karaim". W zakresie współpracy jest pomoc w organizacji produkcji w kontekście oceny potencjału produkcyjnego stawów karpowych w oparciu o właściwości osadów dennych oraz średniego, z wielolecia, przebiegu pogody. Ponadto w zakresie współpracy jest wdrażanie zrównoważonego zarządzania produkcją rybacką oraz opracowanie wpływu działalności na środowisko naturalne.

Bardzo ważnym kierunkiem zainteresowań naukowych jest możliwość wytwarzania nawozów na bazie produktów odpadowych. Współpraca z przemysłową praktyką produkcyjną związana jest z opracowywaniem formuł nawozowych oraz technologii wytwarzania nawozów na bazie różnych materiałów, będących odpadem z innych gałęzi przemysłu lub odpadem poprocesowym ze spalania paliw. Z zakresu opracowywania formuł nawozowych zrealizowałem dwa projekty, które zakończyły się powstaniem formuły nawozowej oraz opracowaniem

przydatności nawozowej opracowanego produktu. Jeden nawóz był oparty na odpadach ze spalania węgla, natomiast drugi na bazie odsiewu wapiennego. Ponadto realizowałem opracowania opinii o innowacyjności dla produktu wytworzonego przez granulację mieszaniny różnych materiałów odpadowych ze spalania węgla wykonana dla Pro-Eco-Investment sp. z o.o. [III.M.5], oraz opinii o innowacyjności dla produktu wytworzonego na bazie mączki dolomitowej, waloryzowanej dodatkami zwiększającymi reaktywność produktu [III.M.4]. Wyniki badań dotyczących możliwości wykorzystania produktów ze spalania węgla jako dodatku do nawozów zostały zaprezentowane na dwóch konferencjach naukowych. W zakresie pracy naukowej prowadzę badania dotyczące możliwości wykorzystania pofermentów z fermentacji metanowej różnych produktów roślinnych i zwierzęcych do nawożenia, w kontekście racjonalizacji gospodarowania pierwiastkami nawozowymi oraz mikroelementami. Drugim celem badań, związanym z możliwością stosowania pofermentów jako dodatków do gleby, jest tworzenie bezodpadowych technologii wytwarzania odnawialnej energii oraz poszukiwania źródeł węgla trwale wiążanego w glebie. W zakresie badań związanych z fermentacją metanową znalazły się także prace związane z optymalizacją procesu fermentacji metanowej różnych materiałów. W tym zakresie aktywnie współpracuję z pracownikami Wydziału Inżynierii Produkcji i Energetyki Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Wyniki badań z tego zakresu zostały zaprezentowane na konferencjach naukowych [II.K.30; II.K.38; II.K.39; II.K.42; II.K.48; II.K.51; III.B.20d III.B.23a-c; III.B.29b] oraz opublikowane w czasopiśmie naukowych [II.A.16; II.A.17; II.A.19; II.D.65; II.D.75; II.D.80; II.D.83].

Kolejnym kierunkiem zainteresowań naukowych jest organizacja systemów rolniczych w kontekście zapewnienia zgodności ze współczesnymi systemami jakości, takimi jak: GLOBAL G.A.P., Integrowana Produkcja Roślin oraz Rolnictwo ekologiczne. Zakres badań związanych z tym tematem dotyczy problemu racjonalnego zarządzania składnikami pokarmowymi roślin, metod wdrażania nowoczesnych systemów rolniczych w warunkach polskiego rolnictwa oraz opracowaniem narzędzi wspierania rolnictwa w zakresie podejmowania decyzji, związanych z planowaniem produkcji oraz nawożeniem. Ponadto poruszane są kwestie związane z optymalizacją zarządzania jakością w produkcji pierwotnej i wpływem sformalizowanych systemów zarządzania na jakość produktu. W zakresie moich zainteresowań badawczych pozostaje także opracowywanie metodologii ewaluacji efektów wdrażania systemów zarządzania jakością lub tylko ich elementów oraz metodologii analizy ryzyka dla procesów produkcyjnych. Moje zainteresowanie naukowe związane z systemami zarządzania jakością w produkcji pierwotnej jest powiązane ze zdobywaniem praktycznej wiedzy i doświadczenia z zakresu zasad systemów zarządzania jakością, metod ich wdrażania, metod audytowania, metodologii opracowania analiz ryzyka. W celu pogłębiania wiedzy z wyżej wymienionego zakresu uczestniczyłem w szkoleniach z zakresu Rolnictwa ekologicznego, Systemu HACCP, Standardu GLOBAL G.A.P, (Good Agriculture Practice) QAFP (Quality Assurance for Food Products), KZR INiG (Kryteria Zrównoważonego Rozwoju), Audytor Jakości norma 9001:2015 oraz innych systemów zarządzania jakością, zarówno w produkcji pierwotnej jak i wtórnej [III.N.1 - III.N.8]. Szkolenia z zakresu systemów jakości pozwoliły na zacieśnienie współpracy z podmiotami gospodarczymi prowadzącymi działalność w zakresie produkcji żywności na różnych etapach łańcucha dostaw. W ramach współpracy z praktyką produkcyjną prowadziłem szkolenia z zakresu opracowywania planów nawozowych w zakresie technologicznych aspektów produkcji żywności zgodnie z zasadami Rolnictwa ekologicznego oraz Integrowanej Produkcji Roślin, a także potencjału rynkowego produktów ekologicznych importowanych z Krajów trzecich. Ponadto prowadziłem szkolenia z zakresu

metodologii opracowywania analizy ryzyka w produkcji pierwotnej oraz w przetwórstwie artykułów rolno-spożywczych oraz szkolenia z zakresu skutecznego wdrażania systemu identyfikowalności [III.M.6]. W tym zakresie współpracowałem z Firmą TUV Rheinland Polska, Laboratorium Analiz Żywności i Pasz „Rypin” Sp. z o. o., Agro Select S.A., Brandt sp. z o.o. Ponadto przeprowadziłem dwa szkolenia na terenie Chińskiej Republiki Ludowej oraz Republiki Bułgarii w firmach Yantay Yitian Food i ET "МИХАИЛ МИХОВ 88" [III.M.7]. W pierwszym przypadku zakres szkolenia obejmował zasady systemu GRASP (Risk Assessment on Social Practice), w warunkach gospodarczych i kulturowych panujących w Chińskiej Republice Ludowej. W drugim przypadku szkolenie dotyczyło zasad standardu GLOBAL G.A.P. i metod jego wdrażania w warunkach uprawy warzyw pod osłonami. W zakresie współpracy z praktyką zajmowałem się także analizą procesów certyfikacyjnych oraz podejmowaniem decyzji certyfikacyjnych, w zakresie rolnictwa ekologicznego oraz standardu QAFP w jednostce certyfikującej TUV Rheinland Polska, w okresie od lipca 2013 do grudnia 2016. W celu poszerzenia wiedzy z zakresu rolnictwa w kontekście metod produkcji oraz metod wdrażania systemów zarządzania jakością odbyłem staż zagraniczny w Instytucie Rolniczym w Dobrudży w Bułgarii [III.L.9]. W zakresie stażu była wymiana doświadczeń z zakresu metodologii prowadzenia badań rolniczych oraz metod analitycznych stosowanych w laboratoriach chemicznych, mikrobiologicznych i biochemicznych. Ważnym elementem stażu było rozpoczęcie współpracy w zakresie wdrażania systemów jakości żywności w kontekście rozwoju produkcji warzyw, w specyficznych warunkach rolnictwa Bułgarskiego. Pokłosem stażu było rozpoczęcie współpracy z podmiotami działającymi w zakresie produkcji warzyw pod osłonami ET "МИХАИЛ МИХОВ 88" i ET "ЮЛИЯ БАЙЧЕВА 1988". Wyniki badań z zakresu wdrażania systemów zarządzania jakością oraz ich ewaluacji zostały zaprezentowane na konferencjach naukowych [II.K.20; II.K.35; II.K.37; II.K.41; II.K.43-II.K.45; II.K.49; II.K.53; III.B.21a-b; III.B.22; III.B.24a-c; III.B.24e-f; III.B.26; III.B.27a; III.B.27c; III.B.28] oraz opublikowane w czasopiśmie naukowych i materiałach konferencyjnych [II.A.8; II.A.9, II.D.53, II.D.58-II.D.60; II.D.66-II.D.70; II.D.72-II.D.74; II.D.82].

Podsumowanie bibliometryczne osiągniętego dorobku publikacyjnego

Mój dotychczasowy dorobek naukowy składa się z **116** publikacji w układzie pełnych prac naukowych, z czego **94** opublikowano w recenzowanych czasopiśmie naukowych, a **22** w biuletynach i monografiach pokonferencyjnych. **31** prac naukowych mojego dorobku zostało opublikowanych w czasopiśmie z bazy JRC, ich łączna miara oddziaływania IF zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **10,202**.

Zgodnie z załącznikami komunikatu MNiSW w sprawie wykazu czasopiśmie naukowych w latach wydania publikacji, łączna punktacja mojego dorobku naukowego wynosi **894,5** pkt. Po wyłączeniu **6** prac, wchodzących w skład przedstawianego osiągnięcia naukowego, mój pozostały dorobek naukowy stanowi **110** prac naukowych o łącznym IF **10,202** i punktacji MNiSW **835,5** pkt.

Przedstawione w Tabeli 3 dane bibliometryczne dokumentują mój rozwój naukowy po doktoracie. Według bazy Web of Science h-indeks prac mojego dorobku naukowego wynosi obecnie **3**. Pozostałe osiągnięcia w zakresie pracy naukowej, dydaktycznej, popularyzatorskiej i organizacyjnej zostały przedstawione w Załączniku 3 do niniejszego wniosku.

Tabela 14. Dane bibliometryczne osiągniętego dorobku naukowego przed i po doktoracie

Wyszczególnienie	Przed doktoratem			Po doktoracie			Łącznie		
	ilość	Pkt. MNiSW	IF	ilość	Pkt. MNiSW	IF	ilość	Pkt. MNiSW	IF
Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego				6	59		6	59	
Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie JCR				29	424	10,202	29	424	10,202
Publikacje naukowe w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR	12	29,5		47	372		59	406,5	
Publikacje w układzie pełnych prac naukowych w wydawnictwach pokonferencyjnych	2	5		20			22	5	
Razem	14	34,5		102	855	10,202	116	894,5	10,202

Kraków, 12 grudnia 2018 r.



Podpis Wnioskodawcy