



Załącznik 2

# AUTOREFERAT

dr inż. Agnieszka Szparaga  
Zakład Agrobiotechnologii  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Koszalińska  
e-mail: [agnieszka.szparaga@tu.koszalin.pl](mailto:agnieszka.szparaga@tu.koszalin.pl)

Koszalin, 2019

### SPIS TREŚCI

1. Dane personalne
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe.
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych
4. Wskazanie osiągnięcia\* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.)
  - 4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego
  - 4.2. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych
6. Osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne i popularyzatorskie
7. Autorstwo i współautorstwo prac naukowych wraz ze wskaźnikami dokonań naukowych – podsumowanie dorobku naukowo – badawczego

## 1. Dane personalne

**Imię i nazwisko:**

Agnieszka Szparaga

**Miejsce zatrudnienia:**

Zakład Agrobiotechnologii

Wydział Mechaniczny

Politechnika Koszalińska

ul. Raławicka 15-17, 75-620 Koszalin

tel. 943478301

## 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

**2007** – dyplom magistra inżyniera techniki rolniczej i leśnej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska

**Tytuł pracy magisterskiej:** Wpływ techniki procesu odwadniania osmotycznego i zamrażania śliwek na wybrane cechy jakości. Wykonana w Katedrze Biochemii i Biotechnologii

**Promotor pracy:** Prof. dr hab. inż. Kazimiera Zgórska

**Recenzent pracy:** Prof. dr hab. inż. Jarosław Diakun

**2012** – stopień doktora nauk rolniczych w dyscyplinie inżynieria rolnicza (z wyróżnieniem), Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska

**Tytuł rozprawy doktorskiej:** Wpływ procesu odwadniania osmotycznego i rozmrażania śliwek na wybrane wskaźniki jakości produktu.

**Promotor pracy:** Prof. dr hab. inż. Kazimiera Zgórska

**Recenzenci w przewodzie doktorskim:**

Prof. dr hab. Małgorzata Jaros, SGGW

dr hab. inż. Ewa Wachowicz, Prof. PK

**2012** – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny, stacjonarne studia doktoranckie, Dyscyplina: Budowa i eksploatacja maszyn.

**2011** – dyplom ukończenia 2-semestralnych Studiów Podyplomowych „Nowoczesne metody kształcenia na odległość – blended learning”, Politechnika Koszalińska.



2016 – dyplom ukończenia 3-semestralnych Studiów Podyplomowych „Przygotowanie pedagogiczne” Uniwersytet im. Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy.

### 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

2008 – 2012 – asystent w Katedrze Biochemii i Biotechnologii, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska

2012 – 2016 – adiunkt w Katedrze Biochemii i Biotechnologii, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska

2016 – 2018 – adiunkt w Katedrze Agrobiotechnologii, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska

2018 – obecnie – adiunkt w Zakładzie Agrobiotechnologii, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska

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

#### 4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem, stanowiącym podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest monografia naukowa pt.: **Wybrane właściwości fizyczne, mechaniczne, chemiczne i plon nasion fasoli zwykłej (*Phaseolus vulgaris* L.) w zależności od metody aplikacji biostymulatorów** (2019, Wydawnictwo Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, ISBN 978-83-643377-28-0; 10,22 arkuszy wydawniczych)

#### Recenzenci:

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Rawa - Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

dr hab. inż. Edward Wilczewski - Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

4.2. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

#### Wstęp

Wsparcie w uprawie roślin oraz ich nawożeniu, można osiągnąć przez wprowadzenie biostymulatorów, jako środka do stymulowania wzrostu (Canellas i in., 2002; Khan i in., 2009; Zandonadi i in., 2007; Pinton i in., 1999; Chen, 2006; Vessey, 2003). Definicja tych preparatów obejmuje substancje, które pomagają roślinie przezwyciężyć stresy biotyczne lub abiotyczne.



Biostymulatory mogą być aplikowane doglebowo lub dolistnie, w zależności od ich składu i pożądanych rezultatów (Kunicki i in., 2010). Jednak wywierają działanie tylko wtedy, gdy przenikają do tkanki roślinnej. Ten aspekt należy wziąć pod uwagę w badaniach porównawczych, ponieważ różne gatunki mogą odmiennie reagować na określone biostymulatory (różna przepuszczalność tkanek roślinnych), co jest związane także z cechami fizyko-chemicznymi preparatów (Kolomaznik i in., 2012; Pecha i in., 2012). Niestety efekt działania biostymulatora może być inny nie tylko dla różnych gatunków, ale nawet i odmian. Dodatkowo zależy od czynników środowiskowych oraz od metody, dawki i czasu ich aplikacji stosowania (Kunicki i in., 2010). Ta zmienność efektów często uniemożliwia uogólnianie i wykorzystywanie odnotowywanych wyników u innych gatunków.

Podczas, gdy wiedza na temat korzyści płynących ze stosowania biostymulatorów w uprawach roślin stale się poprawia, czego dowodem jest znaczny wzrost ilości artykułów badawczych poświęconych tym preparatom, niewiele uwagi poświęcono krytycznym naukowym rozważaniom, wymaganym do optymalnej ich aplikacji w celu opracowania najlepszych rozwiązań dla konkretnych potrzeb agronomicznych.

Niestety obecnie w Polsce brak jest prawnie obowiązującej definicji biostymulatora, jednakże w obrocie handlowym występują preparaty o właściwościach biostymulujących przeznaczone dla upraw rolniczych i ogrodniczych (Matyjaszczyk, 2015). Dostępna na rynku szeroka gama nawozów, regulatorów wzrostu i biostymulatorów wymaga od rolników racjonalnego dokonywania wyboru, zarówno w kwestii ich składu oraz metod aplikacji (Vernieri i in., 2005; Vernieri i in., 2006). Produkty te są stosowane w zróżnicowanych dawkach i występują w różnorodnych formach użytkowych (od proszków po płynne koncentraty). Wraz z poszerzaniem wiedzy na temat stymulującego i ochronnego działania biostymulatorów będzie się zwiększać ich zużycie w rolnictwie, szczególnie w ekologicznej produkcji roślinnej, w celu polepszenia jakości i ilości plonu (Kowalska i in., 2012; Kocira i in., 2018b, Szparaga i in., 2018).

Efektywność działania biostymulatorów jest uwarunkowana spełnieniem szeregu wymagań. Przede wszystkim muszą one zostać prawidłowo i dokładnie zaaplikowane, a sposób aplikacji zależy od postaci i składu preparatu, rodzaju uprawy i jej wymagań agrotechnicznych. Biostymulatory można stosować doglebowo lub nalistnie za pomocą powszechnie znanych maszyn, np. siewników do nawozów czy opryskiwaczy standardowo wykorzystywanych do środków ochrony roślin. Niestety w dostępnej literaturze niewiele jest informacji dotyczących oceny wpływu metod aplikacji na efektywność działania



biostymulatorów na wielkość i jakość plonu. A podkreślić należy, iż zarówno względy ekonomiczne, jak i konieczność zapewnienia skuteczności biostymulatorów, wymuszają ich precyzyjne stosowanie (Kowalska i in., 2012).

### **Problem badawczy, cel i hipotezy pracy**

Fasola pod względem powierzchni uprawy zajmuje na świecie drugie miejsce wśród roślin bobowatych. Pomimo, że możliwości plonotwórcze fasoli są duże, gdyż można uzyskać nawet 4,0 t·ha<sup>-1</sup> to jednak fasola przynosi najmniejszy plon nasion ze wszystkich roślin bobowatych (Hołubowicz-Kliza, 2015). Powierzchnia uprawy fasoli w Polsce zajmowała około 18 tys. ha w 2017 roku, a średnie plony nasion kształtują się obecnie na poziomie 2 t·ha<sup>-1</sup>. W 2017 r. według raportu GUS plony fasoli wyniosły 27,7 dt·ha<sup>-1</sup> i były o 0,9 dt·ha<sup>-1</sup> wyższe niż w 2016 roku (Łączyński, i in. 2018). Obniżone plonowanie tej rośliny w warunkach krajowych wynika przede wszystkim z jej wrażliwości na coraz częściej występujące czynniki stresowe (susza, przymrozki, zasolenie, zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi, działalność szkodników, patogenów). W takich przypadkach uzasadnione zdaje się stosowanie różnego rodzaju biostymulatorów. Jednak powinno być ono poprzedzone badaniami nad wpływem technik aplikowania biostymulatorów, opartych na ekstraktach z alg morskich oraz wolnych aminokwasach na wzrost i plonowanie fasoli zwykłej *Phaseolus vulgaris* L. oraz kształtowanie się właściwości fizyko-mechaniczne i jakościowych nasion.

Obecne prognozy wskazują również na ciągły wzrost zużycia preparatów biostymulujących zarówno w rolnictwie ekologicznym, jak i zrównoważonym. Dlatego niezwykle istotnym zagadnieniem wydaje się ocena wpływu metod aplikacji biostymulatorów zarówno na poziom jak i jakość plonu roślin.

Ocena reakcji roślin fasoli na biostymulatory, w polskich warunkach klimatycznych, może być zależna nie tylko od rodzaju i stężenia stosowanych preparatów, ale przede wszystkim od formy ich aplikacji. Stosowanie biostymulatorów, w ważnej z punktu widzenia gospodarczego uprawie fasoli, wrażliwej na niekorzystne warunki klimatyczne, wydaje się uzasadnione.

Obecny stan wiedzy dotyczący stosowania biostymulatorów jest obszerny i zróżnicowany ze względu na zakres badań, jak i na stopień ujęcia problemu badawczego. Badania te niestety nie są w żaden sposób usystematyzowane, a znajomość procesów i mechanizmów, warunkujących zarówno ilość jak i jakość plonu fasoli zwykłej jest niezwykle ważna w uprawie roślin. Dlatego też celem pracy jest pozyskanie wiedzy na temat kształtowania się

cech i właściwości nasion fasoli zwykłej w zależności od zastosowanych metod aplikacji biostymulatorów.

Jak dotąd wiedza z tego zakresu jest bardzo ograniczona. W związku z powyższym w pracy sformułowano następujące zapytania badawcze:

1. W jaki sposób aplikować biostymulatory w uprawie fasoli zwykłej, wrażliwej na stresy biotyczne i abiotyczne?
2. Czy dolistna, doglebowa oraz łączona (doglebowa i dolistna) aplikacja biostymulatorów (Bio-algeen S90 plus 2, L-Amino+<sup>®</sup>) będzie różnicowała plon i elementy strukturalne plonowania roślin oraz właściwości fizyko-mechaniczne i jakość nasion fasoli zwykłej?
3. Które z badanych technik aplikacji, stężeń i rodzajów biostymulatorów korzystniej wpływają na badane cechy fasoli zwykłej?
4. Która z metod aplikacji biostymulatorów jest ekonomicznie opłacalna?

Celem pracy była ocena wpływu aplikacji dwóch rodzajów biostymulatorów i trzech metod ich aplikacji (podlewanie, oprysk, podlewanie i oprysk) na cechy biometryczne, plonowanie oraz właściwości fizyko-mechaniczne i jakość nasion fasoli zwykłej odmiany Toska.

Biorąc pod uwagę przedstawione problemy badawcze sformułowano i zweryfikowano następujące trzy hipotezy badawcze:

1. Aplikacja testowanych biostymulatorów pozytywnie wpływa na plon i elementy strukturalne plonowania fasoli zwykłej (*Phaseolus vulgaris* L.) oraz właściwości fizyko-mechaniczne i jakość jej nasion.
2. Metody aplikacji biostymulatorów są czynnikiem determinującym wzrost roślin, plon oraz właściwości fizyko-mechaniczne i jakościowe nasion fasoli zwykłej *Phaseolus vulgaris* L.
3. Metody aplikacji biostymulatorów kształtują opłacalność ekonomiczną uprawy fasoli zwykłej.

### **Materiał i metody badań**

Biologiczny materiał badań stanowiła fasola zwykła *Phaseolus vulgaris* L. odmiany Toska. Do badań wybrano fasolę zwykłą odmiany Toska, która jest często uprawiana w Polsce. Odmiana ta jest oryginalną polską odmianą fasoli o czerwonym zabarwieniu okrywy nasiennej. Nasiona pochodziły z PlantiCo Hodowla i Nasiennictwo Ogrodnicze Zielonki sp. z o.o.





Wyniki badań pochodzą z doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 2016-2018. Założono je w układzie bloków losowych, w 4 powtórzenia na poletkach doświadczalnych o powierzchni 10 m<sup>2</sup>.

W badaniach testowano wpływ zróżnicowanych metod aplikacji preparatów. Analizowano stosowanie doglebowe, dolistne oraz łączone (doglebowe oraz dolistne) biostymulatorów. Rośliny w trakcie wegetacji podlewano i opryskiwano preparatami w dawkach, fazach rozwojowych i terminach przedstawionych w tabeli 1. W kombinacji kontrolnej (K) do podlewania i oprysku stosowano wodę bez dodatku preparatu. W tabeli nr 1 przedstawiono schemat stosowania biostymulatorów.

Tabela 1.

*Fazy rozwojowe roślin i terminy stosowania biostymulatorów*

Biostymulator	Forma aplikacji (stężenie preparatu w cieczy roboczej)	Ilość cieczy roboczej (l·ha <sup>-1</sup> )	Liczba zabiegów i faza roślin
Bio-algeen S90 plus 2	Podlewanie (0,10%)	3000	2 zabiegi BBCH 13-15 BBCH 61
	Podlewanie (0,20%)	3000	
	Podlewanie (0,10%) + oprysk (0,33%)	3000 + 300	
	Podlewanie (0,20%) + oprysk (0,67%)	3000 + 300	
	Oprysk (0,33%)	300	
	Oprysk (0,67%)	300	
L-Amino+ <sup>®</sup>	Podlewanie (0,10%)	3000	2 zabiegi BBCH 13-15 BBCH 61
	Podlewanie (0,20%)	3000	
	Podlewanie (0,10%) + oprysk (0,33%)	3000 + 300	
	Podlewanie (0,20%) + oprysk (0,67%)	3000 + 300	
	Oprysk (0,33%)	300	
	Oprysk (0,67%)	300	

Do badań wykorzystano dwa biostymulatory Bio-algeen S90 plus 2 oraz L-Amino+<sup>®</sup>. Oba preparaty mogą być stosowane zarówno w uprawach tradycyjnych, jak również ekologicznych. Preparat Bio-algeen S90 plus 2 jest naturalnym wyciągiem z brunatnych alg morskich *Ascophyllum nodosum*. Drugim preparatem aplikowanym w uprawie fasoli zwykłej był biostymulator L-Amino+<sup>®</sup>. Preparat ten zawiera w swoim składzie skoncentrowany kompleks aminokwasów.

W każdym roku badań określono następujące cechy biometryczne oraz plon nasion:

- średnią liczbę strąków na roślinie,
- średnią liczbę nasion z 1m<sup>2</sup>,

- masę nasion  $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$  (przy wilgotności 8%),
- masę 1000 nasion.

Bezpośrednio przed zbiorem z każdego poletka pobierano losowo 20 roślin do oceny strukturalnych elementów plonowania. Plon nasion i jego składowe podano przy 8-procentowej zawartości wody.

Cechy geometryczne nasion fasoli określano wykorzystując elementy komputerowego przetwarzania i analizy obrazu, bazując na metodach zaproponowanych przez Frączka i Wróbla (2006). Do pozyskania obrazu zastosowano opracowane i wykonane zautomatyzowane stanowisko, a akwizycję obrazu wykonano metodą zaproponowaną przez Tylka (2000).

Dla poszczególnych nasion fasoli, na podstawie wyników w formie tabelarycznej, zapisanych w pamięci komputera, wyznaczono ich wymiary (długość, grubość, szerokość), jak również pole powierzchni oraz objętość na podstawie Grochowicza (1994). Na podstawie wartości pomiarów cech geometrycznych nasion wyznaczono współczynniki kształtu nasion: zaproponowane przez Grochowicza (1994), Donev'a (2004) i Mohsenin'a (1986). Pomiarów grubości okrywy nasiennej dokonano przy wykorzystaniu mikroskopu Motic BA410E, stosując powiększenie dziesięciokrotne. Na podstawie odczytu pomiarów, otrzymano zbiór danych o grubości okrywy nasiennej, zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Mańkowskiego i in. (2014).

Właściwości mechaniczne nasion określono zgodnie z metodyką przedstawioną przez Kuźniara i in. (2013) w warunkach obciążeń quasi statycznych za pomocą maszyny wytrzymałościowej Mecmesin TMS-Pro, określając siłę niszczącą i pracę siły niszczącej.

Analizę zawartości azotu ogólnego wykonano metodą Kjeldahla (AOAC, 2000, Official Method 992.23, 979.09). Oceniono również aktywność przeciwutleniającą nasion (Singleton i Rossi 1965, Lamaison i Carnet 1990; Fuleki i Francis 1968; Pulido i in. 2000). Oznaczono frakcje włókna obojętno – detergentowego (NDF) i frakcje włókna kwaśno- detergentowego (ADF), oraz zawartość ligniny (ADL), celulozy (CEL) i hemicelulozy (HCEL) w próbkach fasoli w trzech powtórzeniach według metody Van-Soest i in. (1991) z zastosowaniem woreczków filtracyjnych i aparatu Ankom (Ankom220, USA). Analizę statystyczną wyników wykonano w programie Statistica 13.1 (StatSoft, Inc.).

Efektywność stosowania biostymulatorów obliczono na podstawie wartości przyrostu plonu wynikającego z zastosowania biostymulatorów i kosztów związanych ich stosowaniem.

Wartość przyrostu plonu ( $W_{pp}$ ) obliczono wg następującej formuły:



$$W_{pp} = (P_{nb} - P_{nk}) \cdot C_n \text{ (PLN} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (1)$$

gdzie:

$P_{nb}$  – plon nasion z kombinacji z aplikacją biostymulatora ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ),

$P_{nk}$  – plon nasion z kombinacji kontrolnej ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ),

$C_n$  – średnia cena nasion w danym roku badań ( $\text{PLN} \cdot \text{t}^{-1}$ ).

Koszty stosowania biostymulatorów ( $K_{sb}$ ) obliczono wg następującej formuły:

$$K_{sb} = k_b + k_z \text{ (PLN} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (2)$$

gdzie:

$k_b$  – koszt zakupu biostymulatora ( $\text{PLN} \cdot \text{ha}^{-1}$ ),

$k_z$  – koszt wykonania zabiegu podlewania lub oprysku ( $\text{PLN} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

Koszt wykonania zabiegu obliczono jako średnią cenę usługi oprysku opryskiwaczem zawieszonym o pojemności 1000 l lub podlewania roślin wozem asenizacyjnym o pojemności 5000 l.

Opłacalność stosowania biostymulatorów ( $O_{sb}$ ) obliczono wg następującej formuły:

$$O_{sb} = W_{pp} - K_{sb} \text{ (PLN} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (3)$$

Efektywność stosowania biostymulatorów ( $E_{sb}$ ) obliczono wg następującej formuły:

$$E_{sb} = \frac{W_{pp}}{K_{sb}} \quad (4)$$

### Omówienie wyników

#### **Ocena wpływu metod aplikacji biostymulatorów na plon i elementy strukturalne plonowania fasoli zwykłej**

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że aplikacja testowanych biostymulatorów prowadziła do zmniejszenia masy 1000 nasion. Najniższą masę 1000 nasion otrzymano po aplikacji dolistnej biostymulatora L-Amino+<sup>®</sup> w niższym stężeniu, uzyskując zmniejszenie tej cechy o 3,7 %. Jednak w sezonie wegetacyjnym 2016 odnotowano niemal we wszystkich analizowanych kombinacjach wzrost masy 1000 nasion w odniesieniu do prób kontrolnych, przy czym był on najwyższy, gdy preparaty stosowano najpierw doglebowo, a następnie w formie oprysku. W trzecim roku badań polowych odnotowano zwiększenie MTN, jednak tylko w przypadku doglebowego zastosowania biostymulatora, opartego na wolnych aminokwasach. Z punktu widzenia analizowanej cechy nasion fasoli, stwierdzono, że najkorzystniejszym sposobem aplikacji biostymulatorów była metoda łącząca podlewanie oraz oprysk, preparatami o niższym stężeniu. Przeprowadzone badania dowiodły również, że



korzystniejszym działaniem charakteryzował się preparat L-Amino+<sup>®</sup>, jednak aplikowany doglebowo bądź doglebowo i dolistnie.

Aplikacja biopreparatów pozwoliła uzyskać zwiększoną liczbę strąków na m<sup>2</sup> w odniesieniu do kontroli. Zastosowanie wyższego stężenia biostymulatora Bio-algeen S90 plus 2 najpierw doglebowo, a później w formie oprysku, skutkowało uzyskaniem najwyższej liczby strąków fasoli (wzrost o 34,3%) w odniesieniu do kombinacji kontrolnej. Najmniejszą liczbę strąków obserwowano u roślin w sezonie wegetacyjnym 2018, w którym panowały niekorzystne warunki meteorologiczne. Jednak pomimo tego, aplikacja biostymulatorów w większości analizowanych kombinacji, doprowadziła do zwiększenia tej cechy w porównaniu do kontroli. Przeciętnie najlepsze efekty obserwowano w przypadku aplikacji wyższych stężeń preparatów metodą opryskiwania lub metodą łączoną (podlewanie oraz oprysk w odpowiednich fazach wzrostu roślin). Jednakże stwierdzono również istotne różnice między liczbą strąków w zależności od rodzaju aplikowanych biostymulatorów. Korzystne działanie na analizowaną cechę wykazywał biostymulator L Amino+<sup>®</sup> stosowany dwojako tj. w formie oprysku bądź podlewania. Natomiast w przypadku preparatu Bio-algeen S90 plus 2 lepsze efekty obserwowano, gdy aplikowaną go doglebowo a następnie opryskiwano rośliny.

Rośliny fasoli zareagowały na aplikację biostymulatorów zwiększeniem liczby nasion w porównaniu do kontroli. Najlepsze efekty obserwowano, gdy zastosowano wyższe stężenie preparatu L-Amino+<sup>®</sup> w formie opryskiwania. Analizując średnią z lat doświadczenia polowego wykazano, że aplikacja doglebowa biostymulatora, opartego na algach morskich w połączeniu z opryskiem tym preparatem skutkowała zwiększoną liczbą nasion na m<sup>2</sup>. Z punktu widzenia analizowanej cechy przeciętnie najkorzystniejsze oddziaływanie preparatów odnotowano stosując połączone metody aplikacji (podlewanie i oprysk). Dla zwiększenia liczby nasion na m<sup>2</sup> biostymulator L-Amino+<sup>®</sup> powinien być stosowany doglebowo. Natomiast w przypadku preparatu Bio-algeen S90 plus 2 podobne obserwację poczyniono dla aplikacji dolistnej oraz łączonej. Zatem porównywalny, odnotowany efekt metod aplikacji powinien zostać zweryfikowany pod względem opłacalności i efektywności stosowania tych preparatów.

Aplikacja biostymulatorów o zróżnicowanym składzie skutkowała zwiększeniem plonowania fasoli. Niemal we wszystkich analizowanych kombinacjach obserwowano podwyższoną masę nasion na m<sup>2</sup>. Jedynie w przypadku niższego stężenia preparatu Bio-algeen S90 plus 2, aplikowanego doglebowo, w sezonach wegetacyjnych 2016 i 2017, odnotowano nieznaczne obniżenie plonowania fasoli, w odniesieniu do kontroli. Przeciętnie



najwyższe plonowanie roślin wystąpiło wskutek dogłębowej i dolistnej aplikacji biostymulatora, opartego na algach morskich. Najkorzystniejszy efekt obserwowano w przypadku dwóch metod aplikacji obu preparatów przy wyższym stężeniu tj. oprysku oraz podlewania połączonego z opryskiwaniem. Stwierdzono także, że ze względu na niekorzystne warunki, panujące w sezonie wegetacyjnym 2018, nastąpiło obniżenie plonowania wszystkich analizowanych kombinacji. Preparat Bio-algeen S90 plus 2 wykazywał pozytywne oddziaływanie na plon fasoli, gdy stosowany był dolistnie. Natomiast biostymulator L-Amino+<sup>®</sup> wpływał korzystnie na plon nasion fasoli niezależnie od metody aplikacji.

Przeprowadzone badania dowiodły, że sposób aplikacji i rodzaj biostymulatora były czynnikami determinującymi cechy biometryczne oraz plon nasion fasoli. W badaniach własnych stwierdzono wyraźny wzrost liczby strąków i nasion oraz plonu nasion po aplikacji biostymulatorów, a najlepsze efekty uzyskano po stosowaniu preparatu opartego na wolnych aminokwasach, który aplikowano dogłębowo bądź dogłębowo i w formie opryskiwania roślin.

### **Ocena wpływu metod aplikacji biostymulatorów na cechy fizyczne i mechaniczne nasion fasoli zwykłej**

#### **Wymiary, powierzchnia i objętość nasion**

Nasiona fasoli, pochodzące z zastosowanych w doświadczeniu wariantów aplikacji biostymulatorów, wykazywały zróżnicowanie pod względem grubości. Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników pomiarów zauważono, że zastosowanie testowanych preparatów prowadziło do zwiększenia wartości tej cechy geometrycznej nasion. W przeważającej liczbie analizowanych kombinacji stwierdzono zwiększenie tego parametru w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Najmniejszą i najbardziej zróżnicowaną grubość nasion obserwowano w pierwszym roku badań polowych, czego przyczyną były odmienne warunki sezonu wegetacyjnego, w porównaniu do pozostałych lat badań. Wykazano również, że dolistna aplikacja niższego stężenia biostymulatora L-Amino+<sup>®</sup> prowadziła do uzyskania nasion cechujących się najwyższą wartością ocenianej cechy. Jednak analiza średnich wartości pomiarów z trzech lat doświadczenia wykazała brak istotnego zróżnicowania w grubości nasion fasoli. Odmienne obserwacje poczyniono w przypadku stosowania biostymulatora, którego głównym składnikiem był ekstrakt z alg morskich. W tym przypadku odnotowano, że z punktu widzenia analizowanej wartości najkorzystniejsze efekty wystąpiły w wyniku dogłębowej aplikacji tego preparatu w wyższym stężeniu. Jednak obserwacja



przeciętnej grubości nasion fasoli wykazała, zwiększenie tej cechy, gdy biostymulatory aplikowane były w formie oprysku, roztworami o niższym stężeniu. Badania własne wykazały również istotne zróżnicowanie w grubości nasion w zależności od składu aplikowanych biostymulatorów. W celu zwiększenia wartości analizowanej cechy preparat L Amino+<sup>®</sup> powinien być stosowany w formie dolistnego oprysku roślin fasoli. Natomiast w przypadku biostymulatora Bio-algeen S90 plus 2 bardziej korzystne efekty odnotowano, gdy aplikowaną go poprzez podlewanie.

Efektem aplikacji biostymulatorów o odmiennym składzie były istotne różnice w długości nasion fasoli. Prawie we wszystkich analizowanych kombinacjach nasion, pochodzących z upraw, w których stosowano preparaty, stwierdzono wyraźny wzrost wartości tej cechy geometrycznej w porównaniu do prób kontrolnych. Jedynie w przypadku preparatu Bio-algeen S90 plus 2, w sezonie wegetacyjnym 2017, obserwowano nieznaczne obniżenie długości nasion. Podobną tendencję odnotowano w nasionach, pochodzących z doświadczenia z aplikacją aminokwasowego biostymulatora w 2016 roku. Przeciętnie największą długość nasion obserwowano jako efekt dolistnej aplikacji preparatu, opartego na wolnych aminokwasach w niższym stężeniu roztworu roboczego. Badania wykazały także, iż do zwiększenia długości nasion fasoli prowadziło stosowanie dolistne obu preparatów. Przy czym we wszystkich stosowanych metodach aplikacji wyższą skuteczności wykazywał się preparat L-Amino+<sup>®</sup>. Natomiast aplikacja doglebowa oraz łączona biostymulatora, opartego na algach morskich, skutkowała uzyskaniem nasion fasoli o podobnej długości jak w próbach kontrolnych.

Aplikacja dwóch testowanych biostymulatorów prowadziła do zmian szerokości nasion fasoli. Nasiona pochodzące z upraw, w których stosowano te preparaty odznaczały się przeciętnie zwiększoną wartością tej cechy geometrycznej w porównaniu do kombinacji kontrolnych. Jedynie w przypadku niższego stężenia biostymulatora Bio-algeen S90 plus 2, aplikowanego doglebowo i dolistnie, odnotowano nieznaczne obniżenie szerokości nasion. Analizując średnie wartości tej cechy z trzech lat doświadczenia, przeciętnie największą szerokość nasion fasoli odnotowano wskutek dolistnej aplikacji biostymulatorów, przy zastosowaniu niższych stężeń roztworów. W pierwszym roku badań obserwowano zbiór nasion o najmniejszej wartości analizowanego parametru. Natomiast nasiona fasoli, pochodzące z ostatniego roku badań polowych charakteryzowały się największymi i istotnymi różnicami w szerokości, ze względu na zastosowane metody oraz rodzaj biostymulatorów. Przeciętnie najszersze nasiona pozyskano z uprawy fasoli, w której stosowano aplikację



dolistną bądź doglebową i dolistną preparatów. Badania własne wykazały także, że sposób aplikacji powinien być dostosowany do rodzaju biostymulatora. Testowane w uprawie fasoli preparaty Bio-algeen S90 plus 2 i L-Amino+<sup>®</sup> wykazywały pozytywne oddziaływanie na zwiększenie wymiaru nasion, gdy stosowane były w formie dolistnego opryskiwania. Dodatkowo preparat, którego głównym składnikiem były wolne aminokwasy wykazywał większą skuteczność w przypadku doglebowej i łączonej aplikacji w porównaniu do biostymulatora, opartego na algach.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że aplikacja biostymulatorów wpływała na pole powierzchni nasion. Zróżnicowanie w wartościach tego parametru były wynikiem sposobu ich stosowania, stężenia preparatów oraz zawartych w nich związków czynnych. Jednak przeciętnie wyższą wartością tej cechy charakteryzowały się nasiona pozyskane z upraw, w których zastosowano preparaty biostymulujące. W przypadku dolistnej aplikacji biostymulatora L-Amino+<sup>®</sup> o niższym testowanym stężeniu, stwierdzono największe pole powierzchni nasion w porównaniu z pozostałymi kombinacjami. Porównywalny efekt obserwowano w przypadku łączonej aplikacji preparatu Bio-algeen S90 plus 2 w wyższym stężeniu. Pole powierzchni nasion fasoli było zależne także od warunków środowiskowych w czasie sezonu wegetacyjnego. W pierwszym roku eksperymentu przeciętna powierzchnia nasion była najniższa, co uwarunkowane było warunkami meteorologicznymi. Jednak pomimo niekorzystnego wpływu środowiska, aplikacja biostymulatorów prowadziła do zwiększonej wartości tej cechy, w porównaniu do kombinacji kontrolnych. Stwierdzono również, że po aplikacji biostymulatora zawierającego wolne aminokwasy wystąpiły istotne różnice w powierzchni nasion w pierwszym i ostatnim roku doświadczenia. Taką tendencją obserwowano dla nasion pochodzących z uprawy z 2017 roku, w której aplikowano preparat bazujący na algach morskich. W wyniku dolistnej aplikacji biostymulatorów o niższym stężeniu obserwowano wzrost liczby nasion, odznaczających się największym polem powierzchni w porównaniu do pozostałych testowanych kombinacji stosowania biostymulatorów. Dodatkowo stwierdzono również różnice w wielkości pola powierzchni nasion w zależności od rodzaju aplikowanych biostymulatorów. Korzystniejsze działanie na analizowaną cechę wykazywał biostymulator L-Amino+<sup>®</sup> stosowany we wszystkich konfiguracjach metod aplikacji.

Badania dowiodły, iż aplikacja biostymulatorów prowadziła do zmian w objętości nasion fasoli. Analizując średnie wyniki z trzech lat badań stwierdzono, że skutkiem aplikacji preparatów był wzrost wartości tego parametru w porównaniu do obiektów kontrolnych.



Jedynie po łączonej aplikacji i niskim stężeniu preparatu biostymulującego, bazującego na algach morskich, stwierdzono, iż objętość nasion fasoli przyjmowała wartości niższe niż w przypadku kontroli. Największą objętością charakteryzowały się nasiona, pochodzące z upraw, w których stosowano dolistnie biostymulator w niższym stężeniu, zawierający w swym składzie aminokwasy. Podobnych spostrzeżeń dokonano po aplikacji dolistnej, poprzedzonej doglebową, preparatu Bio-algeen S90 plus 2 w wyższych stężeniach roztworu. Dodatkowo w drugim roku badań odnotowano istotne zróżnicowanie w wartości analizowanego parametru nasion dla obu testowanych biostymulatorów. Warunki meteorologiczne tego sezonu wegetacyjnego wpłynęły na pozyskanie nasion, które cechowały się odmienną objętością w zależności od sposobu aplikacji i wykorzystanych biostymulatorów. W pierwszym i trzecim roku prób polowych odnotowano podobną tendencję, jednakże jedynie w przypadku stosowania preparatu L-Amino+®.

Równocześnie badania własne wykazały, że po aplikacji dolistnej biostymulatorów w niższym stężeniu oraz aplikacji łączonej wyższych stężeń testowanych preparatów obserwowano przeciętnie największą objętość nasion fasoli. Podkreślić należy także fakt, iż obserwowano różnice w wartości analizowanego parametru nasion w zależności od składu aplikowanych biostymulatorów. Po wszystkich testowanych wariantach aplikacji (doglebowa, dolistna i łączona) preparatu, zawierającego aminokwasy, odnotowano uzyskanie nasion fasoli o zwiększonej objętości. Stwierdzono również, że drugi z wykorzystanych w badaniach biostymulatorów wykazywał się największą skutecznością, gdy stosowany był w formie oprysku.

Przeprowadzone badania własne, dotyczące cech fizycznych nasion fasoli zwykłej wykazały zwiększenie ich grubości, długości, szerokości oraz pola powierzchni i objętości jako efekt aplikacji biostymulatorów w uprawie polowej. Jednak w dostępnej literaturze brak jest doniesień na temat możliwych mechanizmów działania takich preparatów, które prowadzą do zmian cech geometrycznych nasion. Fakt ten może nieco dziwić, ponieważ w obecnych czasach mamy do czynienia z szybkim i dynamicznym rozwojem przemysłu rolno-spożywczego, przede wszystkim automatyzacji. W związku z tym surowce pochodzenia roślinnego muszą spełniać szereg restrykcyjnych wymagań (Żuk-Gołaszewska i in. 2011; Hebda i Micek, 2007). Niezbędne zatem stało się ujednoczenie surowca pod względem wielkości nasion, a określanie optymalnych dla przetwórstwa ich cech geometrycznych umożliwia analizowanie związków pomiędzy wielkością nasion, a cechami ich jakości (Hebda i Micek, 2007). Według Żabińskiego i Mudryka (2009) określanie właściwości



fizycznych nasion ma niebagatelne znaczenie podczas zbioru, czyszczenia i separacji mechanicznej. Dodatkowo znajomość takich własności materiału roślinnego ułatwia magazynowanie i obróbkę nasion, przeznaczonych na konsumpcję lub jako materiał reprodukcyjny.

### Kształt nasion

Analiza wyników przeprowadzonych badań wykazała, że aplikacja biostymulatorów nie miała statystycznie istotnego wpływu na współczynnik kształtu nasion  $K_m$ , zaproponowany przez Grochowicza (1994). Jednak efektem aplikacji preparatów był wzrost wartości tego parametru w odniesieniu do obiektów kontrolnych. Zwiększenie tej cechy obserwowano po dolistnym oraz łączonym stosowaniu biostymulatora w niższym stężeniu, zawierającego algi morskie. Podobną tendencję odnotowano jako efekt aplikacji doglebowej oraz łączonej aminokwasowego preparatu. Najniższą wartość współczynnika kształtu  $K_m$  stwierdzono dla nasion pochodzących z trzeciego roku badań, w którym panowały najtrudniejsze warunki w sezonie wegetacyjnym. Natomiast różnicowanie istotne statystycznie w wartości analizowanego parametru obserwowano w pierwszym roku doświadczenia, w którym to oceniane nasiona charakteryzowały się odmiennymi współczynnikami  $K_m$  w zależności od metod aplikacji i zastosowanych biostymulatorów. Stwierdzono również różnice w wartości ocenianego parametru w zależności od rodzaju aplikowanych biostymulatorów. Korzystne działanie na analizowaną cechę wykazywał biostymulator Bio-algeen S90 plus 2 stosowany w formie łączonej (aplikacja doglebowa i dolistna). Natomiast w przypadku preparatu L Amino+<sup>®</sup> korzystniejsze efekty odnotowano, gdy aplikowaną go w strefę korzeniową roślin fasoli.

Analizując wpływ aplikacji biostymulatorów, o odmiennym składzie, na obliczoną wartość współczynnika kształtu  $K_w$  nasion fasoli stwierdzono, że w niewielkim stopniu zależała ona od ocenianych w doświadczeniu czynników. Istotne różnicowanie stwierdzono w przypadku nasion pochodzących z uprawy, w której stosowano biostymulator oparty na algach morskich. Ponadto wykazano, że nasiona zebrane w ostatnim roku doświadczenia polowego cechowały się najmniejszą przeciętną wartością współczynnika kształtu  $K_w$ . Najwyższy współczynnik stwierdzono jako efekt aplikacji doglebowej biostymulatorów, w wyższym stężeniu. Jednak korzystniejsze efekty obserwowano po zastosowaniu popartu zawierające ekstrakty z alg morskich. Występowanie różnic w wartości współczynnika  $K_w$  odnotowano pod wpływem aplikacji biostymulatorów o zróżnicowanym składzie. Badania wykazały, że preparat Bio-algeen S90 plus 2 stosowany doglebowo wpływał na zwiększenie



tego parametru. Podobne zależności obserwowano w przypadku biostymulatora, opartego na wolnych aminokwasach, aplikowanego tą samą metodą.

Analiza średnich wyników z trzech lat doświadczenia wykazała, że aplikacja biostymulatorów nie miała istotnego wpływu na współczynnik kształtu nasion, zaproponowany przez Donev'a. Jednak skutkiem aplikacji preparatów był wzrost wartości tej cechy w porównaniu do kombinacji kontrolnych. Zwiększenie wartości współczynnika obserwowano po dolistnym stosowaniu biostymulatora, opartego na algach morskich, w obu testowanych stężeniach. Podobną tendencję odnotowano jako efekt aplikacji dogłębowej oraz łączonej aminokwasowego preparatu, w niższych stężeniach roztworu. Najniższą wartość wyznaczanego współczynnika kształtu odnotowano dla nasion pochodzących z trzeciego roku badań. Dodatkowo zróżnicowanie istotne statystycznie w wartości analizowanego parametru stwierdzono również dla prób nasion zebranych w 2018 roku, w którym oprysk preparatem Bio-algeen S90 plus 2 w niższym stężeniu skutkowało uzyskaniem istotnie większego współczynnika Donev'a niż podlewanie tym preparatem w wyższym stężeniu. Warunki tego sezonu wegetacyjnego wpłynęły na uzyskanie nasion fasoli, które charakteryzowały się odmiennymi współczynnikiem Donev'a w zależności od metod aplikacji i zastosowanych biostymulatorów. W drugim roku badań zaobserwowano podobną tendencję, jednak tylko w przypadku stosowania preparatu L-Amino+®.

Stosowanie w uprawie fasoli biostymulatorów o zróżnicowanym składzie skutkowało zmianami w wartości współczynnika kształtu nasion Mohsenin'a (1986). W analizowanych kombinacjach odnotowano podwyższoną wartość tego parametru. Jedynie w przypadku niższego stężenia preparatu Bio-algeen S90 plus 2, aplikowanego w konfiguracji dogłębowo, a następnie dolistnie zaobserwowano nieznaczne obniżenie wartości analizowanej cechy, w odniesieniu do obiektu kontrolnego (około 2,5%). Analiza średnich współczynników Mohsenin'a z trzech lat badań wykazała istotne zróżnicowanie ich wartości w przypadku aplikacji biostymulatora Bio-algeen S90 plus 2. Jednak tendencji takiej nie obserwowano po zastosowaniu preparatu, zawierającego wolne aminokwasy. Największe zróżnicowanie w wartościach tego parametru odnotowano w 2017 roku dla obu aplikowanych biostymulatorów. Natomiast w każdym roku badań polowych, dla kombinacji w których stosowano preparat L-Amino+®, stwierdzono największe różnice wartościach współczynnika kształtu Sn.

Przeprowadzone badania własne wykazały, że w zależności od metod aplikacji, rodzaju zastosowanych biostymulatorów, a także warunków meteorologicznych w trzech latach



doświadczenia obserwowano zróżnicowanie w kształcie nasion fasoli. Obserwowane różnice nie zawsze były istotne statystycznie, tak jak w przypadku współczynnika kształtu nasion Grochowicza Km. Jednak wyniki badań wskazują, że po aplikacji biostymulatorów odnotowano wzrost wartości analizowanych parametrów fizycznych nasion, szczególnie gdy zastosowano preparat, bazujących na algach morskich. Niestety w literaturze brak jest informacji, dotyczących kształtu nasion, pozyskanych z upraw, w których wykorzystano biostymulatory. Najczęściej badacze skupiają się jednak na plonowaniu roślin. Jednak zdaniem Frączka i Wróbla (2006) ocena kształtu nasion ma ogromne znaczenie w procesach sortowania oraz separacji. Dodatkowo kształt pojedynczych nasion istotnie kształtuje zachowanie się całego złoża materiału sypkiego. Objawia się zmianami w wartościach kąta tarcia wewnętrznego, kąta usypu czy w rozkładzie naprężeń w złożu. Zależności między wymiarami nasion wynikają z różnic odmianowych ale także z zastosowanych zabiegów agrotechnicznych.

### **Grubość okrywy nasiennej i właściwości mechaniczne nasion fasoli zwykłej**

Nasiona fasoli, pochodzące z zastosowanych w badaniach polowych wariantów aplikacji biostymulatorów, wykazywały zróżnicowanie pod względem odporności na powstawanie uszkodzeń mechanicznych. Zastosowanie testowanych preparatów prowadziło do zwiększenia odporności nasion na pękanie w odniesieniu do kontroli. Najmniejszą przeciętną siłę niszczącą obserwowano w ostatnim roku badań polowych, czego przyczyną były odmienne warunki sezonu wegetacyjnego, w porównaniu do pozostałych lat badań. Badania dowiodły również, że dolistna aplikacja wyższego stężenia biostymulatorów Bio-algeen S90 plus 2 oraz L-Amino+<sup>®</sup> prowadziła do uzyskania nasion cechujących się najwyższą odpornością na uszkodzenia mechaniczne. Tendencji takiej nie obserwowano już w nasionach w poszczególnych latach doświadczenia, kiedy to analizowane próby istotnie różniły się wartością siły potrzebnej do ich zniszczenia w zależności od metod aplikacji biostymulatorów oraz stężeń ich roztworów. Analizując wyniki odporności na pękanie nasion, pochodzących z każdego z trzech okresów wegetacyjnych, stwierdzono, że po dogłębowej oraz dolistnej aplikacji biostymulatora Bio-algeen S90 plus 2 w wyższym stężeniu obserwowano istotnie największe wartości siły niszczącej nasiona. Podobne zależności odnotowano także po zastosowaniu oprysku w wyższym stężeniu oraz podlewaniu w niższym stężeniu preparatem L-Amino+<sup>®</sup>. Przeprowadzone badania własne wykazały także istotne zróżnicowanie w odporności nasion na uszkodzenia mechaniczne, która zależała nie tylko od metod, ale również od składu aplikowanych biostymulatorów. Stwierdzono, że większą odpornością na





pękanie odznaczały się nasiona pochodzące z uprawy, w której stosowano biostymulator, bazujący na algach morskich. Stwierdzono także, że w celu zwiększenia wartości analizowanej właściwości mechanicznej preparat powinien być aplikowany w formie dolistnego oprysku fasoli, bądź też doglebowo, w strefę korzeniową roślin.

Nasiona fasoli, w zależności od testowanych w badaniach polowych metod aplikacji biostymulatorów, wykazywały zróżnicowanie pod kątem energii potrzebnej do ich zniszczenia. Wyniki badań wskazują, że stosowanie preparatów biostymulujących prowadziło do zwiększenia pracy siły niszczącej w porównaniu do obiektów kontrolnych. Przeciętnie najmniej energii do zniszczenia wymagały nasiona, uzyskane po aplikacji doglebowej niższym stężeniem biostymulatora L-Amino+<sup>®</sup> oraz po łączonej aplikacji preparatu Bio-algeen S90 plus 2 (niższe stężenie). Jednak nadal praca siły niszczącej dla tych nasion osiągała wartości wyższe niż w przypadku kontroli. Dodatkowo w ostatnim roku badań polowych, ze względu na trudne warunki sezonu wegetacyjnego, obserwowano zmniejszenie energii potrzebnej do zniszczenia nasion, w porównaniu do pozostałych lat badań. Wyniki badań dowiodły także, że doglebowa aplikacja wyższego stężenia biostymulatora Bio-algeen S90 plus 2 oraz dolistna niższego stężenia preparatu L-Amino+<sup>®</sup> prowadziła do uzyskania nasion charakteryzujących się najwyższą energią niezbędną do ich zniszczenia. Jednak w przypadku testowanych biostymulatorów stwierdzono, że efektem zastosowania wyższych stężeń ich roztworów w formie aplikacji doglebowej bądź dolistnej, było uzyskanie nasion, dla których wartość energii potrzebna do ich zniszczenia była najwyższa. Przeprowadzona analiza średnich wartości z trzech lat upraw fasoli dowiodła braku istotnych różnic ze względu na analizowany parametr wytrzymałościowy nasion. Tendencji takiej nie odnotowano jednak w nasionach w poszczególnych latach doświadczenia, kiedy to analizowane kombinacje istotnie różniły się wartością pracy siły niszczącej w zależności od metod aplikacji i stężeń biostymulatorów. Stwierdzono, że w przypadku biostymulatora, zawierającego ekstrakty z alg morskich, podwyższenie pracy siły niszczącej nasiona fasoli, wystąpiło w efekcie stosowania w wyższym stężeniu doglebowo (lata 2016-2017) bądź dolistnie (2017). Natomiast dla preparatu zawierającego wolne aminokwasy odnotowano zróżnicowany wpływ metody aplikacji energię potrzebną do zniszczenia nasion. W pierwszym roku badań najkorzystniejszym sposobem stosowania tego biostymulatora była metoda łączona (niższe stężenie), w kolejnym dolistna (niższe stężenie) i w ostatnim doglebowa (wyższe stężenie).



Ocena własności fizycznych nasion roślin strączkowych wydaje się szczególnie uzasadniona, ze względu na fakt, iż cechuje je duża podatność na uszkodzenia mechaniczne, powstające podczas omlotu, czyszczenia, suszenia, transportu, magazynowania i przetwórstwa, co w konsekwencji prowadzi do znacznych strat ilościowych i jakościowych. Taka podwyższona podatność nasion roślin strączkowych na mechaniczne uszkodzenia jest spowodowana przede wszystkim ich budową. W przeciwieństwie do ziarniaków zbóż, w nasionach roślin bobowatych wyróżnia się dwa liścienie, pomiędzy którymi (przy niskiej wilgotności) może tworzyć się szczelina. W takiej sytuacji nasiona łatwiej ulegają zniszczeniu (Bieganowski, 1995; Gorzelany i Puchalski, 1994; Sosnowski, 1991; Strona, 1977; Żabiński, 2006). Dodatkowy równie znaczący wpływ na powstawanie uszkodzeń nasion roślin strączkowych ma także ich wielkość i kształt, grubość okrywy nasiennej oraz skład chemiczny (Dobrzański, 1998; Evans i in., 1990; Hebda i Frączek, 2005; Kuźniar i in., 2013).

Mechanizm działania biostymulatorów, jako preparatów systemowych, wskazuje zatem na możliwość modelowania przez nie cech fizycznych uzyskiwanego plonu, w tym grubości i budowy okrywy nasion, a tym samym ich podatności na uszkodzenia mechaniczne. Zarówno metody dolistna, jak i doglebowa połączoną z dolistną, aplikacji biostymulatorów, mogły prowadzić do zwiększania objętości liścieni i okrywy nasiennej podczas procesu dojrzewania nasion.

### **Ocena wpływu metod aplikacji biostymulatorów na skład chemiczny nasion fasoli zwykłej**

#### **Zawartość białka**

Aplikacja biostymulatorów o zróżnicowanym składzie skutkowałą zmianami w koncentracji białka w nasionach fasoli. Niemal we wszystkich analizowanych kombinacjach obserwowano podwyższoną zawartość tego składnika. Jedynie w przypadku niższego stężenia preparatów, aplikowanych doglebowo i dolistnie oraz wyższego stężenia biostymulatorów stosowanych doglebowo, odnotowano nieznaczne obniżenie wartości analizowanej cechy, w odniesieniu do prób kontrolnych. Przeciętnie najwyższy poziom białka w nasionach fasoli wystąpił wskutek dolistnej aplikacji biostymulatora, opartego na aminokwasach. Najkorzystniejszy efekt obserwowano w przypadku dolistnej metody aplikacji obu preparatów w dwóch analizowanych stężeniach. Niekorzystne warunki pogodowe panujące w ostatnim roku badań doprowadziły do uzyskania nasion fasoli o obniżonej zawartości białka, pomimo aplikacji biostymulatorów. Analiza średnich z trzech lat doświadczenia, wykazała



również, że pomiędzy badanymi kombinacjami nie wystąpiły istotne różnice w koncentracji tego składnika odżywczego. Jednak w poszczególnych latach badań polowych odnotowano zróżnicowanie w koncentracji białka w nasionach fasoli zwykłej. W pierwszym roku badań stwierdzono, że metody aplikacji biostymulatorów przyczyniły się do największego istotnego wzrostu białka w nasionach w porównaniu do kombinacji kontrolnych.

### **Potencjał przeciwutleniający**

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że aplikacja biostymulatorów kształtowała zawartość polifenoli w nasionach. Zróżnicowanie w poziomie tych związków było wynikiem sposobu ich stosowania, stężenia preparatów oraz zawartych w nich związków czynnych. W przypadku łączonej aplikacji (dogłebowej i dolistnej) biostymulatora L-Amino+<sup>®</sup>, stwierdzono największe podwyższenie zawartości związków polifenolowych w porównaniu z pozostałymi kombinacjami. Porównywalny efekt obserwowano w przypadku dolistnej aplikacji preparatu Bio-algeen S90 plus 2. Zawartość polifenoli w nasionach fasoli była zależna również od warunków środowiskowych w czasie sezonu wegetacyjnego. W ostatnim roku eksperymentu stwierdzono, że poziom polifenoli był najniższy, co uwarunkowane było warunkami meteorologicznymi. Jednak pomimo niekorzystnego wpływu środowiska, aplikacja biostymulatorów prowadziła do zwiększonej koncentracji tych bioaktywnych związków w nasionach fasoli, w porównaniu do kombinacji kontrolnych. Rośliny zareagowały zwiększonym przeciętnym poziomem związków polifenolowych w wyniku dogłebowej aplikacji biostymulatorów o niższym stężeniu oraz w efekcie opryskiwania preparatami o wyższym stężeniu.

Obecność antocyjanów wykryto we wszystkich analizowanych kombinacjach stosowania dwóch biostymulatorów w uprawie fasoli. Aplikacja biostymulatorów prowadziła do zwiększenia wartości tej cechy w odniesieniu do prób kontrolnych. Wyższy poziom antocyjanów zaobserwowano po zastosowaniu preparatów, w wyższych stężeniach. Istotnie różna reakcja fasoli na stosowanie biostymulatorów w poszczególnych latach doświadczenia polowego była spowodowana w głównej mierze warunkami sezonu wegetacyjnego. W przypadku dolistnej aplikacji biostymulatora L-Amino+<sup>®</sup>, w wyższej koncentracji, stwierdzono największe podwyższenie zawartości antocyjanów w porównaniu z pozostałymi kombinacjami. Przeciętnie najlepsze efekty obserwowano w przypadku aplikacji wyższych stężeń preparatów metodą opryskiwania.

Oceniając wpływ aplikacji biostymulatorów, o odmiennych składzie, na aktywność przeciwutleniającą fasoli określono moc redukcji. Niemal wszystkie zastosowane kombinacje



aplikacji preparatów zwiększały ten parametr. Najlepsze efekty obserwowano, gdy aplikowano niższe stężenie preparatu Bio-algeen S90 plus 2 w formie opryskiwania. Podobne efekty obserwowano po przyłączonej aplikacji (doglebowej i dolistnej) niższych stężeń preparatu L-Amino+<sup>®</sup>. Z punktu widzenia analizowanej cechy przeciętnie najkorzystniejsze oddziaływanie preparatów odnotowano stosując podlewanie i oprysk roślin fasoli. Przeciętnie wyższą wartość siły redukcji obserwowano w przypadku aplikacji biostymulatorów w niższym stężeniu.

Analizując zawartość flawonoidów odnotowano wpływ metod aplikacji biostymulatorów na badaną cechę. Doglebowe zastosowanie biostymulatorem L-Amino+<sup>®</sup> skutkowało zwiększeniem poziomu flawonoidów w nasionach fasoli. Pomimo tendencji w zwiększaniu zawartości flawonoidów w stosunku do kombinacji kontrolnych, w średnich z trzech lat doświadczenia nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic. W zależności od analizowanych kombinacji aplikacji biostymulatorów obserwowano wahania koncentracji tych związków bioaktywnych w drugim i trzecim roku badań. Przeciętnie najwyższym poziomem flawonoidów odznaczały się nasiona fasoli, dla której zastosowano aplikację doglebową i dolistną biostymulatorów, w obu stężeniach. Badania własne wykazały również istotne różnice w stężeniu flawonoidów w analizowanych nasionach fasoli w zależności od rodzaju aplikowanych biostymulatorów. Korzystne działanie na analizowaną cechę wykazywał biostymulator L-Amino+<sup>®</sup> stosowany we wszystkich testowanych formach. Jednak najwyższy przeciętny poziom flawonoidów odnotowano w wyniku aplikacji tego preparatu dolistnie bądź doglebowo oraz dolistnie.

### **Włókno i jego frakcje**

Zawartość włókna obojętno – detergentowego (NDF) w nasionach fasoli ulegała podwyższeniu w porównaniu z kontrolą po aplikacji analizowanych biostymulatorów. Jedynie w przypadku zastosowania preparatu Bio-algeen S90 plus 2, aplikowanego doglebowo, w sezonie wegetacyjnym 2018, odnotowano nieznaczne obniżenie koncentracji tej frakcji włókna, w odniesieniu do kontroli. Badania dowiodły także, że metoda aplikacji powinna być dostosowana do rodzaju biostymulatora. Preparat L-Amino+<sup>®</sup> wykazywał pozytywne oddziaływanie na włókno obojętno –detergentowe, gdy stosowany był doglebowo i dolistnie lub doglebowo. Natomiast biostymulator Bio-algeen S90 plus 2 w przypadku aplikacji metodą oprysku. Przeciętnie najwyższą zawartość włókna obojętno – detergentowego odnotowano wskutek doglebowej i dolistnej aplikacji biostymulatora, opartego na wolnych aminokwasach. Najkorzystniejszy efekt obserwowano w przypadku dwóch metod aplikacji



obu preparatów tj. oprysku biostymulatorami o wyższym stężeniu oraz podlewania połączonego z opryskiwaniem.

Analizując zawartość włókna kwaśno- detergentowego (ADF) zaobserwowano wpływ rodzaju i metod aplikacji biostymulatora na tą cechę. Najlepsze efekty obserwowano, gdy zastosowano niższe stężenie preparatu L-Amino+<sup>®</sup> w formie podlewania połączonego z opryskiwaniem. Analizując średnią z lat doświadczenia polowego wykazano, że aplikacja doglebowa, połączona z dolistną biostymulatorów w obu stężeniach, skutkowałą zwiększoną koncentracją frakcji ADF. W drugim roku badań polowych odnotowano obniżenie zawartości kwaśnej frakcji włókna. Jednak uzyskane wyniki wskazywały, że aplikacja biostymulatorów spowodowała uzyskanie w nasionach fasoli wyższej wartości analizowanej cechy w odniesieniu do kombinacji kontrolnych. Badania własne wykazały również, że efektywność stosowania biostymulatorów była zależna od metod ich aplikacji. Wykazano bowiem, że dla zwiększenia poziomu ADF biostymulator Bio-algeen S90 plus 2 powinien być stosowany metodą łączoną bądź doglebowo. Natomiast w przypadku preparatu L-Amino+<sup>®</sup> podobne tendencje obserwowano po aplikacji w strefę korzeniową, po której zastosowano oprysk roślin fasoli.

Zawartość ligniny (ADL) w nasionach fasoli była zależna od rodzaju zastosowanego biostymulatora, a także od metod jego aplikacji i zastosowanych stężeń. Aplikacja preparatów pozwoliła uzyskać zwiększoną koncentrację ADL w odniesieniu do kontroli. Zastosowanie wyższego stężenia biostymulatora Bio-algeen S90 plus 2 najpierw doglebowo, a później w formie oprysku, skutkowało uzyskaniem nasion fasoli o zwiększonej wartości tej cechy. Przeciętnie najmniej ligniny obserwowano u roślin w sezonie wegetacyjnym 2017. Jednak aplikacja biostymulatorów w większości analizowanych kombinacji, prowadziła do zwiększenia tej cechy w porównaniu do obiektów kontrolnych. Przeciętnie lepsze efekty obserwowano w przypadku aplikacji wyższych stężeń preparatów metodą łączoną (podlewanie oraz oprysk) w odpowiednich fazach wzrostu roślin fasoli.

Na podstawie przeprowadzonych badań własnych stwierdzono, że aplikacja testowanych biostymulatorów prowadziła do zwiększenia hemicelulozy (HCEL) w nasionach fasoli. Najwyższą koncentrację hemicelulozy otrzymano po aplikacji dolistnej biostymulatora Bio-algeen S90 plus 2 w wyższym stężeniu, uzyskując ponad dwukrotne zwiększenie tej cechy w odniesieniu do kombinacji kontrolnej. W drugim roku badań polowych odnotowano niemal we wszystkich analizowanych nieznaczne obniżenie koncentracji tej frakcji włókna, w porównaniu z pozostałymi sezonami wegetacyjnymi. Jednak nadal nasiona z roślin



traktowanych biostymulatorami odznaczały się zwiększoną wartością tej cechy. Przeciętnie wyższy poziom hemicelulozy obserwowano jako efekt łączonych metod aplikacji biostymulatorów (podlewanie + oprysk). Badania własne dowiodły, że efektywność działania biostymulatorów zależała od sposobów ich aplikacji. Wykazano bowiem, że zwiększenie koncentracji hemicelulozy wystąpiło, gdy biostymulator L-Amino+<sup>®</sup> stosowany był doglebowo i dolistnie oraz doglebowo. Natomiast w przypadku preparatu Bio-algeen S90 plus 2 sytuacja kształtowała się odmiennie. Korzystniejsze efekty obserwowano, gdy preparat aplikowany był dolistnie.

W przypadku obu preparatów, aplikowanych doglebowo, odnotowano nieznaczne obniżenie koncentracji celulozy (CEL) w fasoli, w odniesieniu do kontroli. Przeciętnie najwyższe wartości analizowanej cechy obserwowano jako efekt doglebowej i dolistnej aplikacji biostymulatorów, przy niższym stężeniu ich roztworów. Najmniejszą zawartość celulozy odnotowano u roślin w sezonie wegetacyjnym 2017. Odnotowano również, że zwiększenie koncentracji celulozy wystąpiło w efekcie stosowania biostymulatora L-Amino+<sup>®</sup> metodą łączoną (podlewanie+ opryskiwanie roślin). Natomiast odmiennie zależności zaobserwowano dla biostymulatora, opartego na algach morskich. Podwyższona wartość analizowanej cechy była wynikiem doglebowej aplikacji tego preparatu

Kompleksowa ocena uzyskanych wyników dotyczących zawartości NDF, ADF, ADL, CEL i HCEL wykazała, że na ich poziom w nasionach fasoli wpływ miały nie tylko metoda aplikacji czy rodzaj zastosowanego biostymulatora i jego czy stężenia, ale także sezon wegetacyjny i panujące w nim warunki meteorologiczne.

### **Ocena efektywności ekonomicznej aplikacji biostymulatorów**

Przeprowadzone badania potwierdziły, że czynnikiem decydującym o opłacalności produkcji fasoli na suche nasiona była wartość zebranych plonów. W niemal wszystkich analizowanych kombinacjach, aplikacja biostymulatorów pozytywnie wpłynęła na plonowanie fasoli i doprowadziła do zwiększenia opłacalności uprawy.

W 2016 roku opłacalność aplikacji preparatów kształtowała się w zakresie od 3,6 do 4209,8 PLN·ha<sup>-1</sup>. Jedynie w przypadku doglebowej aplikacji w obu stężeniach biostymulatora, zawierającego algi morskie odnotowano brak zasadności ekonomicznej jego stosowania. Najwyższą opłacalność stwierdzono w wyniku dolistnego oraz łączonego aplikowania preparatu Bio-algeen S90 plus 2 w wyższym testowanym stężeniu. Dla tych samych metod aplikacji biostymulatora L-Amino+<sup>®</sup> również odnotowano stosunkowo wysoki zysk, na średnim poziomie rzędu 2829,6 PLN ha<sup>-1</sup>.





Jednak analizując stosunek zaangażowanych kosztów do efektu stwierdzono, że wyższą efektywność uzyskano w efekcie aplikacji doglebowej lub dolistnej biostymulatora L-Amino+<sup>®</sup> w niższych analizowanych stężeniach roztworów. W wyniku doglebowego zastosowania preparatu Bio-algeen S90 plus 2, uzyskano wartości wskaźnika efektywności poniżej 1, co świadczy o tym, że koszty nakładów związanych z aplikacją tego biostymulatora są przewyższają uzyskane efekty. W związku z tym ta metoda stosowania tego preparatu biostymulującego z punktu widzenia ekonomicznego nie jest korzystna.

Po drugim roku uprawy fasoli zwykłej, w której analizując wpływ metod aplikacji biostymulatorów na efektywność ekonomiczną, stwierdzono, brak opłacalności stosowania jedynie w przypadku preparatu Bio-algeen S90 plus 2, w formie podlewania roztworami o niższym stężeniu. W pozostałych wariantach w 2017 roku ogólna opłacalność aplikowania biostymulatorów zawierała się w zakresie od 512 (stosowanie doglebowe wyższej dawki preparatu Bio-algeen S90 plus 2) do 3498 PLN·ha<sup>-1</sup> (stosowanie doglebowe niższej dawki L-Amino+<sup>®</sup>). Przeciętnie wyższą opłacalność obserwowano jako efekt aplikacji preparatów w wyższym stężeniu.

Efektywność aplikacji preparatu, zawierającego wolne aminokwasy w drugim roku badań polowych była najwyższa po doglebowym stosowaniu w niższym stężeniu oraz dolistnym w wyższym stężeniu. Niższe wartości tego wskaźnika obserwowano w efekcie wykorzystania w uprawie biostymulatora Bio-algeen S90 plus 2. Dla tego preparatu najwyższą efektywność odnotowano po aplikacji dolistnej obu analizowanych stężeń roztworów (11,64 – 12,95).

W trzecim roku uprawy, w której analizowano odmienne metody aplikacji biostymulatorów, odnotowano najwyższy średni zysk. Największą opłacalność stosowania biostymulatorów w 2018 roku stwierdzono dla upraw, w których zastosowano preparat o niższym stężeniu, bazujący na wolnych aminokwasach w formie podlewania (4514 PLN·ha<sup>-1</sup>) oraz preparat zawierający algi morskie w postaci oprysku również niższym stężeniem roztworu roboczego (4090 PLN·ha<sup>-1</sup>).

Analiza efektywności aplikacji preparatów potwierdziła wyniki uzyskane z oceny opłacalności stosowania biostymulatorów. Aplikowanie niższych stężeń preparatów biostymulujących metodami podlewania (wskaźnik efektywności dla L-Amino+<sup>®</sup> 51,16) oraz oprysku (wskaźnik efektywności dla Bio-algeen S90 plus 2 34,52) dało najlepszy efekt ekonomiczny.

Badania własne potwierdziły, że metody aplikacji biostymulatorów były czynnikiem determinującym opłacalność uprawy fasoli zwykłej przeznaczonej na nasiona. Jednakże



uzyskane efekty ekonomiczne zależały również od składu preparatów i warunków meteorologicznych w poszczególnych latach doświadczenia. Wyniki badań wskazują, że aplikowanie biostymulatorów jest w pełni uzasadnione ekonomicznie. W dostępnej literaturze niewiele jest prac dotyczących wpływu metod stosowania preparatów biostymulujących na opłacalność i efektywność upraw. Jednak wyniki przeprowadzonej analizy ekonomicznej znajdują odzwierciedlenie w badaniach Zarzeckiej i in. (2018) i Mystkowskiej (2017), w których dokonano porównania efektywności stosowania różnych zabiegów w uprawie ziemniaka. Wymieni autorzy stwierdzili, że czynnikiem decydującym o opłacalności produkcji ziemniaków była wartość zebranych plonów, która zależała od ich jakości. Badania Zarzeckiej i in. (2018) wykazały, że najlepszy efekt ekonomiczny otrzymano po zastosowaniu zabiegów mechaniczno-chemicznych z aplikacją biostymulatora Asahi SL, co z kolei potwierdziło, że wykorzystanie biostymulatorów jest w pełni uzasadnione. Również wyniki badań prowadzonych przez Gugałę i in. (2017), wykazały, że stosowanie biostymulatorów w uprawie rzepaku ozimego pozytywnie wpływało na wzrost plonów nasion, co znajduje uzasadnienie ekonomiczne. Gugała i in. (2017) stwierdzili także, że stosowanie takich preparatów, nie tylko korzystnie stymuluje wzrost plonu, ale również determinuje jakość nasion, co w konsekwencji przekłada się na wyższą cenę ich zbytu.

### **Podsumowanie i wnioski**

Wyniki uzyskane z przeprowadzonych badań pozwoliły na sformułowanie wniosków, stanowiących odpowiedź na postawione hipotezy:

1. Aplikacja dolistna preparatu Bio-algeen S90 plus 2, niezależnie od stężenia roztworu, powodowała istotne zwiększenie plonu nasion fasoli we wszystkich latach badań. Istotne zwiększenie plonu nasion uzyskano również w wyniku aplikacji tego preparatu, metodą łączącą zabieg doglebowy z dolistnym. Preparat L-Amino+<sup>®</sup> wpływał istotnie na zwiększenie plonu nasion fasoli zwykłej w wyniku aplikacji doglebowej w niższym stężeniu, a także po aplikacji dolistnej i łączonej w wyższym stężeniu.
2. Aplikacja biostymulatorów prowadziła do zmian cech fizycznych i mechanicznych nasion fasoli. Zastosowanie tych preparatów skutkowało zwiększeniem wartości analizowanych parametrów w odniesieniu do obiektów kontrolnych. Przeciętnie lepszy wpływ na cechy fizyczne odnotowano w wyniku aplikacji biostymulatora opartego na wolnych aminokwasach. Cechy fizyczne nasion fasoli były kształtowane metodami aplikacji testowanych biostymulatorów. Nasiona pozyskane z upraw, których stosowano dolistnie preparaty w niższym stężeniu charakteryzowały się zwiększonymi wymiarami oraz polem



powierzchni i objętością w porównaniu do kombinacji kontrolnych. Natomiast dla zwiększenia właściwości mechanicznych nasion korzystniejsze było zastosowanie preparatu, bazującego na algach morskich. Do wzrostu grubości okrywy nasiennej i właściwości mechanicznych (siła niszcząca, praca siły niszczącej) nasion fasoli zwykłej przyczyniła się dogłębowa aplikacja biostymulatorów, o wyższym testowanym stężeniu

3. W przypadku oceny kształtu nasion trudno było jednoznacznie stwierdzić, która metoda aplikacji była najkorzystniejsza. Współczynniki kształtu zaproponowane przez Grochowicza przyjmowały większą wartość po dogłębowej bądź połączonej dogłębowej oraz dolistnej aplikacji biostymulatorów w obu testowanych stężeniach. Natomiast na zwiększenie współczynników Donev'a i Mohsenin'a wpłynęło dolistne zastosowanie preparatów w niższym stężeniu.

4. Koncentracja białka w nasionach fasoli zwykłej ulegała zwiększeniu w efekcie aplikacji biostymulatora, zawierającego wolne aminokwasy metodą dolistną, w obu analizowanych stężeniach.

5. Potencjał przeciwutleniający nasion również istotnie zależał od metod stosowania biostymulatorów. Zawartość antocyjanów oraz siła redukcja była najwyższa w nasionach, pozyskanych z upraw, w których preparaty aplikowano dolistnie. Koncentracja związków polifenolowych była najwyższa po dogłębowym zastosowaniu biostymulatorów w niższym stężeniu. Natomiast w efekcie kombinowanej metody aplikacji preparatów biostymulujących w obu stężeniach odnotowano największy wzrost w poziomie flawonoidów w nasionach fasoli zwykłej. Istotne zwiększenie analizowanych cech chemicznych nasion fasoli zwykłej odnotowano w wyniku aplikacji biostymulatora, zawierającego wolne aminokwasy.

6. Metody aplikacji biostymulatorów istotnie różnicowały zawartość włókna i jego frakcji w nasionach fasoli. Badania wykazały, że dla zwiększenia analizowanych cech najkorzystniejsza była aplikacja dolistna, poprzedzona aplikacją dogłębową preparatów w niższym stężeniu. Jedynie w przypadku poziomu ligniny odnotowano, że jej poziom był najwyższy po dogłębowej aplikacji, w obu testowanych stężeniach biostymulatorów.

7. Metody aplikacji biostymulatorów były czynnikiem determinującym opłacalność uprawy fasoli zwykłej przeznaczonej na nasiona. Uzyskane efekty ekonomiczne zależały również od składu preparatów i warunków meteorologicznych w poszczególnych latach doświadczenia. Aplikowanie biostymulatorów jest w pełni uzasadnione ekonomicznie. Najwyższą przeciętną opłacalność oraz efektywność odnotowano w przypadku dogłębowej aplikacji niższego stężenia oraz dolistnego stosowania wyższego stężenia preparatu L-Amino+®.



8. W świetle przeprowadzonych badań aplikacja biostymulatorów w uprawie fasoli zwykłej odmiany Toska przyniosła wymierne efekty w postaci zwiększonego plonowania oraz modyfikowała cechy fizyko-mechaniczne i skład nasion. Stwierdzenie w jaki sposób stosować biostymulatory w uprawie fasoli stanowi kompromis pomiędzy wielkością i właściwościami plonu a osiągniętymi korzyściami ekonomicznymi. Dla praktyki rolniczej zaleca się dolistną aplikację biostymulatora, zawierającego wolne aminokwasy, w wyższym stężeniu.

### Wykorzystanie wyników

Problematyka pracy, obejmuje interdyscyplinarne wątki, takie jak techniki aplikacji agrochemikaliów oraz reakcja roślin fasoli na stosowane preparaty, które stanowią podstawę nowoczesnego rolnictwa. Wpisuje się ona we współczesne trendy badawcze w inżynierii rolniczej i rolnictwie i odpowiada na technologiczne, rolnicze i agronomiczne wyzwania dotyczące nowych rozwiązań zapewniających uzyskanie wysokich i dobrych jakościowo plonów roślin uprawnych przy jednoczesnym ograniczeniu stosowania pestycydów i nawozów mineralnych.

Poruszane w pracy zagadnienia mają istotne znaczenie praktyczne w aspekcie opracowania wytycznych uprawy fasoli. Stosowanie konwencjonalnych zabiegów agrotechnicznych w tradycyjnej uprawie może okazać się bowiem niewystarczające przy wystąpieniu niekorzystnych warunków dla wzrostu i rozwoju roślin, związanych ze zmianami klimatycznymi, zagrożeniami środowiskowymi, czy czynnikiem antropogenicznym. Na wielkość i jakość uzyskiwanych plodów rolnych wpływa umiejętność przeciwdziałania efektem czynników stresowych lub też naprawa uszkodzeń przez nie spowodowanych. Występowanie w uprawach niekorzystnych czynników może doprowadzić do drastycznego zmniejszenia plonu, co w konsekwencji sprawia, że produkcja roślinna jest mniej opłacalna dla producentów rolnych i jednocześnie nieatrakcyjna dla konsumentów. W odpowiedzi na przedstawione wyzwanie w produkcji rolniczej pojawiły się biostymulatory, których prawidłowa aplikacja może chronić rośliny w fazie rozwoju oraz wspomagać regenerację roślin po wystąpieniu biotycznych i abiotycznych czynników stresowych, przyczyniając się tym samym do poprawy plonowania roślin.



## Literatura

- AOAC (2000).** Official Method 992.23, 979.09 AOAC (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (W. Horwitz Ed.), 17th ed. AOAC 834 International, Gaithersburg, MD.
- Bieganowski, F. (1995).** Uszkodzenia nasion fasoli w modelowych zespołach młocących. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 424, 13-17.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova-Façanha, A. L., Façanha, A. R. (2002).** Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology*, 130, 1951–1957.
- Chen, J. (2006).** The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility 20. W: International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use, vol. 16. Land Development Department, Bangkok, Thailand.
- Craigie, J. S., Norrie, J., Prithiviraj, B. (2009).** Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 386–399.
- Dobrzański B. Jr. (1998).** Mechanizmy powstawania uszkodzeń nasion roślin strączkowych. *Acta Agrophysica*, 13, 1- 96.
- Donev, A., Cisse, I., Sachs, D., Variano, E. A., Stillinger, F. H., Connelly, R., Torquato, S., Chaikin, P. M. (2004).** Improving the density of Jammed Disordered Packings using Elipsoids. *Science*, 303, 990-993.
- Evans, M. D. Holmes, R. G. Mc Donald, M. B. (1990).** Impact damage to soybean seed as affected by surface hardness and seed orientation. *Transaction of the ASAE*, 1, 234-240.
- Frączek, J., Wróbel, M. (2006).** Metodyczne aspekty oceny kształtu nasion. *Inżynieria Rolnicza*, 12, 155 – 163.
- Fuleki, T., Francis, F. J. (1968).** Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. *Journal of Food Science*, 33, 72–77.
- Gorzelański, J., Puchalski, C. (1994).** The effect of loading-force direction and magnitude on mechanical damage to horse bean seeds. *Zemědělska Technika*, 40, 2, 105-112.
- Grochowicz, J. (1994).** Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wydawnictwo AR, Lublin.
- Gugała, M., Sikorska, A., Zarzecka, K., Krasnodębska, E., Kapela, K., Mystkowska I. (2017).** Opłacalność stosowania biostymulatorów wzrostu w uprawie rzepaku ozimego. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Rolnictwa i Agrobiznesu*, 19, 4, 92- 96.
- Hebda, T., Micek, P. (2007).** Cechy geometryczne ziarna wybranych odmian zbóż. *Inżynieria Rolnicza*, 5, 93, 187-193.
- Hebda, T., Frączek, J. (2005).** Wpływ wybranych czynników na wartość wskaźnika odkształcenia nasienia. *Inżynieria Rolnicza*, 11, 71, 171-180.
- Hołubowicz-Kliza, G. (2015).** Uprawa fasoli. Instrukcja upowszechnieniowa nr 208. IUNG-PIB, Puławy.
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., Prithiviraj, B. (2009).** Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 386–399.
- Kocira, S., Szparaga, A., Kocira, A., Czerwińska, E., Wójtowicz, A., Bronowicka-Mielniczuk, U., (2018b).** Modeling biometric traits, yield and nutritional and antioxidant properties of seeds of three soybean cultivars through the application of biostimulant containing seaweed and amino acids. *Frontiers in Plant Science*, 9, 388.



- Kolomaznik, K., Pecha, J., Friebrova, V., Janacova, D., Vasek, V. (2012). Diffusion of biostimulators into plant tissues. *Heat Mass Transfer*, 48, 1505–1512.
- Kowalska, J., Golka, W., Ptaszyński, S. (2012). Uwarunkowania legislacyjne dotyczące środków wspomagających uprawę roślin i wymagania techniczne ich aplikacji. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2, 76, 47–54.
- Kunicki, E., Grabowska, A., Sekara, A., Wojciechowska, R. (2010). The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Folia Horticulturae*, 22, 9–13.
- Kuźniar, P., Jarecki, W., Bobrecka-Jamro, D. (2013). Właściwości mechaniczne nasion wybranych roślin strączkowych a ich masa i grubość. *Inżynieria Rolnicza*, 4, 147, 171-177.
- Lamaison, J. L. C., Carnet, A. (1990). Teneurs en principaux flavonoids des fleurs de *Crataegus monogyna* Jacq et de *Crataegus laevigata* (Poiret, D. C) en fonction de la vegetation. *Pharmaceutica Acta Helvetiae*, 65, 315–320.
- Łączyński, A., Dubieniecka, H., Dziubiński, K., Kupidura, A., Milewski, T., Miziołek D., Pacuszka, R., Rafa, W., Ruszkowska, Z., Niszczota S. (2018). Wyniki produkcji roślinnej w 2017 r. *Główny Urząd Statystyczny Warszawa 2018*. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
- Mańkowski, S., Mieszkalski, L., Choszcz, D., Konopka, S. (2014). Wyniki pomiarów grubości okrywy nasiennej łubinów w aspekcie określenia jej nierównomierności. *Motrol. Commission Of Motorization And Energetics In Agriculture*, 16, 1, 83–88.
- Matyjaszczyk, E. (2015). The introduction of biostimulants on the Polish market. The present situation and legal requirements. *Przemysł Chemiczny*, 10, 1841–1844.
- Mohsenin, N. N. (1986). Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Public, New York.
- Mystkowska, I. (2017). Wpływ zróżnicowanej techniki odchwaszczania i stosowania biostymulatorów na efektywność ekonomiczną uprawy ziemniaków jadalnych. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Rolnictwa i Agrobiznesu*, 19, 6, 190-193.
- Pecha, J., Furst, T., Kolomaznik, K., Friebrova, V., Svoboda, P. (2012). Protein biostimulant foliar uptake modeling: the impact of climatic conditions. *AICHE Journal*, 58, 2010–2019.
- Pinton, R., Cesco, S., Iacoletti, G., Astolfi, S., Varanini, Z. (1999). Modulation of NO<sub>3</sub> - uptake by water-extractable humic substances: involvement of root plasma membrane H<sup>+</sup> ATPase. *Plant Soil*, 215, 155–161.
- Pulido, R., Bravo, L., Saura-Calixto, F. (2000). Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3396–3402.
- Singleton, V., Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158.
- Sosnowski, S. (1991). Determining of the influence of the direction of loading forces on mechanical damage of bean seeds. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 389, 176-183.
- Strona, I. G. (1977). Uszkodzenia nasion, przyczyny i zapobieganie. PWRiL, Warszawa.
- Szparaga, A., Kocira, S., Kocira, A., Czerwińska, E., Świeca, M., Lorenkowicz, E., Kornas, R., Koszel, M., Oniszczyk, T. (2018). Modification of growth, yield, and the nutraceutical and antioxidative potential of soybean through the use of synthetic biostimulants. *Frontiers in Plant Science* 9, doi: 10.3389/fpls.2018.01401.



- Tylek, P. (2000).** Układ optyczny do wspomaganie pomiarów planimetrycznych nasion metodą analizy obrazu. *Inżynieria Rolnicza*, 7(18), 175-181.
- Van-Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. (1991).** Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- Vernieri, P., Ferrante, A., Borghesi, E., Magnani, G. (2005).** High quality flowering plants using the biostimulants. *L'Informatore Agrario*, 16, 57-60.
- Vernieri, P., Ferrante, A., Borghesi, E., Mugnai, S. (2006).** Biostimulants: a tool for improving quality and yield. *Fertilitas Agrorum*, 1, 17-22.
- Vessey, J. K. (2003).** Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*, 255, 571-586.
- Zandonadi, D.B., Canellas, L.P., Façanha, A.R. (2007).** Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H<sup>+</sup> pumps activation. *Planta*, 225, 1583-1595.
- Zarzecka, K., Gugala, M., Głuszczak, B., Mystkowska, I. (2018).** Ekonomiczne uzasadnienie stosowania herbicydów i biostymulatorów w uprawie ziemniaków jadalnych. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Rolnictwa i Agrobiznesu*, 20, 2, 169-173
- Żabiński, A. (2006).** Wytrzymałość doraźna nasion dwóch podgatunków soczewicy jadalnej (*Lens culinaris* Medic.). *Inżynieria Rolnicza*, 12, 87, 565-572.
- Żabiński, A., Mudryk, K. (2009).** Wybrane właściwości fizyczne nasion krajowych i zagranicznych odmian soczewicy jadalnej. *Inżynieria Rolnicza*, 9, 118, 319-329.
- Żuk-Gołaszewska, K., Majewska, K., Gołaszewski, J. (2011).** Właściwości mechaniczne pojedynczych nasion koniczyny czerwonej. *Acta Agrophysica*, 17, 1, 229-239.

### 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

Moje zainteresowania naukowo badawcze oscylują wokół metod i technik aplikacji agrochemikaliów. W początkowym etapie pracy zajmowałam się badaniami, dotyczącymi wpływu stosowania ekstraktów roślinnych na żywotność oraz zdrowotność nasion oraz ziarniaków (IIA8, IIA10, IID1, IID5, IID9-IID11, IID23). Uzyskane wyniki badań wykorzystałam w kolejnym etapie doświadczeń wazonowych, w których analizowałam wpływ metod aplikacji preparatów (na nasiona i doglebowo) na potencjał plonowania roślin uprawnych (kiełkowanie oraz wchody) (IIA9, IID6-IID7, IID24-IID25). Zainteresowanie tematem przyczyniło się do współpracy z dr hab. inż. Dariuszem Tomkiewiczem i opracowania oraz wykonania zrobotyzowanego stanowiska pozwalającego na automatyczne fenotypowanie roślin podczas przeprowadzanych doświadczeń wazonowych. Wykorzystałam również komputerowe metody analizy obrazu (IID2). Zbudowany i umieszczony wewnątrz komory robot inspekcyjny umożliwiał przemieszczanie układu sensorycznego przeznaczonego do fenotypowania roślin. Układ sensoryczny do fenotypowania roślin składał się z kamery z filtrami optycznymi, umożliwiającymi pomiar odbitego od powierzchni roślin promieniowania w wybranych zakresach spektralnych wraz z układem oświetlającym, oraz



kamery pozwalającej na pomiar wymiarów geometrycznych w trzech wymiarach przestrzennych (3D). Opracowane oprogramowanie, umożliwiło na podstawie zarejestrowanych zdjęć w wybranych zakresach spektralnych oraz danych z kamery 3D w postaci chmury punktów, ocenę zdolności wschodów i dynamiki wschodów oraz cech biometrycznych (IID2). Pozyskane w ten sposób dane umożliwiły stworzenie szeregu publikacji, dotyczących modelowania i modyfikacji wzrostu i rozwoju roślin. W pracach tych do opisu matematycznego wschodów roślin wykorzystano uogólnione funkcje logistyczne (funkcje Richardsa) oraz zmodyfikowane uogólnione funkcje logistyczne (znane również jako funkcje Koya-Goshu, stanowiące naturalną modyfikację klasycznie stosowanych funkcji Richardsa w opisie wzrostu roślin, wprowadzającą nieliniowy przyrost czasu w wykładniku exponenty oraz człon związany z przesunięciem czasowym). Dopasowanie krzywych do danych eksperymentalnych przeprowadzono w oparciu o minimalizację sumy kwadratów różnic pomiędzy danymi eksperymentalnymi, a modelem matematycznym. Rezultaty badań symulacyjnych pokazują, iż wyznaczone parametry krzywych (np. wartości parametru wzrostu, przesunięcia czasowego czy górnej granicy populacji) opisujących ilość wschodów w funkcji czasu pozostawały w dobrej zgodności z interpretacją na gruncie biologicznym badanych procesów. Uzyskane rezultaty skłoniły mnie również do prób zmiany skali eksperymentu laboratoryjnej do rzeczywistej. Moje osiągnięcia naukowe i badawcze na tym etapie polegały na stworzeniu potencjalnych scenariuszy wzrostu roślin w warunkach polowych. W badaniu przeprowadzonym w kontrolowanych warunkach założono, że wartości współczynnika wzrostu, pojemności środowiska i przesunięcia czasowego będą stałe. Jednak próba przeniesienia modelu opracowanego na podstawie eksperymentu laboratoryjnego do rzeczywistych warunków polowych skłoniła mnie do rozważenia, że parametry te zależą również od temperatury, wilgotności powietrza i pojemności środowiska. Stałe te nie musiały być wyraźnie uzależnione od temperatury, wilgotności i pojemności wody, ale poprzez okresową zmianę ich wartości. Okresowe zmiany (w ciągu 1 dnia) parametrów analizowanych parametrów funkcji, zaproponowano w oparciu o średnie dane pogodowe dla obszaru Polski. Podsumowując moje osiągnięcia naukowo badawcze w tym zakresie, wskazuję na potrzebę ulepszenia istniejących już modeli wzrostu roślin, traktowanych agrochemikaliami, uwzględniających sprzężenie zwrotne pomiędzy warunkami, panującymi na danym terenie a wartościami parametrów opisujących rozwój populacji. Przedstawione hipotezy, dotyczące możliwości przeniesienia uzyskanych modeli z warunków kontrolowanego środowiska do rzeczywistych warunków polowych wskazują kierunek





dalszych badań, których wyniki stanowią istotny wkład w opis matematyczny rozwoju roślin, w uprawach których aplikowane są agrochemikalia (IIA2, IID3). W następnym etapie swoich badań zajmowałam się modelowaniem i modyfikacją cech biometrycznych roślin oraz właściwości nasion, które wynikały z różnych sposobów aplikacji biostymulatorów, zarówno naturalnych jak i syntetycznych. Pozwoliło mi to także na ocenę wpływu stężeń, metod i liczby aplikacji agrochemikaliów na analizowane cechy roślin oraz nasion. Przeprowadzone badania polowe wykazały, że aplikacja biostymulatorów w uprawie roślin bobowatych przyniosła wymierne efekty w postaci zwiększonego plonowania oraz modyfikowała cechy fizyko-mechaniczne i skład chemiczny nasion. Rodzaj stosowanego biostymulatora, liczba aplikacji i stężenie modyfikowały cechy biometryczne, wielkość i jakość plonu oraz potencjał nutraceutyczny i przeciwutleniający nasion soi. Wyniki doświadczeń pozwoliły na wskazanie technik stosowania agrochemikaliów w praktyce rolniczej. Stwierdzono bowiem korzystny wpływ dolistnej, dwukrotnej aplikacji badanych biostymulatorów w wyższym stężeniu na wzrost i plon soi przy jednoczesnym braku negatywnego wpływu na wartość odżywczą nasion. Podsumowując, uzyskane w tym etapie wyniki, wskazują na potrzebę prowadzenia i poszerzania zakresu badań ukierunkowanych na poznanie reakcji różnych roślin uprawnych na różne metody i techniki aplikacji biostymulatorów, co pozwoli na stworzenie i ulepszenie predykcyjnych modeli wzrostu i plonowania roślin (IIA4-IIA7, IIA11, IID51).

W obszarze moich zainteresowań naukowych znajdują się aspekty energii odnawialnych i produkcji biomasy oraz biogazu rolniczego (IID53). Biomasa w Polsce stanowi podstawowe źródło energii odnawialnej i pochodzi głównie z odpadów produkcji leśnej, rolniczej oraz przemysłu drzewnego. Przydatność biomasy w energetyce zależy przede wszystkim od jej wartości opałowej, ciepła spalania czy zawartości popiołu. W poszukiwaniu nowych gatunków roślin energetycznych, spełniających wymagania stawiane biomasie, wytypowano topinambur. Jednak jak stwierdzono w badaniach własnych wielkość i struktura plonu tej rośliny zależy od metod prowadzenia plantacji i warunków glebowych. Najlepsze efekty produkcyjne można uzyskać uprawiając topinambur na plantacjach urządowanych, zakładanych na glebach lekkich (IID29). W swoich badaniach zajmowałam oceną parametrów chemicznych i opałowych topinamburu w zależności od zastosowanych metod nawożenia. Prowadzone przeze mnie badania wykazały, że zróżnicowane nawożenie (w postaci nawożenia kompostem z osadu ściekowego i nawożenia mineralnego) determinowało zawartości popiołu w biomasie, wodoru oraz wartość opałową. Wykazano także, iż ciepło spalania i wielkość plonu biomasy topinamburu nie zależały od analizowanych metod



nawożenia. W badaniach dowiedziono, że biomasa pochodząca z plantacji nawożonej mineralnie miała większą wartość opałową w porównaniu do nawożenia kompostem z osadu ściekowego (IID28).

Moja dalsza działalność naukowo badawcza, związana z produkcją i wykorzystaniem energii pochodzenia roślinnego, polegała na analizie procesów samozagrzewania się biomasy wierzby energetycznej i brzozy podczas przechowywania. Celem tego etapu mojej działalności była ocena fizykochemiczna i mikrobiologiczna zrębków o różnym stopniu rozdrobnienia podczas składowania. Wyniki przeprowadzonych badań dowiodły, że przebieg temperatur w pryzmie podczas jej składowania zależał od stopnia rozdrobnienia badanego materiału, wielkości hałdy oraz rodzaju i liczby zasiedlających mikroorganizmów. Proces samozagrzewania biomasy wpłynął na odnotowywaną wartość ciepła spalania, która uległa zmniejszeniu. Stwierdzono, że obniżona wartość energetyczna materiału, wynikała z faktu, że podczas procesu samozagrzewania, na skutek działalności drobnoustrojów, zużyte zostały składniki pokarmowe zawarte w zrębkach zarówno brzozy jak i wierzby. Podsumowując przeprowadzone badania pozwoliły na charakterystykę procesu samozagrzewania arbomasy w kontekście energetycznym oraz mikrobiologicznym. Uzyskano informacje na temat drobnoustrojów zasiedlających samozagrzewającą się biomasę drzewną oraz wskazano parametry, które wpływają na wartość energetyczną analizowanych zrębków (IID30-IID31).

W swojej pracy naukowej i badawczej zajmowałam się również metodami utrwalania surowców roślinnych (IID13, IID17-IID19, IID36, IID43, IID46-IID49), szczególnie procesami opartymi na usuwaniu z nich wody i obniżaniu aktywności wodnej oraz oceną jakości wytworzonych produktów. Prace z tego zakresu obejmują także ważne, w inżynierii żywności, wykorzystanie metod matematycznych. Zajmowałam się modelowaniem i optymalizacją utrwalania i przechowywania żywności, poszukując takich modyfikacji procesów, aby uzyskać jak najlepszy produkt końcowy przy zredukowaniu kosztów (optymalizacja statyczna). Osiągnięte rezultaty badań skłoniły mnie do pracy nad wykorzystaniem optymalizacji wielokryterialnej, opartej na metodzie rozwiązania utopijnego. Wykorzystując teorię planowania eksperymentu oraz program EPlaner wytypowano parametry procesu, które istotnie wpływały na jakość i koszt wytwarzanego produktu. Przyjętymi parametrami były: stężenie roztworu, czas odwadniania osmotycznego, czas przechowywania zamrażalniczego, metoda rozmrażania. Jako wskaźniki jakości przyjąłm analizowane cechy jakości produktu, poddawanego utrwalaniu i przechowywaniu (zawartość ekstraktu, suchej substancji, kwasowość). W celu uzyskania zależności funkcyjnych





przyjętych wskaźników jakości od parametrów procesu, zastosowałam metodę regresji wielowymiarowej. Dodatkowo wykorzystując otrzymane dane eksperymentalne przeprowadziłam wielowymiarową interpolację, co umożliwiło oszacowanie wartości każdego wskaźnika jakości w punktach pomiędzy badanymi parametrami procesu. Zastosowanie tej procedury, w odróżnieniu od opisu z wykorzystaniem regresji wielowymiarowej, nie zniekształciło licznych lokalnych minimów i maksimów, co miało istotne znaczenie w dalszej analizie wskaźników jakości. Wskaźniki te bowiem stanowiły kryteria decyzyjne w procedurze optymalizacyjnej. Prowadzone przeze mnie badania potwierdziły, że model oparty o regresję wielowymiarową z dobrą zgodnością przewidywał wartości wskaźników jakości w eksperymentalnie zbadanych punktach, jednocześnie wskazując globalny trend zmian. Z kolei model oparty o interpolację wielowymiarową nie może być rozszerzony poza zbadany eksperymentalnie zakres parametrów procesów, jednakże poprawnie opisywał lokalne ekstrema, co miało istotne znaczenie w dalszej analizie wyników, wykorzystując metodę tzw. frontu Pareto. Podsumowując, tę tematykę mojej działalności naukowej, należy podkreślić, że euklidesowa metoda analizy zestawu optymalnych rozwiązań Pareto stanowi zestaw matematycznych rozwiązań, będących kompromisem pomiędzy najlepszą jakością i najniższym kosztem. Wykorzystanie z wyników badań eksperymentalnych, w optymalizacji jest sposobem na znalezienie optymalnych warunków przetwarzania i przechowywania surowców i produktów. Optymalizacja wielokryterialna pozwala na celowe zmiany w procesach produkcyjnych produktów lub półproduktów nie tylko ze względu na czynniki ekonomiczne i jakościowe, ale także ze względu na czynniki ekologiczne związane z przetwarzaniem surowców pochodzenia roślinnego. Poszukiwanie nowych rozwiązań w optymalizacji powyższych kryteriów jest bardzo pożądane (IIA1, IID4, IID26-IID27, IID38).

Oprócz ww. kierunków badań zajmuję się też oceną składu i jakości surowców oraz produktów spożywczych. Badania te były ukierunkowane na zapewnienie bezpieczeństwa żywności, szczególnie w aspekcie stanu mikrobiologicznego i zawartości związków szkodliwych takich jak polichlorowane bifenyle, radiocez, związki chloroorganiczne. W swoich badaniach zajmowałam się oceną warzyw pod kątem wyżej wymienionych związków. We wszystkich badanych próbach warzyw stwierdzono obecność polichlorowanych bifenyli, co świadczyło o skażeniu środowiska związkami chloroorganicznymi. Oznaczane chemiczne związki szkodliwe występowały w warzywach objętych doświadczeniem w ilościach nie przekraczających najwyższych dopuszczalnych poziomów. Również obliczone równoważniki



toksyczności dla PCB 118 wykazały, że badane warzywa są bezpieczne dla konsumenta, w tak przyjętej ocenie toksykologicznej. Jednakże należy podkreślić, iż każda ilość związku chemicznego wprowadzona do diety z roślinnym produktem spożywczym stwarza w odległym czasie potencjalne zagrożenie dla zdrowia człowieka. Również w przypadku badań koncentracji chlorowanych węglowodorów, ich obecność wykryto we wszystkich badanych próbkach roślinnych. Analiza wyników prowadzonych badań wykazała, że najwyższe stężenia  $\gamma$ -HCH i całkowitego DDT stwierdzono w warzywach korzeniowych, natomiast najniższe poziomy związków chloroorganicznych określono w warzywach liściastych. Związki chloroorganiczne akumulowały się głównie w warzywach korzeniowych,

na poziomach nieprzekraczających maksymalnych poziomów pozostałości chemikaliów. Dodatkowo wyniki badań dowiodły, że w testowych warzywach, nadziemne części roślin akumulowały znacznie więcej radiocezu niż warzywa korzeniowe. Z powodu braku progów  $^{137}\text{Cs}$ , wymagane są testy do monitorowania jego zawartości w warzywach. Zakres omówionych badań jest ściśle związany z częścią przedmiotów, za które jestem odpowiedzialna dydaktycznie, na kierunku studiów technika rolnicza i leśna oraz technologia żywności i żywienie człowieka (IIA12-IIA13, IID8, IID12, IID22, IID25, IID50, IID55).

### **6. Osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne i popularyzatorskie**

Poza działalnością naukowo – badawczą dużą uwagę przywiązuje do działalności dydaktycznej. Podczas swojej pracy na uczelni prowadziłam lub prowadzę zajęcia w formie wykładów, ćwiczeń audytoryjnych oraz laboratoryjnych na studiach I i II stopnia na kierunkach technika rolnicza i leśna oraz technologia żywności i żywienie człowieka. Wśród prowadzonych przedmiotów można wymienić m.in. Agrotechnologia, Zastosowanie agrochemikaliów, Technologie produktów roślinnych, Procesy i instalacje fermentacyjne, Procesy i instalacje utrwalania żywności, Statystyka inżynierska. Treści programowe, przygotowane karty kursów, materiały dydaktyczne (w postaci instrukcji do zajęć laboratoryjnych) stanowią mój autorski wkład do dydaktyki na wymienionych kierunkach studiów. Za swoją działalność dydaktyczną w 2016 r. otrzymałam nagrodę indywidualną III stopnia Rektora Politechniki Koszalińskiej za działalność dydaktyczną, a w 2018 r. zostałam nagrodzona odznaczeniem „Lider Kształcenia Jakości”.

Angażuję się również w promocję uczelni, poprzez prowadzenie zajęć praktycznych i teoretycznych w ramach kursów przygotowujących uczniów szkół średnich do egzaminu maturalnego. Prowadzę również zajęcia promocyjne dla uczniów szkół średnich, za co zostałam nagrodzona Dyplomem za wspieranie edukacji ekologicznej w Polsce.





W ramach opieki naukowej nad studentami, prowadzonej od 2012 r., byłam promotorem 27 prac inżynierskich na kierunkach technika rolnicza i leśna oraz technologia żywności i żywienie człowieka oraz 7 prac magisterskich na kierunku technik rolnicza i leśna. Pełnie także funkcję promotora pomocniczego w dwóch otwartych przewodach doktorskich w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie inżynieria rolnicza, realizowanych na Wydziale Inżynierii Produkcji, Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie.

W ramach działań na rzecz wydziału i uczelni uczestniczyłam w pracach komisji rekrutacyjnych. Jestem koordynatorem ds. PBN oraz POL-on. Od 2008 r. biorę czynny udział w Festiwalach Nauki organizowanych na Politechnice Koszalińskiej.

Angażując się w działalność organizacyjną wydziału w 2015 r. aktywnie uczestniczyłam w organizacji II Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej dla Studentów i Młodych Pracowników Naukowych. Poznań, 10 czerwca 2015 r., a w 2018 r. w XVIII Konferencji Naukowo – Technicznej Budowa i Eksploatacja Maszyn Przemysłu spożywczego, Ustronie Morskie, 4 – 7 września 2018r.

Podczas swojej pracy na uczelni uczestniczyłam też w stażach dydaktycznych i szkoleniowych:

- Staż dydaktyczny 24.09.2018– 28.09.2018 r. w ramach programu CEEPUS CIII-PL-0701-07-1819 – Engineering as Communication Language in Europe, Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Agricultural Engineering, Department of Electrical Engineering, Automation and Informatics
- Staż szkoleniowy 16.09.2018 – 22.09.2018 r. w ramach programu Erasmus+ Staff Training Mobility (STT), Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Machines and Production Biosystems
- Staż dydaktyczny 18.09.2017 – 22.09.2017 r. w ramach programu CEEPUS CIII-PL-0701-06-1718 – Engineering as Communication Language in Europe, Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Agricultural Engineering, Department of Electrical Engineering, Automation and Informatics

### **7. Autorstwo i współautorstwo prac naukowych wraz ze wskaźnikami dokonań naukowych – podsumowanie dorobku naukowo – badawczego**

Efektom prowadzonej przeze mnie działalności naukowo – badawczej jest 67 prac naukowych. Wśród tych prac, 14 opublikowałam w czasopiśmie indeksowanym w bazie Journal Citation Reports (JCR), a ich sumaryczny impact factor (IF) wynosi 19,026. W moim dorobku naukowym znajdują się również 4 monografie (w tym wskazana jako osiągnięcie),



22 artykuły wydane w czasopismach, znajdujących się na liście czasopism punktowanych przez MNiSW. Jestem także współautorką 24 rozdziałów w monografiach naukowych w języku polskim, 1 w języku angielskim oraz 2 publikacje w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych uwzględnionych w Web of Science. Sumaryczne zestawienie mojego dorobku naukowo – badawczego wraz ze wskaźnikami dokonań naukowych przedstawiłam w tabelach 2-4.

Tabela 2. Zestawienie całkowitego dorobku naukowego

Rodzaj publikacji	Ilość	Punktacja MNiSW zgodnie z rokiem wydania
Artykuły indeksowane w bazie Journal Citation Reports (JCR), posiadające Impact Factor	14	299
Publikacje w czasopismach wymienionych w części B wykazu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego	22	167
Publikacje w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych uwzględnionych w Web of Science	2	30
Wykaz rozdziałów w monografiach naukowych w języku angielskim	1	5
Wykaz rozdziałów w monografiach naukowych w języku polskim	24	96
Monografie naukowe w języku polskim (w tym osiągnięcie naukowe)	4	100
<b>Razem</b>	<b>67</b>	<b>697</b>

Tabela 3. Zestawienie publikacji w czasopismach z listy JCR

Nazwa czasopisma	IF	Liczba publikacji	Sumaryczny IF	Suma punktów MNiSW zgodnie z rokiem wydania
PLoS One	2,766	1	2,766	40
Journal of Food Engineering	3,197	1	3,197	40
Przemysł Chemiczny	0,399	1	0,399	15
Frontiers in Plant Science	3,677	2	7,354	80
Rocznik Ochrona Środowiska	0,442	1	4,846	90
	0,808	1		
	0,899	4		
Legume Research	0,232	2	0,464	30
Żywność Nauka Technologia Jakość	0,000	1	0,000	4
<b>Razem</b>		<b>14</b>	<b>19,026</b>	<b>299</b>



Tabela 4. Zestawienie publikacji w czasopismach z listy B

Nazwa czasopisma	Liczba publikacji	Punktacja MNiSW zgodnie z rokiem wydania
Agricultural Engineering/Inżynieria Rolnicza	3	25
Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering	4	48
Acta Scientiarum Polonorum Technica Agraria	2	12
Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu - Rolnictwo	2	18
Polish Journal Of Commodity Science/ Towaroznawcze Problemy Jakości	1	7
Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego	4	22
Chłodnictwo: organ Naczelnej Organizacji Technicznej	1	4
Żywność Nauka Technologia Jakość	1	15
Żywnienie Człowieka i Metabolizm	1	2
Nowa Pediatria	2	9
Ziemniak Polski	1	5
<b>Suma</b>	<b>22</b>	<b>167</b>

Sumaryczny Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania: 19,026

Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS): 6

Liczba cytowań publikacji według bazy SCOPUS: 28

Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS): 2

Indeks Hirscha według bazy SCOPUS: 3

*Agnieszka Szprayo*