

**dr inż. Roman Andrzejak**

**Katedra Fitopatologii i Nasiennictwa**

**Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii**

**Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu**

# **AUTOREFERAT**

**w postępowaniu habilitacyjnym  
w dziedzinie nauk rolniczych,  
dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo**



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

**Poznań 2023**

# **Opis dorobku i osiągnięć naukowych**

## Spis treści

<b>1. Dane osobowe</b> .....	5
<b>2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe</b> .....	5
<b>3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu</b> .....	6
<b>4. Omówienie osiągnięcia, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2a Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 ze zm.)</b> .....	7
4.1. <i>Osiągnięcie</i> .....	7
4.2. <i>Omówienie celu naukowego osiągnięcia, otrzymanych wyników i porównanie ich z prowadzonymi do tej pory badaniami</i> .....	8
4.2.1. <i>Wstęp</i> .....	8
4.2.2. <i>Cel badań</i> .....	10
4.2.3. <i>Wpływ grzybów mikoryzowych na procent zasiedlenia korzeni, wybrane cechy biometryczne i jakościowe roślin oraz na stan odżywienia wybranych gatunków roślin ozdobnych</i> .....	11
4.2.3.1. <i>Zasiedlenie korzeni</i> .....	13
4.2.3.2. <i>Cechy biometryczne roślin</i> .....	13
<i>Wysokość i średnica roślin oraz liczba pędów i liści</i> .....	13
<i>Kwitnienie</i> .....	14
4.2.3.3. <i>Zawartość barwników chloroplastowych, białka i cukrowców</i> .....	15
4.2.3.4. <i>Stan odżywienia roślin</i> .....	16
<i>Zawartość makroelementów</i> .....	16
<i>Zawartość mikroelementów</i> .....	17
4.2.4. <i>Wpływ Trichoderma spp. na procent zasiedlenia korzeni, wybrane cechy biometryczne i jakościowe roślin oraz na stan odżywienia wybranych gatunków roślin ozdobnych</i> .....	17
4.2.4.1. <i>Zasiedlenie korzeni</i> .....	19
4.2.4.2. <i>Cechy biometryczne roślin</i> .....	20
<i>Wysokość roślin oraz liczba pędów i liści</i> .....	20
<i>Kwitnienie</i> .....	20
4.2.4.3. <i>Zawartość barwników chloroplastowych</i> .....	22
4.2.4.4. <i>Stan odżywienia roślin</i> .....	23
<i>Zawartość makroelementów w liściach</i> .....	23
<i>Zawartość mikroelementów w liściach</i> .....	23
4.2.5. <i>Podsumowanie</i> .....	23
4.2.6. <i>Spis literatury</i> .....	25
<b>5. Informacja o wykazaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej</b> .....	29
5.1. <i>Choroby roślin w uprawach ogrodniczych i rolniczych oraz możliwości ich ograniczania</i> .....	30

5.2. Biotyczne i abiotyczne choroby drzew i krzewów w terenach zurbanizowanych .....	32
5.3. Zastosowania grzybów w biologicznej ochronie roślin przed czynnikami chorobotwórczymi .	34
5.4. Wykorzystanie roślinnych regulatorów wzrostu w produkcji roślin ogrodniczych, w szczególności ozdobnych oraz w pozbiornym traktowaniu zieleni ciętej .....	34
5.5. Wykorzystanie grzybów mikoryzowych i <i>Trichoderma spp.</i> w uprawach ogrodniczych .....	36
5.6. Ocena zanieczyszczeń mikrobiologicznych w miejscu pracy .....	36
5.7. Rola ogrodów społecznych w miastach .....	37
5.8. Zrealizowane projekty badawcze .....	37
<b>6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę .....</b>	<b>38</b>
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne .....	38
6.2. Osiągnięcia związane z działalnością organizacyjną .....	40
6.3. Osiągnięcia związane z działalnością popularyzatorską .....	41
<b>7. Informacje dotyczące kariery zawodowej .....</b>	<b>41</b>
7.1. Współpraca z jednostkami naukowymi krajowymi i zagranicznymi, działalność międzynarodowa .....	41
7.2. Informacje o uczestnictwie w programach europejskich .....	42
7.3. Informacje o członkostwie w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych .....	42
7.4. Informacja o udziale w komisjach eksperckich w ramach współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym .....	42
7.5. Informacje o udziale w szkoleniach, kursach i stażach naukowych .....	43
7.6. Informacje o wystąpieniach na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych .	44
7.7. Informacje o nagrodach i wyróżnieniach .....	45
7.8. Zestawienie dorobku w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych .....	46

## 1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: Roman Andrzejak

Miejsce pracy: Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 28  
60-637 Poznań

Dane kontaktowe: Katedra Fitopatologii i Nasiennictwa  
Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Dąbrowskiego 159  
60-594 Poznań  
e-mail: [roman.andrzejak@up.poznan.pl](mailto:roman.andrzejak@up.poznan.pl)

## 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

2002 tytuł zawodowy: inżynier  
kierunek: ogrodnictwo, studia niestacjonarne I°  
specjalność: kształtowanie terenów zieleni  
Wydział Ogrodniczy Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu (obecnie Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu)

2003 tytuł zawodowy: magister inżynier  
kierunek: ogrodnictwo, studia niestacjonarne II°, tryb indywidualnego toku studiów pod opieką naukową dra hab. Piotra Urbańskiego  
praca dyplomowa: Skuteczność saprofitycznych izolatów *Fusarium oxysporum* Schlecht. w zwalczaniu fuzariozy naczyniowej goździka szklarniowego - Katedra Fitopatologii (obecnie Katedra Fitopatologii i Nasiennictwa) – opiekun naukowy dr hab. Maria Werner

2012

stopień naukowy: doktor w dziedzinie nauk rolniczych  
W dyscyplinie ogrodnictwo  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Wydział Ogródnictwa i Architektury Krajobrazu  
tytuł rozprawy: Ocena występowania grzybów rodzaju  
*Fusarium* w wypustkach szparaga lekarskiego  
(*Asparagus officinalis* L.) - promotor dr hab. Maria  
Werner

### **3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu**

1.09.1984 do 16.02.1987

Akademia Rolnicza  
Wydział Ogródniczy  
Zakład Kształtowania i Konserwacji Terenów Zieleni  
stanowisko: technik

17.02.1987 do 31.10.2015

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
(wcześniej Akademia Rolnicza im. Augusta  
Cieszkowskiego)  
Wydział Ogródnictwa i Architektury Krajobrazu  
(wcześniej Wydział Ogródniczy)  
Katedra Fitopatologii  
stanowisko: specjalista/starszy specjalista

1.11.2015 do dzisiaj

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Wydział Rolnictwa, Ogródnictwa i Bioinżynierii  
(wcześniej Wydział Ogródnictwa i Architektury  
Krajobrazu)  
Katedra Fitopatologii i Nasiennictwa  
stanowisko: adiunkt

## 4. Omówienie osiągnięcia, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2a Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 ze zm.)

### 4.1. Osiągnięcie

Osiągnięcie pod tytułem „*Trichoderma* spp. i grzyby mikoryzowe biostymulatorami dla roślin ozdobnych”, będące podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego na podstawie art. 219 ust. 1 pkt. 2a Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) tworzy cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 2019 ust.1. pkt 2b ustawy [Załącznik 4, poz. 1.1., 1.2., 1.3, 1.4., 1.5, 1.6.].

Janowska B., Rybus-Zajac M., Horojdko M., **Andrzejak R.**, Siejak D. 2016. The effect of mycorrhization on the growth, flowering, content of chloroplast pigments, saccharides and protein in leaves of *Sinningia speciosa* (Lodd.) Hiern. *Acta Agroph.* 23(2): 213-223.

pkt MNiSW<sub>2016</sub> – 14

Janowska B., **Andrzejak R.** 2017. Effect of mycorrhizal inoculation on development and flowering of *Tagetes patula* L. ‘Yellow Boy’ and *Salvia splendens* Buc’hoz ex Etl. ‘Saluti Red’. *Acta Agrob.* 70(2): 1703. DOI: 10.5586/aa.1703

pkt MNiSW<sub>2017</sub> – 14

Janowska B., **Andrzejak R.**, Kosiada T. 2020. The influence of fungi of the *Trichoderma* genus on the flowering of *Freesia refracta* Klatt ‘Argentea’ in winter. *Horticultural Science (Prague)* 47(4): 203-210. <https://doi.org/10.17221/35/2019-HORTSCI>

pkt MEiN<sub>2020</sub> – 70, IF<sub>2020</sub> – 0,925

**Andrzejak R.**, Janowska B. 2021. Yield and quality of inflorescences in the *Zantedeschia albomaculata* (Hook.) Baill. ‘Albomaculata’ after the treatment with AMF and GA<sub>3</sub>. *Agronomy* 11(4): 644, <https://doi.org/10.3390/agronomy11040644>

pkt MEiN<sub>2021</sub> – 100, IF<sub>2021</sub> – 3,949

**Andrzejak R.**, Janowska B., Reńska B, Kosiada T. 2021. Effect of *Trichoderma* spp. and fertilisation on the flowering of *Begonia × tuberhybrida* Voss. ‘Picotee Sunburst’. *Agronomy* 11(7): 1278. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071278>

pkt MEiN<sub>2021</sub> – 100, IF<sub>2021</sub> – 3,949

**Andrzejak R.**, Janowska B. 2022. Flowering, nutritional status, and content of chloroplast pigments in the leaves of *Gladiolus hybridus* L. ‘Advances Red’ after application of *Trichoderma* spp. *Sustainability* 14(8): 4576. <https://doi.org/10.3390/su14084576>

pkt MEiN<sub>2022</sub> – 100, IF<sub>2022</sub> – 3,889

**Łącznie pkt MNiSW/MEiN – 398, IF – 12,712**

## **4.2. Omówienie celu naukowego osiągnięcia, otrzymanych wyników i porównanie ich z prowadzonymi do tej pory badaniami**

### **4.2.1. Wstęp**

Biostymulatorem roślinnym jest każda substancja lub mikroorganizm stosowane u roślin w celu zwiększenia efektywności odżywiania, tolerancji na stres abiotyczny i/lub cech jakościowych roślin, niezależnie od zawartości składników odżywczych w organach roślinnych. Dodatkowo, za biostymulatory uznaje się również produkty handlowe zawierające mieszaniny takich substancji i/lub mikroorganizmów [1]. Biostymulatory można zdefiniować jako niewielkie ilości materii organicznej lub nieorganicznej, które stymulują wzrost i rozwój roślin w sposób, w jaki nie byłyby w stanie działać bez dodatku tych związków [2]. W 2016 roku Komisja Europejska zaklasyfikowała biostymulatory do kategorii CE, zgodnie z którą są to produkty nawozowe, które wspomagają wzrost i rozwój roślin niezależnie od zastosowanej ilości [3]. W 2018 roku Rada Unii Europejskiej doprecyzowała definicję podkreślając, że niektóre substancje, mieszaniny i mikroorganizmy, określane jako biostymulatory roślinne, nie są składnikami odżywczymi, ale mimo to stymulują naturalne procesy odżywiania roślin. W przypadku gdy celem takich produktów jest wyłącznie poprawa efektywności wykorzystania składników pokarmowych przez rośliny, zwiększenie tolerancji na stresy abiotyczne lub cechy jakościowe upraw, degradację związków organicznych w glebie lub zwiększenie dostępności składników odżywczych w ryzosferze, są one z natury bardziej podobne do nawozów niż do większości kategorii środków ochrony roślin. Działają one jako uzupełnienie nawozów, mając na celu optymalizację ich skuteczności i zmniejszenie dawek nawozów [4].

Termin "biostymulatory" obejmuje naturalne stymulanty, w tym fenole, kwas salicylowy, humusowy i fulwowy lub hydrolazy białkowe [5]. Ich pozytywny wpływ na produkcję ogrodniczą wynika głównie z obecności związków bioaktywnych, takich jak: regulatory wzrostu, aminokwasy i składniki odżywcze, które stymulują wzrost roślin [6]. Wyróżnia się kilka grup biostymulatorów ze względu na sposób ich stosowania (podłoże, liście), pochodzenie (roślinne, zwierzęce) lub proces ich powstawania (hydroliza, fermentacja, ekstrakcja) [7]. Związki te pomagają roślinom rosnąć i rozwijać się na wiele sposobów [8]. Według Abbotta i in. [9] modyfikatory biologiczne można podzielić na trzy główne typy: biostymulatory, substancje organiczne i inokulanty drobnoustrojów. W ramach tego systemu grupowania, biostymulatory obejmują aminokwasy, chitozan, ekstrakty z wodorostów, substancje humusowe, bakterie i grzyby.

Mechanizm działania biostymulatorów jest w dużej mierze nieznan [10]. Opracowanie nowych metod biotechnologii molekularnej zapewne jednak pomoże wkrótce zrozumieć mechanizmy, a nawet możliwe sposoby oddziaływania biostymulatorów [11]. Według niektórych badań, biostymulatory nie mają negatywnego wpływu na środowisko lub zdrowie ludzkie ze względu na niską toksyczność biologiczną ich składników i szybki rozkład w środowisku. Powszechne ich stosowanie może być bardzo ważne dla poprawy zrównoważonego ogrodnictwa, ponieważ mogą stymulować zwiększoną produkcję przy mniejszym wpływie na środowisko [12].

W obrębie biostymulatorów ważną pozycję zajmują grzyby z rodzaju *Trichoderma* oraz grzyby mikoryzowe.



Grzyby z rodzaju *Trichoderma* są organizmami szeroko rozpowszechnionymi w środowisku. Występują we wszystkich strefach klimatycznych i zasiedlają różne nisze ekologiczne. Najczęstszym siedliskiem *Trichoderma* spp. jest próchniejące drewno, gleba, a szczególnie ryzosfera. Grzyby z tego rodzaju produkują liczne metabolity, które wspomagają interakcję tych grzybów z roślinami i innymi mikroorganizmami. *Trichoderma* spp. poprzez nadpasożytnictwo i antybiozę oddziałują na bakterie, wirusy i patogeniczne grzyby [13], mają zdolność do redukcji toksyn produkowanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium* [14,15] oraz, jak ostatnio wykazano, mogą mieć komplementarne właściwości, które wzmacniają bariery obronne roślin przed owadami [16]. Wykorzystanie tych grzybów jest jednak w pewnym stopniu ograniczone przez ich zmienny poziom aktywności biokontrolnej, na który wpływają warunki środowiskowe. *Trichoderma* spp. wywołują indukowaną odporność systemiczną zarówno u jednoliściennych jak i dwuliściennych roślin w wyniku stresów biotycznych i abiotycznych. Dzięki tym właściwościom zalicza się je do czynników kontroli biologicznej, wykorzystywanych komercyjnie do produkcji środków ochrony roślin jako biopestycydy czy biostymulatory. *Trichoderma* spp. produkują wiele związków biologicznie czynnych, takich jak: enzymy (celulazy, proteazy, fosfatazy, lipazy, ksylanazy oraz amylazy) [17], antybiotyki, związki lotne [14,18-20], a także regulatory wzrostu [14,20]. *Trichoderma* spp. dzięki swoim właściwościom wchodzi w skład preparatów mikrobiologicznych stosowanych w celu optymalizacji kompostowania surowców różnego pochodzenia [17].

*Trichoderma* spp. są szeroko opisywane jako stymulatory wzrostu roślin. Cecha ta jest raczej specyficzna dla izolatów niż dla gatunków, a poszczególne izolaty wykazują różne stopnie specyficzności dla roślin. Zwiększona biomasa korzeni i/lub pędów jest najczęstszym przejawem stymulacji wzrostu, ale opisywane są również zmiany w morfologii i rozwoju roślin. Stymulacja wzrostu może być bardzo zmienna ze względu na kilka czynników ograniczających, takich jak: rodzaj i warunki uprawy, dawka inokulum i rodzaj preparatu [21]. Według Nieto-Jacob i in. [22] komunikacja pomiędzy roślinami a *Trichoderma* spp. obejmuje rozpoznawanie molekuł pochodzących od grzybów, takich jak auksyny i mikrobiologiczne lotne związki organiczne, jednakże komunikacja ta jest mocno uzależniona od środowiska. Contreras-Cornejo i in. [23] sugerują, że *Trichoderma* spp. indukują wzrost przez mechanizm zależny od auksyny. Na podstawie testów biologicznych *in vitro* wykazali, że *Trichoderma virens* Gv29.8 i *T. atroviride* IMI206040 mogą syntetyzować kwas indolilo-3-octowy (IAA) i niektóre jego pochodne, dzięki czemu system korzeniowy rozwija się intensywnie. Według tych autorów, wiele szczepów *Trichoderma* jest zdolnych do syntezy IAA, ale tylko kilka z nich może stymulować wzrost roślin. Niektórzy badacze wskazują, że *Trichoderma* spp. stymulują wzrost roślin, ponieważ umożliwiają one roślinom wchłanianie większej ilości składników odżywczych oraz wspomagają produkcję witamin i regulatorów wzrostu [24-26]. Obecnie w handlu dostępnych jest wiele bioinokulantów *Trichoderma*, a mieszanki szczepów stają się coraz bardziej powszechne ze względu na większą spójność działania [21].

Na całym świecie prowadzone są badania mające na celu określenie wpływu *Trichoderma* spp. na rośliny z różnych grup. Dominują badania na roślinach użytkowych - jadalnych [27-29]. Mało natomiast jest informacji na temat wpływu tych grzybów na rośliny ozdobne, na których przeprowadzono złożone do oceny badania.

Mikoryza to zjawisko symbiozy między grzybami i roślinami. Ustanowienie mikoryzy pociąga za sobą głębokie zmiany morfologiczne i fizjologiczne w korzeniu. Zjawisko to działa w sposób zintegrowany z grzybem, promując w ten sposób zyski w zdolności adaptacyjnej i przetrwania symbiontów [30]. Według Wang i Qiu [31], z ogólnej liczby 3617 analizowanych gatunków należących do 263 rodzin roślin lądowych, 80% gatunków i 92% rodzin jest związanych z mikoryzą. Wśród okrytozalążkowych to, odpowiednio, 85 i 94% gatunków i rodzin jest związanych z mikoryzą.

Grzyby mikoryzowe występują w większości biomeów na Ziemi i są podstawową przyczyną wzrostu roślin na naszej planecie. Najbardziej rozpowszechnioną mikoryzą jest ta tworzona przez arbuskularne grzyby mikoryzowe (AMF), które kolonizują korzenie ponad 80% przedstawicieli królestwa roślin. W mikoryzie tej, zwanej także endomikoryzą, grzybnia przenika strzępkami do wnętrza komórek roślin przez ich ściany komórkowe, dzięki czemu ma bezpośredni kontakt z błoną komórkową [32]. Grzyby mikoryzowe wpływają na rozwój nadrzędnego systemu korzeniowego, zwiększają zdolność przewodzenia wody oraz pobierania makroelementów, mikroelementów i niemobilnych składników pokarmowych [33]. W obecności mikoryzy szybkość fotosyntezy wzrasta, gdyż wzrasta asymilacja dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>). O ile istnieją wyniki badań wskazujące na udział grzybów mikoryzowych w ciemnej fazie fotosyntezy, to wiedza na temat aktywności fotochemicznej roślin rosnących w obecności AMF jest jednak nadal niewystarczająca [34-37]. W przyrodzie rzadziej dochodzi do ektomikoryzy, w której strzępki grzybni oplatają korzenie roślin tworząc tak zwaną opilśń i wchodząc niejako w rolę włóśników korzeniowych. Ten typ mikoryzy jest wykorzystywany przez około 10% roślin, głównie przez drzewa [31]. Najrzadziej występującą jest ektendomikoryza, zwana również mikoryzą erikoidalną. Mikoryza ta łączy oba poprzednie sposoby współpracy między grzybnią a korzeniami roślin. Strzępki grzybni zarówno wnikają przez ścianę komórkową do wnętrza komórek rośliny jak i oplatają je pilśnią. Korzysta z niej niewiele roślin – głównie rośliny kwasolubne [38]. Jako oddzielny rodzaj wyróżniana jest mikoryza storczykowata. Szczególną cechą tej mikoryzy jest transfer węgla (C) z grzyba do rośliny [39].

#### 4.2.2. Cel badań

Badania podzielono na dwa obszary, w których oceniano wpływ grzybów mikoryzowych i *Trichoderma* spp. na procent zasiedlenia korzeni, wybrane cechy biometryczne i jakościowe roślin oraz na stan ich odżywienia.

W pierwszym obszarze jako cel wyznaczono określenie wpływu grzybów mikoryzowych u cantedeskii biało nakrapianej (*Zantedeschia albomaculata* (Hook.) Baill.) ‘Albomaculata’, syningii okazałej (*Sinningia speciosa* (Lodd.) Hiern.) ‘Defiance’ i ‘Blanche de Meru’, aksamitki rozpierzchłej (*Tagetes patula* L.) ‘Yellow Boy’ i szalwii błyszczącej (*Salvia splendens* Buc’hoz ex Etl.) ‘Saluti Red’ na:

- procent zasiedlenia korzeni,
- cechy biometryczne, wyrażone wysokością, liczbą pędów bocznych, średnicą roślin, liczbą liści oraz wielkością kwiatów/kwiatostanów i ich liczbą,
- zawartość barwników chloroplastowych (chlorofil a+b, karotenoidy), białka, cukrowców,

- zawartość makro- i mikroelementów.

W drugim obszarze celem badań było określenie wpływu grzybów z rodzaju *Trichoderma* spp. u frezji (*Freesia refracta* Klatt.) ‘Argentea’, begonii bulwiastej (*Begonia* × *tuberhybrida* Voss.) ‘Picotee Sunburst’ i mieczyka ogrodowego (*Gladiolus hybridus* L.) ‘Advances Red’ na:

- procent zasiedlenia korzeni,
- cechy biometryczne, wyrażone wysokością, liczbą pędów bocznych, liczbą liści oraz wielkością,
- zawartość barwników chloroplastowych (chlorofil a+b, karotenoidy),
- zawartość makro- i mikroelementów.

### ***4.2.3. Wpływ grzybów mikoryzowych na procent zasiedlenia korzeni, wybrane cechy biometryczne i jakościowe roślin oraz na stan odżywienia wybranych gatunków roślin ozdobnych***

Janowska B., Rybus-Zajac M., Horojdko M., **Andrzejak R.**, Siejak D. 2016. The effect of mycorrhization on the growth, flowering, content of chloroplast pigments, saccharides and protein in leaves of *Sinningia speciosa* (Lodd.) Hiern. *Acta Agroph.* 23(2): 213-223.

Janowska B., **Andrzejak R.** 2017. Effect of mycorrhizal inoculation on development and flowering of *Tagetes patula* L. ‘Yellow Boy’ and *Salvia splendens* Buc’hoz ex Etl. ‘Saluti Red’. *Acta Agrob.* 70(2): 1703. DOI: 10.5586/aa.1703

**Andrzejak R.**, Janowska B. 2021. Yield and quality of inflorescences in the *Zantedeschia albomaculata* (Hook.) Baill. ‘Albomaculata’ after the treatment with AMF and GA<sub>3</sub>. *Agronomy* 11(4): 644, <https://doi.org/10.3390/agronomy11040644>

W badaniach własnych oceniano wpływ grzybów mikoryzowych na procent zasiedlenia korzeni, wybrane cechy biometryczne i jakościowe roślin oraz na stan odżywienia dwóch odmian syningii okazałej (*Sinningia speciosa* /Lodd./ Hiern): ‘Defiance’ i ‘Blanche de Meru’, aksamitki rozpierzchłej (*Tagetes patula* L.) ‘Yellow Boy’ i szalwii błyszczącej (*Salvia splendens* Buc’hoz ex Etl.) ‘Saluti Red’ oraz cantedeskii biało nakrapianej (*Zantedeschia albomaculata* (Hook.) Baill.) ‘Albomaculata’.

Bulwy odmian syningii okazałej o obwodzie 15-18 cm posadzono do doniczek o średnicy 15 cm w podłożu torfowym o pH 6,2, wzbogaconym wolno uwalniającym się nawozem Osmocote Plus (3-4M), zmieszanym ze świeżą, rozdrobnioną korą sosnową w stosunku objętościowym 3:1 (v:v). W kombinacji kontrolnej rośliny były uprawiane w podłożu bez grzybów mikoryzowych. W pozostałych kombinacjach podłoże, po posadzeniu bulw, podlano zawiesiną grzybów mikoryzowych. Rośliny uprawiano w szklarni. Nawożenie pogłówne rozpoczęto po pięciu tygodniach uprawy. Do nawożenia, co 10-14 dni, zastosowano wieloskładnikowy nawóz Peters Professional (15-11-29) o stężeniu 0,2%. Gdy na roślinach rozwinął się pierwszy kwiat określono wysokość i średnicę roślin oraz liczbę liści

i zainicjowanych pąków kwiatowych. W celu oceny zmian biochemicznych w liściach w fazie wzrostu wegetatywnego oznaczono zawartość chlorofilu a+b, karotenoidów, białka i cukrowców. Próbki pobierano co siedem dni, od piątego do jedenastego tygodnia uprawy, czyli pięciokrotnie. Ocenie poddano także procent zasiedlenia korzeni przez grzyby mikoryzowe.

U aksamitki rozpięchłej i szaławii błyszczącej przeprowadzono dwuletnie badania, w których u aksamitki oceniano wpływ grzybów mikoryzowych na wysokość roślin, liczbę pędów bocznych I rzędu, liczbę pąków kwiatostanowych oraz średnicę koszyczka, a u szaławii oprócz wysokości roślin, liczby pędów bocznych I rzędu określono liczbę kwiatów w gronie oraz jego długość. U obu gatunków określono także indeks zazielenienia liści, który jest skorelowany z zawartością chlorofilu. Oceniono także procent zasiedlenia korzeni przez grzyby mikoryzowe. Nasiona wysiano do skrzynek wypełnionych substratem torfowym zmieszonym z piaskiem. Siewki pikowano po dwóch tygodniach do palet wielodoniczkowych wypełnionych substratem torfowym wzbogaconym 1 g na litr wieloskładnikowego nawozu Universal. Po kolejnych dwóch tygodniach młode rośliny posadzono do doniczek o średnicy 9 cm wypełnionych substratem torfowym o pH 6,5 z dodatkiem 3 g na litr nawozu o spowolnionym działaniu Osmocote (3-4M). Wyodrębniono kombinację kontrolną, w której rośliny uprawiano w substracie torfowym oraz kombinacje, w których podłoże podlano zawiesiną grzybów mikoryzowych. Uprawiane w szklarni rośliny regularnie podlewano oraz nawożono co tydzień roztworami wieloskładnikowego nawozu Superba brązowa o stężeniu 0,2%. Pomiary biometryczne wykonano, gdy u aksamitki rozwinęły się 3 koszyczki, a u szaławii rozwinięte były kwiaty w szczytowym kwiatostanie.

U *cantedeskii* biało nakrapianej przeprowadzono trzyletnie badania w celu oceny wpływu kwasu giberelinowego (GA<sub>3</sub>) i arbuskularnych grzybów mikoryzowych na procent zasiedlenia korzeni, intensywność kwitnienia, długość szypuły i pochwy kwiatostanowej oraz na zawartość makroelementów (azot - N, fosfor -P, potas - K, wapń - Ca i magnez - Mg) i mikroelementów (żelaz - Fe, mangan - Mn, cynk - Zn, miedź - Cu i sód - Na). Kłącza o obwodzie ponad 20 cm, z pąkami liściowymi o długości 0,5-1,5 cm, sadzono do doniczek o średnicy 20 cm wypełnionych podłożem składającym się z torfu wysokiego (pH 6,2) wzbogaconego nawozem o spowolnionym działaniu Osmocote Plus (3-4 M) (15 + 11 + 13 ± 2 MgO + mikroelementy) w ilości 3 g·dm<sup>-3</sup>, zmieszonym ze świeżą, rozdrobnioną korą sosnową w stosunku objętościowym 3:1 (v/v). Przed sadzeniem kłącza moczoło przez 30 minut w wodzie (rośliny kontrolne) lub wodnym roztworze GA<sub>3</sub> o stężeniu 150 mg·dm<sup>-3</sup> (optymalne stężenie dla odmiany 'Albomaculata'). Tydzień po posadzeniu kłączy podłoże podlano zawiesiną grzybów mikoryzowych. Rośliny uprawiano w szklarni. Nawożenie pogłównie rozpoczęto w piątym tygodniu uprawy. Stosowano 0,2% roztwory nawozów Peters Professional (20:20:20) lub Superby brązowej (14-10-25 + mikroelementy) co 10-14 dni. Na początku wegetacji, gdy liście były w pełni rozwinięte, jednorazowo zastosowano dolistnie 0,2% Saletrę wapniową.

U wszystkich badanych gatunków zastosowano preparat handlowy (Endorize-TA AMF, Biorize Sarl, Francja) zawierający mieszaninę arbuskularnych grzybów mikoryzowych (nazewnictwo zgodne z obecną systematyką): *Rhizophagus aggregatus* (N.C. Schenck i G.S. Sm.), *Funneliformis mosseae* (T.H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & A. Schüßler, *Rhizophagus intraradices* (N.C. Schenck i G.S. Sm.) C. Walker i A. Schüßler, *Rhizophagus clarus* (T.H.

Nicolson i N.C. Schenck) C. Walker i A. Schüßler, *Claroideoglosum etunicatum* (W.N. Becker i Gerd.) C. Walker i A. Schüßler oraz *Gigaspora margerita* W.N. Becker i I.R. Hall. Grzyby mikoryzowe zastosowano po posadzeniu roślin/bulw/kłączy w formie zarodników w ilości 100 jednostek propagacyjnych na roślinę (2 g preparatu na roślinę).

#### **4.2.3.1. Zasiedlenie korzeni**

Pomimo że symbioza grzybów mikoryzowych i roślin w przyrodzie jest zjawiskiem powszechnym, to według niektórych autorów uprawa roślin ozdobnych w sterylnych podłożach wyklucza zaistnienie omawianej symbiozy [40], przeprowadzone jednak badania własne zaprzeczają tej tezie. Wykazano bowiem, że w obu latach u aksamitki rozpierzchłej (*Tagetes patula*) 'Yellow Boy' kolonizacja korzeni wynosiła 34,2% i 33,7%, u szaławii błyszczącej (*Salvia splendens*) 'Saluti Red' - 30,4% i 32,2%, u odmian syningii okazałej (*Sinningia speciosa*) ('Defiance' i 'Blanche de Meru') - 29,9 i 32,1% oraz u cantedeskii biało nakrapianej (*Zantedeschia albomaculata*) 'Albomaculata' - 31,2%, 32,0% i 30,7% u roślin nietraktowanych kwasem giberelinowym (GA<sub>3</sub>), natomiast u traktowanych GA<sub>3</sub> - 29,9%, 31,1% i 30,4. Wyniki nielicznych jak dotąd badań z mikoryzą u roślin jednorocznych potwierdzają, iż procent zasiedlenia korzeni AMF w tej grupie roślin jest wyższy niż ten, który uzyskano w badaniach własnych. Nowak [41] informuje, że korzenie inokulowanych grzybami mikoryzowymi roślin szaławii błyszczącej Sello 'Torreador' były skolonizowane w 40%, przy czym dodatek kadmu (Cd) i ołowiu (Pb) do podłoża znacząco ograniczał kolonizację korzeni. Natomiast u astra chińskiego (*Callistephus chinensis*) 'Milady' kolonizacja grzybów mikoryzowych w roślinach nawożonych fosforem (P) w ilości 8,68 i 43,40 mg·dm<sup>-3</sup> wynosiła odpowiednio 67% i 60% [41]. Wyniki uzyskane u cantedeskii, u której zasiedlenie korzeni roślin, u których zastosowano GA<sub>3</sub> było niższe, można natomiast odnieść do badań Eloise i in. [42]. Autorzy sugerują, że endogenne poziomy giberelin wpływają na tworzenie arbuskul w mikoryzowanych korzeniach grochu, jednak egzogenne podanie giberelin ogranicza powstawanie arbuskul w korzeniach tego gatunku.

#### **4.2.3.2. Cechy biometryczne roślin**

##### ***Wysokość i średnica roślin oraz liczba pędów i liści***

Cechy biometryczne, wyrażone wysokością, średnicą oraz liczbą pędów i liści u roślin, są ważnym parametrem oceny wartości zarówno roślin doniczkowych uprawianych do ozdoby wnętrza, do których zaliczana jest syningia jako cenny gatunek o ozdobnych kwiatach, jak i kwietnikowych, do których należą aksamitka i szaławia. W badaniach własnych nie wykazano wpływu mikoryzy na wysokość i średnicę roślin oraz liczbę liści u obu odmian syningii okazałej. We wszystkich kombinacjach rośliny tworzyły regularne rozety utworzone z dużej ilości ciemnozielonych liści. Nie wykazano także wpływu mikoryzacji na wysokość roślin aksamitki rozpierzchłej 'Yellow Boy' i szaławii błyszczącej 'Saluti Red' w obu latach badań. Po porównaniu jednak liczby pędów bocznych I rzędu u odmian badanych gatunków, stwierdzono, iż zależała ona jedynie od mikoryzacji. Uprawiane w symbiozie z grzybami odmiany obu gatunków wytworzyły istotnie więcej pędów bocznych I rzędu w porównaniu do roślin kontrolnych w obu latach badań, co z punktu widzenia praktyki ogrodniczej, jest

zjawiskiem bardzo korzystnym, gdyż do sadzenia na kwietniki wybierane są gatunki niskie, bardzo dobrze krzewiące się. Skuteczność mikoryzacji, poprawiającej intensywność krzewienia, u aksamitki rozpierzchłej wykazali Schmidt i Şumãlan [43]. Natomiast Nowak [41] wykazała, iż u astra chińskiego ‘Miledy’ mikoryzacja, która obniżyła pH podłoża i zawartość rozpuszczalnych soli w podłożu, niekorzystnie wpłynęła na jakość roślin, gdyż miały one mniejszą świeżą masę, mniej pędów i były niższe w porównaniu do roślin kontrolnych. We wcześniejszych badaniach ta sama autorka wykazała, iż mikoryzacja hamuje natomiast wzrost roślin szalwii błyszczącej Sello ‘Toreador’ oraz zwiększa akumulację kadmu (Cd) i ołowiu (Pb) w pędach [40]. Są to jednak nieliczne badania z mikoryzacją roślin jednorocznych, gdyż w praktyce, w celu poprawy ich jakości, najczęściej stosowane są retardanty wzrostu. Po ich zastosowaniu producenci oczekują, że rośliny będą niższe, bardziej zwarte i dobrze rozkrzewione. Często jednak wraz z zahamowaniem wzrostu następuje także ograniczenie liczby pędów bocznych, co jest zjawiskiem niekorzystnym [44]. Z punktu widzenia ochrony środowiska stosowanie retardantów wzrostu jest niewskazane. Na polskim rynku są one obecnie nieosiągalne, stąd prowadzenie badań z mikroorganizmami u tej grupy roślin wydaje się szczególnie celowe.

### ***Kwitnienie***

U aksamitki rozpierzchłej ‘Yellow Boy’ stwierdzono istotnie więcej pąków kwiatostanowych u roślin mikoryzowanych w obu latach badań, przy czym średnica koszyczka była podobna u roślin kontrolnych i rosnących w symbiozie z grzybami. Rośliny mikoryzowane wytworzyły odpowiednio o 36% i 73,7% więcej pąków i kwiatostanów w obu latach badań. U szalwii błyszczącej ‘Saluti Red’ nie stwierdzono istotnego wpływu mikoryzacji na tworzenie dłuższych kwiatostanów, jednak u roślin rosnących w symbiozie z grzybami rozwijało się istotnie więcej kwiatów w gronie – odpowiednio o 27,8% i 27,4% w obu latach badań. O korzystnym wpływie mikoryzacji na kwitnienie aksamitki rozpierzchłej piszą Schmidt i Şumãlan [43]. Autorzy wykazali, iż dzięki uprawie tego gatunku w symbiozie z grzybami mikoryzowymi istotnie zwiększyła się liczba pąków kwiatostanowych.

W badaniach własnych obfitsze kwitnienie odnotowano także u mikoryzowanych roślin syningii okazałej. Mikoryzowane odmiany ‘Defiance’ i ‘Blanche de Meru’ wytworzyły aż o 66,7 i 57% więcej pąków w porównaniu z roślinami kontrolnymi.

Przeprowadzone u cantedeskii biało nakrapianej ‘Albomaculata’ badania wykazały, że plon kwiatów zależał jedynie od mikoryzacji. Zastosowanie grzybów mikoryzowych sprawiło, że średni plon kwiatów był aż o 100% większy niż roślin nie mikoryzowanych. Porównanie interakcji wykazało, że najwięcej kwiatów rozwinęło się na roślinach mikoryzowanych, niezależnie od tego, czy ich kłącza były moczone w GA<sub>3</sub>, czy nie. Moczenie kłączy w GA<sub>3</sub> bez mikoryzy zwiększało plon kwiatów, jednak ich liczba była istotnie mniejsza w porównaniu z roślinami mikoryzowanymi. Zastosowanie w badaniach mikoryzacji i GA<sub>3</sub> było zabiegiem celowym, gdyż regulator ten jest powszechnie stosowany w celu poprawy kwitnienia odmian cantedeskii o barwnych pochwach kwiatostanowych. Wyniki prowadzonych badań wskazują, iż stosowane moczenie kłączy w GA<sub>3</sub> jest skuteczną metodą poprawiającą kwitnienie [45], jednak z punktu widzenia fitosanitarnego u cantedeskii o barwnych pochwach kwiatostanowych powinno być zastąpione metodą równie skuteczną,

jednak nie stwarzającą możliwości rozprzestrzeniania się bakterii - *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* [46], będącej sprawcą mokrej zgnilizny kłączy – choroby, która u odmian tych gatunków powoduje ogromne straty. Z prowadzonych badań wynika, iż moczenie kłączy można zastąpić ich opryskiwaniem [47]. Wcześniejsze natomiast badania z udziałem odmiany ‘Albomaculata’, wykazały, że mikoryzacja znacząco poprawia kwitnienie, gdyż uzyskany plon kwiatów był aż 3 krotnie wyższy. Dodatkową zaletą symbiozy z grzybami była poprawa jakości kwiatów wyrażona długością szypuły kwiatostanowej [47]. Autorzy sugerują, że wzrost intensywności kwitnienia u tej odmiany mógł być spowodowany tym, że grzyby mikoryzowe produkują regulatory wzrostu, w tym te z grupy giberelin [49]. W badaniach własnych wykazano ponadto, że mikoryza i GA<sub>3</sub> korzystnie wpłynęły na jakość kwiatów odmiany ‘Albomaculata’, wyrażoną długością szypuły kwiatostanowej. W odniesieniu do długości pochwy kwiatostanowej stwierdzono, że tylko symbioza z grzybami była skuteczna, gdyż po jej zastosowaniu uzyskano dłuższe pochwy. Długość szypuły i pochwy kwiatostanowych u cantedeskii o barwnych pochwach kwiatostanowych jest w dużej mierze cechą związaną z odmianą. Wykazano jednak, że traktowanie GA<sub>3</sub> modyfikuje jej długość u niektórych odmian, np. 'Black Eyed Beauty', 'Cameo' i 'Treasure' [50]. Natomiast Janowska i Krause [52], stwierdzili, że za duże stężenie GA<sub>3</sub> wpływa niekorzystnie na jakość kwiatostanów cantedeskii, gdyż powstają podwójne i potrójne pochwy kwiatostanowe. W badaniach własnych nie zaobserwowano tego zjawiska, zarówno u roślin mikoryzowanych, jak i traktowanych GA<sub>3</sub>. Badania własne potwierdziły natomiast wcześniejsze badania przeprowadzone z odmianą ‘Albomaculata’, z których wynika, że mikoryzacja stymuluje wydłużanie szypuły kwiatostanowych u tej odmiany [48]. Uzyskane wyniki badań własnych pozwalają na stwierdzenie, że w uprawie cantedeskii o barwnych pochwach kwiatostanowych warto stosować grzyby mikoryzowe zamiast GA<sub>3</sub>, gdyż grzyby te większym stopniem stymulują kwitnienie, są bezpieczne z punktu widzenia fitosanitarnego oraz wpływają korzystnie na długość szypuły i pochwy kwiatostanowych.

#### **4.2.3.3. Zawartość barwników chloroplastowych, białka i cukrowców**

W przeprowadzonych badaniach własnych istotnie wyższy indeks zazielenienia liści, który jest skorelowany z zawartością chlorofilu, stwierdzono u mikoryzowanych roślin aksamitki rozpierzchłej ‘Yellow Boy’ i szalwii błyszczącej ‘Saluti Red’ w obu latach badań. Także u syningii okazałej mikoryzacja korzystnie wpłynęła na zawartość chlorofilu a+b w liściach odmiany ‘Defiance’. U odmiany ‘Blanche de Meru’ zależność tą obserwowano jedynie w 9. i 10. tygodniu uprawy. Z prowadzonych na całym świecie badań wynika, iż mikoryzowanie roślin u licznych gatunków ma korzystny wpływ na zawartość chlorofilu [36,52,53]. Podwyższona zawartość chlorofilu sugeruje intensywniejszy przebieg procesu fotosyntezy [54], przy czym różne gatunki grzybów mają różny wpływ na intensywność tego procesu [55].

Należące do terpenoidów karotenoidy w swojej strukturze mają wiązania pojedyncze i podwójne, tworzące układ wiązań sprzężonych, który, podobnie jak w cząsteczce chlorofilu, umożliwia absorpcję światła. Ponadto karotenoidy pełnią ochronną rolę w procesach fotooksydacji, na które w szczególności narażone są głównie nienasycone kwasy tłuszczowe lipidów błon chloroplastowych. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, iż w fazie

wegetatywnej mikoryzowane rośliny syningii okazałej miały wyższą zawartość karotenoidów w liściach, za wyjątkiem 10. tygodnia uprawy u odmiany 'Defiance' oraz 7. i 10. tygodnia uprawy u odmiany 'Blanche de Meru'. O zwiększonej zawartości karotenoidów w liściach roślin mikoryzowanych donoszą między innymi Mathur i Vyas [56] u indyjskiej śliwki (*Ziziphus mauritiana*), Morte i in. [57] u posłonka (*Helianthemum almeriense*) oraz Manoharan i in. [53] u kilku sadzonek drzew (*Cassia siamea*, *Delonix regia*, *Erythrina variegata*, *Samanea saman* i *Sterculia foetida*)

Białka są ważnym składnikiem komórek roślinnych, regulują procesy życiowe oraz stanowią materiał budulcowy struktur komórkowych i tkanek, a także są odpowiedzialne za większość reakcji biochemicznych w organizmach żywych. W badaniach własnych oceniono ich zawartość w liściach syningii okazałej. Nie wykazano wpływu mikoryzacji na zawartość białka u obu badanych odmian syningii okazałej, za wyjątkiem 9. tygodnia uprawy, w którym to jego zawartość u roślin mikoryzowanych była istotnie wyższa w porównaniu z roślinami kontrolnymi.

Powstające w procesie fotosyntezy cukry są głównym materiałem budulcowym i zapasowym organizmów roślinnych. Natomiast intensywna fotosynteza sprzyja gromadzeniu większych ilości węglowodanów. W przeprowadzonych badaniach najwyższą zawartość cukrowców u obu odmian syningii okazałej odnotowano na początku wegetacji. Była ona zbliżona u roślin mikoryzowanych i niemikoryzowanych. Z prowadzonych przez Manoharan i in. [53] badań wynika, iż u roślin mikoryzowanych zawartość cukrów może być niższa w porównaniu z roślinami niemikoryzowanymi, gdyż grzyby mikoryzowe korzystają z cukrów produkowanych przez rośliny. Według Allen [58] natomiast, żyjące w symbiozie z roślinami grzyby wykorzystują 10-20% produktów fotosyntezy.

#### **4.2.3.4. Stan odżywienia roślin**

##### **Zawartość makroelementów**

W środowisku naturalnym systemy korzeniowe roślin uprawnych i rodzimych są powszechnie kolonizowane przez jednego lub więcej występujących tam grzybów mikoryzowych, które zwiększają absorpcję składników odżywczych i poprawiają strukturę gleby oraz jej żyzność. Strzępki AMF wnikają do korzeni, rozrastają się i rosną między i wewnątrz żywych komórek korowych roślin, tworząc bardzo duży i dynamiczny pomost między symbiontami. Grzybnia zewnątrzkomórkowa buduje również połączenia między korzeniami pobliskich roślin, co umożliwia przekazywanie substancji między roślinami, nawet należącymi do różnych gatunków. Ta wspólna sieć mikoryzowa łączy cząsteczki gleby w agregaty, co wpływa na procesy glebotwórcze. Dzięki strzępkom grzyba zwiększa się powierzchnia korzeni, co umożliwia większe pobieranie mikro- i makroskładników [59]. Znacząca ilość wapnia (Ca) znajduje się w ścianach komórkowych i w wakuolach, ale jest też on kluczowym składnikiem regulującym funkcje błony plazmatycznej. Ca dodatkowo kontroluje aktywność różnych kluczowych enzymów metabolicznych [60]. W badaniach własnych grzyby mikoryzowe nie miały wpływu na zawartość makroelementów w liściach cantedeskii biało nakrapianej 'Albomaculata', z wyjątkiem Ca, który jest strukturalnie i funkcjonalnie niezbędnym pierwiastkiem w fizjologii roślin. Prowadzone wcześniej



przez Janowską i in. [48] badania, wskazują, że mikoryzacja nie miała wpływu na zawartość Ca i magnezu (Mg) w liściach odmiany ‘Albomaculata’, co częściowo pokrywa się z uzyskanymi w badaniach własnych wynikami.

### **Zawartość mikroelementów**

Mikroelementy jako składniki niezbędne do życia roślin zostały odkryte w latach 20. i 30. XX wieku. Ich rola ogranicza się do regulacji procesów biochemicznych zachodzących w roślinach w okresie wegetacji. Oznacza to, że rośliny mają niewielkie zapotrzebowanie na te składniki [61]. Mikroelementy mają bezpośredni i pośredni wpływ na kwitnienie i jakość kwiatów u roślin ozdobnych.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że mikoryzacja u cantedeskii biało nakrapianej ‘Albomaculata’ stymulowała pobieranie wszystkich mikroelementów, z wyjątkiem żelaza (Fe) i sodu (Na). Zjawisko to obserwowano zarówno u roślin, których kłącza przed sadzeniem moczo w GA<sub>3</sub>, jak i u tych, które moczo w wodzie. Nie odnotowano natomiast istotnych statystycznie różnic pomiędzy kombinacjami, za wyjątkiem manganu (Mn), którego najwięcej odnotowano w liściach roślin mikoryzowanych, u których nie zastosowano GA<sub>3</sub>. Nagromadzenie większości mikroelementów w liściach cantedeskii należy uważać za zjawisko ze wszech miar korzystne, gdyż może skutkować ono obfitszym kwitnieniem i rozwijaniem się kwiatostanów o wyższej jakości. Ponadto, lepsze pobieranie składników pokarmowych dzięki mikoryzacji, może skutkować ograniczeniem zużycia nawozów mineralnych, co ma ogromne znaczenie z punktu widzenia ochrony środowiska. Uzyskane wyniki badań własnych są lepsze od tych, które opisali wcześniej Janowska i in. [48], gdyż autorzy ci u odmiany ‘Albomaculata’ po zastosowaniu mikoryzacji odnotowali jedynie wyższą zawartość manganu (Mn).

#### **4.2.4. Wpływ *Trichoderma* spp. na procent zasiedlenia korzeni, wybrane cechy biometryczne i jakościowe roślin oraz na stan odżywienia wybranych gatunków roślin ozdobnych**

Janowska B., **Andrzejak R.**, Kosiada T. 2020. The influence of fungi of the *Trichoderma* genus on the flowering of *Freesia refracta* Klatt ‘Argentea’ in winter. Hort. Sci. (Prague) 47(4): 203-210. <https://doi.org/10.17221/35/2019-HORTSCI>

**Andrzejak R.**, Janowska B., Reńska B, Kosiada T. 2021. Effect of *Trichoderma* spp. and fertilisation on the flowering of *Begonia* × *tuberhybrida* Voss. ‘Picotee Sunburst’. Agronomy 11(7): 1278. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071278>

**Andrzejak R.**, Janowska B. 2022. Flowering, nutritional status, and content of chloroplast pigments in the leaves of *Gladiolus hybridus* L. ‘Advances Red’ after application of *Trichoderma* spp. Sustainability 14(8): 4576. <https://doi.org/10.3390/su14084576>

W badaniach własnych oceniano wpływ grzybów z rodzaju *Trichoderma* na procent zasiedlenia korzeni, wybrane cechy biometryczne i jakościowe roślin oraz na stan odżywienia frezji (*Freesia refracta* Klatt) 'Argentea', begonii bulwiastej (*Begonia × tuberhybrida* Voss.) Picotee 'Sunburst' i mieczyka ogrodowego (*Gladiolus hybridus* L). 'Advances Red'

W obu latach badań, preparowane w temperaturze 28°C przez 14 tygodni, bulwy frezji o obwodzie 10-11 cm posadzono do pojemników o pojemności 17 dm<sup>3</sup>, wypełnionych substratem torfowym o pH 6,2. Do każdego pojemnika posadzono 6 bulw i umieszczono je na stołach w szklarni. Wyodrębniono kombinacje, w których rośliny były doświetlane lub nie i te, u których zastosowano *Trichoderma* spp. i/lub uprawiano bez tych grzybów. Rośliny rosły w szklarni o temperaturze powietrza 14-16°C. Doświetlanie asymilacyjne rozpoczęto na początku grudnia. Zastosowano lampy sodowe o natężeniu napromienienia kwantowego 25-30 μmol<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, wydłużając dzień do 16 godzin. Po dwóch tygodniach od posadzenia bulw, podłoże nad nimi podlano zawiesiną grzybów z rodzaju *Trichoderma* (50 ml na roślinę). W trakcie wegetacji rośliny regularnie podlewano i nawożono raz w tygodniu wodnym roztworem wieloskładnikowego nawozu Peters Professional (20:10:20) o stężeniu 0,2%, wydając jednorazowo 0,5 dm<sup>3</sup> roztworu na jeden pojemnik. W fazie dojrzałości zbiorczej, gdy dolny kwiat w kwiatostanie był otwarty, a 2 dolne pąki – wybarwione, określono wczesność kwitnienia roślin, za pomocą średniej ważonej dni od posadzenia bulw do kwitnienia, liczbę pędów kwiatostanowych I i II rzędu, długość pędu głównego i długość kwiatostanu oraz liczbę kwiatów w kwiatostanie. Oznaczono także zawartość makroelementów (azotu - N, fosforu - P, potasu - K, wapnia - Ca, magnezu - Mg) i mikroelementów (żelaza - Fe, manganu - Mn, cynku - Zn, miedzi - Cu i bor - B) w liściach.

U begonii bulwiastej, w obu latach badań, oceniano wpływ *Trichoderma* spp. i zróżnicowanego nawożenia pogłównego na wczesność kwitnienia roślin, na podstawie średniej ważonej liczby dni od posadzenia bulw do pojawienia się pierwszego wybarwionego pąka kwiatowego, liczbę kwiatów i pąków, średnicę kwiatu, liczbę pędów i liści, wysokość roślin, indeks zazielenienia liści, procent zasiedlenia korzeni oraz zawartość makroelementów (azotu - N, fosforu - P, potasu - K, wapnia - Ca, magnezu - Mg) i mikroelementów (żelaza - Fe, manganu - Mn, cynku - Zn, miedzi - Cu, bor - B i sód - Na) w liściach. Bulwy posadzono do doniczek o średnicy 20 cm, wypełnionych substratem torfowym o pH 6,5, wzbogaconym wieloskładnikowym nawozem Peters Professional Allrounder (20:20:20 + mikroelementy) w ilości 1 g na 1 dm<sup>-3</sup> podłoża. W doświadczeniu wyodrębniono sześć kombinacji, z trzema powtórzeniami. W trzech kombinacjach posadzono bulwy moczone w wodzie, a w trzech bulwy, które przez 24 godziny moczone były w zawieszynie zarodników grzybów z rodzaju *Trichoderma*. Po pięciu tygodniach uprawy, gdy nad powierzchnią podłoża widoczne były wierzchołki pędów, rozpoczęto nawożenie pogłównie roślin wieloskładnikowym nawozem Peters Professional Allrounder (20:20:20 + mikroelementy) o stężeniu 0,0%, 0,2% i 0,3% w obrębie kombinacji, w których sadzono zarówno bulwy moczone w wodzie jak i te które moczone w zawieszynie zawierającej zarodniki grzybów z rodzaju *Trichoderma*. Rośliny nawożono co 7 dni.

U mieczyka ogrodowego, w obu latach badań, bulwy o obwodzie 16-18 cm posadzono do ażurowych skrzynek o pojemności 14 dm<sup>-3</sup>, wypełnionych substratem torfowym o pH 6,2, wzbogaconym wieloskładnikowym nawozem Osmocote Exact Standard (5-6M) (15:9:12 + 2 MgO + mikroelementy) w ilości 3 g·dm<sup>-3</sup>. Do każdej skrzynekki posadzono 5 bulw. Uprawiane

w szklarni rośliny systematycznie podlewano. Nawożenie rozpoczęto po 4 tygodniach uprawy. Raz w tygodniu stosowano, zawierający mikro- i makroelementy, wieloskładnikowy nawóz Peters Professional Allrounder (20:20:20 + mikroelementy) o stężeniu 0,2% w ilości 1 l na skrzynkę. W doświadczeniu wyodrębniono cztery kombinacje (lata badań × *Trichoderma* spp.). Wyodrębniono kombinację, w której nie stosowano grzybów z rodzaju *Trichoderma* (kontrola) oraz tą, w której zastosowano *Trichoderma* spp. Po pięciu tygodniach uprawy, gdy nad powierzchnią podłoża widoczne były wierzchołki liści, każdą roślinę podlano zawiesiną (20 ml) zarodników *Trichoderma* spp. Pędy kwiatostany ścinano nad drugim liściem, gdy rozwinęły się dwa dolne kwiaty w kłosie. Określono wczesność kwitnienia, mierzoną liczbą dni od posadzenia bulw do zbioru kwiatostanów, długość pędu kwiatostanowego, mierzoną od powierzchni podłoża, długość kwiatostanu, średnicę i liczbę kwiatów oraz pąków w kwiatostanie. Oznaczono także zawartość makro- (azot - N, fosfor - P, potas - K, wapń - Ca, magnez - Mg) i mikroelementów (żelazo - Fe, mangan - Mn, cynk - Zn, miedź - Cu, bor - B) oraz chlorofilu a+b i karotenoidów w liściach. Po zakończeniu doświadczenia określono procent zasiedlenia korzeni przez *Trichoderma* spp.

W przeprowadzonych badaniach zastosowano izolaty grzybów z rodzaju *Trichoderma* (*T. viride* Schumach–Tv14, *T. harzianum* Rifai–Thr2, *T. hamatum* /Bonord/Bainier–Th15) pochodzących z kolekcji Ktedry Fitopatologii i Nasiennictwa UPP. Do badań zastosowano mieszaninę uzyskanych grzybów, którą podlano rośliny mieczyka ogrodowego i frezji. Bulwy begonii bulwiastej przed sadzeniem moczono natomiast w tej zawieszynie przez 24 godziny. Przed zastosowaniem, zawieszyna została przefiltrowana, a stężenie zarodników trzech gatunków *Trichoderma* w mieszaninie dostosowano do stężenia  $10^6$  na ml przy użyciu hemocytometru pod mikroskopem świetlnym.

#### **4.2.4.1. Zasiedlenie korzeni**

*Trichoderma* spp. to grzyby powszechnie występujące w ekosystemach glebowych i korzeniowych. Niektóre szczepy silnie i długotrwale kolonizują korzenie poprzez wnikanie do wierzchnich warstw epidermy [62]. Badania wskazują, że intensywność zasiedlenia korzeni przez grzyby z rodzaju *Trichoderma* jest różna u poszczególnych gatunków. W badaniach własnych wykazano, że u mieczyka ogrodowego (*Gladiolus hybridus*) 'Advances Red', w obu latach badań, w kombinacjach, w których zastosowano *Trichoderma* spp. 46,6% i 48,2% korzeni roślin było zasiedlonych przez te grzyby. Mniejszy procent zasiedlenia korzeni przez *Trichoderma* spp. uzyskano u frezji (*Freesia reflecta*) 'Argentea' (32,0% i 33,0% u niedoświetlanych i doświetlanych roślin) oraz u begonii bulwiastej (*Begonia × tuberhybrida*) 'Picotee Sunburst' (odpowiednio 30,5%, 29,5% i 30,0% u roślin nawożonych pogłównie nawozem wieloskładnikowym o różnym stężeniu). Natomiast Prisa i in. [62] wskazują, że zasiedlenie korzeni roślin grzybami z rodzaju *Trichoderma* może być bardzo wysokie, co wykazali u zatrwanu wrębnego (*Limonium sinuatum*) (100,0%). Według Błaszczyk i in. [63] w ryzosferze *Trichoderma* spp. zasiedlają zewnętrzne warstwy korzeni roślin zielnych i drzew. Mają ponadto zdolność do wnikania i kolonizacji wewnątrz korzeni lub występują w formie endofitów. Autorzy ci, na przykładzie pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum*), dowodzą, że wstępna analiza zmian morfologicznych, anatomicznych, fizjologicznych i metabolicznych wskazuje na brak jednoznacznej reakcji roślin na grzyby

z rodzaju *Trichoderma*. Może to świadczyć o tym, że zachodzące w roślinach zmiany zależą zarówno od gatunku/szczepu *Trichoderma* spp. jak i od odmiany badanego gatunku. Według Souza i in. [64] interakcje roślina-mikrobiota w ryzosferze są kluczowymi czynnikami warunkującymi zdrowotność roślin, produktywność i żyzność gleby. Korzenie roślin syntetyzują metabolity, które są rozpoznawane przez mikroorganizmy, a te w odpowiedzi wytwarzają sygnały inicjujące kolonizację mikrobiologiczną [65]. Korzenie roślin wydzielają również sacharozę będącą źródłem energii, aby wspierać kolonizację przez mikroorganizmy [66,67].

#### **4.2.4.2. Cechy biometryczne roślin**

##### ***Wysokość roślin oraz liczba pędów i liści***

Według Harman i in. [25] grzyby z rodzaju *Trichoderma* stymulują wzrost korzeni, a także wzrost długości i grubości pędów oraz powierzchni liści. Jednak, jak wskazują Lorito i in. [26], mechanizmy wspierające korzystne efekty stymulacji wzrostu roślin nie są w pełni wyjaśnione i opierają się na sugestii, iż stymulacja ta związana jest ze zwiększoną dostępnością składników pokarmowych. W badaniach własnych wykazano, że grzyby z rodzaju *Trichoderma* nie wpływają na wysokość roślin i liczbę pędów begonii bulwiastej 'Picotee Sunburst', stymulują jednak rozwój liści, przy czym najwięcej liści odnotowano u roślin uprawianych z grzybami z rodzaju *Trichoderma* i dokarmianych nawozem o stężeniu 0,2%. Z doniesień literaturowych wynika, iż poszczególne gatunki wykazują indywidualną reakcję na *Trichoderma* spp. Przykładowo u tulipana (*Tulipa gesneriana*) 'Golden Parade' *Trichoderma* spp. nie wpływały na liczbę liści, ale w zależności od zastosowanego gatunku grzyba, stymulowały lub hamowały wydłużanie się blaszki liściowej oraz wpływały na jej szerokość [68]. Natomiast u lantany (*Lantana camara*) zastosowanie *T. harzianum* T-22 stymulowało wydłużanie i grubienie pędów oraz rozwój liści [69]. Prisa [70] informuje natomiast, że *T. viride* stymulowała wydłużanie i tworzenie pędów oraz liści, a także wzrost masy wegetatywnej roślin trzech gatunków z rodzaju kalanchoe (*Kalanchoe*) (*K. pinnata*, *K. tubiflora* i *K. gastonis-bonnierei*). Ponadto rośliny traktowane *T. viride* wykazywały zwiększoną zawartość witaminy C w liściach, które miały dodatkowo większą suchą masę.

##### ***Kwitnienie***

Wczesność kwitnienia roślin ozdobnych jest bardzo ważnym parametrem, dzięki któremu można zaplanować zbiory na określony termin. Z tego względu znajomość reakcji poszczególnych gatunków i ich odmian na stosowane zabiegi jest niezbędna. Z prowadzonych badań wynika, że wiele gatunków roślin ozdobnych po zastosowaniu *Trichoderma* spp. zakwita wcześniej, co potwierdziły badania własne. *Trichoderma* spp. przyspieszyły o około tydzień kwitnienie frezji 'Argentea' w okresie zimowym, bez doświetlania asymilacyjnego. Taki efekt jest najprawdopodobniej skutkiem prawidłowo przeprowadzonej inokulacji grzybów, których zawieszoną podlano podłoże umieszczone bezpośrednio nad bulwami, gdyż *Trichoderma* jest organizmem tlenowym, stąd najlepiej rozwija się w powierzchniowych warstwach podłoża [17]. Ponadto, jak wskazują Benitez

i in. [17], szybsze zarodnikowanie grzybów z rodzaju *Trichoderma* ma miejsce przy zwiększonym dostępie światła widzialnego. W niniejszych badaniach wykazano ponadto, iż doświetlanie asymilacyjne zimą przyspieszyło kwitnienie odmiany 'Argentea' aż o 3-4 tygodnie. Było to zgodne z oczekiwaniami i potwierdziło wcześniejsze badania [71,72]. Według Brotman i in. [73] grzyby z rodzaju *Trichoderma* mogą poprawić wzrost roślin w abiotycznych warunkach stresowych, do których należy między innymi niedobór światła. Pomimo iż grzyby z rodzaju *Trichoderma* zdolne są do łagodzenia stresów abiotycznych, wciąż brakuje dostatecznej wiedzy na temat mechanizmów kontrolujących wiele czynników stresowych roślin [74]. Warto zaznaczyć, że frezja należy do roślin fotoperiodycznie obojętnych, jednak bardzo wrażliwych na natężenie światła. Jego duża intensywność szczególnie istotna jest w czasie kłoszenia. Wyższe natężenie światła sprawia, iż pędy kwiatostanowe są sztywne, a liście ustawione pionowo [75]. Doświetlanie roślin ozdobnych w miesiącach z deficytem usłonecznienia, pomimo że jest skuteczną metodą poprawy ich jakości i kwitnienia, jest niestety bardzo kosztowne. Dlatego też wszelkiego rodzaju badania prowadzące do zastąpienia sztucznych źródeł światła innymi, tańszymi technologiami, w tym z zastosowaniem mikroorganizmów, są szczególnie istotne. U begonii bulwiastej 'Picotee Sunburst' zastosowanie *Trichoderma* spp. tylko nieznacznie przyspieszyło kwitnienie, gdy rośliny dokarmiano wieloskładnikowym nawozem o stężeniu 0,2%. Jednak zastosowanie większego stężenia nawozu sprawiło, iż rośliny zakwitły aż o prawie 9 dni wcześniej. U mieczyka ogrodowego 'Advances Red', w obu latach badań, rośliny uprawiane z *Trichoderma* spp. zakwitły odpowiednio o 10 i 14 dni wcześniej niż rośliny kontrolne, uprawiane bez *Trichoderma* spp. O wcześniejszym kwitnieniu tulipana 'Golden Parade' po zastosowaniu grzybów z rodzaju *Trichoderma* donoszą także Cig i Aydion [68]. Autorzy wykazali, że kwitnienie roślin kontrolnych rozpoczyna się z dwu i czterodniowym opóźnieniem w porównaniu z roślinami, u których zastosowano *T. gamsii* VG47 i *T. harzianum* LO52.

Grzyby z rodzaju *Trichoderma* u niektórych gatunków roślin ozdobnych wpływają na cechy biometryczne kwiatów - długość szypuły/pędu oraz wielkość kwiatów. W przeprowadzonych badaniach wykazano, że u mieczyka ogrodowego 'Advances Red' po zastosowaniu *Trichoderma* spp. z bulw wyrastały istotnie dłuższe pędy kwiatostanowe (o 9,8%), zakończone dłuższymi kwiatostanami (o 10,0%), w których rozwijało się więcej kwiatów (o 12.6%). Średnica kwiatów, w obu latach badań, u roślin, u których stosowano lub nie *Trichoderma* spp., była jednak podobna. Częściowo zbieżna wyniki uzyskali wcześniej Sisodia in. [76]. Autorzy wykazali, że zastosowanie *Trichoderma* spp. u ośmiu odmian mieczyka (*Gladiolus* sp.) korzystnie wpłynęło na długość kwiatostanu i czas trwania kwitnienia, ale nie miało wpływu na liczbę kwiatów. Natomiast da Cruz i in. [77] informują, że *Trichoderma* spp. zastosowane w uprawie mieczyka 'Peter's Pear' nie miały wpływu na jakość kwiatostanów, wyrażoną długością pędu kwiatostanowego, długością kwiatostanu i liczbą kwiatów. Z badań własnych wynika natomiast, że *Trichoderma* spp. stymulują rozwój pąków i kwiatów oraz mają wpływ na ich wielkość u begonii bulwiastej 'Picotee Sunburst' oraz stymulują rozwój bocznych pędów kwiatostanowych i rozwój kwiatów u frezji 'Argentea', szczególnie u roślin, które w czasie uprawy są doświetlane asymilacyjnie.

#### 4.2.4.3. Zawartość barwników chloroplastowych

Chlorofile są szeroko rozpowszechnioną grupą barwników fotosyntetycznych występujących w roślinach wyższych, glonach oraz cyjanobakteriach. Chlorofil jest barwnikiem pełniącym kluczową rolę w prawidłowym przebiegu fotosyntezy, w której zamiana energii światła na energię wiązań chemicznych jest możliwa dzięki absorpcji kwantów światła w reakcjach redoks [78]. Dlatego też stężenie chlorofilu w liściach może bezpośrednio wpływać na przebieg fotosyntezy w roślinie [79]. Według Harman i in. [80] poprawa zdolności fotosyntetycznych roślin, indukowana przez różne endofityczne *Trichoderma* spp., następuje w wyniku zwiększenia ilości barwników fotosyntetycznych lub ekspresji genów regulujących biosyntezę chlorofilu, białek kompleksu zbierającego światło lub składników cyklu Calvina. Kolonizacja korzeni roślin uprawnych przez grzyby *Trichoderma* spp. powoduje wzrost regulacji genów i pigmentów, które poprawiają fotosyntezę roślin. Rośliny w warunkach stresu fizjologicznego lub środowiskowego tracą zdolność do fotosyntezy, gdyż uszkodzeniu ulegają fotosystemy, a liczne procesy komórkowe są zaburzane przez reaktywne formy tlenu (RFT). Jednak niektóre szczepy *Trichoderma* spp. aktywują biochemiczne szlaki, które redukują RFT do mniej szkodliwych cząsteczek. Ten i inne mechanizmy sprawiają, że rośliny są bardziej odporne na stesy biotyczne i abiotyczne. Ponadto, jeśli wskaźniki fotosyntezy są zwiększone, więcej dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) jest pobierane z atmosfery. Natomiast karotenoidy odpowiadają za stabilność błon lipidowych, biorą udział w gromadzeniu światła w procesie fotosyntezy, jak również ochronie przed fotooksydacją wywołaną przez RFT powstające w trakcie wzbudzenia chlorofilu podczas fotosyntezy [81,82]. Karotenoidy charakteryzują się wysoką aktywnością wobec RFT i wolnych rodników [81]. Działanie przeciwutleniające karotenoidów na błony lipidowe zależy od ich orientacji, lokalizacji oraz organizacji w błonach. Polarne i niepolarne karotenoidy w różny sposób oddziałują na strukturę i fizjologię tkanek. Na przykład astaksantyna, będąca substancją polarną, ogranicza peroksydację lipidów poprzez utrzymywanie sztywnej struktury błony [83].

Większość prac poruszających tematykę wpływu *Trichoderma* spp. na zawartość barwników chloroplastowych w liściach dotyczy gatunków użytkowych – jadalnych [28,84,85]. Jak wskazują jednak nieliczne badania, stymulacja tworzenia barwników fotosyntetycznych (chlorofil, karotenoidy) przez *Trichoderma* spp. odnosi się także do roślin ozdobnych. W badaniach własnych wykazano, że u mieczyka ogrodowego 'Advances Red' zawartości chlorofilu a+b i karotenoidów w liściach istotnie zwiększyła się po zastosowaniu *Trichoderma* spp. (o 66,7% - chlorofil a+b i 33,3% - karotenoidy). Uzyskane wyniki wskazują na to, iż u odmiany 'Advances Red' poprawiła się zdolność fotosyntetyczna. U begonii bulwiastej 'Picotee Sunburst' *Trichoderma* spp. stymulowały także produkcję chlorofilu, którego zawartość odzwierciedla określony w badaniach istotnie wyższy indeks zazielenienia liści.

#### **4.2.4.4. Stan odżywienia roślin**

##### **Zawartość makroelementów w liściach**

Według Yedidia i in. [24] po zastosowaniu *Trichoderma* spp. system korzeniowy roślin jest lepiej rozbudowany, co umożliwia roślinom dostęp do większej objętości podłoża i sprzyja lepszemu pobieraniu składników pokarmowych. Dzięki temu rośliny te wygrywają konkurencję o składniki pokarmowe z roślinami o mniej rozbudowanym systemie korzeniowym, lub kiedy związki mineralne występują w małych ilościach. Według Altomare i in. [86] związki fosforu (P) mogą być rozpuszczane i przetrzymywane w biomacie grzybów z rodzaju *Trichoderma*, a następnie po lizie mycelium uwalniane w dostępnej formie w pobliżu korzeni. Z badań własnych wynika, że w przypadku mieczyka ogrodowego 'Advances Red' grzyby z rodzaju *Trichoderma* mają znaczący wpływ na pobieranie P, potasu (K) i wapnia (Ca) przez te rośliny. W obu latach badań, w liściach roślin traktowanych *Trichoderma* spp., odnotowano istotnie więcej P, K i Ca w porównaniu z zawartością tych pierwiastków w liściach roślin kontrolnych. Zbliżone wyniki uzyskano u frezji 'Argentea', gdyż *Trichoderma* spp. u niedoświetlanych i doświetlanych roślin tej odmiany stymulowały pobieranie P i Ca, a u doświetlanych – dodatkowo K. W przypadku begonii bulwiastej 'Picotee Sunburst' nie odnotowano wpływu stosowania *Trichoderma* spp na zawartość makroskładników. Korzyści płynące z zastosowania mikroorganizmów w celu poprawy pobierania składników pokarmowych stanowią szansę dla najnowszych praktyk ogrodniczych, gdyż pozwalają ograniczyć zużycie nawozów. Stosowanie nawozów biologicznych na bazie mikroorganizmów jest alternatywą dla utrzymania wysokiej produkcji przy małym wpływie na środowisko naturalne [87-89]. Nawozy biologiczne mogą być stosowane jako uzupełnienie lub alternatywa dla nawozów mineralnych w zrównoważonej produkcji roślinnej [89].

##### **Zawartość mikroelementów w liściach**

Mikroskładniki odgrywają kluczową rolę w procesach metabolicznych i fizjologicznych roślin. Przy czym warto zaznaczyć, iż w większym stopniu wpływają na jakość [90] niż na wielkość plonu [91]. Mikroskładniki wchodzi w skład białek, na przykład żelazo (Fe) jest składnikiem białek uczestniczących w transporcie elektronów (ferredoksyny), pełnią dodatkowo funkcje katalityczne [91].

W badaniach własnych wykazano, że *Trichoderma* spp. wpływają na pobieranie cynku (Zn), Fe i boru (B) przez rośliny mieczyka ogrodowego 'Advances Red'. U begonii bulwiastej 'Picotee Sunburst', *Trichoderma* spp. również stymulowały pobieranie Zn, Fe i B. Natomiast u frezji 'Argentea' *Trichoderma* spp. stymulowały pobieranie Fe, manganu (Mn) i cynku (Zn) u doświetlanych i niedoświetlanych roślin, a połączenie doświetlania i *Trichoderma* spp. skutkowało lepszym pobieraniem miedzi (Cu).

#### **4.2.5. Podsumowanie**

1. Symbioza arbuskularnych grzybów mikoryzowych i roślin ozdobnych wystąpiła w stosowanych w badaniach podłożach.

- a. U wszystkich odmian badanych gatunków korzenie zostały zasiedlone przez grzyby mikoryzowe w zakresie od 29,9% do 34,2%.
2. Mikoryzacja wpłynęła na jakość i cechy biometryczne roślin, w tym na intensywność kwitnienia.
  - a. Grzyby mikoryzowe stymulowały krzewienie i kwitnienie odmian aksamitki rozpierzchłej i szaławii błyszczącej, nie mając wpływu na ich wysokość. U odmian syningii okazałej liczba pąków kwiatowych zwiększyła się aż o ponad 50%, a u cantedeskii biało nakrapianej liczba kwiatostanów była aż o 100% większa. Co ważne, kwitnienie cantedeskii po zastosowaniu grzybów mikoryzowych było obfitsze, niż tych, u których zastosowano GA<sub>3</sub>. Pozwala to na stwierdzenie, że u odmian cantedeskii o barwnych pochwach kwiatostanowych GA<sub>3</sub> można zastąpić mikoryzacją.
  - b. Grzyby mikoryzowe stymulowały tworzenie się chlorofilu u odmian aksamitki rozpierzchłej, szaławii błyszczącej i syningii okazałej 'Defiance'. Ponadto u obu odmian syningii okazałej stwierdzono wyższą zawartość karotenoidów w liściach przez większość okresu wegetacyjnego.
3. Grzyby mikoryzowe u cantedeskii biało nakrapianej 'Albomaculata' stymulowały pobieranie wszystkich badanych mikroelementów, za wyjątkiem żelaza (Fe) i sodu (Na), a spośród makroelementów – tylko wapnia (Ca).
4. Uzyskano dobry wynik w odniesieniu do stopnia zasiedlenia korzeni przez *Trichoderma* spp. u badanych gatunków roślin ozdobnych, od 29,5% do 48,2%.
  - a. Największy procent zasiedlenia korzeni odnotowano u mieczyka ogrodowego 'Advances Red'. W mniejszym stopniu *Trichoderma* spp. zasiedlały korzenie frezji 'Argentea' oraz begonii bulwiastej 'Picotee Sunburst'.
5. *Trichoderma* spp. wpłynęła na jakość i cechy biometryczne roślin, w tym na intensywność kwitnienia.
  - a. U begonii bulwiastej 'Picotee Sunburst' grzyby te stymulowały rozwój liści, nie mając wpływu na wysokość roślin i liczbę pędów. Przy czym warto zaznaczyć, że zwiększona liczba liści u tej odmiany rozwinęła się przy niższym stężeniu nawozu. U frezji 'Argentea' *Trichoderma* spp. stymulowały rozwój bocznych pędów kwiatostanowych i kwiatów, a u mieczyka ogrodowego 'Advances Red' - wydłużanie pędów kwiatostanowych i kwiatostanów, w których rozwijały się liczne kwiaty, o większej średnicy.
  - b. *Trichoderma* spp. miała pozytywny wpływ na zawartość barwników chloroplastowych. U mieczyka ogrodowego 'Advances Red' zawartość chlorofilu a+b zwiększyła się o 66,7%, a karotenoidów o 33,3%. U begonii bulwiastej 'Picotee Sunburst' *Trichoderma* spp. stymulowały produkcję chlorofilu, którego zawartość odzwierciedla uzyskany wyższy indeks zazielenienia liści.
6. *Trichoderma* spp. stymulowała pobieranie makro- i mikrośladników.
  - a. U mieczyka ogrodowego 'Advances Red' grzyby te miały wpływ na pobieranie fosforu (P), potasu (K) i Ca, a u niedoświetlanych i doświetlanych roślin frezji 'Argentea' - P i Ca, natomiast u doświetlanych – dodatkowo K. *Trichoderma* spp. wpływały ponadto na pobieranie cynku (Zn), żelaza (Fe) i boru (B) przez mieczyka ogrodowego 'Advances Red' i begonię bulwiastą 'Picotee Sunburst', natomiast u frezji 'Argentea' - na pobieranie Fe, manganu (Mn) i cynku (Zn) u doświetlanych i niedoświetlanych roślin, a połączenie doświetlania i *Trichoderma* spp. skutkowało lepszym pobieraniem miedzi.



#### 4.2.6. *Spis literatury*

- [1] du Jardin P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hortic.* 196: 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>.
- [2] Kisvarga S., Farkas D., Boronkay G., Neményi A., Orlóci L. 2022. Effects of biostimulants in horticulture, with emphasis on ornamental plant production. *Agronomy* 12: 1043. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051043>
- [3] European Commission 2016. Proposal for a regulation laying down rules on the making available on the market of CE marked fertilizing products and amending regulations (EC)1069/2009 and (EC)1107/2009.COM 2016. European Commission: Brussels, Belgium: 157.
- [4] Council of the European Union 2018. Proposal for a regulation of the European Parliament and of the council laying down rules on the making available on the market of CE marked fertilizing products and amending regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009-Analysis of the final compromise text with a view to agreement. <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-15103-2018-INIT/en/pdf> (dostęp 4.07.2022).
- [5] Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S.M.A. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29: 185–212.
- [6] Mou B. 2011. Improvement of horticultural crops for abiotic stress tolerance: An introduction. *HortScience* 46: 1068–1069.
- [7] Rivero R.M., Mestre T.C., Mittler R., Rubio F., Garcia-Sanchez F., Martinez V. 2014. The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, biochemical and molecular response in tomato plants. *Plant Cell. Environ.* 37: 1059–1073.
- [8] Choudhury F.K., Rivero R.M., Blumwald E., Mittler R. 2017. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *Plant J.* 90: 856–867.
- [9] Pandey P., Irulappan V., Bagavathiannan M.V., Senthil-Kumar M. 2017. Impact of combined abiotic and biotic stresses on plant growth and avenues for crop improvement by exploiting physio-morphological traits. *Front. Plant Sci.* 8: 537.
- [10] Atkinson N.J., Urwin P.E. 2012. The interaction of plant biotic and abiotic stresses: From genes to the field. *J. Exp. Bot.* 63: 3523–3543.
- [11] Shannon M.C., Grieve C.M. 1998. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Hortic.* 78: 5–38.
- [12] Bulgari R., Franzoni G., Ferrante A. 2019. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*. 9(6):306. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>
- [13] Wojtkowiak-Gebarska E. 2006. Mechanizmy zwalczania fitopatogenów glebowych przez grzyby z rodzaju *Trichoderma*. *Post. Mikrobiol.* 45(4): 261-273.
- [14] Benítez T., Rincón A.M., Limón M.C., Codón A.C. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiol.* 7: 249-60.
- [15] Świerczyńska I., Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., Danielewicz J. 2011. Antagonistyczne oddziaływanie *Trichoderma viride* na patogeny z rodzaju *Fusarium* w obecności biopreparatów. *J. Res. Appl. Agric. Engin.* 56(4): 157-160.
- [16] Poveda J. 2021. *Trichoderma* as biocontrol agent against pests: New uses for a mycoparasite. *Biol. Control* 159: 104634.
- [17] Kosicka D., Wolna-Maruwka A., Trzeciak M. 2014. Aspekty stosowania *Trichoderma* sp. w ochronie roślin i rozkładzie materii organicznej. *Kosmos* 63(4): 635-642.
- [18] Vey A., Hoagland R.E., Butt T.M. 2001. Toxic metabolites of fungal biocontrol agents. [w:] Butt T.M., Jackson C., Magan N. (red.), *Fungi as biocontrol agents: Progress, problems and potential*. CABI Publishing, UK: 311-346.
- [19] Howell C.R. 2006. Understanding the mechanisms employed by *Trichoderma virens* to effect biological control of cotton diseases. *Phytopathol.* 96: 178-180.
- [20] Reino J.L., Guerrero R.F., Hernández-Galán R., Collado I.G. 2008. Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma*. *Phytochem. Rev.* 7: 89-123.

- [21] Stewart A., Hill R. 2014. Applications of *Trichoderma* in plant growth promotion. [w:] Gupta V.K., Schmoll M., Herrera-Estrella A., Upadhyay R.S., Druzhinina I., Tuohy M.G (red.), *Biotechnology and Biology of Trichoderma*, Elsevier, Holandia: 415-428.
- [22] Nieto-Jacobo M.F., Steyaert J.M., Salazar-Badillo F.B., Nguyen D.V., Rostás M., Braithwaite M., de Souza J.T., Jimenez-Bremont J.F., Ohkura M., Stewart A. Mendoza-Mendoza A. 2017. Environmental growth conditions of *Trichoderma* spp. affects indole acetic acid derivatives, volatile organic compounds, and plant growth promotion. *Front. Plant Sci.* 8: 102.
- [23] Contreras-Cornejo H.A., Macías-Rodríguez L., Cortés-Penagos C., López-Bucio J. 2009. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 149: 1579-1592.
- [24] Yedidia I., Srivastava A.K., Kupalnik Y., Chet I. 2001. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of Cucumber plants. *Plant Soil*: 235: 235-242.
- [25] Harman G.E., Howell C.R., Viterbo A., Chet I., Lorito M. 2004. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nat. Rev. Microbiol.* 2: 43-56.
- [26] Lorito M., Woo S., Harman G., Monte E. 2010. Translational research on *Trichoderma*: From ‘omics to the field. *Ann. Rev. of Phytopathol.* 48: 395-417.
- [27] Simkin A.J., Gaffe J., Alcaraz J.P., Carde J.P., Bramley P.M., Fraser P.D., Kuntz M. 2007. Fibrillin influence on plastid ultrastructure and pigment content in tomato fruit. *Phytochem.* 68: 1545-1556.
- [28] Meléndez-Martínez, A.J., Mandić A.I., Bantis F., Böhm V., Borge G.I.A., Brnčić M., Bysted A., Cano M.P., Dias M.G., Elgersma A., Fikselová M., García-Alonso J., Giuffrida D., Gonçalves V.S.S, Hornero-Méndez D., Kljak K., Lavelli V., Manganaris G.A., Mapelli-Brahm P., Marounek M., Olmedilla-Alonso B., Periago-Castón B.J., Pintea A., Sheehan J.J., Šaponjac V.T., Valšíková-Frey M., Van Meulebroek L., O’Brien N. 2022. A comprehensive review on carotenoids in foods and feeds: status quo, applications, patents, and research needs. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 62(8): 1999-2049.
- [29] Costa M.D., Pereira O.L., Kasuya M.C.M., Borges A.C. 2002. Ectomicorrizas: A face oculta das florestas. *Biotechno Ci. Desenvol* 29: 38-46.
- [30] Wang B., Qiu Y.L. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza* 16: 299-363.
- [31] Falkowski G., Koniarski M., Matysiak B. 2009. Zastosowanie ekokompostu i szczepionek endomikoryzowych w uprawie pięciornika krzewiastego (*Potentilla fruticosa* L.) ‘Gold Drop’. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 539: 159-168.
- [32] Ryan M.H., Angus J.F. 2003. Arbuscular mycorrhizae in wheat and field peat crops on a low P soil: increased Zn uptake but no increase in P – uptake or yield. *Plant Soil* 250(2): 225-239.
- [33] El-Tahomy W., Schnitzler W.H., El-Beairy U., El-Beltagy M.S. 1999). Effect of VA mycorrhiza on improving drought and chilling tolerance of bean plants (*Phaseoleus vulgaris* L.). *J. Appl. Bot. – Angew. Bot.* 73: 178-183.
- [34] Estrada-Luna A.A., Davies F.T., Egilla J.N. 2000. Mycorrhizal fungi enhancement of growth and gas exchange of micropropagated guava plantlets (*Psidium guajava* L.) during *ex vivo* acclimatization and plants establishment. *Mycorrhiza* 10: 1-8.
- [35] Auge R.M. 2001. Water relation, drought and VA mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*. 11 3-42.
- [36] Borkowska B., 2002. Growth and photosynthetic activity of micropropagated strawberry plants inoculated with endomycorrhizal fungi (AMF) and growing under drought stress. *Acta Physiol. Plant.* 24(4), 365-370.
- [37] Cairney J.W.G., Meharg A.A. 2003. Ericoid mycorrhiza: a partnership that exploits harsh edaphic conditions. *Eur. J. Soil Sci.* 54(4): 735–740.
- [38] Klejps A., Tomczyk P.P. 2017. Nasiona storczyków – liczba za wielkość. *Kosmos* 66(2): 225-229.
- [39] Johnson C.R., Joiner J.N., Crews C.E. 1980. Effects of N, K and Mg on growth and leaf nutrient composition of three container grown woody ornamentals inoculated with mycorrhizae. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 105(2): 286–288.
- [40] Nowak J. 2007. Effects of cadmium and lead concentrations and arbuscular mycorrhiza on growth, flowering and heavy metal accumulation in Scarlet sage (*Salvia splendens* Sello ‘Torreador’). *Acta Agrobot.* 60(1): 79–83. <https://doi.org/10.5586/aa.2007.009>

- [41] Nowak J. 2009. Effects of mycorrhization and phosphorus nutrition on nutrient uptake, growth and flowering of China aster (*Callistephus chinensis* /L./ Nees) cultivated on ebb-and-fow benches. *Acta Agrobot.* 62(1): 77–81. <https://doi.org/10.5586/aa.2009.009>
- [42] Eloise F.; Ross J.J.; Jones W.T.; Reid J.B. 2013. Plant hormones in arbuscular mycorrhizal symbioses: An emerging role for gibberellins. *Ann. Bot.* 111: 769–779.
- [43] Schmidt B., Şumālan R. 2011. The influence of arbuscular mycorrhizal fungi on ornamental characters of *Tagetes patula* L. *J. Hort. For. Biotechnol.* 15(1): 170–174.
- [44] Schroeter A., Janowska B. 2003. Wpływ retardantów stosowanych dolistnie na jakość rozsady begonii stale kwitnącej (*Begonia semperforens* Link et Otto) i petunii ogrodowej (*Petunia hybrida* Vilm.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 491: 229–236.
- [45] Janowska B., Andrzejak R. 2022. Cytokinins and gibberellins stimulate the flowering and post-harvest longevity of flowers and leaves of Calla lilies (*Zantedeschia* Spreng.) with colourful inflorescence spathes. *Agronomy* 12(8): 1859. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081859>
- [46] Ravensdale M., Blom T.J., Gracia-Garza J.A., Svirce A.M., Smith R.J. 2007. Bacteriophages and the control of *Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora*. *Can. J. Plant Pathol.* 29: 121–130.
- [47] Janowska B., Andrzejak R. 2010. Effect of gibberellic acid spraying and soaking of rhizomes on the growth and flowering of calla lily (*Zantedeschia* Spreng.). *Acta Agrob.* 63: 155–160.
- [48] Janowska B., Andrzejak R., Kosiada T., Trelka T., Frączczak B. 2013. Effect of mycorrhization on the flowering of the *Zantedeschia albomaculata* /Hook./ Baill. cv. Albomaculata. *Hort. Sci.* 40,(3): 126-130.
- [49] Matysiak B. 2009. Zastosowanie szczepionek endomikoryzowych w czasie rozmnażania *Ilex x meserveae* ‘Blue Boy’ przez sadzonki oraz ich wpływ na dalszy wzrost i rozwój roślin (Effect of endomycorrhizal inocula during propagation on the growth following transplanting of *Ilex* × *meserveae* ‘Blue Boy’ cutting. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 539: 499-506.
- [50] Janowska B., Zakrzewski P. 2006. The effect of gibberellic acid and rhizome treatment on flowering of calla lily (*Zantedeschia* Spreng.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 510: 223–233.
- [51] Janowska B.; Krause J. 2001. The influences of tuber treatment by gibberellic acid on the flowering of *Zantedeschia*. *Rocz. AR Pozn. Ogrodn.* 33: 61–67.
- [52] Bhosale K., Shinde B. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on nucleic acids and protein contents in ginger under water stress condition. In: *J. Fundam. Appl. Life Sci.* 1(4): 126-130.
- [53] Manoharan P.T., Pandi M., Shanmugaiah V., Gomathinayagam S., Balasubramanian N. 2008. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungus on the physiological and biochemical changes of five different tree seedlings grown under nursery conditions. *Afr. J. Biotechnol.* 7(19): 3431-3436.
- [54] Bethenfalvay G.J., Brown M., Franson R. 1988. Glycine-Glomus-Bradyrhizobium symbiosis. *Plant Physiol.* 94: 723-728.
- [55] Dixon R.K., Rao M.V., Garg V. 1994. Water relations and gas exchange of mycorrhizal *Leucaena leucocephala* seedlings. *J. Trop Forest. Sci.* 6: 542-552.
- [56] Mathur N., Vyas A. 1995. Influence of VAM on net photosynthesis and transpiration of *Ziziphus mauritiana*. *Plant Physiol.* 147: 328-330.
- [57] Morte A., Lovisolo C., Schubert A. 2000. Effect of drought stress on growth and water relations of the mycorrhizal association *Helianthemum almeriense* – *Terfezia clavaryi*. *Mycorrhiza* 10(3): 115-119.
- [58] Allen M.F. 1991. The ecology of mycorrhizae. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- [59] Augé R.M., Toler H.D., Saxton A.M., Augé R.M. 2014. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and osmotic adjustment in response to NaCl stress: A meta-analysis. *Front. Plant Sci.* 5: 562.
- [60] Prisa D. 2019. *Trichoderma harzianum*: biocontrol to *Rhizoctonia solani* and biostimulation in *Pachyphytum oviferum* and *Crassula falcata*. *World J. Adv. Res. Rev.* 3(3): 211-18.
- [61] Spiak Z. 2000. Microelements in agriculture. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 471: 29–34.
- [62] Prisa D., Sarrocco S., Forti M., Burchi G., Vannacci G. 2013. Endophytic ability of *Trichoderma* spp. as inoculants for ornamental plants innovative substrates. *J. Plant Pathol.* 86: 169-174.
- [63] Błaszczuk L., Witaszak N., Basinska-Barczak A., Marczak L., Sawikowska A., Perlikowski D., Kosmala A. 2019. Reakcja roślin pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) na kolonizację korzeni przez grzyby *Trichoderma*. *Biul. IHAR* 285: 129-130.

- [64] Souza R., Ambrosini A., Passaglia L.M. 2015. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Gen. Mol. Biol.* 38: 401–419.
- [65] Berg G. 2009. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 84: 1-18.
- [66] Druzhinina I.S., Seidl-Seiboth V., Herrera-Estrella A., Horwitz B.A., Kenerley C.M., Monte E., Mukherjee P., Zeilinger S., Grigoriew I.V., Kubicek C.P. 2011. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *Nat. Rev. Microbiol.* 9: 896-896.
- [67] Vargas W.A., Crutcher F.K., Kenerley C.M. 2011. Functional characterisation of a plant-like sucrose transporter from the beneficial fungus *Trichoderma virens*. Regulation of the symbiotic association with plants by sucrose metabolism inside the fungal cells. *New Phytol.* 189: 777-789.
- [68] Cig A., Aydin M.H. 2019. The effects of *Trichoderma* species on some parameters of the tulip (*Tulipa gesneriana* cv. "Golden Parade"). *Fres. Environ. Bull.* 28(2A): 1522-1530.
- [69] Yahya A.B., Al-Sawaf M.D., Al-Morad N.Y. 2021. Effect of biofertilizer *Trichoderma harzianum* t-22 application, growing medium and training methods on some characteristics for *Lantana camara* plants. *Mesopotamia J. Agric.* 49(1): 95-103.
- [70] Prisa D. 2020. *Trichoderma viride* inoculated in the growing medium for the vitamin C increase in the leaves of *Kalanchoe* spp. and defense against *Pithyium* sp. *Adv. Res. Rev.* 5(02): 89-96.
- [71] Kawata J. 1973. Year-round production of *Freesia* in Japan. *JARQ* 7: 257–262.
- [72] Gilbertson-Ferriss T.L., Wilkins H.F. 1978. Flower production of *Freesia hybrida* seedlings under night interruption lighting and short day influence. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 103: 587–591.
- [73] Brotman Y., Landau U., Cuadros-Inostroza A., Takayuki T., Fernie A.R., Chet H., Viterbo A., Willmitzer I. 2013. *PLOS Pathogen* 9: 101371.
- [74] Mastouri F., Bjorkman T., Harman G.E. 2010. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germination seeds and seedlings. *Phytopathol.* 100: 1213–1221.
- [75] Startek L., Żurawik P., Salachna P. 2005. *Technologia uprawy frezji*. *Biuletyn SPORC* 17: 60–66.
- [76] Sisodia A., Pal A., Singh A.K. 2018. Varietal response and effect of *Trichoderma* on flowering in *Gladiolus*. *J. Pharm. Phytoch.* 7(3): 3658-3660.
- [77] da Cruz L., Ludwig F., Steffen G., Joseila Maldaner J. 2018. Development and quality of *Gladiolus* stems with the use of vermicompost and *Trichoderma* sp. in substrate. *Ornam. Horticulture.* 24(1): 70-77.
- [78] Baker N.R. 2008. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis *in vivo*. *Ann. Rev. Plant Biol.* 59: 89-113.
- [79] Croft H., Chen J.M., Luo X., Bartlett P., Chen B., Staebler R.M. 2017. Leaf chlorophyll content as a proxy for leaf photosynthetic capacity. *Global Change Biol.* 23(9): 3513-3524.
- [80] Harman G.E., Doni F., Khadka R.B., Uphoff N. 2021. Endophytic strains of *Trichoderma* increase plants' photosynthetic capability. *J. App. Microbiol.* 130: 529-546.
- [81] Andersson S.C. 2009. Carotenoids, tocopherols and chlorophylls in Sea buckthorn berries (*Hippophae rhamnoides*) and Rose hips (*Rosa* sp.). Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp: 15-20.
- [82] Simkin A.J. 2021. Carotenoids and apocarotenoids in planta: Their role in plant development, contribution to the flavour and aroma of fruits and flowers, and their nutraceutical benefits. *Plants* 10: 2321.
- [83] Widomska J., Kostecka-Gugała A., Latowski D., Gruszecki W.I., Strzałka K. 2008. Calorimetric studies of the effect of cis-carotenoids on the thermotropic phase behavior of phosphatidylcholine bilayers. *Biophys. Chem.* 140(1-3): 108-114.
- [84] Simkin A.J., Gaffe J., Alcaraz J.P., Carde J.P., Bramley P.M., Fraser P.D., Kuntz M. 2007. Fibrillin influence on plastid ultrastructure and pigment content in tomato fruit. *Phytochem.* 68: 1545-1556.
- [85] Langi P., Kiokias S., Varzakas T., Proestos C. 2018. Carotenoids: From plants to food and feed industries, *Methods Mol. Biol.* 1852: 57-71.
- [86] Altomare C., Norvell W.A., Bjorkman T., Harman G.E. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Appl. Environ. Microbiol.* 65: 2926-2933.
- [87] Metwally R.A., Al-Amri S.M. 2020. Individual and interactive role of *Trichoderma viride* and arbuscular mycorrhizal fungi on growth and pigment content of onion plants. *Lett. Appl. Microbiol.* 70(2): 79-86.

- [88]Metwally, R.A. 2020. Arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma viride* cooperative effect on biochemical, mineral content, and protein pattern of onion plants. J. Basic Microbiol. 60(8): 712-721
- [89]Hosseinzeynali A., Abbaszadeh Dahaji P., Alaei H., Hosseinifard J., Akhgar A. 2021. Effect of *Trichoderma* on growth and nutrition of Pistachio trees under ommon garden conditio. J. Soil Biol. 8(2): 115-129.
- [90]Khosha S.S., Younis A., Rayit A., Yasmeen S., Riaz A. 2011. Effect of foliar application of macro and micro nutrients on growth and flowering of *Gerbera jamesonii* L. AEJAES 11: 736-757.
- [91]Lahijie M.F. 2012. Application of micronutrients FeSO<sub>4</sub> and ZnSO<sub>4</sub> on the growth and development of *Gladiolus* variety 'Oscar'. Int. J. of Agric. Crop Sci. 4: 718-720.

## **5. Informacja o wykazaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej**

Pracę zawodową w Akademii Rolniczej w Poznaniu rozpocząłem 1 września 1984 roku w charakterze technika w Zakładzie Kształtowania i Konserwacji Terenów Zieleni (obecnie Katedra Terenów Zieleni i Architektury Krajobrazu). Od 1987 do 31.10.2015 roku pracowałem w Katedrze Fitopatologii (obecna Katedra Fitopatologii i Nasiennictwa na stanowisku specjalisty i starszego specjalisty. W latach 1998-2002 realizowałem w trybie niestacjonarnym studia inżynierskie na kierunku Ogrodnictwo, specjalność kształtowanie terenów zieleni. Po uzyskaniu tytułu zawodowego inżyniera kontynuowałem naukę na niestacjonarnych studiach magisterskich, które odbyłem w trybie indywidualnego toku studiów pod opieką naukową prof. UPP dra hab. Piotra Urbańskiego. Pracę dyplomową na temat „Skuteczność saprofitycznych izolatów *Fusarium oxysporum* Schlecht. w zwalczaniu fuzariozy naczyniowej goździka szklarniowego” przygotowałem w Katedrze Fitopatologii (obecnie Katedra Fitopatologii i Nasiennictwa) pod opieką naukową dr hab. Marii Werner.

Zainteresowanie problematyką znaczenia grzybów rodzaju *Fusarium* w produkcji ogrodniczej skłoniło mnie do podjęcia w 2003 roku studiów doktoranckich na Wydziale Ogrodniczym Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu i kontynuowania badań nad tymi grzybami. Tematyka pracy doktorskiej dotyczyła występowania grzybów rodzaju *Fusarium* w wypustkach szparaga lekarskiego (*Asparagus officinalis* L.). Wsparciem finansowym w prowadzeniu tych badań był grant promotorski NN 310 320933 pt.: „Ocena występowania grzybów rodzaju *Fusarium* w wypustkach szparaga lekarskiego (*Asparagus officinalis* L.) oraz wpływ różnych czynników na wzrost grzybni wybranych izolatów”, W trakcie tych studiów, w 2006 roku, ukończyłem kurs pedagogiczny dla asystentów i doktorantów.

W celu realizacji moich zainteresowań naukowych podejmowałem współpracę z licznymi podmiotami badawczymi zarówno w macierzystej jednostce jak i poza nią. Współpracowałem z pracownikami UPP z Katedry Roślin Ozdobnych, Dendrologii i Sadownictwa, Katedry Warzywnictwa, Katedry Chemii, Katedry Fizjologii Roślin, Katedry Metod Ochrony Roślin, Katedry Żywienia Roślin (obecnie Katedra Fizjologii Roślin), Katedry Entomologii i Ochrony Roślin, Katedry Terenów Zieleni i Architektury Krajobrazu, Katedry Meblarstwa, a także Instytutu Technologii Drewna, Instytutu Roślin i Przetworów Zielarskich

(obecnie Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich – PIB), Instytutu Ochrony Roślin - PIB, Stacji Hodowli Roślin (Choryń, Smolice, Wiatrowo) oraz z pracownikami i doktorantami Wydziału Technologii Chemicznej Instytutu Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. Dzięki podejmowanej współpracy powstały oryginalne prace twórcze o tematyce, która obejmuje do tej pory siedem obszarów:

### **5.1. Choroby roślin w uprawach ogrodnich i rolniczych oraz możliwości ich ograniczania**

Intensyfikacja produkcji grzybów jadalnych w Polsce, w tym pieczarki, a jednocześnie pojawiające się duże straty powodowane występowaniem grzybów z rodzaju *Trichoderma* skłoniły mnie do podjęcia badań zespołowych, które umożliwiłyby ograniczenie występowania tego patogena za pomocą naturalnych olejków eterycznych. Wykazałem, że olejki eteryczne - geraniowy i tymiankowy, całkowicie hamują wzrost *T. harzianum*. Silne działanie ograniczające wzrost grzyba wykazał też olejek bazyliowy. Uzyskane wyniki mają duże znaczenie praktyczne, gdyż pozwalają ograniczyć, a być może nawet całkowicie wyeliminować z upraw pieczarki chemiczne fungicydy [Załącznik 4., poz. 4.2.3., 4.2.5., 4.2.16.]. W badaniach podjąłem także problem chorób grzybowych występujących na roślinach przyprawowych i leczniczych. Ich celem było określenie gatunków grzybów patogenicznych porażających zioła w rejonie Poznania. Badano dwie plantacje: roślin leczniczych i roślin przyprawowych w Instytucie Roślin i Przetworów Zielarskich w Poznaniu oraz kolekcję ziół i roślin przyprawowych Katedry Warzywnictwa UPP. Pod uwagę wzięto dziesięć gatunków roślin. Na analizowanych roślinach stwierdzono obecność dziewięciu gatunków grzybów: *Fusarium avenaceum*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Rhizoctonia solani*, *Puccinia malvacearum*, *Erysiphe cichoracearum* var. *cichoracearum*, *Septoria melissae* i *Botrytis cinerea*. Patogeny saprotroficzne izolowano z korzeni, podstaw pędów i liści. Najsilniejsze porażenie powodowały grzyby glebowe z rodzajów *Fusarium* i *Rhizoctonia*, a także *A. alternata*. Patogeny porażające części nadziemne były mniej szkodliwe. Z objawów chorobowych zaobserwowano na wszystkich analizowanych gatunkach, więdnienie i nekrozy, charakterystyczne dla chorób *Fusarium*, wystąpiły na dziewięciu badanych gatunkach ziół [Załącznik 4, poz. 4.2.4.].

Ze względu na znaczenie gospodarcze szparaga lekarskiego (*Asparagus officinalis*) podjąłem też badania mające na celu określenie składu gatunkowego grzybów występujących w bielonych i zielonych wypustkach tego gatunku zarówno z wyraźnymi objawami chorobowymi jak i bez objawów. Ustaliłem również zależności pomiędzy terminem zbioru wypustek, odmianą szparaga, tkanką z której wykonano izolację oraz wiekiem kwatery, na której rosły szparagi a stanem mikrobiologicznym wypustek. Oceeniłem ponadto patogeniczność pozyskanych izolatów różnych gatunków rodzaju *Fusarium* wobec roślin szparaga lekarskiego. Obserwacje prowadzono na plantacji produkcyjnej w Świdwowie (województwo lubuskie) - bielone wypustki, obiektem badań była odmiana 'Eposs' oraz w Poznaniu - wypustki zielone, odmiany 'Gynlim'. Do analizy mikologicznej pobierano wypustki z objawami chorobowymi i bez. Wśród uzyskanych izolatów grzybów

najliczniej reprezentowany był rodzaj *Fusarium*, z wypustek bez objawów chorobowych odpowiednio 80% (bielone wypustki) i 87,6% (zielone wypustki), a z wypustek z objawami chorobowymi – 78% i 87,4%. Pozostałe izolowane gatunki grzybów należały do rodzajów *Alternaria*, *Botrytis*, *Cladosporium*, *Penicillium* i *Stemphyllium*. W puli grzybów rodzaju *Fusarium* zidentyfikowano 6 gatunków: *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani* oraz *F. verticillioides*. Najliczniej występowały *F. oxysporum* i *F. proliferatum*. W testach infekcyjnych ustalono, że zasiedlające wypustki szparaga grzyby rodzaju *Fusarium* były patogeniczne wobec roślin szparaga. Patogeniczność izolatów w obrębie jednego gatunku jak i między gatunkami była zróżnicowana [Załącznik 4, poz. 4.1.10., 4.1.15, 4.2.12., 4.2.13.].

Wykazałem ponadto, że w ochronie szparagów skuteczne są naturalne preparaty Biosept 33 SL, który hamuje wzrost grzybni większości izolatów *Fusarium* i Biochikol 020 PC [Załącznik 4, poz. 4.2.14.].

We współpracy z Instytutem Ochrony Roślin w Poznaniu, podczas warsztatów zorganizowanych przez sekcję Biochemii i Genetyki Patogenów Roślin, oceniałem czy formy specjalne *F. oxysporum* tworzą ze sobą heterokariony. Materiał stanowiły dwie grupy izolatów *F. oxysporum*: pierwsza to izolaty *Fusarium* formy specjalne: *batatas*, *medicaginis*, *tracheiphilum*, *gerberae*. Drugą grupę stanowiło sześć izolatów *F. oxysporum* wyizolowanych z nasion bobiku [Załącznik 4, poz. 4.2.2].

W ramach dotacji Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi w latach 2014-2018 prowadziłem badania nad zwiększeniem odporności żyta (90 genotypów) na sporysz i fuzariozę kłosów przez poznanie interakcji pasożyt — żywiciel — środowisko z wykorzystaniem genetycznych źródeł odporności na *Claviceps purpurea* i grzyby rodzaju *Fusarium*. W badaniach pozyskano izolaty grzybów patogenicznych oraz mikroorganizmów niepatogenicznych. Oceniono patogeniczność, zmienność genetyczną, przynależność gatunkową patogenów oraz określono przynależność gatunkową i działania antagonistyczne pożytecznych mikroorganizmów. Oceniono ponadto porażenie żyta przez grzyby i występowanie mykotoksyn. Badania prowadzono w różnych warunkach środowiska (polowych i w komorze wegetacyjnej) w celu określenia interakcji patogen — genotyp żyta. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że gatunkami *Fusarium* identyfikowanymi w trakcie oceny były *F. graminearum*, *F. poae*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. oxysporum* i *F. equiseti*. Ziarniaki w wyniku naturalnej infekcji najczęściej porażane były przez *F.avenaceum*, następnie przez *F. graminearum*, *F.culmorum* i *F. poae*. Dominującymi gatunkami w poszczególnych latach badań były: *F. avenaceum* (2015, 2016), *F. graminearum* (2014) i *F. culmorum* (2017, 2018). Zawartość mykotoksyn we wszystkich próbkach była na bardzo niskim poziomie. Wykazano także, że jedną ze skuteczniejszych metod pozyskiwania kultur *C. purpurea* jest uzyskiwanie wzrostu grzybni wyrosłej ze sklerocjów. W wyniku prowadzonych prac udało się uzyskać izolaty grzybów należących do rodzaju *Trichoderma* (*T. aureoviride*, *T. brevicompactum*, *T. citrinoviride*, *T. hamatum*, *T. harzianum*, *T. koningii*, *T. longipilis*, *T. pseudokoningii*, *T. pubescens*, *T. strictipilis*, *T. viride*) oraz izolaty innych gatunków grzybów (*Acremonium alternatum*, *Epicoccum nigrum*, *Gliocladium catenulatum*, *Mucor hiemalis*, *Penicillium adametzii*, *P. funiculosum*, *P. nigricans*, *Zygorhynchus moellerii*). Izolaty *Trichoderma harzianum*, *T. pseudokoningii* i *T. viride* oraz *Penicillium adametzii* charakteryzowały się najwyższymi zdolnościami

antagonistycznymi (wyrażone najwyższym IEB) wobec badanych izolatów *C. purpurea*. Wykazano ponadto zróżnicowaną interakcję między badanymi izolatami *C. purpurea* a izolatami grzybów niepatogenicznych oraz to, że startery serii URP generują produkty PCR różnicując izolaty wewnątrz gatunku *C. purpurea* [Załącznik 4, poz. 4.2.24.].

W badaniach nad wpływem genotypu i zabiegów fungicydowych na zasiedlenie ziarniaków żyta przez grzyby rodzaju *Fusarium*, wykazałem, że ziarniaki w największym procencie zasiedlone były przez grzyby *F. avenaceum*, *F. culmorum* i *F. poe*. Najefektywniejsze ograniczenie występowania *F. avenaceum* i *F. culmorum* stwierdzono w kombinacji z dwukrotnym opryskiwaniem preparatem Adexar Plus w dawce 1,5 l na ha. Na ziarniakach wszystkich genotypów żyta pochodzących z kombinacji, w których zastosowano fungicydy nie zaobserwowano *F. graminearum*, natomiast na ziarniakach z kombinacji kontrolnej jego obecność odnotowano tylko w przypadku jednego genotypu. Ziarniaki pochodzące z kombinacji, w których stosowano fungicyd były zasiedlone przez *F. poe*, natomiast na ziarniakach z kombinacji kontrolnej nie stwierdzono występowania tego grzyba. W doświadczeniu laboratoryjnym dodawano do pożywki PDA po 10 mg·l<sup>-1</sup> substancji czynnych preparatów Adexar Plus i Tebu 250 EW. Pożywkę rozlewano na płytki Petriego, na które wykładano ziarniaki żyta. Wyrastanie z ziarniaków grzybów rodzaju *Fusarium* było ograniczane w podobnym stopniu. Za pomocą tej metody uzyskano izolaty grzybów mniej wrażliwych na działanie fungicydu. Najmniej wrażliwy na oba preparaty był gatunek *F. culmorum* [Załącznik 4, poz. 4.2.23.].

## **5.2. Biotyczne i abiotyczne choroby drzew i krzewów w terenach zurbanizowanych**

Różnorodność gatunków drzew i krzewów liściastych i iglastych stosowanych w terenach zieleni w miastach i ogrodach przydomowych skłoniła mnie do podjęcia badań oceniających przyczyny pojawiania się w tej grupie roślin różnych chorób. Podczas gdy przydatność do warunków miejskich gatunków popularnych wcześniej została już poznana, nowe gatunki roślin nie zawsze dobrze znoszą różne stresy biotyczne i abiotyczne, na które są narażone. Ochrona roślin w terenach zieleni miejskiej napotyka na różne ograniczenia, a jednocześnie pogarszający się z różnych przyczyn stan zdrowotny roślin skłania do dyskusji o możliwości dopuszczenia, w dostępnych dla ogółu społeczeństwa kompleksach roślin, ochrony chemicznej, ale dopiero po wcześniejszym rozpoznaniu patogenów grzybowych, które są sprawcami wielu chorób. Wiedza ta jest niezbędna, aby precyzyjnie dobrać preparaty chemiczne. Na podstawie oceny stanu zdrowotnego roślin wykazałem, że na krzewach mahonii zwyczajnej (*Mahonia aquifolium*), rozprzestrzeniła się rdza *Cumminisiella mirabilissima* oraz mączniak prawdziwy *Microsphaera berberidis*. Poważne szkody powodowały także mączniaki prawdziwe *M. berberidis* na krzewach berberysu, *Erysiphe martii* na karaganie oraz *M. azalea* na różanecznikach. Stwierdziłem, że najbardziej podatne na zakażenie pędów przez *Monilinia laxa* były wiśnia pospolita (*Prunus cerasus*) i morela (*P. armeniaca*), migdałek (*P. triloba*), wisienka kosmata (*P. tomentosa*) i syberyjska morela (*P. sibirica*). Do patogenów występujących do tej pory lokalnie, a obecnie coraz bardziej się rozpowszechniających, należą grzyby rdzawnikowe:



*Gymnosporangium sabiniae* (na gruszach: *Pyrus communis*, *P. pyraeaster*, *P. betulifolia* i *P. salicifolia* oraz jałowcach – *Juniperus sabinia* i *Juniperus* × *media*), *Cronartium ribicola* (na sośnie amerykańskiej - *Pinus strobus* i porzeczce czarnej - *Ribes nigra*) oraz rzadko do tej pory spotykana *Puccinia magelhaenica* wyniszczająca krzewy berberysu (*Berberis*). Po raz pierwszy w Poznaniu zidentyfikowano mączniaka prawdziwego kasztanowca (*Uncinula flexuosa*), co wskazuje, że patogen ten, przywleczony do Europy z Ameryki Północnej, rozprzestrzenił się również w Polsce [Załącznik 4, poz. 4.2.17.]. Wykazałem także, że zamieranie drzew iglastych - sosny koreańskiej (*Pinus koraiensis*) i świerka kłującego (*Picea pungens*) powoduje *Fusarium oxysporum*. Patogen ten wyizolowano również z zamierających cyprysików (*Chamaecyparis*), żywotników (*Thuja*), irg (*Cotoneaster*) i ligustrów (*Ligustrum*) [Załącznik 4, poz. 4.2.10.]. Stwierdzono także, że za masowe opadanie igieł u świerków (*Picea pungens*) w Poznaniu pod koniec lat dziewięćdziesiątych i na początku 2000 roku odpowiadały grzyby: *F. avenaceum*, *Alternaria alternata* i *Sordaria fimicola* [Załącznik 4, poz. 4.2.1.].

W kolejnych badaniach oceniłem, jak szybko rozprzestrzenił się *Erysiphe flexuosa* (syn. *Uncinula flexuosa*) na kasztanowcach (*Aesculus*). Badania przeprowadzono w różnych lokalizacjach, w Poznaniu oraz na terenie województw wielkopolskiego i kujawsko-pomorskiego. Wykazano, że mączniak prawdziwy występował powszechnie na drzewach kasztanowców, zarówno białych (*A. hippocastanum*) jak i różowych (*A.* × *carnea*) i z roku na rok wzrastał procent porażenia roślin [Załącznik 4, poz. 4.2.19., 4.2.21.].

Ze względu na duże zagrożenie ze strony patogenicznych grzybów, podjąłem badania, mające na celu ocenę skuteczności w warunkach *in vitro* i *in vivo* różnych preparatów do ochrony ozdobnych drzew i krzewów iglastych. Wykazałem, że najbardziej skuteczne były Mirage 450 EC i Biochicol 020 PC [Załącznik 4, poz. 4.2.20.].

Poważnym zagrożeniem dla roślin jest zanieczyszczenie metalami ciężkimi gleby, powodujące zmiany w procesach fizjologicznych, prowadzących końcowo do zahamowania wzrostu i zamierania roślin. Z tego powodu przeprowadzono badania mające na celu ocenę kumulacji kadmu (Cd) i ołowiu (Pb) w wybranych gatunkach ozdobnych roślin iglastych (*Chamaecyparis lawsoniana*, *Juniperus* × *pfitzeriana*, *Thuja occidentalis*). Wykazano, że największa kumulacja badanych metali wystąpiła w roślinach *J.* × *pfitzeriana*, a najmniejsza u *T. occidentalis*. Najbardziej widoczne zmiany w wyglądzie roślin - zahamowania wzrostu - obserwowano natomiast u *Ch. lawsoniana* i *T. occidentalis* [Załącznik 4, poz. 4.2.22.].

W innych badaniach oceniałem natomiast kondycję zdrowotną klonu jaworowego (*Acer pseudoplatanus*) rosnącego w różnych miejskich warunkach środowiskowych. Wykazano, że lokalizacja nie miała wpływu na koncentrację fosforu (P), potasu (K), magnezu (Mg) i wapnia (Ca) w liściach. Jednak rośliny różniły się zawartością azotu (N). Drzewa rosnące wzdłuż trasy o dużym natężeniu ruchu były liczniej zasiedlone przez owady i bardziej podatne na działanie patogenów grzybowych niż drzewa rosnące wzdłuż drogi o ruchu pieszym. Na drzewach stwierdzono obecność owadów, roztoczy i ślimaków. Dominującym gatunkiem owada był *Drepanosiphum platanoidis*. Zidentyfikowano dwa gatunki patogenicznych grzybów: *Sawadea bicornis* i *Rhytisma acerinum* [Załącznik 4, poz. 4.1.6.].

### **5.3. Zastosowania grzybów w biologicznej ochronie roślin przed czynnikami chorobotwórczymi**

W badaniach oceniałem możliwość ochrony goździków (*Dianthus caryophyllus*) i gipsówki wiechowatej (*Gypsophila paniculata*) przed *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*. Zastosowane w badaniach izolaty grzybów antagonistycznych skutecznie chroniły goździki i gipsówkę wiechowatą przed zakażeniem *F. oxysporum* f. sp. *dianthi* [Załącznik 4, poz. 4.2.9., 4.2.11.].

### **5.4. Wykorzystanie roślinnych regulatorów wzrostu w produkcji roślin ogrodniczych, w szczególności ozdobnych oraz w pozbiórczym traktowaniu zieleni ciętej**

W trakcie pracy zawodowej zainteresowałem się możliwościami, jakie stwarza stosowanie regulatorów wzrostu w uprawie roślin ogrodniczych, w szczególności ozdobnych oraz pozbiórczym traktowaniu zieleni ciętej.

W badaniach nad fuzariozą naczyniową u goździka powodowaną przez *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*, wykazałem, że rozwój choroby można ograniczyć za pomocą retardantów wzrostu. Oceniano wpływ 3 preparatów zawierających retardanty wzrostu (Cycocel 460 SL, B-Nine 85 SP, Topflor 015 SL) zastosowanych w różnych stężeniach na wzrost liniowy w warunkach *in vitro* grzyba *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* oraz zdrowotność wybranych odmian goździka zakażonych dwoma izolatami tego grzyba. Spośród zastosowanych retardantów, najbardziej skuteczny był Topflor 015 SL [Załącznik 4, poz. 4.2.6., 4.2.15.].

Przeprowadziłem ponadto badania, w których oceniałem wpływ mieszaniny benzyloadeniny (BA) i kwasu giberelinowego (GA<sub>3</sub>) o różnych stężeniach na cechy morfologiczne (długość i szerokość) i liczbę aparatów szparkowych w dolnej i górnej epidermie liści cantedeskii biało nakrapianej (*Zantedeschia albomaculata*) 'Albomaculata'. Wykazałem, że po zastosowaniu BA+GA<sub>3</sub> zmianie uległa liczebność oraz długość i szerokość aparatów szparkowych w górnej i dolnej epidermie liści odmiany 'Albomaculata'. [Załącznik 4, poz. 4.1.2.].

Oceeniłem także czy u cantedeskii o barwnych pochwach kwiatostanowych moczenie kłączy w GA<sub>3</sub> można zastąpić ich opryskiwaniem, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się chorób bakteryjnych. Wykazałem, że opryskiwanie kłączy jest równie skuteczną metodą, co moczenie i warto ją propagować. [Załącznik 4, poz. 4.2.7.].

W kolejnych badaniach oceniłem wpływ cytokinin i giberelin na kwitnienie, jakość i stan odżywienia mieczyka ogrodowego (*Gladiolus hybridus*). Liczne odmiany tego gatunku uprawiane są na całym świecie na kwiat cięty w gruncie i pod osłonami. Wykazałem, że GA<sub>3</sub> w zakresie badanych stężeń (100-600 mg·dm<sup>-3</sup>) u odmiany 'Black Velvet' hamował wydłużanie pędów kwiatostanowych, jednak stymulował wydłużanie kłosa. Nie miał wpływu na liczebność rozwijających się kwiatów w kłosie. Stymulował natomiast pobieranie wapnia (Ca), nie mając wpływu na pobieranie pozostałych makroelementów. Zastosowany w badanych stężeniach

powodował ponadto wzrost zawartość manganu (Mn) w liściach, nie mając wpływu na zawartość miedzi (Cu). Natomiast GA<sub>3</sub> o stężeniu 600 mg·dm<sup>-3</sup> stymulował pobieranie żelaza (Fe) i boru (B), o stężeniu 100 i 350 mg·dm<sup>-3</sup> – hamował pobieranie tych pierwiastków; o stężeniu 100 mg·dm<sup>-3</sup> stymulował pobieranie cynku (Zn), a o stężeniu 350-600 mg·dm<sup>-3</sup> – hamował jego pobieranie. W badaniach z syntetyczną cytokininą – BA wykazałem, że regulator ten hamował wydłużanie pędów kwiatostanowych odmiany 'Black Velvet', stymulował jednak wydłużanie kwiatostanu. BA stymulowała pobieranie Ca, nie mając wpływu na pobieranie pozostałych makroelementów, o stężeniu 600 mg·dm<sup>-3</sup> stymulowała pobieranie Mn i Zn, a w zakresie badanych stężeń - Cu, jednak hamowała pobieranie B [Załącznik 4, poz. 4.1.7., 4.1.5.].

Jestem ponadto współautorem bardzo interesującej publikacji na temat oceny wpływu GA<sub>3</sub> na zawartość substancji biologicznie czynnych u krokosmii ogrodowej (*Crocoshia × crocosmiiflora*). Bulwy odmiany 'Lucifer' okazały się bogatym źródłem antyoksydantów, z których wyekstrahowano substancje biologicznie czynne o właściwościach antyoksydacyjnych z czterech grup: saponiny, fenole, flawonoidy i karotenoidy. Po zastosowaniu GA<sub>3</sub> aktywność antyoksydacyjna wzrastała proporcjonalnie do zastosowanych stężeń tego regulatora wzrostu. Wzrastała też zawartość większości wyekstrahowanych związków po zastosowaniu tego regulatora wzrostu. Jest to bardzo cenna informacja, gdyż pozwala już na etapie produkcji roślin regulować zawartość biologicznie czynnych substancji, które mają wszechstronne zastosowanie, w tym bakterio- i grzybobójcze [Załącznik 4, poz. 4.1.9.].

Tematyka związana z roślinnymi regulatorami wzrostu dotyczy również innych moich badaniach, w których wykazuję ich znaczenie dla roślin ozdobnych, zarówno w aspekcie intensyfikacji kwitnienia, jak i bardzo ważnej dla tej grupy roślin, trwałości pozbiorczej zieleni ciętej, czyli szeroko rozumianych dodatków do bukietów, w tym liści, ulistnionych pędów czy też gałęziaków. W badaniach z regulatorami wzrostu opieram się nie tylko na często stosowanych u roślin ozdobnych giberelinach i cytokininach, ale poszukuję również możliwości zastosowania innych, mniej znanych, rzadziej stosowanych lub nowych regulatorów. U bodziszka (*Geranium platypetalum*) wykazałem, że GA<sub>3</sub> wydłuża pozbiorcą trwałość liści o 9,4 - 23,2 dni. U przywrotnika ostroklapowego (*Alchemilla mollis*) pozbiorcą trwałość liści można wydłużyć dzięki zastosowaniu GA<sub>3</sub> i BA, a także – topolinom, czyli niedawno odkrytym cytokininom aromatycznym, *meta*-metoksytopolinie (MemT) i jej rybozydowi (MemTR). Dzięki nawiązaniu współpracy z pracownikami i doktorantami Wydziału Technologii Chemicznej Instytutu Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Poznańskiej w badaniach z pozbiorcą trwałością liści bylin zastosowałem, uzyskane przez nich, nowe ciecze jonowe z anionem giberelinowym oraz czwartorzędowe sole amoniowe. Zmiana substancji czynnej (choliny lub acetylocholinę - ACh) na postać czwartorzędowych soli amoniowych pozwoliła otrzymać regulatory wzrostu, które mają lepszą aktywność biologiczną i są dzięki temu skuteczniejsze. Wykazałem, że zastosowanie tych nowych regulatorów wzrostu wydłuża pozbiorcą trwałość liści konwalii majowej (*Convallaria majalis*), liliowca ogrodowego (*Hemerocallis × hybrida*) 'Agata' i zatrzianu wrębnego (*Limonium latifolium*) [Załącznik 4, 4.2.8., 4.1.4., 4.1.8., 4.1.11.].

U jednego z gatunków roślin ogrodniczych (marchwi) wykazałem, że melatonina, stosunkowo rzadko do tej pory stosowany związek, ma korzystny wpływ na kiełkowanie nasion

tego gatunku. Dodatkową zaletą stosowania melatoniny jest też to, że można dzięki niej wyeliminować stosowanie fungicydów, gdyż skutecznie zmniejsza ona odsetek siewek z objawami chorobowymi. Zastosowanie tego narzędzia może ograniczyć zanieczyszczenie środowiska, które jest zazwyczaj związane z aplikacją chemicznych pestycydów. Jest to szczególnie ważne w przypadku nasion osmokondycjonowanych, ponieważ zabieg ten sprzyja rozwojowi grzybów na zaprawionych nasionach, podczas gdy melatonina ma działanie ochronne przed patogenami [Załącznik 4, poz. 4.2.18.].

Zdobyta wiedza o regulatorach wzrostu sprawiła, że we współpracy podjąłem się napisania trzech, obszernych przeglądów literatury na temat stosowania regulatorów wzrostu u odmian cantedeskii o barwnych pochwach kwiatostanowych, u geofitów i w pozbiornym traktowaniu zieleni ciętej [Załącznik 4, poz. 4.1.13., 4.1.17., 4.1.14.].

### **5.5. Wykorzystanie grzybów mikoryzowych i *Trichoderma* spp. w uprawach ogrodniczych**

Zanim na szerszą skalę zająłem się badaniami z wykorzystaniem grzybów mikoryzowych i *Trichoderma* spp. w uprawie roślin ozdobnych, przeprowadziłem trzyletnie badania związane z mikoryzacją cantedeskii o barwnych pochwach kwiatostanowych. Już wówczas wykazałem, iż mikoryzacja powoduje wzrost jakości, wyrażonej długością szypuły kwiatostanowej, i wielkości plonu kwiatów u cantedeskii biało nakrapianej 'Albomaculata' oraz wpływa korzystnie na kumulację azotu (N) i manganu (Mn) w liściach tej odmiany [Załącznik 4, poz. 4.1.1.].

Jestem współautorem obszernej pracy przeglądowej na temat zastosowania *Trichoderma* spp. w uprawie roślin ozdobnych [Załącznik 4, poz. 4.1.16.].

### **5.6. Ocena zanieczyszczeń mikrobiologicznych w miejscu pracy**

Ze względu na to, iż mikroskopijne grzyby stanowią biologiczny czynnik ryzyka zawodowego w środowisku pracy przemysłu drzewnego, podjąłem badania mające na celu określenie ich stężenia i składu gatunkowego w pyłe. W badaniach wykorzystałem metodę mikrobiologiczną i chemiczną. Próbkę pyłu pobrałem w 3 wybranych zakładach produkujących meble z różnych materiałów. Pierwsza fabryka (A) przetwarzała lite drewno, druga (B) – płyty wiórowe, a trzecia (C) wykorzystywała do produkcji mebli zarówno drewno, jak i tworzywa drzewne. Wykazano, że stężenie ergosterolu było stosunkowo niskie. Grzybami najczęściej izolowanymi w fabrykach A i B były grzyby z rodzaju *Penicillium* i *Aspergillus*. W fabryce C wyizolowano tylko grzyby z rodzaju *Trichoderma*. Wyniki przeprowadzonych badań, wskazują, że pracownicy fabryk mebli są narażeni na ekspozycję na pył drzewny zawierający grzyby, które stwarzają zagrożenie dla ich zdrowia. Wykryte gatunki, szczególnie z rodzajów *Penicillium* i *Aspergillus*, mają właściwości alergizujące i toksyczne [Załącznik 4, poz. 4.1.3.].

## **5.7. Rola ogrodów społecznych w miastach**

Jestem współautorem artykułu omawiającego znaczenie ogrodów społecznych we współczesnych miastach. Zakładanie ogrodów społecznych w Polsce jest nowym zjawiskiem. Powstają one przede wszystkim w dużych miastach, np. w Krakowie, Poznaniu, Warszawie. Mają one wiele zalet. Dzięki aktywności fizycznej przeciwdziałają one chorobom przewlekłym i niezakaźnym, zmieniają przyzwyczajenia żywieniowe dzięki uprawie warzyw i ograniczają stres. Uczestnictwo w działaniach ogrodniczych w ogrodach społecznych poprawia samopoczucie dzięki rozszerzaniu kontaktów społecznych, zajęciom ceniowym ze względów kulturowych oraz zmniejsza ubóstwo żywnościowe [Załącznik 4, poz. 4.1.12.].

## **5.8. Zrealizowane projekty badawcze**

Od początku działalności zawodowej uczestniczyłem w wykonaniu projektów badawczych realizowanych w Katedrze Fitopatologii, w których byłem kierownikiem lub wykonawcą:

### **Grant MNiSW nr NN310 320933**

„Ocena występowania grzybów rodzaju *Fusarium* w wypustkach szparaga lekarskiego (*Asparagus officinalis* L.) oraz wpływ różnych czynników na wzrost grzybni wybranych izolatów” (wykonawca - 2007-2011),

### **Grant MRiRW**

„Badania nad zwiększeniem odporności żyta na sporysz przez poznanie interakcji pasożyt - żywiciel oraz identyfikację i wykorzystanie genetycznych źródeł odporności na *Claviceps purpurea*” (wykonawca - 2013),

„Badania nad zwiększeniem odporności żyta na sporysz i na fuzariozę kłosów przez poznanie interakcji pasożyt - żywiciel - środowisko z wykorzystaniem genetycznych źródeł odporności na *Claviceps purpurea* i grzyby rodzaju *Fusarium*” (wykonawca – 2014-2017),

„Badania nad zwiększeniem odporności żyta na sporysz i fuzariozę kłosów przez poznanie interakcji pasożyt-żywiciel-środowisko z wykorzystaniem genetycznych źródeł odporności na *Claviceps purpurea* i grzyby rodzaju *Fusarium*” (kierownik – 2018).

W ramach pracy zleconej /umowy o dzieło uczestniczyłem ponadto w grantach:

**S303 038 06** - „Antagonistyczne oddziaływanie wybranych gatunków grzybów wobec różnych form specjalnych *Fusarium oxysporum* i możliwości wykorzystania tego zjawiska w ochronie biologicznej roślin”,

**P06C 045 14** - „Skuteczność ochrony roślin przed *Fusarium oxysporum* przez antagonistyczne izolaty grzybów z rodzaju *Trichoderma* wprowadzane do podłoża w różnych terminach oraz ocena przydatności wybranych substratów do przygotowania na ich bazie biopreparatu”,

**P06 R08230** - „Zastosowanie integrowanych metod zwalczania *Trichoderma* sp. w uprawie pieczarki dwuzarodnikowej *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach i bocznika *Pleurotus* sp.”.

Dwukrotnie, w 2020 i 2022 roku, złożyłem wnioski o finansowanie badań w ramach projektów Miniatura 4 i Miniatura 6. Mimo pozytywnych recenzji niestety nie uzyskałem finansowania.

#### **Zlecone tematy badawcze zarejestrowane na UPP:**

Projekt Krajowej Federacji Producentów Zbóż: Badanie odporności pszenicy na choroby powodowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium* (51/2016/B - wykonawca),

Projekt Krajowej Federacji Producentów Zbóż: Badanie odporności pszenicy na choroby powodowane przez grzyby z rodzaju *Fusarium* (80/2018/U - kierownik),

Praca badawcza: Ocena wrażliwości patogenów pszenicy i pszenżyta ozimego na wybrane zaprawy nasienne (53/2020/B - kierownik).

## **6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę**

### **6.1. Osiągnięcia dydaktyczne**

W latach 2004-2007 przeprowadziłem zajęcia dydaktyczne - ćwiczenia z przedmiotu Fitopatologia:

- dla studentów studiów stacjonarnych na kierunku ogrodnictwo, specjalności: Kształtowanie Terenów Zieleni oraz Hodowla i Nasiennictwo;
- dla studentów studiów niestacjonarnych na kierunku ogrodnictwo, specjalności: Ogródnictwo ogólne, Kształtowanie Terenów Zieleni oraz Produkcja i Zarządzanie.

Pracując na stanowisku adiunkta prowadziłem i/lub prowadzę wykłady i/lub ćwiczenia na stacjonarnych (S) i niestacjonarnych (N) studiach na czterech kierunkach: ogrodnictwo, architektura krajobrazu, medycyna roślin i rolnictwo oraz na Horticulture: Seed Science and Technology.

Prowadzone przeze mnie przedmioty na poszczególnych kierunkach:

- ogrodnictwo I stopień: Fitopatologia ogrodnicza - wykłady (N) i ćwiczenia (S, N); Choroby roślin zielarskich i grzybów uprawnych – ćwiczenia (S, N); Projektowanie ogrodów – wykłady i ćwiczenia (N),
- ogrodnictwo II stopień: ćwiczenia: Aktualne problemy w ochronie roślin (S),

- architektura krajobrazu I stopień: Ochrona roślin w krajobrazie - wykłady (S, N), i ćwiczenia (S, N),
- architektura krajobrazu II stopień: Diagnostyka chorób i szkodników roślin - wykłady (N) i ćwiczenia (N),
- medycyna roślin I stopień, ćwiczenia: Choroby roślin (S), Diagnostyka chorób roślin (S),
- medycyna roślin II stopień, ćwiczenia: Wybrane zagadnienia z fitopatologii, Charakterystyka molekularna mikroorganizmów i DNA barcoding,
- rolnictwo I stopień: ćwiczenia: Fitopatologia rolnicza (S, N) i Fitopatologia rolnicza szczegółowa (S),
- Horticulture: Seed Science and Technology II stopień, ćwiczenia: Seed biology, Oriental vegetables seed production, Extension in seed industry, Tropical crops seed production, Seed pathology.

Pod moją opieką zostało zrealizowanych 7 prac inżynierskich i 7 – magisterskich:

#### **Prace magisterskie**

- 2016 - Ocena skuteczności grzybobójczej wybranych olejków eterycznych wobec grzybów rodzaju *Botrytis* i *Fusarium*.
- 2016 - Ocena zdrowotności roślin *Acer pseudoplatanus* L. w nasadzeniach na terenie miasta Poznania.
- 2018 - Wpływ grzybów rodzaju *Trichoderma* na kwitnienie i jakość roślin aksamitki rozpierzchłej (*Tagetes patula* L.) i szalwii błyszczącej (*Salvia splendens* L.).
- 2018 - Występowanie grzybów rodzaju *Fusarium* w zielonych wypustkach szparaga lekarskiego (*Asparagus officinalis* L.).
- 2018 - Ocena antagonistycznego oddziaływania w warunkach in vitro izolatów *Trichoderma* spp. wobec wybranych patogenów roślin.
- 2019 - Porównanie podatności wybranych odmian czereśni (*Prunus avium* L.) na brunatną zgniliznę drzew pestkowych i ocena dynamiki rozwoju choroby.
- 2022 - Ocena występowania chorób grzybowych na wybranych gatunkach drzew liściastych na terenie miasta Poznania.

#### **Prace inżynierskie**

- 2017 - Występowanie *Diplocarpon rosae* na różnych odmianach róż.
- 2017 - Wpływu grzybów rodzaju *Trichoderma* i nawożenia pogłównego na kwitnienie i jakość roślin begonii bulwiastej (*Begonia × tuberhybrida*) Picotee Sunburst.
- 2019 - Wpływ grzybów rodzaju *Trichoderma* na rozwój wybranych gatunków roślin zielarskich.
- 2019 - Ocena zdrowotności drzew i krzewów liściastych w założeniach zieleni miasta Poznania.
- 2020 - Ocena stanu zdrowotnego drzew i krzewów liściastych na terenie miasta Poznania.
- 2021 - Choroby występujące na drzewach rodzaju *Acer* L. i *Platanus* L. w założeniach zieleni miasta Poznania.

- 2021 - Choroby występujące na drzewach rodzaju *Platanus* L. na terenie miasta Kalisza.

Dzięki ukończeniu w ramach kursu podnoszącego kompetencje dydaktyczne (szczegóły opisałem w punkcie 7.5) Szkoły Tutorów, w roku akademickim 2022/23 zostałem powołany przez JM Rektora na tutora UPP. Do tej pory pod moja naukową opieką były dwie tutee [Załącznik 6, poz. 1].

Współtworzyłem studia podyplomowe: Ekologiczne metody uprawy warzyw i ziół (2022) i Miejskie ogrodnictwo (2023) [Załącznik 6, poz.2, 3].

Uczestniczyłem w przygotowywaniu raportu samooceny dla kierunków architektura krajobrazu (2021) i ogrodnictwo (2022) [Załącznik 6, poz. 4, 5].

W latach 2016-2017 i 2021-2022 byłem członkiem Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej.

Członek Kierunkowego Zespołu ds. Jakości Kształcenia dla Kierunku Medycyna Roślin:- 2017- 2019.

Członek Rady Programowej Kierunku Ogrodnictwo - 2019 – do teraz.

Koordinator ds. dydaktyki, zajmujący się między innymi przydziałem godzin dydaktycznych dla pracowników, doktorantów i osób niezatrudnionych w Katedrze Fitopatologii i Nasiennictwa – 2015– do teraz.

## **6.2. Osiągnięcia związane z działalnością organizacyjną**

- Członek Rady Wydziału: 1999-2002, 2002-2005, 2005-2008, 2008-2012, 2012-2016, 2016-2019,
- Członek Wydziałowego Kolegium Elektorów: 2008-2012, 2012-2016, 2016-2019,
- Członek Uczelnianego Kolegium Elektorów: 2016-2020,
- Członek Wydziałowej Komisji ds. Organizacji i Rozwoju: 2005-2019,
- Członek Wydziałowej Komisji ds. nagród ze SFN dla pracowników niebędących nauczycielami: 2005-2008, 2012-2016, 2016-2020,
- Członek Wydziałowej Komisji ds. awansowania i przeszerogowania pracowników niebędących nauczycielami: 2012-2016, 2016-2020,
- Członek Rady ds. Zakładów Doświadczalnych UPP: 2016–2020,
- Członek Uczelnianej Komisji Oceniającej: od 2022,
- Członek Komisji Konkursowej w komisjach konkursowych na stanowiska asystenta: 2022-2023,
- Przedstawiciel ZNP w Wydziałowej Komisji Oceniającej, Wydziałowej Komisji ds. Kadr Naukowych, w komisjach konkursowych na stanowiska asystenta i adiunkta: 2016-2019,
- Członek Rady Katedry Fitopatologii: 2002-2005, 2005-2008, 2008-2012,
- Wydziałowa Komisja Doraźna ds. Decentralizacji Finansów – 2018-2020.

Wykaz dokumentów potwierdzających osiągnięcia związane z działalnością organizacyjną zawarte są w Załączniku 6, poz. 2.



### **6.3. Osiągnięcia związane z działalnością popularyzatorską**

W ramach popularyzacji wiedzy ogrodniczej napisałem 9 artykułów popularno-naukowych, które zostały opublikowane w wydawnictwach polskich i zagranicznych: Biuletyn Polskiego Stowarzyszenia Pracowników Dezynfekcji, Dezynsekcji i Deratyzacji, Działkowiec, Świat Zbóż, Szkółkarstwo i Encyclopedia - MDPI [Załącznik 4, poz. 4.4.1-4.4.9.].

Organizowałem ponadto wykłady i warsztaty związane tematycznie z ogrodnictwem na Poznańskim Festiwalu Nauki i Sztuki, Fascynującym Świecie Roślin, Targach Pracy, Drzwiach otwartych na WOAK oraz na Targach Edukacyjnych [Załącznik 6, poz. 3]:

- 2016 - XIX Poznański Festiwal Nauki i Sztuki,
- 2022 - XXV Poznański Festiwal Nauki i Sztuki,
- 2023 - XXVI Poznański Festiwal Nauki i Sztuki,
- 2017 - Fascynujący Świat Roślin na Wydziale Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu,
- 2018 - organizacja na Wydziale Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu II Edycji Targów Pracy,
- 2019 – organizacja drzwi otwartych na WOAK. Warsztaty – Niewidzialne dla oka, szkodliwe dla ciała,
- 2020 – Targi Edukacyjne MTP,
- 2022 - warsztaty dla uczniów 3 klasy Szkoły Podstawowej w Szamotułach,
- 2023 - „Wagary z przyrodą” - warsztaty dla uczniów szkół średnich na Wydziale Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii,
- 2023 – Dni Pola w Sielinku - warsztaty dla uczniów szkół średnich.

## **7. Informacje dotyczące kariery zawodowej**

### **7.1. Współpraca z jednostkami naukowymi krajowymi i zagranicznymi, działalność międzynarodowa**

W odpowiedzi na zaproszenia edytorów wykonałem dotychczas 20 recenzji prac naukowych dla czasopism o zasięgu międzynarodowym: Agronomy (2) (IF=3,949), Horticulturae (3) (IF=2,923), Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants (1) (IF=3,945), Processes (1) (IF=3,352), International Journal Environmental of Research Public Health (1), International Journal of Plant Biology (1), Progress in Plant Protection (10) i krajowym: Zagadnienia Doradztwa Rolniczego (1) [Załącznik 6, poz. 4].

W trakcie pracy zawodowej prowadziłem badania z pracownikami mojej Katedry. Współpracowałem także z innymi pracownikami UPP z Katedry Roślin Ozdobnych, Dendrologii i Sadownictwa, Katedry Warzywnictwa, Katedry Chemii, Katedry Fizjologii Roślin, Katedry Metod Ochrony Roślin, Katedry Żywienia Roślin (obecnie Katedra Fizjologii Roślin), Katedry Entomologii i Ochrony Roślin, Katedry Terenów Zieleni i Architektury Krajobrazu, Katedry Agronomii, Katedry Meblarstwa, a także Instytutu Technologii Drewna,

Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich, Instytutu Ochrony Roślin, Stacji Hodowli Roślin (Choryń, Smolice, Wiatrowo) oraz z pracownikami i doktorantami Wydziału Technologii Chemicznej Instytutu Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Poznańskiej.

## ***7.2. Informacje o uczestnictwie w programach europejskich***

Uczestniczyłem w programie podnoszącym kompetencje dydaktyczne kadry uczelni, zrealizowanym w ramach dwóch projektów współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej: Europejskiego Funduszu Społecznego pt.: Najlepsi z natury! Zintegrowany Program Rozwoju Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu oraz Zintegrowany Program Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu na rzecz Innowacyjnej Wielkopolski. Szczegóły uczestnictwa w programie szczegółowo opisałem w punkcie 7.5.

W ramach Programu Ramowego Unii Europejskiej Horizon 2020 w 2016, 2017, 2019 i 2020 roku zorganizowałem i przeprowadziłem warsztaty ujęte w programie Nocy Naukowców [Załącznik 6, poz. 5].

Uczestniczyłem także w warsztatach pt.: “Różnice kulturowe w kontaktach interpersonalnych z cudzoziemcami”. Zajęcia były przeznaczone dla kadry dydaktycznej w ramach projektu “Wsparcie szkoleniowe i organizacyjne w procesie przyjmowania cudzoziemców na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu – FIND YOUR PULSe” współfinansowanym przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego Programu Operacyjnego Wiedza, Edukacja i Rozwój 2014-2020 [Załącznik 6, poz. 5].

## ***7.3. Informacje o członkostwie w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych***

Od 2010 roku należę do Polskiego Towarzystwa Fitopatologicznego (PTFit.), International Society for Plant Pathology i European Foundation for Plant Pathology. W 2017 zostałem wybrany na członka zarządu i skarbnika PTFit, a w roku 2021 - na kolejne 3 lata (kadencja 2021-2024). W 2011 roku zostałem członkiem Polskiego Towarzystwa Nauk Ogrodniczych, w którym jestem członkiem Komisji Rewizyjnej oddziału poznańskiego (kadencja 2019-2023, 2023-2027).

## ***7.4. Informacja o udziale w komisjach eksperckich w ramach współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym***

W latach 2012-2016 wykonałem ekspertyzy polegające na izolacji i oznaczeniu do gatunków patogenów roślin iglastych, liściastych będących sprawcami zamierania tych roślin na terenie miasta dla Zarządu Zieleni Miejskiej w Poznaniu.

## **7.5. Informacje o udziale w szkoleniach, kursach i stażach naukowych**

Uczestniczyłem w dwuletnim (od 3 czerwca 2020) programie podnoszącym kompetencje dydaktyczne kadry uczelni. Program ten został zrealizowany w ramach dwóch projektów współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej: Europejskiego Funduszu Społecznego pt.: Najlepsi z natury! Zintegrowany Program Rozwoju Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu oraz Zintegrowany Program Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu na rzecz Innowacyjnej Wielkopolski.

W ramach projektu uczestniczyłem w:

- indywidualnych spotkaniach z career coach w wymiarze 10 h dydaktycznych,
- 9 specjalistycznych szkoleniach:
  - Tworzenie i komponowanie infografik i slajdów - 14 h,
  - Blended learning: Tworzenie treści do materiałów dydaktycznych w formule e-learning - 12 h,
  - Szkoła Tutorów Akademickich Collegium Wratislaviense - 64 h - Certyfikat nr STA-Z/345/III/2021/1,
  - Wykorzystanie mediów społecznościowych w procesie dydaktycznym - 6 h,
  - Excel - kurs zaawansowany - 16 h,
  - Wystąpienia publiczne, retoryka, erystyka, prowadzenie dyskusji i debat, nowoczesna dydaktyka - 16,
  - Kurs innowacyjnych umiejętności dydaktycznych - 48 h,
  - Statystyczna analiza danych - 88 h,
  - Efektywna praca w grupie, rozwiązywanie konfliktowych sytuacji, opanowanie agresji, rozwiązywanie problemów bez przemocy - 16 h,
- lektoracie z języka angielskiego na poziomie B1 w wymiarze 240 h dydaktycznych,
- 7 dniowym stażu krajowym w Eurofinis Agrosience Services Sp. z o.o. [Załącznik 6, poz. 6].

Dodatkowo uczestniczyłam w kursie języka angielskiego, który został zrealizowany w ramach programu MNiSW "Regionalna Inicjatywa Doskonałości" w latach 2019-2022, nr projektu 005/RID/2018/19.

W celu poszerzenia warsztatu badawczego przydatnego w fitopatologii, w okresie od 1 lipca do 2 sierpnia 2013 roku odbyłem staż naukowy w Zakładzie Genetyki Patogenów i Odporności Roślin Instytutu Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu.

W 2016 roku brałem udział w szkoleniu z zakresu zaawansowanych technik mikroskopowych [Załącznik 6, poz. 6].

Przeprowadziłem ponadto kurs dokształcający „Choroby roślin rolniczych” dla pracowników stacji doświadczalnych (kurs zamówiony przez Fertico sp. z o.o. i zarejestrowany w UP 1/2017).

W 2023 roku uczestniczyłem w szkoleniach: "Szkolenie dla wnioskodawców: Procedura oceny wniosku" [Załącznik 6, poz. 6], „Repozytoria danych badawczych”, „Udostępnianie danych badawczych w sposób umożliwiający ich ponowne wykorzystanie”.

W lipcu 2023 odbyłem staż naukowy w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytut Badawczym w Poznaniu [Załącznik 6, poz. 6].

W listopadzie 2023 odbędę staż naukowy na Uniwersytecie w Rumunii (Faculty of Horticulture & Business for Rural Development University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj-Napoca). Staż ten był już wcześniej zaplanowany, w terminie 19.04-4.05 2023 r., i uzgodniony ze stroną rumuńską, niestety z przyczyn ode mnie niezależnych, nie mógł być zrealizowany w tym terminie [Załącznik 6, poz. 6].

## ***7.6. Informacje o wystąpieniach na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych***

Brałem czynny udział w 4 międzynarodowych i w 19 krajowych konferencjach naukowych:

### **Konferencje międzynarodowe:**

- Environmental Biotic Factors In Integrated Plant Disease Control, 3-rd Conference of European Foundation for Plant Pathology, Poznań, September 5-9 1995,
- XIV Międzynarodowa Konferencja Szparagowa, Nowy Tomyśl 13 marca 2007,
- ICPP2018 in Boston, Massachusetts, U.S.A., July 29–August 3, 2018,
- Conference of the European Foundation for Plant Pathology. 8-13 September 2014, Kraków,

### **Konferencje krajowe:**

- Ogólnopolska Konferencja Ochrony Roślin Sadowniczych, Skierniewice, 2-3 luty 1994,
- XXXVII Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu, Poznań, 1997,
- XXXIX Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu, Poznań, 11-12 luty 1999,
- XLIII Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin, Poznań, 13-14 lutego 2003,
- XLIV Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin, Poznań 12-13 lutego 2004,
- XLVI Sesja Naukowa IOR, 16-17 lutego 2006,
- XLVII Sesja Nauk. Inst. Ochr. Roślin, Poznań, 15-16 lutego 2007,
- XLVIII Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin, Poznań, 31.01-1.02.2008,
- Pierwsza Konferencja Naukowa "Nowe patogeny roślin", Skierniewice, 15-16 kwietnia 2008,
- Symposium Naukowe "Choroby roślin na tle zmian klimatycznych" towarzyszące XIII Walnemu Zgromadzeniu Członków PTFit., Wrocław, 17-19 września 2008,
- Sesja Naukowa IOR-PIB, Poznań, 19-20 lutego 2009,

- 50. Sesja Naukowa IOR-PIB, Poznań, 4-5 lutego 2010,
- I Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Problemy ochrony roślin na terenach zurbanizowanych, Wrocław, 15-17 września 2010,
- Konferencja Naukowa: Fitopatologia: zdrowe rośliny - zdrowi ludzie. Bydgoszcz, 20-22 września 2011,
- Rola odmiany i ochrony roślin w intensyfikacji produkcji roślinnej- Poznań-Dymaczewo Nowe, 11-13 maja 2016,
- Ogólnopolska Konferencja nt. Ozdobnych Roślin Cebulowych Skierniewice, 12 września 2017,
- Seminarium nt. Ozdobnych roślin cebulowych, Skierniewice, 9 października 2019,
- VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nauki przyrodnicze na rzecz człowieka i środowiska”, Lublin 21 października 2022,
- Konferencja Polskiego Towarzystwa Fitopatologicznego „Nowoczesne spojrzenie na fitopatologię” Poznań 7-8 września 2022 - członek komitetu organizacyjnego.

Na konferencjach wygłosiłem 7 referatów [Załącznik 4, poz. 7.1.1.-7.1.7.; Załącznik 6, poz.7] i zaprezentowałem 21 posterów [Załącznik 4, poz. 7.2.1.-7.2.21].

Prezentowane przeze mnie na konferencjach treści zostały opublikowane w postaci 13 oryginalnych prac twórczych [Załącznik 4, poz. 4.2.10-4.2.23], 4 materiałów konferencyjnych, w tym dwóch w bazie JCR [Załącznik4, poz. 4.3.1.-4.3.4.] i 24 streszczeń, w tym jednego w bazie JCR [Załącznik 4, poz. 7.3.1.-7.3.24].

## ***7.7. Informacje o nagrodach i wyróżnieniach***

- 2002 - Brązowy Krzyż Zasługi przyznany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej,
- 2003 - Nagroda indywidualna za osiągnięcia w pracy zawodowej przyznana przez JM Rektora Akademii Rolniczej w Poznaniu,
- 2007 - Nagroda indywidualna za osiągnięcia w pracy zawodowej przyznana przez JM Rektora Akademii Rolniczej w Poznaniu,
- 2013 - Nagroda zespołowa za osiągnięcia w pracy zawodowej przyznana przez JM Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu,
- 2021 - Nagroda zespołowa za osiągnięcia naukowe udokumentowane publikacjami przyznana przez JM Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu,
- 2022 - Nagroda zespołowa za osiągnięcia naukowe udokumentowane publikacjami przyznana przez JM Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu,
- 2022 - Medal Złoty za Długoletnią Służbę przyznany przez Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej,

Wykaz dokumentów potwierdzających otrzymane nagrody i medale zawarte są w Załączniku 6, poz. 8.

## 7.8. Zestawienie dorobku w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych

Mój dotychczasowy dorobek obejmuje łącznie 89 publikacji, w tym 48 oryginalnych prac twórczych, 2 monografie, 12 rozdziały w monografii, 4 prace konferencyjne, 24 streszczenia i 9 artykułów popularno-naukowych.

Pełna lista moich osiągnięć naukowych znajduje się w Załączniku 4 do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego (Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny). W tabeli 1 zestawiono dorobek publikacyjny przed i po uzyskaniu stopnia doktora, a w tabeli 2 znajduje się zestawienie bibliograficzne publikacji naukowych.

Tabela 1. Zestawienie dorobku publikacyjnego

Dorobek publikacyjny	Przed doktoratem			Po doktoracie			Razem		
	liczba	IF	punkty	liczba	IF	punkty	liczba	IF	punkty
<b>Oryginalne prace twórcze</b>	<b>21</b>	-	<b>81</b>	<b>27</b>	<b>53,752</b>	<b>1556</b>	<b>48</b>	<b>53,752</b>	<b>1637</b>
- w języku polskim	14	-	49	2	-	33	16	-	82
- w języku angielskim	7	-	32	25	53,752	1523	32	53,752	1555
- z bazy JCR	-	-	-	24	53,752	1498	24	53,752	1498
<b>Monografie</b>									
- w języku polskim	-	-	-	2	-	40	2	-	40
<b>Rozdziały w monografiach</b>									
- w języku polskim	-	-	-	1	-	20	1	-	20
- w języku angielskim	-	-	-	1	-	20	1	-	20
<b>Razem</b>	<b>21</b>	-	<b>81</b>	<b>31</b>	<b>53,752</b>	<b>1636</b>	<b>52</b>	<b>53,752</b>	<b>1717</b>
<b>Inne publikacje</b>									
materiały konferencyjne	<b>3</b>	-	-	<b>1</b>	-	-	<b>4</b>	-	-
--z bazy JCR	2	-	-	-	-	-	-	-	-
- w materiałach krajowych	1	-	-	1	-	-	4	-	-
streszczenia	<b>19</b>	-	-	<b>5</b>	-	-	<b>24</b>	-	-
- na konferencjach krajowych	19	-	-	3	-	-	-	-	-
- na konferencjach międzynarodowych	-	-	-	2	-	-	-	-	-
artykuły popularno-naukowe	-	-	-	<b>9</b>	-	-	<b>9</b>	-	-
- w języku kongresowym	-	-	-	4	-	-	-	-	-
- w języku niekongresowym	-	-	-	5	-	-	-	-	-
<b>Razem</b>	<b>22</b>	-	-	<b>15</b>	-	-	<b>37</b>	-	-
<b>Ogółem</b>	<b>43</b>	-	<b>81</b>	<b>46</b>	<b>53,752</b>	<b>1636</b>	<b>89</b>	<b>53,752</b>	<b>1717</b>
<b>Ogółem prace, które ukazały się drukiem</b>	<b>43</b>			<b>46</b>			<b>89</b>		
Postery	<b>20</b>			<b>1</b>			<b>20</b>		
Recenzje publikacji naukowych	<b>20</b>			<b>20</b>			<b>20</b>		

Liczba cytowań = 72 / bez autocytowań = 32 / Indeks Hirscha = 5 (Web of Science - 10.07.2023)

Liczba cytowań = 72 / bez autocytowań = 31 / Indeks Hirscha = 5 (Scopus - 10.07.2023)

Tabela 2. Zestawienie bibliograficznych wskaźników dokonań naukowych

Wydawnictwo	Rok	Punktacja MNiSW/MEiN	IF	Suma punktów	IF sumaryczny
<b>Wydawnictwa krajowe</b>					
Acta Agrobotanica	2010	9	-		
	2017	14		23	-
Acta Agrophysica	2016	14	-	14	-
Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin	2019	20	-	20	-
	2016	14	0,359	14	0,359
Folia Horticulturae	2016	12	-	12	-
Fragmenta Agronomica	2016	12	-	12	-
Journal of Elementology	2018	15	0,733	15	0,733
Medycyna Pracy	2014	15	0,397	15	0,397
	2003	4			
Phytopathologia Polonica	2006	4			
	2007	4	-	16	-
	2009	4			
	2003	2			
Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin	2004	2			
	2006	2			
	2007	2	-	26	-
	2008	2			
	2009	4			
	2010	6			
	2010	6			
Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Ogrodnictwo (obecnie Nauka, Przyroda, Technologie)	1998	3			
	2001	3	-	6	-
	2008	4			
Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	2008	4	-	26	-
	2008	4			
	2008	4			
	2008	4			
	2011	6			
<b>Wydawnictwa zagraniczna</b>					
Agriculture	2022	100	3,408		
	2023	100	3,600	300	10,608
	2023	100	3,600		
Agronomy	2021	100	3,949		
	2021	100	3,949	600	23,694
	2021	100	3,949		
	2022	100	3,949		
	2022	100	3,949		
	2022	100	3,949		
Bulgarian Journal of Agricultural Science	2015	10	-	10	-
Fresenius Environmental Bulletin	2018	15	0,691	15	0,691
	2013	25	0,920		
Horticultural Science	2018	25	0,623	190	3,660
	2020	70	0,925		
	2022	70	1,192		
	2022	140	6,208	140	6,208
International Journal of Molecular Sciences	2022	140	6,208	140	6,208
Monatshefte für Chemie – Chemical Monthly	2020		1,522	40	1,522
Notulae Botbotanicae Horti. Agrobotanici Cluj-Napoca	2014	15	0,547		
	2021	40	1,444	55	1,991
Sustainability	2022	100	3,889	100	3,889
<b>Suma</b>	<b>48</b>	<b>1637</b>	<b>53,752</b>	<b>1637</b>	<b>53,752</b>

.....  
Podpis wnioskodawcy