

Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich  
Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz

za pośrednictwem:

**Rady Doskonałości Naukowej**

pl. Defilad 1

00-901 Warszawa

(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

Alicja Tymoszuk

Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich  
Wydział Rolnictwa i Biotechnologii

## **Wniosek**

z dnia 13 grudnia 2024 r.

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego  
w dziedzinie **nauk rolniczych** w dyscyplinie<sup>1</sup> **rolnictwo i ogrodnictwo**

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora  
habilitowanego

**Nanocząstki srebra, złota i tlenku cynku w kulturach *in vitro* oraz hodowli wybranych  
gatunków roślin ozdobnych i warzywnych: wpływ na organogenezę oraz efekty  
fizjologiczne, genetyczne i fenotypowe**

Wniosuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie  
wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała  
uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu **tajnym/jawnym**\*<sup>2</sup>

*Zostałem poinformowany, że:*

*Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w  
sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej  
z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).*

*Kontakt za pośrednictwem e-mail: [kancelaria@rdn.gov.pl](mailto:kancelaria@rdn.gov.pl), tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu.  
Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c)  
Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art.  
232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu  
przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i  
obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.*

<sup>1</sup> Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin wg. rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin w zakresie sztuki (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).

<sup>2</sup> \* Niepotrzebne skreślić.

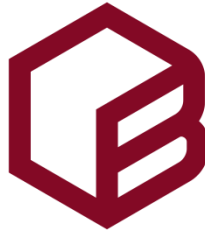
Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie [www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html](http://www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html)

.....  
Aliza Tymoszek

(podpis wnioskodawcy)

Załączniki:

1. Dane wnioskodawcy
2. Kopia dyplomu doktora
3. Autoreferat
4. Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących wkład w rozwój dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo
5. Kopia cyklu artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe
6. Oświadczenia autorów cyklu artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe
7. Kopie ważniejszych dokumentów potwierdzających aktywność naukową oraz pozostałe osiągnięcia



**POLITECHNIKA  
BYDGOSKA**  
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

# **AUTOREFERAT**

**w postępowaniu w sprawie nadania stopnia  
doktora habilitowanego  
w dziedzinie nauk rolniczych,  
w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo**

dr inż. Alicja Tymoszuik



**POLITECHNIKA  
BYDGOSKA**  
Wydział Rolnictwa i Biotechnologii  
Katedra Biotechnologii  
Pracownia Ogrodnictwa

Bydgoszcz 2024

## Spis treści

1. Imię i nazwisko .....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne .....	3
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych .....	3
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) .....	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego .....	4
4.2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych składających się na osiągnięcie naukowe .....	4
4.3. Osiągnięcie naukowe .....	6
4.3.1. Wprowadzenie .....	6
4.3.2. Cel badań .....	8
4.3.3. Materiały i metody .....	9
4.3.4. Wyniki badań .....	12
4.3.5. Podsumowanie .....	24
4.4. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze .....	30
4.4.1. Hodowla, separacja komponentów chimer i kultury <i>in vitro</i> chryzantemy wielkokwiatowej .....	30
4.4.2. Organogeneza <i>in vitro</i> i krioprezerwacja serduszki okazałej .....	33
4.4.3. Pozostałe badania z obszaru biotechnologii roślin .....	35
4.4.4. Badania z zakresu uprawy <i>in vivo</i> i ochrony roślin .....	38
4.5. Zestawienie dorobku naukowego .....	41
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej .....	44
5.1. Staż naukowy krajowy .....	44
5.2. Wizyty studyjne zagraniczne .....	45
5.3. Współpraca naukowa z polskimi i zagranicznymi ośrodkami .....	45
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę .....	47
6.1. Działalność dydaktyczna .....	47
6.2. Działalność organizacyjna i popularyzująca naukę .....	51
6.3. Nagrody .....	53
6.4. Wyróżnienia .....	53
6.5. Stypendia .....	54
7. Pozostałe informacje dotyczące kariery zawodowej .....	54
7.1. Udział w szkoleniach, kursach i warsztatach .....	54

## 1. IMIĘ I NAZWISKO

---

Alicja Tymoszuik

## 2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE LUB ARTYSTYCZNE

---

### 1998-2002

Liceum Ogólnokształcące w Nakle nad Notecią  
Klasa z rozszerzoną nauką języka niemieckiego

### 2002-2007

Wydział Rolnictwa i Biotechnologii (WRiB), Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich (UTP) w Bydgoszczy  
Jednolite stacjonarne studia magisterskie na kierunku Biotechnologia  
*Dyplom z tytułem zawodowym magistra inżyniera*  
Praca magisterska pt. „Somatyczna mutageneza u chryzantemy wielkokwiatowej (*Chrysanthemum × grandiflorum* /Ramat./ Kitam.) odmiany ‘Satinbleu’ indukowana *in vitro* promieniowaniem gamma”. Promotor: prof. dr hab. inż. Małgorzata Zalewska.

### 2009-2011

Policealna Szkoła Zawodowa, Towarzystwo Wiedzy Powszechnej w Bydgoszczy  
*Dyplom - Technik architektury krajobrazu*

### 2007-2012

Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, UTP w Bydgoszczy  
*Stacjonarne studia doktoranckie w dyscyplinie agronomia*  
Badania obejmujące zakres rozprawy doktorskiej zostały wykonane w Katedrze Roślin Ozdobnych i Warzywnych

### 01.06.2012

Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
*Dyplom doktora nauk biologicznych w dyscyplinie biologia z wyróżnieniem*  
Tytuł rozprawy „Regeneracja pędów i zarodków przybyszowych z izolowanych *in vitro* kwiatów języczkowatych chryzantemy wielkokwiatowej”. Promotor: prof. dr hab. inż. Małgorzata Zalewska. Recenzenci: prof. dr hab. Elżbieta Bednarska-Kozakiewicz, prof. dr hab. Marek Jerzy.

## 3. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH LUB ARTYSTYCZNYCH

---

### 15.09.2011-31.03.2014

Katedra Roślin Ozdobnych i Warzywnych, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, UTP w Bydgoszczy  
*Zatrudnienie na stanowisku technika*

### Od 01.04.2014 do chwili obecnej

Katedra Roślin Ozdobnych i Warzywnych (obecnie Pracownia Ogrodnictwa w ramach Katedry Biotechnologii), Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, UTP w Bydgoszczy (obecnie Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich - PBS)  
*Zatrudnienie na stanowisku adiunkta w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych (w latach 2021-2023 w grupie pracowników badawczych; roczny urlop macierzyński w 2017 r.)*

#### **4. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT. 2 USTAWY Z DNIA 20 LIPCA 2018 R. PRAWO O SZKOLNICTWIE WYŻSZYM I NAUCE (DZ. U. Z 2021 R. POZ. 478 Z PÓŹN. ZM.)**

##### **4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego**

Moim najważniejszym osiągnięciem naukowym stanowiącym podstawę w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk rolniczych, *w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo*, jest cykl dziewięciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych z lat 2019-2024, zebranych pod wspólnym tytułem:

**Nanocząstki srebra, złota i tlenku cynku w kulturach *in vitro* oraz hodowli wybranych gatunków roślin ozdobnych i warzywnych: wpływ na organogenezę oraz efekty fizjologiczne, genetyczne i fenotypowe**

##### **4.2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych składających się na osiągnięcie naukowe**

A.1. **Tymoszuik A.**, Miler N., 2019. Silver and gold nanoparticles impact on *in vitro* adventitious organogenesis in chrysanthemum, gerbera and Cape Primrose. **Scientia Horticulturae** 257: 108766. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108766>

(IF<sup>1</sup><sub>2019</sub> 2,769, MNiSW<sup>2</sup><sub>2019</sub> 140 pkt.)

<sup>1</sup> Współczynnik wpływu IF wg ISI JCR zgodnie z rokiem ukazania się artykułu

<sup>2</sup> Punktacja czasopism naukowych wg MNiSW(MEiN) zgodnie z rokiem ukazania się artykułu

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współopracowaniu koncepcji, planu badań i założeń metodycznych, przygotowaniu części materiału roślinnego i współprzeprowadzeniu doświadczeń, współudziale w pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników, wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

A.2. **Tymoszuik A.**, Wojnarowicz J., 2020. Zinc oxide and zinc oxide nanoparticles impact on *in vitro* germination and seedling growth in *Allium cepa* L. **Materials** 13(12): 2784. <https://doi:10.3390/ma13122784>

(IF<sub>2020</sub> 3,623, MNiSW<sub>2020</sub> 140 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań związanych z wykorzystaniem materiału roślinnego, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń na materiale roślinnym wraz z pozyskaniem, analizą i opracowaniem statystycznym wyników, wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

A.3. **Tymoszuik A.**, Kulus D., 2020. Silver nanoparticles induce genetic, biochemical, and phenotype variation in chrysanthemum. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 143: 331–344. <https://doi.org/10.1007/s11240-020-01920-4>

(IF<sub>2020</sub> 2,711, MNiSW<sub>2020</sub> 100 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, przygotowaniu materiału roślinnego i udziale w przeprowadzeniu wszystkich doświadczeń, pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników z badań biometrycznych, biochemicznych i fenotypowych, współudziale w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

A.4. **Tymoszuik A.**, 2021. Silver nanoparticles effects on in vitro germination, growth, and biochemical activity of tomato, radish, and kale seedlings. **Materials** 14(18): 5340. <https://doi.org/10.3390/ma14185340>

(IF<sub>2021</sub> 3,748, MNiSW<sub>2021</sub> 140 pkt.)

A.5. Kulus D., **Tymoszuik A.**, Jędrzejczyk I., Winięcki J., 2022. Gold nanoparticles and electromagnetic irradiation in tissue culture systems of bleeding heart: biochemical, physiological, and (cyto)genetic effects. **Plant Cell Tissue and Organ Culture** 149: 715–734. <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02236-1>

(IF<sub>2022</sub> 3,000, MNiSW<sub>2022</sub> 100 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu części założeń metodycznych oraz wykonaniu części analiz (uczestniczyłam aktywnie w większości etapów doświadczenia). W pracy byłam autorem korespondencyjnym.*

A.6. **Tymoszuik A.**, Kulus D., 2022. Effect of silver nanoparticles on the in vitro regeneration, biochemical, genetic, and phenotype variation in adventitious shoots produced from leaf explants in chrysanthemum. **International Journal of Molecular Sciences** 23(13): 7406. <https://doi.org/10.3390/ijms23137406>

(IF<sub>2022</sub> 5,600, MNiSW<sub>2022</sub> 140 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, przygotowaniu materiału roślinnego i udziale w przeprowadzeniu wszystkich doświadczeń, pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników z badań biometrycznych, biochemicznych, genetycznych i fenotypowych, wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

A.7. **Tymoszuik A.**, Sławkowska N., Szałaj U., Kulus D., Antkowiak M., Wojnarowicz J., 2022. Synthesis, characteristics, and effect of zinc oxide and silver nanoparticles on the in vitro regeneration and biochemical profile of chrysanthemum adventitious shoots. **Materials** 15(22): 8192. <https://doi.org/10.3390/ma15228192>

(IF<sub>2022</sub> 3,400, MNiSW<sub>2022</sub> 140 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań związanych z wykorzystaniem materiału roślinnego, współudziale w przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń na materiale roślinnym, pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników; wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

A.8. **Tymoszuik A.**, Wenda-Piesik A., Szałaj U., Wojnarowicz J., 2024. Analysis of architecture of chrysanthemum plantlets in response to zinc oxide, silver and auxin treatment in shoot-tip culture. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae** 93: 1–25. <https://doi.org/10.5586/asbp/183092>

(IF<sub>2023</sub> 1,100, MNiSW<sub>2023</sub> 70 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań związanych z wykorzystaniem materiału roślinnego, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń na materiale roślinnym, pozyskaniu wyników, wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

A.9. **Tymoszuk A.**, Szałaj U., Wojnarowicz J., Kowalska J., Antkowiak M., Kulus D., 2024. Zinc oxide and silver effects on the growth, pigment content and genetic stability of chrysanthemums propagated by the node culture method. **Folia Horticulturae** 36(1) (2024): 35–66. <https://doi:10.2478/fhort-2024-0003>

(IF<sub>2023</sub> 2,200, MNiSW<sub>2023</sub> 40 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań związanych z wykorzystaniem materiału roślinnego, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń na materiale roślinnym, wiodącej roli w pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników, wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

Wszystkie artykuły składające się na osiągnięcie naukowe zostały opublikowane w czasopismach z bazy ISI JCR. Ich sumaryczny współczynnik wpływu **IF** wynosi **28,151**, a łączna wartość punktacyjna stanowi **1010 pkt. MNiSW**, zgodnie z rokiem ukazania się.

### 4.3. Osiągnięcie naukowe

#### 4.3.1. Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwowany jest globalny rozwój nanotechnologii i aplikacji nanomateriałów w różnych obszarach, m.in. w optyce, elektronice, energetyce, inżynierii materiałowej, medycynie, farmacji, kosmetyce, technologii żywności i rolnictwie. Nanomateriały definiowane są jako agregaty atomowe lub molekularne charakteryzujące się unikalnymi właściwościami fizykochemicznymi w porównaniu ze swoimi odpowiednikami w skali mikrometrycznej, m.in. wysokim współczynnikiem powierzchni do objętości, wysoką reaktywnością chemiczną i biologiczną, w tym łatwością wnikania do komórek organizmów żywych. Ma to bezpośredni związek z ich małymi rozmiarami, w zakresie od 1 do 100 nm (1 nm = 10<sup>-9</sup> m), w przynajmniej jednym wymiarze. Do grupy nanomateriałów należą nanocząstki (ang. nanoparticles; NPs), których co najmniej dwa wymiary mieszczą się w skali nanometrycznej. Nanorurki węglowe, nanocząstki aluminium, miedzi, złota, żelaza, srebra, cynku, tlenku krzemu, tlenku cynku i dwutlenku tytanu należą do najczęściej wytwarzanych nanocząstek na świecie. W badaniach z roślinami wykorzystywane są głównie nanocząstki srebra, złota, żelaza, miedzi, tlenku tytanu lub tlenku cynku (Cvjetko i in. 2018; Hou i in. 2018; Guha i in. 2024; Zeng i in. 2024).

Wdrożenie nanotechnologii do rolnictwa wzbudza duże zainteresowanie w związku z możliwym zwiększeniem wydajności produkcji przy niskim nakładzie kosztów i energii. Nanocząstki mogą regulować wzrost oraz przyczyniać się do zwiększania odporności roślin na biotyczne i abiotyczne czynniki stresowe. Potencjalne zastosowania nanocząstek obejmują nanonawozy, nanopestycydy, nanoherbicydy, nanosensory i inteligentne systemy dostarczania i kontrolowanego uwalniania agrochemikaliów (Mishra i in. 2017). Naukowcy aplikują z powodzeniem nanocząstki również w inżynierii genetycznej w procesie transformacji roślin (Siddiqui i in. 2015; Sanzari i in. 2019). Na tle osiągnięć w zakresie zastosowania nanotechnologii w uprawie i ochronie roślin rolniczych, głównie ryżu, kukurydzy i pszenicy, badania nad roślinami ogrodniczymi są na mniej zaawansowanym etapie (Zeng i in. 2024).

Warto nadmienić, że wpływ nanocząstek na organizmy żywe jest złożony i często niejednoznaczny. Ten sam rodzaj nanocząstek może wywoływać różne skutki biologiczne



w zależności od genotypu, organu, wieku i stadium rozwojowego rośliny, warunków uprawy, czasu ekpozycji na działanie nanocząstek, oraz w zależności od właściwości fizykochemicznych nanocząstek, m.in. ich stężenia, rozmiaru, kształtu, stabilności czy sposobu aplikacji na rośliny (Hatami 2017; Pacheco i Buzea 2017; Yan i Chen 2019). Interakcje nanocząstek z żywymi komórkami wywierają skutki, które jeszcze nie są w pełni znane, a często trudne do przewidzenia. Niewątpliwie, mimo zwiększonego zainteresowania świata nauki tą tematyką w ostatnich latach, oddziaływania nanocząstek na rośliny wymagają dalszych szczegółowych badań w celu lepszego zrozumienia i wykorzystania potencjału, jaki nanotechnologia oferuje nowoczesnemu rolnictwu i ogrodnictwu.

W obszarze nauk o roślinach konwergencja nanotechnologii i biotechnologii zapoczątkowała nową erę eksploracji badawczych oferując wgląd w złożoność procesów wzrostu i rozwoju roślin. Kultury *in vitro* stały się ważnym obszarem badań nanobiotechnologicznych, gdyż stanowią idealne środowisko do odkrywania wpływu nanocząstek na rośliny z uwagi na sterylność, kontrolowane warunki fizyczne i chemicznie zdefiniowany skład pożywek (Guha i in. 2024). Mikrorozmnażanie ma istotne znaczenie w produkcji i hodowli roślin ogrodniczych (Kundu i in. 2022). W przedstawionym osiągnięciu naukowym skupiono się na wieloaspektowym poznaniu wpływu nanoczątek srebra, złota i tlenku cynku na wybrane gatunki roślin ozdobnych i warzywnych w różnych rodzajach kultur *in vitro*. Przekrojowo wypełniono naukową i aplikacyjną lukę w badaniach poświęconych roślinom ogrodniczym, opisując parametry ilościowe i jakościowe namnażania *in vitro* oraz dokonując oceny roślin na poziomie molekularnym, fizjologicznym i fenotypowym.

Kielkowanie nasion jest najbardziej wrażliwym etapem ontogenezy roślin wyższych. Poznanie wpływu nanocząstek na kielkowanie nasion i rozwój siewek jest szczególnie interesującym obszarem badawczym (Hatami 2017; Szöllösi i in. 2020). W osiągnięciu naukowym przetestowano wpływ nanocząstek srebra i tlenku cynku na kielkowanie *in vitro* nasion oraz parametry siewek cebuli zwyczajnej *Allium cepa* L., pomidora zwyczajnego *Solanum lycopersicum* L., rzodkiewki *Raphanus sativus* L. var. *sativus* oraz jarmużu *Brassica oleracea* var. *sabellica* L. Wzbogacono literaturę naukową związaną z wieloaspektowym oddziaływaniem nanocząstek na rośliny warzywne we wczesnych etapach ich rozwoju.

*Gerbera jamesonii* H. Bolus (gerbera Jamesona) znajduje się w światowej czołówce roślin ozdobnych produkowanych na kwiat cięty. Materiał nasadzeniowy większości komercyjnie uprawianych odmian pochodzi z kultur *in vitro* i zazwyczaj jest uzyskiwany poprzez namnażanie rozetowatych mikropędów (Kanwar i Kumar 2008). Ukorzenianie to kluczowy etap każdej procedury mikrorozmnażania roślin, decydujący o ilości uzyskiwanych sadzonek, a także o ich jakości i zdolności do aklimatyzacji (Kulus 2015). Po raz pierwszy wykorzystano nanocząstki srebra i złota w ryzogenezie *in vitro* gerbery.

Skrętnik ogrodowy (*Streptocarpus × hybridus* Voss) jest bardzo popularną na całym świecie rośliną doniczkową. Zasadniczą metodą jego rozmnażania *in vivo* jest przygotowywanie sadzonek liściowych (Hârta i in. 2000; Pindel 2000). W kulturach *in vitro* rośliny potomne uzyskuje się na drodze regeneracji pędów przybyszowych z fragmentów blaszek lub ogonków liściowych. W badaniach własnych skrętnik ogrodowy został wykorzystany jako roślina modelowa w procesie bezpośredniej regeneracji pędów przybyszowych *in vitro* w obecności nanocząstek srebra i złota.

Chryzantema wielkokwiatowa (*Chrysanthemum* × *morifolium* (Ramat.) Hemsl.; syn. *Chrysanthemum* × *grandiflorum* (Ramat.) Kitam.) to jedna z najważniejszych kulturowo i gospodarczo roślin ozdobnych w Polsce i na świecie (Park i in. 2015; Miler i in. 2021). Walory kwiatostanów determinują zasadniczo kwiaty języczkowate wykazujące duże zróżnicowanie barwy i kształtu. Kwiatostany zawierają również biologicznie aktywne metabolity i stanowią surowiec zielarski (Gu i in. 2022). Zapotrzebowanie na odmiany o nowych cechach kwiatostanu, zwiększonej tolerancji na stres, czy zróżnicowanym pokroju roślinie z roku na rok i stanowi duże wyzwanie dla hodowców (Su i in. 2019). Chryzantemy uprawiane w naszym kraju to w większości odmiany obcego pochodzenia. Z ekonomicznych i praktycznych względów warto wprowadzić polskie odmiany na rynek roślin ozdobnych. Stosowanie krzyżowania i selekcji, a także bardziej wyrafinowanych metod hodowli jak transformacja genetyczna i edycja genomu, jest utrudnione u chryzantemy ze względu na samoniezhodność oraz wysoki poziom ploidalności i heterozygotyczności (Jerzy 2000; Schum 2003). Inżynieria genetyczna jest złożoną, czasochłonną i kosztowną metodą doskonalenia roślin. Stosowanie fizycznych mutagenów wiąże się z wykorzystaniem specjalistycznych urządzeń znajdujących się w ośrodkach medycznych lub instytucjach naukowych, a praca z konwencjonalnymi mutagenami chemicznymi stwarza poważne ryzyko dla ludzi i środowiska (Kulus i in. 2022). Po raz pierwszy podjęto próbę zastosowania nanocząstek srebra jako mutagenów w hodowli chryzantemy wielkokwiatowej. Dodatkowo, w związku z istotną rolą, jaką odgrywa doskonalenie procesu mikrorozmnażania w komercyjnej produkcji oraz hodowli tego gatunku, aplikowano nanocząstki srebra i złota na etapie ukorzeniania mikrosadzonek jak również wykorzystano nanocząstki tlenku cynku i srebra w kulturach wierzchołków pędów, jednowęzłowych fragmentów pędów oraz pędów przybyszowych.

Serduszka okazała (*Lamprocapnos spectabilis* (L.) Fukuhara; wcześniej *Dicentra spectabilis* (L.) Lem.; syn. *Fumaria spectabilis* L.) to bylina wywodząca się z północno-wschodniej Azji (Hodges 2012). Wykorzystywana jest w parkach, ogrodach i na balkonach, jako roślina doniczkowa lub kwiat cięty (Roberts i in. 1995). Znajduje także zastosowanie w medycynie, farmakologii i przemyśle kosmetycznym (Och i in. 2017; Adamski i in. 2020). Prowadzone w ostatnich latach programy hodowlane dostarczyły nowych odmian serduszki okazałej, jednak w literaturze naukowej brakowało wzmianek o indukowaniu zmienności i doskonaleniu tego gatunku na drodze hodowli mutacyjnej (Hodges 2012; Lee i in. 2004). Z tego względu zwrócono uwagę na nowatorskie wykorzystanie nanocząstek złota w celu indukowania mutacji. Przeanalizowano także wpływ nanocząstek złota na wydajność namnażania *in vitro* i powodzenie aklimatyzacji, dostarczając cennych informacji w zakresie kultur tkanowych serduszki okazałej.

#### 4.3.2. Cel badań

**Cel nadrzędny**, przyświecający realizacji badań składających się na niniejsze osiągnięcie naukowe skupione na potrzebie dostarczenia nauce i praktyce odpowiedzi na nurtujące pytania w zakresie zastosowania nanocząstek w biotechnologii roślin ogrodniczych, to:

## **Wielokierunkowa analiza oddziaływań nanocząstek srebra, złota i tlenku cynku na wybrane gatunki roślin ozdobnych i warzywnych namnażane w kulturach *in vitro* z wykorzystaniem różnych rodzajów eksplantatów.**

Sformułowano odpowiednio następujące **cele szczegółowe**:

### **Wpływ nanocząstek na organogenezę eksplantatów oraz ocena parametrów morfologicznych i biometrycznych mikrosadzonek**

Celem tej części badań było poznanie wpływu nanocząstek na organogenezę eksplantatów merystematycznych i niemerysystematycznych, ocena efektywności mikrorozmnazania, analiza biometryczna części pędowej i korzeniowej oraz architektury liści i korzeni uzyskanych roślin. Testowano różne rodzaje, stężenia i rozmiary nanocząstek, a także formy ich aplikacji na etapie kiełkowania nasion, namnażania pędów głównych i bocznych, regeneracji pędów przybyszowych i ryzogenezę u ośmiu gatunków roślin ogrodniczych (A1 – A9).

### **Oznaczenie profilu pierwotnych i wtórnych metabolitów roślinnych syntetyzowanych w mechanizmie odpowiedzi komórkowej na nanocząstki**

Celem tej części badań było oznaczenie zawartości chlorofilu, karotenoidów, karotenów, ksantofili, polifenoli, w tym flawonoidów, flawonoli oraz antocyjanów, tanin oraz aktywności enzymów stresu oksydacyjnego (dysmutazy ponadtlenkowej, peroksydazy askorbinanowej, peroksydazy gwajakolowej i reduktazy glutationowej) jako markerów odpowiedzi komórek roślinnych na traktowanie nanocząstkami. Przeanalizowano także profil barwników u roślin *ex vitro* (A3 – A7, A9).

### **Weryfikacja stabilności genetycznej oraz fenotypu *ex vitro* roślin traktowanych nanocząstkami**

Celem tej części badań była weryfikacja genetyczna z wykorzystaniem markerów molekularnych i cytometrii przepływowej, a także ocena fenotypu roślin traktowanych nanocząstkami. Ocena stabilności/zmienności genetycznej i fenotypowej roślin jest istotnym kryterium decydującym o tym, czy nanocząstki mogą być wykorzystywane w procedurach namnażania *in vitro* ukierunkowanych na komercyjną produkcję stabilnych roślin lub w programach hodowlanych mających na celu na indukcję zmienności. Szczególną uwagę zwrócono na nowatorskie wykorzystanie nanocząstek srebra i złota w indukowaniu zmienności genetycznej i fenotypowej u chryzantemy wielkokwiatowej i serduszki okazałej (A3, A5, A6, A9).

#### **4.3.3. Materiały i metody**

Przedmiotem badań były wybrane, istotne gospodarczo, gatunki roślin ozdobnych i warzywnych przynależące do sześciu rodzin botanicznych. Badano następujące odmiany botaniczne i uprawne w obrębie gatunków:

- 1) chryzantema wielkokwiatowa *Chrysanthemum* × *morifolium* (Ramat.) Hemsl. 'Bydgoszczanka' (A1); 'Lilac Wonder' (A1, A3, A6); 'Richmond' (A1, A6); 'UTP Burgundy Gold' (A7, A8, A9); 'UTP Pinky Gold' (A7, A8, A9) (Asteraceae)
- 2) gerbera Jamesona *Gerbera jamesonii* H. Bolus 'Suri' (A1) (Asteraceae)
- 3) skrzętnik ogrodowy *Streptocarpus* × *hybridus* Voss (A1) (Gesneriaceae)

- 4) serduszka okazała *Lamprocapnos spectabilis* (L.) Fukuhara ‘Valentine’ (A5) (Fumariaceae/Papaveraceae)
- 5) cebula zwyczajna *Allium cepa* L. ‘Sochaczewska’ (A2) (Amaryllidaceae)
- 6) jarmuż (odmiana botaniczna kapusty warzywnej) *Brassica oleracea* var. *sabellica* L. ‘Nero di Toscana’ (A4) (Brassicaceae)
- 7) pomidor zwyczajny *Solanum lycopersicum* L. ‘Poranek’ (A4) (Solanaceae)
- 8) rzodkiewka (odmiana botaniczna rzodkwi zwyczajnej) *Raphanus sativus* L. var. *sativus* ‘Ramona’ (A4) (Brassicaceae)

W doświadczeniach wykorzystano rośliny utrzymywane *in vitro* w banku genów Pracowni Ogrodnictwa WRiB PBS (A1, A3, A5, A6, A7, A8, A9). Nasiona roślin warzywnych pozyskano komercyjnie z przedsiębiorstw W. Legutko Przedsiębiorstwo Hodowlano-Nasienne Sp. z o.o. (A2) oraz PlantiCo-Hodowla i Nasiennictwo Ogrodnicze Zielonki Sp. z o.o. (A4).

Roztwory nanocząstek dodawano do pożywki (A3) lub sterylizowano poprzez filtrację i następnie наносzono z użyciem pipety automatycznej na powierzchnię wyłożonych eksplantatów i pożywki (A1, A2, A4, A5, A6, A7, A8, A9). W badaniach wykorzystano nanocząstki srebra (ang. silver nanoparticles; Ag NPs) (A1, A3, A4, A6) i nanocząstki złota (ang. gold nanoparticles; Au NPs) (A1, A5), które pozyskano komercyjnie ze spółki spin-off NPIN s.c. tworzonej przez naukowców Katedry Technologii Chemicznych i Materiałów Uniwersytetu Łódzkiego (Domeradka-Gajda i in. 2017; Pudlarz i in. 2018). Do charakterystyki tych nanocząstek zostało wykorzystane urządzenie Nano ZS Zetasizer (Malvern Instruments, Malvern, Wielka Brytania) oraz transmisyjny mikroskop elektronowy (Nova NanoSEM 450, FEI™, Hillsboro, Stany Zjednoczone). Próbkę materiałowe nanocząstek tlenku cynku (ang. zinc oxide nanoparticles; ZnO NPs) oraz nanocząstek tlenku cynku i srebra (ZnO+0,1(1)%Ag NPs) (A2, A7, A8, A9) pochodziły z akredytowanego Laboratorium Nanostruktur Instytutu Wysokich Ciśnień PAN w Warszawie (akredytacja nr AB 1503, norma PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02). Zostały przygotowane przez współautorów badań, dra inż. Jacka Wojnarowicza oraz dr inż. Urszulę Szałaj, wg oryginalnej metody mikrofalowej syntezy solwotermicznej (Majcher i in. 2013; Wojnarowicz i in. 2018a; Wojnarowicz i in. 2018b). Wzory rentgenowskiej dyfraktometrii proszkowej zebrano na dyfraktometrze X’Pert PRO z promieniowaniem CuK $\alpha$  (PANalytical, Almelo, Holandia). Morfologię próbek analizowano przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego ULTRA PLUS (ZEISS, Oberkochen, Niemcy), a gęstość szkieletu badano piknometrem helowym (AccuPyc II 1340, FoamPyc V1.06, Micromeritics®, Norcross, Stany Zjednoczone). Powierzchnię właściwą mierzono metodą Brunauera-EmmettTeller (BET) (Gemini 2360, V 2.01, Micromeritics®, Norcross, Stany Zjednoczone).

W doświadczeniach wykorzystano pożywkę MS (Murashige i Skoog 1962), a w zależności od rodzaju wykorzystanego eksplantatu, w celu zainicjowania organogenezy w kulturze *in vitro*, pożywkę uzupełniano bądź nie uzupełniano (A2, A4, A8, A9) regulatorami wzrostu i rozwoju w odpowiedniej kombinacji jakościowej i ilościowej. Stosowano auksyny (A1, A8), cytokininy (A5) lub jednocześnie auksyny i cytokininy (A1, A3, A6, A7). Wykorzystano eksplantaty merystematyczne: wierzchołki pędów (A1 i A8), skupiska pędów bocznych (rozety) (A1), jednowęzłowe fragmenty pędów (A5 i A9), nasiona (A2 i A4); lub eksplantaty niemerystatyczne: całe liście (A1 i A6) lub międzywęzła (A1, A3, A7).

Odnotowywano wzrost i rozwój pędów głównych lub pędów bocznych, wzrost i rozwój siewek, regenerację kalusa, pędów przybyszowych lub korzeni przybyszowych.

Kultury prowadzono w pokoju wzrostowym, w którym temperatura wynosiła  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ . Światło białe zimne ( $35 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  PPFd; 16 godzin w ciągu doby) emitowały lampy fluorescencyjne Philips TLD 36 W/54 (Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven, Holandia). Kultury nasion (**A2** i **A4**) przez pierwszy tydzień utrzymywano w ciemności.

Analizy biochemiczne (**A3**, **A4**, **A5**, **A6**, **A7**, **A9**) dotyczyły oznaczenia zawartości pierwotnych i wtórnych metabolitów oraz aktywność enzymów antyoksydacyjnych. Ekstrahowano chlorofil, karotenoidy, karoteny, ksantofile (Lichtenthaler 1987; Bulda i in. 2008), związki fenolowe ogółem (Waterhouse 2001), flawonoidy (Brighente i in. 2008), flawonole (Kabir i in. 2016), antocyjany (Harborne 1967), taniny (Kabir i in. 2016) i przeliczano ich zawartość na 1 g świeżej masy tkanek. Aktywność dysmutazy ponadtlenkowej (SOD; EC 1.15.1.1; Giannopolitis i Ries 1977), peroksydazy askorbinianowej (APOX; EC 1.11.1.11; Nakano i Asada 1981), peroksydazy gwajakolowej (GPOX; EC 1.11.1.7; Maehly i Chance 1954; Nowogórska i Patykowski 2015) i reduktazy glutationowej (GR; EC 1.8.1.7; Mallebrera i in. 2014) oznaczano w odniesieniu do 1 mg całkowitego białka (Bradford 1976) w ekstraktach przygotowanych zgodnie z metodyką Homae i Ehsanpour (2016). W analizach wykorzystano spektrofotometr SmartSpec Plus™ (BioRad, Hercules, Stany Zjednoczone). Stabilność błon komórkowych badano na podstawie konduktometrycznego pomiaru wycieku elektrolitów (**A5**) (Dastborhan i Ghassemi-Golezani 2015).

Genomowe DNA izolowano z młodych liści roślin doświadczalnych (**A3**, **A5**, **A6**, **A9**) wykorzystując zestaw Genomic Mini AX Plant SPIN Kit (A&A Biotechnology, Gdynia). Reakcje PCR dla markerów DAMD (Directed Amplification of Minisatellite DNA; Heath i in. 1993), ISSR (Inter Sequence Simple Repeat; Zietkiewicz i in. 1994), RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA; Williams i in. 1990) i SCoT (Start Codon Targeted Polymorphism; Collard i Mackill 2009) prowadzono w termocyklerze BioRad C1000 Touch (Bio-Rad), optymalizując samodzielnie lub dobierając profile temperaturowe z literatury. Żele archiwizowano z użyciem systemu GelDoc XR+ Gel Photodocumentation System (Bio-Rad). Wielkość genomu (**A5**) analizowano cytometrem przepływowym CyFlow SL Green (Partec GmbH, Munster, Niemcy) we współpracy z Katedrą Biotechnologii Rolniczej WRiB PBŚ. Do izolacji jąder komórkowych z młodych liści wykorzystano bufor Pfossera i in. (1995).

Architekturę liści i korzeni roślin (**A1**, **A5**, **A8**, **A9**) weryfikowano z użyciem oprogramowania do analizy skanów WinFolia™ oraz WinRhizo™ (Reagen Instruments, Quebec, Kanada). Aklimatyzację, dalszą uprawę *ex vitro* oraz ocenę fenotypową roślin (**A3**, **A5**, **A6**) prowadzono w zautomatyzowanych szklarniach WRiB PBŚ wyposażonych w kurtyny zaciemniające do kontroli długości dnia podczas uprawy sterowanej, kurtyny zaciemniające oraz komputer klimatyczny (AGRO-SUR, Rogoźnik). Typ kwiatostanu chryzantem oznaczono zgodnie z metodyką Jerzego (2000), a barwę wg katalogu Royal Horticultural Society Colour Chart (RHSCC 1966). W kwiatach jęczyczkowatych identyfikowano profil karotenoidów i antocyjanów (Lichtenthaler 1987; Harborne 1967). Do oszacowania względniej zawartości chlorofilu w liściach wykorzystano przenośny chlorofilomierz Chlorophyll Content Meter CCM-200 plus (Opti-Sciences, Hudson, Stany Zjednoczone).

Wyniki poddawano analizie statystycznej wykorzystując narzędzia statystyki opisowej i oprogramowania Statistica 12.0-13.3 (StatSoft, Kraków), GenStat v. 22 (VSN International 2022), GenAlEx 6.5 (Peakall i Smouse 2012) oraz iMEC (Amiryousefi i in. 2018).

#### 4.3.4. Wyniki badań

Artykuły tworzące niniejsze osiągnięcie naukowe obejmują następujące zagadnienia badawcze poświęcone wykorzystaniu nanocząstek w kulturach *in vitro* wybranych gatunków roślin ozdobnych i warzywnych:

##### 1. Wpływ nanocząstek na organogenezę *in vitro*:

- a) kiełkowanie nasion i rozwój siewek:
  - ✓ u cebuli zwyczajnej po traktowaniu ZnO NPs (A2)
  - ✓ u jarmużu, pomidora zwyczajnego i rzodkiewki po traktowaniu Ag NPs (A4)
- b) regeneracja pędów przybyszowych na eksplantatach niemerystatycznych:
  - ✓ na liściach skrzętnika ogrodowego traktowanych Ag NPs i Au NPs (A1)
  - ✓ na międzywęźlach (A1, A3 i A7) i liściach (A6) chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych Ag NPs (A1, A3 i A6) lub ZnO NPs i ZnO+Ag NPs (A7)
- c) regeneracja korzeni przybyszowych na eksplantatach merystatycznych:
  - ✓ na skupiskach pędów bocznych (rozetach) gerbery Jamesona i na wierzchołkach pędu chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych Ag NPs i Au NPs (A1)
- d) wzrost wierzchołków pędu chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych ZnO NPs i ZnO+Ag NPs (A8)
- e) tworzenie pędów bocznych na eksplantatach merystatycznych:
  - ✓ na jednowęzłowych fragmentach pędu serduszki okazałej traktowanych Au NPs (A5)
  - ✓ na jednowęzłowych fragmentach pędu chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych ZnO NPs i ZnO+Ag NPs (A9)

##### 2. Identyfikacja odpowiedzi komórkowej na nanocząstki poprzez badanie profilu metabolitów roślinnych, w tym nieenzymatycznych i enzymatycznych markerów stresu oksydacyjnego w kulturze *in vitro*:

- a) nasion jarmużu, pomidora zwyczajnego i rzodkiewki traktowanych Ag NPs (A4)
- b) międzywęźli (A3) i eksplantatów liściowych (A6) chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych Ag NPs
- c) jednowęzłowych fragmentów pędu serduszki okazałej traktowanych Au NPs (A5)
- d) międzywęźli chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych ZnO NPs i ZnO+Ag NPs (A7)
- e) jednowęzłowych fragmentów pędu chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych ZnO NPs i ZnO+Ag NPs (A9)

##### 3. Identyfikacja zakresu zmienności genetycznej oraz fenotypu roślin *ex vitro*:

- a) u chryzantemy wielkokwiatowej po traktowaniu międzywęźli (A3) i liści (A6) Ag NPs oraz po traktowaniu jednowęzłowych fragmentów pędu ZnO NPs i ZnO+Ag NPs (A9)
- b) u serduszki okazałej po traktowaniu jednowęzłowych fragmentów pędu Au NPs (A5)

## Ad. 1. Wpływ nanocząstek na organogenezę *in vitro*

Roślinne kultury *in vitro* to doskonały model do prowadzenia badań w biotechnologii roślin ogrodniczych. Mając powyższe na uwadze, a także obiecujące perspektywy, jakie stwarza nanotechnologia dla rozwoju produkcji roślinnej, podjęto działania zmierzające do określenia wpływu różnych rodzajów nanocząstek na organogenezę u wybranych gatunków ważnych gospodarczo roślin ozdobnych i warzywnych. Badniom przyświecała idea, że zastosowanie nanocząstek w kulturach *in vitro* nie tylko dostarczy nowej wiedzy na temat oddziaływań rośliny – nanocząstki, ale stanie się także sposobem doskonalenia technologii mikrorozmnażania wykorzystywanych w produkcji materiału rozmnożeniowego oraz w hodowli roślin ogrodniczych.

### a) kiełkowanie nasion i rozwój siewek

#### ✓ u cebuli zwyczajnej po traktowaniu ZnO NPs (A2)

Badanie wpływu nanocząstek na proces kiełkowania nasion i wzrostu siewek jest szczególnie istotne z punktu widzenia oceny toksyczności nanocząstek oraz ich potencjalnego wykorzystania w produkcji roślin rozmnażanych z nasion (Szöllösi i in. 2020). W pracy porównywano wpływ submikronowych cząstek tlenku cynku (ZnO SMPs) o rozmiarze 240 nm (próbka referencyjna) i ZnO NPs 1,5% H<sub>2</sub>O o rozmiarze 30 nm na kiełkowanie nasion i wzrost siewek *in vitro* cebuli zwyczajnej ‘Sochaczewska’. Największy udział kiełkujących nasion, dwa razy większy od kontroli, odnotowano po zastosowaniu 800 mg·L<sup>-1</sup> ZnO SMPs i ZnO NPs (odpowiednio 52% i 56%). Po aplikacji ZnO SMPs i ZnO NPs w najwyższym testowanym stężeniu (3200 mg·L<sup>-1</sup>) udział kiełkujących nasion wyniósł odpowiednio 19% i 11%. Siewki uzyskane z nasion kontrolnych i nasion traktowanych ZnO SMPs i ZnO NPs nie różniły się statystycznie pod względem długości, świeżej i suchej masy liści oraz korzeni. Wyniki wskazują, że odpowiednia zawartość cynku w nasionach odgrywa ważną fizjologiczną rolę podczas kiełkowania. Cynk jest składnikiem enzymu szlaku biosyntezy auksyny IAA (kwasu indolilo-3-octowego) (Pandey i in. 2010). Stymulacja kiełkowania nasion cebuli w przeprowadzonym eksperymencie mogła wynikać z wpływu jonów cynku uwalnianych z ZnO SMPs i ZnO NPs na biosyntezę endogennej auksyny. Wyniki mają znaczenie dla praktyk rolniczych i ogrodniczych związanych ze stymulacją kiełkowania nasion oraz z mikrorozmnażaniem roślin warzywnych i zaowocowały uzyskaniem patentu Pat.243383 (Załącznik nr 4, pozycja patentu: III.3.2).

#### ✓ u jarmużu, pomidora zwyczajnego i rzodkiewki po traktowaniu Ag NPs (A4)

Odmienne reakcje zaobserwowałam doświadczeniu, w którym zastosowałam 50 i 100 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs (20 nm) w kulturze *in vitro* nasion jarmużu ‘Nero di Toscana’, pomidora zwyczajnego ‘Poranek’ i rzodkiewki ‘Ramona’. Aplikacja nanocząstek nie wpłynęła na kiełkowanie nasion, ale skutkowała istotnym zróżnicowaniem parametrów biometrycznych i aktywności biochemicznej siewek, w zależności od gatunku i stężenia Ag NPs. Rośliny pomidora uzyskane z nasion traktowanych Ag NPs, szczególnie w stężeniu 100 mg·L<sup>-1</sup>, miały krótsze pędy o mniejszej świeżej i suchej masie oraz wytworzyły korzenie o mniejszej świeżej masie. Dla porównania rośliny rzodkiewki po aplikacji 50 i 100 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs wytwarzały również krótsze pędy, ale o większej świeżej i suchej masie oraz dłuższe korzenie o mniejszej świeżej masie. Siewki jarmużu w kulturach z Ag NPs charakteryzowały się większą świeżą

i suchą masą pędów. Ponadto dla traktowania  $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  Ag NPs odnotowano wzrost długości pędów oraz wzrost długości korzeni ze spadkiem świeżej masy korzeni, a dla  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  Ag NPs wzrost suchej masy korzeni.

**b) regeneracja pędów przybyszowych na eksplantatach niemerystematycznych:**

✓ **na liściach skrzętnika ogrodowego traktowanych Ag NPs i Au NPs (A1)**

Metoda pędów przybyszowych stosowana jest w mikrorozmnażaniu gatunków, które w naturze rozmnażają się wegetatywnie poprzez tworzenie merystemów przybyszowych, np. na liściach. W tej grupie roślin znajduje się skrzętnik ogrodowy (Jerzy 2000). W badaniach wykorzystane zostały Ag NPs i Au NPs, o rozmiarze 20 nm, w dwóch stężeniach  $10$  i  $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Najlepsze rezultaty w stymulacji regeneracji pędów zapewniała aplikacja obu rodzajów testowanych nanocząstek w niższym stężeniu  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Wyniki obserwowane po dodatku nanocząstek w stężeniu  $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  były statystycznie porównywalne z kontrolą. Uwagę zwraca podobieństwo efektu wywieranego przez Ag NPs i Au NPs do wpływu cytokiny 6-benzyloaminopuryny (BAP), która znacznie zwiększa efektywność regeneracji pędów przybyszowych u skrzętnika (Chaudhury i in. 2010). Dowiedzono tym samym, że Au NPs i AgNP w niskich stężeniach można stosować w mikrorozmnażaniu skrzętnika jako substytut cytokinin.

✓ **na międzywęzłach (A1, A3 i A7) i liściach (A6) chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych Ag NPs (A1, A3 i A6) lub ZnO NPs i ZnO+Ag NPs (A7)**

U chryzantemy wielkokwiatowej regeneracja pędów przybyszowych znajduje zastosowanie w hodowli – w indukowanej mutagenie, separacji komponentów chimer i w transgenezie. Może być także źródłem zmienności somaklonalnej, zwłaszcza, gdy zachodzi za pośrednictwem kalusa. Czynniki wpływającymi na wydajność kaulogenezy są m.in. skład pożywki, regulatory wzrostu, rodzaj eksplantatu, czy genotyp rośliny (Zalewska i in. 2011a).

Pierwszym etapem badań u chryzantemy, opisanym w pracy **A1**, była ocena wpływu  $50$  i  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  Ag NPs (20 nm) na regenerację pędów przybyszowych na międzywęzłach. Nanocząstki nie ograniczyły zdolności eksplantatów odmian ‘Lilac Wonder’ i ‘Richmond’ do regeneracji kalusa, ale widoczne było ich toksyczne oddziaływanie objawiające się brązowieniem tkanek i silnym ograniczeniem kaulogenezy. Po aplikacji  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  Ag NPs, w porównaniu do kontroli, odmiana ‘Lilac Wonder’ regenerowała 9-krotnie, a odmiana ‘Richmond’ 8-krotnie mniej pędów, co mogło mieć związek z uszkodzeniami komórek lub zatrzymaniem cyklu komórkowego pod wpływem Ag NPs (Ghosh i in. 2016). Podobnie, inhibujący wpływ na regenerację pędów u chryzantemy wywołują czynniki mutagenne, na przykład promieniowanie X lub gamma (Zalewska i in. 2010; 2011b). Zgodnie z modelem stochastycznym opracowanym przez Broertjesa i Keena (1980), merystem przybyszowy pędu najczęściej powstaje z pojedynczej komórki eksplantatu. W rezultacie rośliny regenerujące z pojedynczych zmutowanych komórek są jednorodnymi mutantami (Shin i in. 2020). Badania innych naukowców dowiodły, że Ag NPs indukowały nieprawidłowości podczas mitozy i aberracje chromosomowe, m.in. u *Vicia faba* L. (Patllola i in. 2012). W obliczu tych doniesień zadałam sobie pytanie, czy zastosowanie Ag NPs może prowadzić u chryzantemy do zmian na poziomie genetycznym, które mogłyby być dziedziczone przez komórki potomne i skutkowałyby występowaniem zmienności fenotypowej. Co ciekawe, w dalszej uprawie



szklarniowej zaobserwowałam odmienny kształt kwiatostanu u rośliny uzyskanej z międzywęźla traktowanego  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Ag NPs (niepublikowane dane). Zmienność ta potencjalnie nie miała charakteru somaklonalnego, ponieważ nie występowała w kontrolnych pędach przybyszowych. Wyselekcjonowany mutant został zgłoszony do testów OWT w COBORU i wpisany do Księgi Ochrony Wyłączonego Prawa jako odmiana ‘UTP Iskierka’ (**Załącznik nr 4, pozycja III.3.12**).

Opisane zagadnienie było dla mnie na tyle intrygujące naukowo, że postanowiłam kontynuować badania nad wykorzystaniem nanocząstek w indukowaniu mutacji. W kolejnym eksperymencie (**A3**) wykorzystano międzywęźla chryzantemy ‘Lilac Wonder’ oraz Ag NPs (20 nm), ale nanocząstki, w odróżnieniu od pozostałych doświadczeń, nie były aplikowane na pożywkę, lecz zostały dodane do pożywki w stężeniu 5, 10 lub  $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Wydajność kalogenezy i kaulogenezy została przeanalizowana po 10 tygodniach kultury. Dodatek Ag NPs do pożywki w stężeniu  $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  aż połowicznie ograniczył regenerację kalusa oraz tworzenie pędów. Trzecie doświadczenie (**A6**) nad wpływem Ag NPs ( $50$  i  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ; 20 nm) na kaulogenezę u chryzantem ‘Lilac Wonder’ i ‘Richmond’ zrealizowałam kierując projektem „*Badania nad zastosowaniem nanocząstek srebra w hodowli chryzantemy wielkokwiatowej*” pozyskanym z NCN w konkursie MINIATURA 4 (**Załącznik 4, pozycja II.9.2**). Tym razem eksplantaty stanowiły liście. Podobnie jak we wcześniejszych doświadczeniach, nanocząstki srebra silnie ograniczyły zdolność eksplantatów do tworzenia pędów przybyszowych oraz wydajność regeneracji pędów. U odmiany ‘Lilac Wonder’ ponad połowa wyłożonych eksplantatów kontrolnych podjęła regenerację pędów, natomiast jedynie 20% eksplantatów traktowanych Ag NPs wykazywało taką zdolność. U odmiany ‘Richmond’, zastosowanie Ag NPs wpłynęło na zmniejszenie udziału regenerujących eksplantatów z 20% w kontroli do zaledwie 1,67% w przypadku  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Ag NPs. Liście odmiany ‘Lilac Wonder’ traktowane  $50$  i  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Ag NPs regenerowały średnio znacznie mniej pędów (odpowiednio 1,53 i 0,92) niż eksplantaty kontrolne (prawie 5 pędów). U chryzantemy ‘Richmond’ kontrolne eksplantaty zregenerowały 1,35 pędów, a eksplantaty traktowane  $50$  i  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Ag NPs odpowiednio tylko 0,28 i 0,02 pędów. Rośliny uzyskane w opisanych pracach **A3** i **A6** zostały poddane dalszej ocenie fizjologicznej, genetycznej i fenotypowej.

Ostatnie badania poświęcone zastosowaniu nanocząstek w procesie regeneracji pędów przybyszowych u chryzantemy zostały przedstawione w pracy **A7**. Wykorzystane zostały submikronowe cząstki tlenku cynku (ZnO SMPs; 240 nm), nanocząstki tlenku cynku (ZnO NPs  $1,5\% \text{ H}_2\text{O}$ ; 25 nm) oraz nanocząstki tlenku cynku w połączeniu z nanocząstkami srebra (ZnO+1%Ag NPs  $1,5\% \text{ H}_2\text{O}$ ; 27 nm), w stężeniach 100 i  $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . U odmiany ‘UTP Burgundy Gold’ regeneracja pędów nie zachodziła na eksplantatach kontrolnych. Co ciekawe, wszystkie międzywęźla traktowane testowanymi próbkami podejmowały regenerację pędów, a najwięcej pędów tworzyło się w efekcie zastosowania  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ZnO SMPs i  $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ZnO NPs (odpowiednio 6,50 i 10,33 pędów na eksplantat). Natomiast u odmiany ‘UTP Pinky Gold’ najwięcej pędów zregenerowały eksplantaty kontrolne (12,92) oraz traktowane  $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ZnO SMPs (12,08) i  $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ZnO NPs (10,42), a w pozostałych kombinacjach doświadczalnych regeneracja miała zdecydowanie mniejszą wydajność. Cynk jest jednym z najważniejszych mikroelementów niezbędnych do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin, odgrywającym ważną rolę w przebiegu wielu

procesów metabolicznych w komórkach (Singh i in. 2018), co najprawdopodobniej zadziałało stymulująco na regenerację pędów u odmiany 'UTP Burgundy Gold'. Jednakże odmiana 'UTP Pinky Gold' nie wykazała tak pozytywnej reakcji na obecność cynku, co może świadczyć o wyraźnej specyfice genotypowej pod kątem czynników stymulujących kaulogenezę.

**c) regeneracja korzeni przybyszowych na eksplantatach merystematycznych:**  
✓ **na skupiskach będów bocznych (rozetach) gerbery Jamesona i na wierzchołkach pędu chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych Ag NPs i Au NPs (A1)**

Krytycznym etapem mikrorozmnażania roślin jest ukorzenianie (Kulus 2015). Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu 10 i 30 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs i Au NPs (20 nm) na regenerację korzeni przybyszowych u chryzantemy 'Bydgoszczanka' i gerbery 'Suri'. Wierzchołki pędów chryzantemy traktowane 10 i 30 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs regenerowały mniej korzeni przybyszowych niż eksplantaty kontrolne. Korzenie te miały również najmniejszą powierzchnię i średnicę, ale długość najdłuższego korzenia była największa w porówniu do pozostałych kombinacji doświadczalnych. Parametry biometryczne korzeni po zastosowaniu 10 i 30 mg·L<sup>-1</sup> Au NPs były statystycznie takie same jak w kontroli, z jednym wyjątkiem – największej w całym doświadczeniu średnicy korzeni. U gerbery, regeneracja korzeni przybyszowych została również ograniczona po aplikacji 10 i 30 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs, ale zastosowanie 10 mg·L<sup>-1</sup> Au NPs stymulowało ryzogenezę. Podobnie jak u chryzantemy, największą długość najdłuższego korzenia, najmniejszą powierzchnię systemu korzeniowego i średnicę korzeni obserwowano po zastosowaniu Ag NPs. Wpływ nanocząstek srebra i złota na regenerację korzeni przybyszowych przypomina oddziaływanie tych nanocząstek na rozwój korzeni siewek. I tak, opisano negatywny wpływ Ag NPs na rozwój korzeni siewek u *Triticum aestivum* L. (Gorczyca i in. 2015) i *Hordeum vulgare* L. (Fayez i in. 2017) lub obserwowano korzystny wpływ Au NPs na rozwój korzeni siewek u *Pennisetum glaucum* L. (Parveen i in. 2016). Przeprowadzone badania potwierdziły odmienną reakcję chryzantemy i gerbery na aplikację nanocząstek złota oraz mniejszą fitotoksyczność Au NPs w porównianiu z Ag NPs.

**d) wzrost wierzchołków pędu chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych ZnO NPs i ZnO+Ag NPs (A8)**

Kultury wierzchołków pędów mają zastosowanie w protokołach mikrorozmnażania roślin, w tym na etapie ukorzeniania mikrosadzonek, w eliminacji wirusów, ochronie zasobów genowych, a nawet w transformacji genetycznej roślin (Nehra i Kartha 1994). W niniejszym doświadczeniu analizowano wielokierunkowy wpływ zróżnicowanych próbek materiałowych: ZnO SMPs (240 nm), ZnO NPs 1,5% H<sub>2</sub>O (25 nm), ZnO NPs 6% H<sub>2</sub>O (65 nm), ZnO+0,1%Ag NPs 1,5% H<sub>2</sub>O (29 nm), ZnO+0,1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O (79 nm), ZnO+1%Ag NPs 1,5% H<sub>2</sub>O (27 nm), ZnO+1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O (53 nm), aplikowanych w stężeniach 100, 200 lub 400 mg·L<sup>-1</sup>, na wzrost części pędowej i części korzeniowej mikrosadzonek nowowyhodowanych (w efekcie pracy **A3**) odmian chryzantem 'UTP Burgundy Gold' i 'UTP Pinky Gold' rozwijających się w kulturze wierzchołków pędów na pożywce bez regulatorów wzrostu. Układ doświadczalny obejmował także kontrolę (kulturę bez SMPs i NPs) oraz kulturę z dodatkiem auksyny IAA (ale bez SMPs i NPs). Zastosowanie próbek SMPs, NPs i auksyny IAA stymulowało tworzenie liści na pędach. Mikrosadzonki traktowane SMPs i NPs, zwłaszcza 100 i 200 mg·L<sup>-1</sup> ZnO SMPs,

100 mg·L<sup>-1</sup> ZnO NPs 1,5% H<sub>2</sub>O i 100 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+1%Ag NPs 1,5% H<sub>2</sub>O wytwarzały liście o największej powierzchni, obwodzie i szerokości, w porównaniu do kultur kontrolnych oraz kultur z dodatkiem IAA. Ogólnie, świeża i sucha masa pędów mikrosadzonek po aplikacji SMPs, NPs lub IAA była większa niż u roślin kontrolnych. Największą świeżą i suchą masę pędów odnotowano odpowiednio w kulturach z 400 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O i 100 mg·L<sup>-1</sup> ZnO SMPs. Największą świeżą i suchą masę systemu korzeniowego odznaczały się mikrosadzonki pochodzące z pożywki uzupełnionej IAA. Natomiast, aplikacja 400 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+0,1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O, ZnO+1%Ag NPs 1,5% H<sub>2</sub>O i ZnO+1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O skutkowała tworzeniem systemów korzeniowych o najmniejszej świeżej i suchej masie. Zastosowanie auksyny stymulowało w największym stopniu wzrost długości, powierzchni i objętości systemu korzeniowego, a także średnicy oraz liczby wierzchołków i rozwidleń korzeni. Niemniej jednak, użycie próbek ZnO SMPs i ZnO NPs lepiej wpływało na rozwój systemu korzeniowego w porównaniu z ZnO+Ag NPs. Nanocząstki tlenku cynku stymulowały również wzrost pędów u *Olea purpurea* L. (Regni i in. 2022), *Spinacia oleracea* L. (Aly i in., 2023), czy *Phoenix dactylifera* (L.) Mill. (Award i in. 2020), co według Autorów można przypisać ważnej roli cynku w zwiększaniu aktywności enzymów kontrolujących metabolizm węglowodanów, białek, syntezę auksyn oraz utrzymanie integralności błony komórkowej.

**e) tworzenie pędów bocznych na eksplantatach merystematycznych:**

✓ **na jednowęzłowych fragmentach pędu serduszki okazalej traktowanych Au NPs (A5)**

Serduszka okazała jest gatunkiem trudnym w kulturach *in vitro* (Kulus 2020). Przełomem w opracowaniu wydajnej mikropropagacji odmiany 'Valentine' było zastosowanie w naszych badaniach nanocząstek złota w wysokich stężeniach 50, 75 i 100 mg·L<sup>-1</sup> (13 nm), co przełożyło się nawet na czterokrotne zwiększenie liczby formowanych pędów bocznych i wzrost współczynnika namnażania do poziomu bliskiego 23. Traktowanie Au NPs nie wpłynęło na względną zawartość wody w pędach. Nanocząstki stymulowały wydłużanie i tworzenie rozwidleń korzeni o mniejszej średnicy. Poprawiły także zdolność roślin do aklimatyzacji. Mając jednak na uwadze genotoksyczne oddziaływanie nanocząstek w wysokich stężeniach, w dalszym etapie badań oceniono zmienność biochemiczną, genetyczną i fenotyp namnożonych roślin.

✓ **na jednowęzłowych fragmentach pędu chryzantemy wielkowiatowej traktowanych ZnO NPs i ZnO+Ag NPs (A9)**

Metoda jednowęzłowych fragmentów pędu wykorzystywana jest w produkcji i bankach genów chryzantemy, gwarantując stabilność genetyczną roślin potomnych (Zalewska i in. 2012). Próbkę materiałową opisaną w artykule A8, tj. ZnO SMPs, ZnO NPs i ZnO+Ag NPs zostały wykorzystane w kolejnych badaniach (A9), tym razem w kulturze jednowęzłowych fragmentów pędu odmian 'UTP Burgundy Gold' i 'UTP Pinky Gold'. W efekcie zaobserwowano stymulację wzrostu pędów bocznych we wszystkich kombinacjach doświadczalnych z SMPs i NPs w porównaniu do kontroli. Traktowane mikrosadzonki osiągały większy współczynnik namnażania, wytwarzały dłuższe pędy o większej liczbie liści oraz świeżej i suchej masie. Szczególnie efektywne pod tym względem traktowania obejmowały u odmiany 'UTP Burgundy Gold' 400 mg·L<sup>-1</sup> ZnO SMPs i 100 mg·L<sup>-1</sup> ZnO NPs 6% H<sub>2</sub>O,

a u odmiany 'UTP Pinky Gold' 200 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+0,1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O i 200 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O. Wysokie wskaźniki powierzchni, obwodu i szerokości liści odnotowano u obu odmian po aplikacji 400 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O, podczas gdy zastosowanie 200 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O najintensywniej stymulowało rozwój systemów korzeniowych. Na podstawie wyników przygotowano zostało zgłoszenie wynalazku (**Załącznik nr 4, pozycja zgłoszenia patentowego III.3.7**).

Zestawienie wyników prac **A8** i **A9** wyraźnie wskazuje na znaczącą rolę eksplantatu w badaniach z wykorzystaniem nanocząstek. Te same próbki materiałowe, aplikowane u tych samych odmian chryzantem według ujednoczonej metodologii doświadczalnej, mogą odmiennie ukierunkowywać wzrost kultur wierzchołków pędów i kultur jednowęzłowych fragmentów pędów. Sygnalizuje to wieloaspektowość interakcji nanocząstki – rośliny związaną m.in. z rodzajem i juwenilnością eksplantatu oraz kierunkiem organogenezy (Hatami 2017; Pacheco i Buzea 2017; Yan i Chen 2019). Podkreśla to zasadność prowadzenia badań z zakresu nanobiotechnologii u roślin.

**Podsumowanie osiągnięcia:** w tym bloku tematycznym wykonano doświadczenia i zweryfikowano wielokierunkowy wpływ nanocząstek srebra, złota, tlenku cynku i tlenku cynku w połączeniu ze srebrem na organogenezę w różnych typach kultur merystematycznych i niemerysystematycznych jarmużu, pomidora zwyczajnego, rzodkiewki, chryzantemy wielkokwiatowej, gerbery Jamesona, skrzętnika ogrodowego i serduszki okazałej, co w rezultacie pozwoliło udoskonalić protokoły mikrorozmnażania pod względem zwiększenia współczynnika namnażania i wzrostu mikrosadzonek, ocenić przydatność nanocząstek w hodowli, wskazać rodzaje kultur, w których zastosowanie nanocząstek nie przynosi korzystnych rezultatów.

## **Ad 2. Identyfikacja odpowiedzi komórkowej na nanocząstki poprzez badanie profilu metabolitów roślinnych, w tym nieenzymatycznych i enzymatycznych markerów stresu oksydacyjnego w kulturze *in vitro***

Warunki stresowe mogą obniżyć zawartość karotenoidów oraz chlorofilu i prowadzić do ograniczenia wzrostu i rozwoju roślin (Khan i in. 2021). Polifenole, w tym flawonoidy, są nieenzymatycznymi cząsteczkami przeciwutleniającymi wytwarzanymi przez rośliny głównie w celu ochrony przed stresem i biorą udział w reakcjach detoksyfikacji, działając jako chelatory metali i uczestnicząc w wychwytywaniu reaktywnych form tlenu (ang. Reactive Oxygen Species; ROS) przez peroksydazy (Yasur i Rani 2013; Thiruvengadam i in. 2015). SOD, APOX, GPOX i GR należą do grupy enzymatycznych przeciwutleniaczy katalizujących rozkład ROS. Zmiany w zawartości nieenzymatycznych przeciwutleniaczy oraz aktywności wymienionych enzymów są biologicznymi markerami stresu oksydacyjnego (Homae i Ehsanpour 2016), które w niniejszym osiągnięciu naukowym zostały wykorzystane w ocenie toksyczności nanocząstek.

**a) nasion jarmużu, pomidora zwyczajnego i rzodkiewki traktowanych Ag NPs (A4)**

Trzytygodniowe siewki pomidora uzyskane z nasion traktowanych 50 i 100 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs odznaczały się zmniejszoną zawartością chlorofilu i karotenoidów oraz zwiększoną zawartością antocyjanów. Aktywność GPOX była największa dla traktowania 100 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs. Aplikacja 50 i 100 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs u rzodkiewki skutkowało odpowiednio największą i najmniejszą akumulacją chlorofilu i karotenoidów, ale siewki uzyskane z nasion traktowanych 100 mg·L<sup>-1</sup> wytwarzały mniej antocyjanów i polifenoli oraz miały mniejszą zawartość białka i aktywność GPOX. U jarmużu traktowanie Ag NPs skutkowało mniejszą zawartością chlorofilu, karotenoidów i antocyjanów, ale większą aktywnością GPOX. Aktywność SOD u testowanych gatunków pozostawała bez zmian.

**b) międzywęźli (A3) i eksplantatów liściowych (A6) chryzantemy wielkowiatowej traktowanych Ag NPs**

Po upływie dziesięciu tygodni kultury oznaczono profil chlorofilu, karotenoidów i polifenoli w kalusie i pędach zregenerowanych na międzywęźlach chryzantemy ‘Lilac Wonder’ na pożywce z dodatkiem 5, 10 lub 20 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs (A3). Zawartość metabolitów w kalusie było stabilna, niezależnie od traktowania Ag NPs, z wyjątkiem karotenoidów, których akumulacja była zwiększona w kalusach rozwijających się na pożywce z 20 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs. Pędy zregenerowane na pożywce kontrolnej oraz na pożywce z 5 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs miały więcej chlorofilu niż pędy tworzące się na pożywkach z 10 i 20 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs. Zawartość karotenoidów i polifenoli w pędach nie różniła się statystycznie.

W doświadczeniu opisanym w pracy A6, zawartość metabolitów pierwotnych i wtórnych oraz aktywność enzymatycznych przeciwutleniaczy SOD i GPOX w eksplantatach liściowych odmian ‘Lilac Wonder’ i ‘Richmond’ zmieniała się w zależności od traktowania Ag NPs (0, 50 i 100 mg·L<sup>-1</sup>) oraz tygodnia kultury (1 – 3). Zawartość chlorofilu i karotenoidów zmniejszała się ogólnie wraz z upływem kolejnych tygodni kultury. Aplikacja nanocząstek, szczególnie 50 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs, stymulowała biosyntezę chlorofilu w eksplantatach odmiany ‘Lilac Wonder’, podczas gdy u odmiany ‘Richmond’ po zastosowaniu 100 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs odnotowano zmniejszenie zawartości chlorofilu i karotenoidów. Nanocząstki srebra nie wpłynęły na zawartość antocyjanów u badanych odmian. U odmiany ‘Lilac Wonder’ najwięcej polifenoli gromadziło się w eksplantatach traktowanych 100 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs. Największą aktywność SOD odnotowano w trzecim tygodniu kultury: u odmiany ‘Lilac Wonder’ w eksplantatach traktowanych 100 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs, a u odmiany ‘Richmond’ w eksplantatach traktowanych 50 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs. Aktywność GPOX zwiększała się w kolejnych tygodniach kultury, jednakże w eksplantatach traktowanych 100 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs aktywność tego enzymu była mniejsza niż w kontroli i po traktowaniu 50 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs.

**c) jednowęzłowych fragmentów pędu serduszki okazałej traktowanych Au NPs (A5)**

Analizy wykonane po upływie 11 tygodni kultury wykazały, że nanocząstki złota zastosowane w całym zakresie testowanych stężeń (50 – 100 mg·L<sup>-1</sup>) stymulowały akumulację polifenoli i tanin w tkankach pędów bocznych serduszki okazałej. Rośliny traktowane 100 mg·L<sup>-1</sup> Au NPs zawierały mniej chlorofilu, podczas gdy rośliny traktowane 75 mg·L<sup>-1</sup> Au NPs miały mniej karotenów. Nie ujawniono różnic w zawartości ksantofili,

karotenoidów, flawonoidów, flawonoli i antocyjanów oraz aktywności APOX. Rośliny z kombinacji 100 mg·L<sup>-1</sup> Au NPs wykazywały największą aktywność GPOX i GR.

**d) międzywęzli chryzantemy wielkowiatowej traktowanych ZnO NPs i ZnO+Ag NPs (A7)**

U odmiany 'UTP Burgundy Gold' dziewięcioletniowe pędy pochodzące z kombinacji doświadczalnych najbardziej wydajnych pod kątem regeneracji, tj. po aplikacji 100 mg·L<sup>-1</sup> ZnO SMPs i 500 mg·L<sup>-1</sup> ZnO NPs, odznaczały się wysoką lub umiarkowaną zawartością chlorofilu i karotenoidów. Niemniej jednak, pędy chryzantemy 'UTP Pinky Gold' nie różniły się między sobą pod względem zawartości chlorofilu i karotenoidów, ale aplikacja ZnO SMPs i ZnO NPs zmniejszyła akumulację antocyjanów, a zastosowanie ZnO+1% Ag NPs ograniczyło biosyntezę polifenoli.

**e) jednowęzłowych fragmentów pędu chryzantemy wielkowiatowej traktowanych ZnO NPs i ZnO+Ag NPs (A9)**

Analizy biochemiczne zostały wykonane po upływie dziesięciu tygodni kultury. Najwięcej chlorofilu i karotenoidów gromadziło się w tkankach pędów bocznych odmiany 'UTP Burgundy Gold' traktowanych 400 mg·L<sup>-1</sup> ZnO NPs 1,5% H<sub>2</sub>O. Wysoką zawartość tych metabolitów stwierdzono również w roślinach kontrolnych oraz w pędach z kombinacji 100 mg·L<sup>-1</sup> ZnO SMPs oraz 200 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+1% Ag NPs 1,5% H<sub>2</sub>O. Natomiast u odmiany 'UTP Pinky Gold' najwięcej chlorofilu i karotenoidów akumulowały pędy kontrolne oraz pędy traktowane 100 mg·L<sup>-1</sup> ZnO NPs 6% H<sub>2</sub>O, 400 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+0,1% Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O oraz 200 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+1% Ag NPs 1,5% H<sub>2</sub>O.

Analiza przytoczonych wyników nasuwa pytanie: jak można wyjaśnić zróżnicowaną zawartość oznaczanych metabolitów oraz aktywność enzymów stresu oksydacyjnego u roślin traktowanych nanocząstkami w poszczególnych badaniach? Długi okres prowadzenia kultury *in vitro* oraz ekspozycja na promieniowanie świetlne w pokoju wzrostowym mogą prowadzić do agregacji nanocząstek i spadku ich toksyczności, a w konsekwencji zróżnicowanej w czasie odpowiedzi fizjologicznej roślin (Timoteo i in. 2019). Dodatkowo, odpowiedź na stres u danego genotypu może być krótkotrwała i odwracalna (Cvjetko i in. 2018). Nie należy również pominąć wpływu rodzaju nanocząstek, a także ich rozmiaru i stężenia. Co ciekawe, zarówno zwiększenie, jak i zmniejszenie zawartości metabolitów lub aktywności enzymów antyoksydacyjnych może być związane ze stresem oksydacyjnym. Ponadto możliwa jest również inaktywacja enzymów pod wpływem silnego stresu oksydacyjnego (Homae i Ehsanpour 2016). Zróżnicowane wyniki profilu biochemicznego roślin w zależności od testowanego gatunku i rodzaju nanocząstek potwierdzone zostały u *Triticum aestivum* L. po aplikacji nanocząstek miedzi i tlenku cynku (Dimpka i in. 2012) oraz u *Capsicum annuum* L. po zastosowaniu nanocząstek tlenku cynku (García-López i in. 2018). Zwraca to uwagę na wieloaspektowość interakcji między roślinami a nanocząstkami.

**Podsumowanie osiągnięcia:** w tym bloku tematycznym zweryfikowano profil wybranych metabolitów roślinnych: chlorofilu, karotenoidów, karotenów, ksantofili, polifenoli, flawonoidów, flawonoli, antocyjanów i tanin oraz enzymów stresu oksydacyjnego: SOD, APOX, GPOX, GR w mechanizmie odpowiedzi komórek roślinnych na obecność nanocząstek

srebra, złota, tlenku cynku lub tlenku cynku w połączeniu ze srebrem w odmiennych typach kultur *in vitro* jarmużu, pomidora zwyczajnego, rzodkiewki, chryzantemy wielkokwiatowej i serduszki okazałej, wskazując zróżnicowanie wynikające z uwarunkowań genotypowych, rodzaju kultury i właściwości nanocząstek.

### **Ad. 3. Identyfikacja zakresu zmienność genetycznej oraz fenotypu roślin *ex vitro***

Pomimo ogromnego postępu w hodowli, nadal poszukiwane są nowatorskie, łatwo dostępne, efektywne i przystępne finansowo techniki doskonalenia roślin, szczególnie roślin ozdobnych, ponieważ zapotrzebowanie na ich nowe odmiany co roku dyktowane jest zmieniającymi się gustami klientów (Miler i in. 2021). Z kolei protokoły mikrorozmnażania ukierunkowane na produkcję wyrównanego materiału rozmnożeniowego powinny gwarantować stabilność genetyczną potomnych roślin (Turowska i in. 2020). W przeprowadzonych badaniach zostały wykonane analizy genetyczne oraz został oceniony fenotyp roślin traktowanych nanocząstkami. W celu lepszego zrozumienia problemu badawczego weryfikowano rośliny namnożone metodą pędów przybyszowych i metodą pędów bocznych, po aplikacji różnych rodzajów nanocząstek.

#### **a) u chryzantemy wielkokwiatowej po traktowaniu międzywęźli (A3) i liści (A6) Ag NPs oraz po traktowaniu jednowęzłowych fragmentów pędu ZnO NPs i ZnO+Ag NPs (A9)**

Analizie genetycznej przy użyciu systemu markerów RAPD i ISSR (po pięć starterów każdy) poddano pędy zregenerowane na międzywęźlach na pożywce z  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  Ag NPs oraz rośliny stanowiące wzorzec genetyczny i fenotypowy odmiany ‘Lilac Wonder’ (A3). Polimorficzne *loci* wygenerowały trzy startery RAPD i jeden starter ISSR, odpowiednio u 12 i 9 osobników, co stanowiło łącznie 23,5% roślin traktowanych Ag NPs. Tylko jedna polimorficzna roślina została zidentyfikowana jednocześnie przed markery RAPD i ISSR. Podkreśla to konieczność stosowania więcej niż jednego systemu markerów w weryfikacji genetycznej roślin doświadczalnych. Nie znaleziono polimorfizmów genetycznych u roślin wzorcowych odmiany ‘Lilac Wonder’. Zgodnie z analizą wariancji molekularnej dla systemu RAPD, zastosowanie Ag NPs miało istotny wpływ na występowanie zmienności genetycznej. Rośliny następnie poddano ocenie fenotypowej w stadium pełni kwitnienia w uprawie szklarniowej. Chryzantemy nietraktowane nanocząstkami powielały fenotyp wzorcowy odmiany wyjściowej. Odmienne fenotypy zidentyfikowano u sześciu roślin – jednej z traktowania  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  Ag NPs oraz pięciu z traktowania  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  Ag NPs. Mutacje przejawiały się zmianami barwy kwiatostanu, z różowej na różowozłotą, jasnoróżową, burgundowozłotą lub ciemnoróżową, co miało związek ze zwiększeniem/zmniejszeniem zawartości antocyjanów lub pojawieniem się karotenoidów w kwiatach jęczyczkowatych. Uwidocznily się także zmiany kształtu kwiatostanów, z pełnego kulistego na półpełny lub pełny nieregularny. Udział mutantów (mutacji) wyniósł 1% (1%) dla traktowania  $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  Ag NPs i 6,3 (8,9%) dla traktowania  $20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  Ag NPs. Frekwencja mutantów i mutacji we wcześniejszych programach hodowli chryzantemy opartych na promieniowaniu jonizującym X i gamma (w dawkach 5–25 Gy) stanowiła odpowiednio od 2,4 do 11,6% i od 0,3 do 5% (Zalewska i in. 2010). Dowiedziono zatem, że nanocząstki srebra mogą być porównywalnie skuteczne w indukowaniu mutacji jak promieniowanie jonizujące. W efekcie

przeprowadzonego doświadczenia dwa mutanty uzyskały prawa ochronne. Aktualnie są to odmiany 'UTP Burgundy Gold' oraz 'UTP Pinky Gold' (**Załącznik nr 4, pozycje III.3.10, III.3.11**).

W kolejnym doświadczeniu hodowlanym (**A6**) u odmiany 'Lilac Wonder' pojawiły się zmiany barwy kwiatostanów u jednej rośliny traktowanej  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Ag NPs (z różowej na jasnoróżową, z chimeralną strukturą w postaci paska o barwie burgundowożółtej na fragmencie kwiatu jęczyzkowatego) oraz u pięciu roślin traktowanych  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Ag NPs (z różowej na burgundowożółtą), co odpowiadało frekwencji mutantów i mutacji na poziomie 2,3% (dla  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Ag NPs) i 10% (dla  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Ag NPs). Jednakże, w rezultacie zastosowania Ag NPs, nie doszło do zmiany barwy kwiatostanu u odmiany 'Richmond'. Wysokość pędu, liczba liści i zawartość chlorofilu w liściach roślin na etapie uprawy szklarniowej zmieniały się w zależności od traktowania Ag NPs i analizowanej odmiany. Powtarzające się mutacje w kierunku tej samej barwy kwiatostanu były również obserwowane we wcześniejszych doświadczeniach przez Zalewską (1995) i wyjaśnione jako trendy zmienności specyficzne dla danego genotypu chryzantemy. Z drugiej strony Broertjes i in. (1976) wskazali na możliwość formowania multimerystemu z pierwotnej zmutowanej komórki i w konsekwencji wzrostu więcej niż jednego pędu przybyszowego, chociaż ogólnie przyjmuje się, że tworzenie merystemu pędu przybyszowego zachodzi z pojedynczej komórki. Analizy genetyczne wykazały, że startery RAPD wygenerowały więcej produktów polimorficznych u badanych odmian niż startery systemu SCoT.

W doświadczeniu **A9** analizie genetycznej zostały poddane pędy boczne odmian 'UTP Burgundy Gold' i 'UTP Pinky Gold' uzyskane z jednowęzłowych fragmentów pędów traktowanych  $400 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ZnO SMPs, ZnO NPs 1,5% H<sub>2</sub>O, ZnO NPs 6% H<sub>2</sub>O, ZnO+0,1% Ag NPs 1,5% H<sub>2</sub>O, ZnO+0,1% Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O, ZnO+1% Ag NPs 1,5% H<sub>2</sub>O lub ZnO+1% Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O. Pięć testowanych starterów RAPD, jak również pięć starterów SCoT, nie wygenerowało produktów polimorficznych, co potwierdziło genetyczną jednorodność mikrosadzonek traktowanych ZnO SMPs, ZnO NPs i ZnO+Ag NPs względem nietraktowanych roślin kontrolnych badanych odmian. Odmienne profile produktów uzyskane na żelach u odmiany 'UTP Burgundy Gold' i u odmiany 'UTP Pinky Gold' wykazały odrębność genetyczną wyhodowanych w niniejszym osiągnięciu naukowym odmian, stanowiąc ich pierwszy oryginalny fingerprint genetyczny.

#### **b) u serduszki okazałej po traktowaniu jednowęzłowych fragmentów pędu Au NPs (A5)**

Przeprowadzona analiza cytometryczna pozwoliła zaliczyć serduszkę okazałą do roślin o bardzo małym genomie (1281 Mbp; 2C DNA = 1,314 pg), zgodnie z klasyfikacją Soltis i in. (2003). Nie doszło do zmian ploidalności roślin serduszki wskutek działania Au NPs. Niemniej jednak, jedna roślina traktowana  $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Au NPs wykazywała istotnie mniejszą zawartość DNA niż rośliny kontrolne. Ponadto, jedna roślina z kombinacji  $75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Au NPs miała nieregularny kształt liści. Zmienność ta została potwierdzona na poziomie genetycznym markerami DAMD, RAPD i SCoT, w odróżnieniu od systemu ISSR, który nie generował polimorfizmów.

Wykorzystanie nanocząstek srebra i złota jako mutagenów to obiecujący kierunek w hodowli chryzantem wielkokwiatowej i serduszki okazałej, który przyszłościowo może być



rozszerzony na inne gatunki roślin, dzięki czemu hodowla stanie się stosunkowo łatwa i będzie mogła być rutynowo przeprowadzana w laboratoriach roślinnych kultur *in vitro*, bez konieczności dostępu do specjalistycznej aparatury czy korzystania z drogich i zaawansowanych metod transformacji genetycznej i edycji genomu. Zakłada się, że genotoksyczność nanocząstek może mieć związek z ich oddziaływaniem z DNA, interakcją z białkami jądrowymi, jak również z indukcją stresu oksydacyjnego (Mehrian i De Lima 2016; Abdelsalam i in. 2018).

Warto również nawiązać do wyroku Trybunału Sprawiedliwości Unii Europejskiej z lipca 2018 r. stwierdzającego, że organizmy uzyskane w wyniku nowych technik hodowli takich jak CRISPR/Cas9, nie są wyłączone spod ustawodawstwa dotyczącego zamierzonego uwalniania GMO. Jedynie duże firmy hodowlane mogą sobie pozwolić na komercyjne wykorzystanie zaawansowanych technologii edycji genomu i wysokie koszty zatwierdzania odmian GMO. Natomiast nowe odmiany (mutanty) powstałe w wyniku działania mutagenów fizycznych i chemicznych są wyłączone z zakresu przepisów legislacyjnych dotyczących GMO w UE, z uwagi na długotrwałe stosowanie konwencjonalnej mutagenezy (Holme i in. 2019).

Odnosnie do wyników z doświadczenia **A9**, ważne znaczenie w zachowaniu stabilności genetycznej namnożonych *in vitro* roślin ma zastosowanie eksplantatów merystematycznych. Istnieje zasadnicza różnica między regeneracją pędu przybyszowego z *de novo*-uformowanego merystemu przybyszowego na eksplantatach niemerysystematycznych, takich jak liście lub międzywęźla, a wzrostem pędu bocznego z wcześniej istniejącego merystemu w obrębie jednowęzłowego fragmentu pędu. Merystem przybyszowy najczęściej powstaje z pojedynczej komórki eksplantatu. Jeśli ta komórka jest genetycznie zmieniona w wyniku traktowania nanocząstkami, powstający pęd przybyszowy może prezentować odmienny profil produktów generowanych przez markery molekularne (Broertjes i van Harten 1988; Shin i in. 2020). Jeśli nanocząstkami traktujemy ukształtowane już merystemy, to poprzez mechanizm selekcji diplontowej (diplontycznej), genetycznie zmienione komórki w głębszych warstwach tkanki merystemu mogą być eliminowane przez szybko dzielące się i bardziej żywotne niezmienione komórki (Broertjes i van Harten 1988; Zalewska i in. 2011b). Może to wyjaśniać wyniki własne, potwierdzające, że pędy chryzantemy rozwijające się z merystemów pędów bocznych traktowanych ZnO SMPs/ZnO NPs/ZnO+Ag NPs są genetycznie stabilne. Co istotne, cynk odgrywa istotną rolę w metabolizmie roślin, ale odpowiada również za stabilizację białek oraz struktur DNA i RNA (Awan i in. 2021). Aly i in. (2023) wskazują również ZnO NPs jako potencjalne nanośrodki ochronne, które mogą zmniejszyć uszkodzenia genetyczne wywołane napromieniowaniem. Można równocześnie założyć, że zawartość Ag NPs (0,1 i 1%) w badanych próbkach materiałowych tlenku cynku była najprawdopodobniej zbyt niska, aby wywołać zmienność genetyczną w porównaniu z innymi badaniami nad genotoksycznymi efektami Ag NPs/Au NPs stosowanymi w wyższych stężeniach (**A3**, **A5**, **A6**).

**Podsumowanie osiągnięcia:** w tym bloku tematycznym zweryfikowano wpływ nanocząstek srebra, złota, tlenku cynku i tlenku cynku z połączeniu ze srebrem na indukowanie zmienności genetycznej u chryzantemy wielkokwiatowej i serduszki okazałej w różnych systemach kultur *in vitro*, wskazano przydatność różnych systemów markerów molekularnych (DAMD, ISSR,

RAPD, SCoT) w detekcji zmienności, zbadano genom serduszki okazałej za pomocą cytometrii przepływowej, a także oceniono zmienność fenotypową roślin traktowanych nanocząstkami.

Poza opisanymi artykułami, badania składające się na przedstawione osiągnięcie naukowe były prezentowane na polskich i międzynarodowych konferencjach naukowych w formie referatów (14) i posterów (7) (**Załącznik nr 4, pozycje referatów: II.7.6, II.7.7, II.7.8, II.7.9, II.7.10, II.7.11, II.7.12, II.7.14, II.7.17; II.7.18, II.7.20, II.7.21, II.7.27, II.7.36; pozycje posterów II.7.59, II.7.61, II.7.64, II.7.65, II.7.67, II.7.72, II.7.73**).

#### 4.3.5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wpisują się w zakres tematyczny *dyscypliny naukowej rolnictwo i ogrodnictwo* będąc źródłem nowej wiedzy na temat oddziaływania nanocząstek na organogenezę *in vitro* roślin ozdobnych i warzywnych, reakcji stresowej komórek roślinnych po aplikacji nanocząstek i możliwości indukowania zmian na poziomie genetycznym i fenotypowym. Podsumowując wyniki zawarte w artykułach **A1-A9** tworzących osiągnięcie naukowe, chciałabym zwrócić szczególnie uwagę na te, które uważam za najistotniejsze dla rozwoju *dyscypliny naukowej rolnictwo i ogrodnictwo*:

- 1) Wykazano, że zastosowanie submikronowych cząstek tlenku cynku (ZnO SMPs) oraz nanocząstek tlenku cynku (ZnO NPs 1,5% H<sub>2</sub>O), w stężeniach 50 – 1600 mg·L<sup>-1</sup>, nawet dwukrotnie zwiększa udział kiełkujących *in vitro* nasion cebuli zwyczajnej. Nie zaobserwowano toksycznych efektów oddziaływania ZnO NPs w porównaniu z ZnO SMPs, co wskazuje, że najważniejszymi czynnikami wpływającymi na kiełkowanie nasion było stężenie jonów cynku oraz wysoka czystość chemiczna testowanych próbek. Wykazano znaczenie jonów cynku w procesie stymulacji kiełkowania nasion dla nauki i praktyki ogrodniczej. Przedstawione rozwiązanie ma potencjał aplikacyjny i jest chronione patentem.
- 2) Dowiedziono, że nanocząstki srebra aplikowane w stężeniu 50 i 100 mg·L<sup>-1</sup> nie wpływają na kiełkowanie *in vitro* nasion, ale, w zależności od zastosowanego stężenia, wywołują zróżnicowanie w parametrach biometrycznych i profilu biochemicznym siewek jarmużu, pomidora zwyczajnego i rzodkiewki. Wykazano wielokierunkowe oddziaływanie nanocząstek srebra aplikowanych w wysokich stężeniach na wzrost części pędowej i korzeniowej siewek oraz modulację biosyntezy chlorofili, karotenoidów, antocyjanów, polifenoli, białka i aktywności enzymów SOD oraz GPOX w zależności od testowanego genotypu rośliny. Wyniki poszerzają wiedzę o wpływie nanocząstek na kiełkowanie nasion i rozwój siewek roślin jadalnych i mogą być wykorzystane w protokołach mikrorozmnażania tych warzyw.
- 3) Po raz pierwszy badano wpływ nanocząstek srebra, złota, tlenku cynku oraz tlenku cynku w połączeniu ze srebrem na organogenezę przybyszową u roślin ozdobnych. Udowodniono, że obserwowane efekty różnią się w zależności od genotypu, rodzaju nanocząstek i ich stężenia oraz od rodzaju eksplantatu i typu organogenezy. Wykazano mniejszą toksyczność nanocząstek złota w porównaniu do nanocząstek srebra względem eksplantatów roślinnych *in vitro*.

- 4) Zastosowanie Ag NPs w stężeniu 10 i 30 mg·L<sup>-1</sup> niemal dwukrotnie zredukowało liczbę regenerujących korzeni przybyszowych u chryzantemy wielkokwiatowej i gerbery Jamesona. Z tego względu nanocząstki srebra nie powinny być stosowane podczas ukorzeniania *in vitro* tych gatunków. Jednakże Au NPs stymulowały ryzogenezę u gerbery (przy stężeniu 10 mg·L<sup>-1</sup> powstawało o 30% więcej korzeni) oraz tworzenie korzeni o największej średnicy u chryzantemy (10 i 30 mg·L<sup>-1</sup>), co może być praktycznie wykorzystane w protokołach mikrorozmnażania na etapie ukorzeniania.
- 5) Nanocząstki srebra i złota (10 mg·L<sup>-1</sup>) w wysokim stopniu, odpowiednio o 40 i 70%, poprawiają efektywność kaulogenezy na eksplantatach liściowych u skrętnika ogrodowego i mogą perspektywicznie stanowić substytut cytokinin w mikrorozmnażaniu tego gatunku.
- 6) Po raz pierwszy wykazano przydatność nanocząstek srebra w indukowaniu zmienności biochemicznej, genetycznej i fenotypowej u chryzantemy wielkokwiatowej. Zastosowanie Ag NPs w stężeniach 20 – 100 mg·L<sup>-1</sup> silnie ograniczyło powstawanie pędów przybyszowych na międzywęźlach i eksplantatach liściowych, przypominając działanie fizycznych lub chemicznych mutagenów. Nanocząstki wywoływały także zmiany na poziomie fizjologicznym. Modyfikacje zawartości chlorofilu, karotenoidów i polifenoli oraz aktywności enzymów stresu oksydacyjnego (SOD, GPOX) były biochemicznymi markerami odpowiedzi komórkowej na nanocząstki. Potwierdzono zmiany w sekwencji DNA roślin traktowanych nanocząstkami z wykorzystaniem markerów molekularnych RAPD, ISSR, SCoT, przy czym wskazano system RAPD jako najskuteczniejszy w detekcji zmienności. Wraz ze wzrostem stężenia aplikowanych nanocząstek, zwiększał się udział polimorficznych roślin. Zidentyfikowano zmiany fenotypowe barwy i kształtu kwiatostanów podczas uprawy *ex vitro*. Jednakże, zmienność sekwencji DNA może obejmować regiony niekodujące genomu i nie musi objawiać się zmianą fenotypu i odwrotnie, mimo obserwowanej zmienności fenotypowej markery molekularnie nie zawsze wykrywają zmienność genetyczną. Ponadto, poszczególne odmiany różnią się pod względem odpowiedzi biochemicznej na poziomie komórkowym, efektywnością regeneracji pędów, zakresem zmienności genetycznej i frekwencją pojawiających się mutacji. Nawet w przypadku tej samej odmiany można uzyskać różne wyniki w indukowaniu mutacji w zależności od rodzaju użytego eksplantatu, stężenia i metody aplikacji Ag NPs. W rezultacie badań wyhodowano trzy nowe polskie odmiany chryzantemy wpisane do Księgi Wyłącznego Prawa COBORU: 'UTP Burgundy Gold', 'UTP Pinky Gold' oraz 'UTP Iskierka'. Opracowana metoda hodowli może być wykorzystana przez naukowców i firmy hodowlane w doskonaleniu chryzantemy oraz innych gatunków roślin, będąc łatwodostępną alternatywą dla standardowych mutagenów fizycznych i chemicznych, gwarantując udział mutantów i mutacji nawet na poziomie 10%.
- 7) Po raz pierwszy zastosowano nanocząstki złota w wysokim stężeniu (50 – 100 mg·L<sup>-1</sup>) w stymulacji proliferacji pędów bocznych oraz w indukowaniu zmienności u serduszki okazałej. Aplikacja Au NPs skutkowałą osiągnięciem współczynnika mikrorozmnażania nawet na poziomie bliskim 23, stymulacją rozwoju korzeni oraz

lepszą przeżywalnością i jakością pędów bocznych podczas aklimatyzacji. Ponadto wykazano, że nanocząstki złota mogą służyć jako elicytory biosyntezy polifenoli i tanin w kulturach pędowych serduszki. Co ważne, udowodniono, że nanocząstki złota nie wpływają na ploidalność serduszki, ale mogą prowadzić do zmniejszenia zawartości DNA (najprawdopodobniej na skutek delecji) ( $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Au NPs), indukować zmienność genetyczną wykrywaną markerami DAMD, RAPD i SCoT oraz wywoływać zmiany fenotypowe kształtu liści ( $75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Au NPs). Niemniej jednak, frekwencja obserwowanych zmian była mniejsza w porównaniu do równocześnie testowanego promieniowania X. Uzyskany mutant o zmienionym ulistnieniu ma szansę zostać zarejestrowany jako nowa odmiana serduszki okazałej. Wykorzystanie nanocząstek złota wydaje się obiecującym kierunkiem badań u gatunków, które z trudnością namnażają się w warunkach kultur *in vitro*, przy czym należy weryfikować stabilność genetyczną i fenotypową uzyskanych roślin.

- 8) Po raz pierwszy badano wpływ submikronowych cząstek tlenku cynku (ZnO SMPs), nanocząstek tlenku cynku (ZnO NPs 1,5% H<sub>2</sub>O) oraz nanocząstek tlenku cynku w połączeniu z nanocząstkami srebra (ZnO+1%Ag NPs 1,5% H<sub>2</sub>O) na regenerację *in vitro* i aktywność biochemiczną pędów przybyszowych u chryzantemy wielkokwiatowej. Wykazano zróżnicowaną zdolność międzywęzli blisko spokrewnionych odmian chryzantem do regeneracji pędów. Udowodniono, że dzięki zastosowaniu ZnO SMPs oraz ZnO NPs 1,5% H<sub>2</sub>O można wyzwolić potencjał do regeneracji pędów u odmian opornych na organogenezę. U odmiany 'UTP Burgundy Gold' eksplantaty kontrolne nie podjęły regeneracji pędów, podczas gdy najlepsze wyniki pod względem wydajności regeneracji uzyskano po aplikacji  $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ZnO SMPs (6,5 pędów na wyłożony eksplantat) i  $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ZnO NPs 1,5% H<sub>2</sub>O (10,33 pędów na wyłożony eksplantat), a uzyskane pędy odznaczały się wysoką lub pośrednią zawartością chlorofilu i karotenoidów. Jednakże, u chryzantemy 'UTP Pinky Gold', testowane związki nie wpłynęły na zwiększenie wydajności kaulogenezy. Odkrycia te otwierają nowe obszary badawcze w zakresie mikrorozmnażania chryzantem, ale mogą być również przydatne w hodowli mutacyjnej lub transformacji genetycznej. W przyszłości warto zweryfikować doświadczalnie, czy jednoczesne zastosowanie nanocząstek tlenku cynku z mutagenami fizycznymi lub chemicznymi może podnieść efektywność regeneracji pędów przybyszowych (mutantów) i dzięki temu udoskonalić proces hodowli u odmian chryzantem, u których indukcja kaulogenezy jest trudna.
- 9) Nowatorsko przetestowano wpływ zróżnicowanych próbek ZnO SMPs, ZnO NPs 1,5% H<sub>2</sub>O, ZnO NPs 6% H<sub>2</sub>O, ZnO+0,1%Ag NPs 1,5% H<sub>2</sub>O, ZnO+0,1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O, ZnO+1%Ag NPs 1,5% H<sub>2</sub>O, ZnO+1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O na wzrost i architekturę części pędowej i części korzeniowej mikrosadzonek chryzantemy wielkokwiatowej 'UTP Burgundy Gold' i 'UTP Pinky Gold' rozwijających się w kulturze wierzchołków pędów. Potwierdzono zasadność zastosowania próbek ZnO SMPs, ZnO NPs i ZnO+Ag NPs w celu znacznej modyfikacji parametrów biometrycznych pędów i/lub korzeni, co może stanowić alternatywę dla stosowania auksyny IAA. Mikrosadzonki traktowane SMPs i NPs tworzyły najlepiej

rozwinęte liście, o największej powierzchni, odwodzie i szerokości, zwłaszcza gdy zastosowano 100 i 200 mg·L<sup>-1</sup> ZnO SMPs, 100 mg·L<sup>-1</sup> ZnO NPs 1,5% H<sub>2</sub>O i 100 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+1%Ag NPs 1,5% H<sub>2</sub>O. Testowane próbki stymulowały także przyrost biomasy pędów. Największą świeżą i suchą masę pędów odnotowano po aplikacji 400 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O i 100 mg·L<sup>-1</sup> ZnO SMPs. Próbkę SMPs i NPs stymulowały ryzogenezę, ale w mniejszym zakresie niż auksyna IAA.

- 10) Opisano ponadto efekty zastosowania wyżej wymienionych próbek u odmian chryzantem ‘UTP Burgundy Gold’ i ‘UTP Pinky Gold’ w kulturze jednowęzłowych fragmentów pędów. Udoskonalono wydajność mikrorozmnażania i wzrost pędów, w szczególności po aplikacji 400 mg·L<sup>-1</sup> ZnO SMPs i 100 mg·L<sup>-1</sup> ZnO NPs 6% H<sub>2</sub>O u odmiany ‘UTP Burgundy Gold’ oraz 200 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+0,1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O i 200 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O u odmiany ‘UTP Pinky Gold’. Systemy korzeniowe badanych odmian rozwijały się najlepiej po aplikacji 200 mg·L<sup>-1</sup> ZnO+1%Ag NPs 6% H<sub>2</sub>O. Traktowane SMPs i NPs mikrosadzoneki miały zbliżoną lub najczęściej mniejszą zawartość chlorofilu i karotenoidów w porównaniu do roślin kontrolnych, co mogło mieć związek z silną stymulacją wzrostu i mniejszą akumulacją tych barwników w młodych tkankach. Analizy genetyczne z wykorzystaniem markerów RAPD i SCoT potwierdziły stabilność genetyczną mikrosadzonek. Wyniki są obiecujące i mogą być wdrożone do produkcji komercyjnej chryzantem oraz wykorzystane w programach hodowlanych w celu intensyfikacji wzrostu i rozmnażania cennych, indywidualnych genotypów.

Wyniki uzyskane w zaprezentowanym osiągnięciu naukowym mają znaczenie dla rozwoju **badaw podstawowych** z zakresu **dyscypliny naukowej rolnictwo i ogrodnictwo**, gdyż wypełniają lukę w artykułach naukowych na temat wielokierunkowego i wielopoziomowego wpływu nanocząstek na rozwijające się w kulturach *in vitro* rośliny ogrodnicze. Mają także znaczenie jako **badania stosowane** z zakresu **dyscypliny naukowej rolnictwo i ogrodnictwo** wzbogacając praktykę mikrorozmnażania i hodowli roślin ogrodniczych. Rezultatami przeprowadzonych badań mogą być zainteresowani naukowcy zajmujący się roślinami ogrodniczymi i rolniczymi, ale także biolodzy i biotechnolodzy roślin, jak i fizycy, chemicy czy naukowcy z obszaru inżynierii materiałowej zajmujący się tworzeniem nanocząstek. Aplikacyjny charakter wyników może zaciekać komercyjne podmioty zajmujące się produkcją materiału rozmnożeniowego roślin *in vitro* oraz firmy hodowlane. Badania stanowią przyczynek do rozwoju **nowoczesnego rolnictwa i ogrodnictwa**, łącząc w sobie możliwości, jakie niesie ze sobą rozwój i integracja nanotechnologii i biotechnologii roślin.

#### Literatura

- Abdelsalam N.R., Abdel-Megeed A., Ali H.M., Salem M.Z.M., Al-Hayali M.F.A., Elshikh M.S., 2018. Genotoxicity effects of silver nanoparticles on wheat (*Triticum aestivum* L.) root tip cells. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 155: 76–85. doi:10.1016/j.ecoenv.2018.02.069
- Adamski Z., Blythe L.L., Milella L., Bufo S.A., 2020. Biological activities of alkaloids: From toxicology to pharmacology. *Toxins* 12(4): 210. doi.org/10.3390/toxins12040210
- Ali S., Raza S., Shahzad S., Batool T.S., Abdullah A., Hameed N., Manzoor A., 2023. Regeneration of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*) via somatic embryogenesis and screening of clones for agronomic traits. *Plant Cell Tissue Org. Cult.* 153: 657–667. doi.org/10.1007/s11240-023-02506-6
- Aly A.A., Safwat G., Eliwa N.E., Eltawil A.H.M., Abd El-Aziz M.H., 2023. Changes in morphological traits, anatomical and molecular alterations caused by gamma-rays and zinc oxide nanoparticles in spinach (*Spinacia oleracea* L.) plant. *Biometals* 36: 1059–1079. doi.org/10.1007/s10534-023-00505-w
- Amiryousefi A., Hyvönen J., Poczai P., 2018. iMEC: Online marker efficiency calculator. *Appl. Plant Sci.* 6: e1159. doi.org/10.1002/aps3.1159

- Awad K.M., Al-Mayahi A.M.W., Mahdi M.A., Al-Asadi A.S.M., Abass M.H., 2020. *In vitro* assessment of ZnO nanoparticles on *Phoenix dactylifera* L. micropropagation. Scientific Journal of King Faisal University 21(1): 149–161. doi.org/10.37575/b/agr/2000
- Awan S., Shahzadi K., Javad S., Tariq A., Ahmad A., Ilyas S., 2021. A preliminary study of influence of zinc oxide nanoparticles on growth parameters of *Brassica oleracea* var *italica*. J. Saudi Soc. Agric. Sci. 20: 18–24. doi.org/10.1016/j.jssas.2020.10.003
- Bradford M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 248–254. doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3
- Brighente I., Dias M., Verdi G., Pizzolatti G., 2008. Antioxidant activity and total phenolic content of some Brazilian species. Pharm. Biol. 45(2): 156–161. doi.org/10.1080/13880200601113131
- Broertjes C., Keen A., 1980. Adventitious shoots: do they develop from one cell? Euphytica 29, 73–87. doi:10.1007/BF00037251
- Broertjes C., Roest S., Bokelmann G.S., 1976. Mutation breeding of *Chrysanthemum morifolium* Ram. using *in vivo* and *in vitro* adventitious bud techniques. Euphytica 25: 11–19. doi.org/10.1007/BF00041524
- Broertjes C., Van Harten A.A., 1988. Applied mutation breeding for vegetatively propagated crops. Elsevier, Amsterdam.
- Bulda O.V., Rassadina V.V., Alekseichuk H.N., Laman N.A., 2008. Spectrophotometric measurement of carotenes, xanthophylls, and chlorophylls in extracts from plant seeds. Russ. J. Plant Physiol. 55: 544. doi.org/10.1134/S1021443708040171
- Chaudhury A., Power J.B., Davey M.R. 2010. High frequency direct plant regeneration from leaf and petals of Cape Primrose (*Streptocarpus*). J. Crop Sci. Biotech. 13: 107–112. doi:10.1007/s12892-010-0006-y
- Collard B.C.Y., Mackill D.J., 2009. Start codon targeted (SCoT) polymorphism: a simple, novel DNA marker technique for generating gene-targeted markers in plants. Plant Mol. Biol. Rep. 27: 86–93. doi:10.1007/s11105-008-0060-5
- Cvijetko P., Zovko M., Peharec Štefanić P., Biba R., Tkalec M., Domijan A.M., Vinković Vrček I., Letofsky-Papst I., Šikić S., Balen B., 2018. Phytotoxic effects of silver nanoparticles in tobacco plants. Environ. Sci. Pollut. Res. 25: 5590–5602. doi.org/10.1007/s11356-017-0928-8
- Dastborhan S., Ghassemi-Golezani K., 2015. Influence of seed priming and water stress on selected physiological traits of borage. Folia Hort. 27(2): 151–159. doi.org/10.1515/fhort-2015-0025
- Dimkpa C.O., McLean J.E., Latta D.E., Manangón E., Britt D.W., Johnson W.P., Boyanov M.I., Anderson A.J., 2012. CuO and ZnO nanoparticles: phytotoxicity, metal speciation, and induction of oxidative stress in sand-grown wheat. J. Nanopart. Res. 14: 1125. doi.org/10.1007/s11051-012-1125-9
- Domeradzka-Gajda K., Nocuń M., Roszak J., Janasik B., Quarles C.D., Wąsowicz W., Grobelny J., Tomaszewska E., Celichowski G., Ranożek-Soliwoda K., Cieślak M., Puchowicz D., Gonzalez J.J., Russo R.E., Stepnik M., 2017. A study on the *in vitro* percutaneous absorption of silver nanoparticles in combination with aluminum chloride, methyl paraben or di-n-butyl phthalate. Toxicol. Lett. 272: 38–48. doi.org/10.1016/j.toxlet.2017.03.006
- Fayez K.A., El-Deeb B.A., Mostafa N.Y., 2017. Toxicity of biosynthetic silver nanoparticles on the growth, cell ultrastructure and physiological activities of barley plant. Acta Physiol. Plant. 39: 155. doi.org/10.1007/s11738-017-2452-3
- García-López J.I., Zavala-García F., Olivares-Sáenz E., Lira-Saldivar R.H., Díaz Barriga-Castro E., Ruiz-Torres N.A., Ramos-Cortez E., Vázquez-Alvarado R., Niño-Medina G., 2018. Zinc oxide nanoparticles boosts phenolic compounds and antioxidant activity of *Capsicum annuum* L. during germination. Agronomy 8(10): 215. doi.org/10.3390/agronomy8100215
- Ghosh M., Jana A., Sinha S., Jothiramajayam M., Nag A., Chakraborty A., Mukherjee A., Mukherjee A., 2016. Effects of ZnO nanoparticles in plants: cytotoxicity, genotoxicity, deregulation of antioxidant defenses, and cell-cycle arrest. Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen. 807: 25–32. doi.org/10.1016/j.mrgen tox.2016.07.006
- Giannopolitis C.N., Ries S.K., 1977. Superoxide dismutases I. Occurrence in higher plants. Plant Physiol. 59: 309–314. doi.org/10.1104/pp.59.2.309
- Gorczyca A., Pocięcha E., Kasprowicz M., Niemiec M., 2015. Effect of nanosilver in wheat seedlings and *Fusarium culmorum* culture systems. Eur. J. Plant Pathol. 142: 251–261. doi.org/10.1007/s10658-015-0608-9
- Gu J., Scotti F., Reich E., Kirchof R., Booker A., Heinrich M., 2022. Chrysanthemum species used as food and medicine: Understanding quality differences on the global market. S. Afr. J. Bot. 148: 123–134. doi.org/10.1016/j.sajb.2022.04.009
- Guha P.S., Gupta S.D., Saha N., 2024. Nano-gardening: Harnessing metal nanoparticles for enhanced *in vitro* plant regeneration. BioNanoSci. 14: 3555–3571. doi.org/10.1007/s12668-024-01548-0
- Hatami M., 2017. Stimulatory and inhibitory effects of nanoparticulates on seed germination and seedling vigor indices. [In:] Ghorbanpour M., Manika K., Varma A. (Eds.) Nanoscience and Plant-Soil Systems. Springer International Publishing Ag. doi:10.1007/978-3-319-46835-8\_13
- Harborne J.B., 1967. Comparative biochemistry of the flavonoids. Phytochemistry 6(11): 1569–1573. doi.org/10.1016/S0031-9422(00)82952-0
- Hărta M., Pamfil D., Borsai O., Pop R., Clapa D., Diaconeasa Z., Sisea C.R., 2020. Molecular and phytochemical characterization of F1 *Streptocarpus* hybrids and antioxidant potential of their flower extracts. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 48(3): 1341–1356. doi.org/10.15835/nbha48311959
- Heath D.D., Iwana G.K., Delvin R.H., 1993. PCR primed with VNTR core sequences yields species specific patterns and hypervariable probes. Nucl. Acid. Res. 21: 5782–5785. doi.org/10.1093/nar/21.24.5782
- Hodges L., 2012. Bleeding heart: A review for growers. Hort. Technol. 22(4): 517–522. doi.org/10.21273/HORTTECH.22.4.517
- Holme I.B., Gregersen P.L., Brinch-Pedersen H., 2019. Induced genetic variation in crop plants by random or targeted mutagenesis: convergence and differences. Front. Plant Sci. 10: 1468. doi:10.3389/fpls.2019.01468
- Homae M.B., Ehsanpour A.A., 2016. Silver nanoparticles and silver ions: oxidative stress responses and toxicity in potato (*Solanum tuberosum* L.) grown *in vitro*. Hort. Environ. Biotechnol. 57 (6), 544–553. doi:10.1007/s13580-016-0083-z
- Hou J., Wu Y., Li X., Wei B., Li S., Wang X., 2018. Toxic effects of different types of zinc oxide nanoparticles on algae, plants, invertebrates, vertebrates and microorganism. Chemosphere 193: 852–860. doi:10.1016/j.chemosphere.2017.11.077
- Jerzy M., 2000. Chryzantemy. Odmiany i uprawa. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Kabir M.S.H., Hossain M.M., Kabir I., Rahman M., Hasanat A., Emran T.B., Rahman A., 2016. Phytochemical screening, antioxidant, thrombolytic,  $\alpha$ -amylase inhibition and cytotoxic activities of ethanol extract of *Stuednera colocasiifolia* K. Koch Leaves. J. Young Pharm. 8(4): 391–397. doi.org/10.5530/jyp.2016.4.15
- Kanwar J.K., Kumar S., 2008. *In vitro* propagation of *Gerbera*: A Review. Hort. Sci. (Prague) 35(1): 35–44. doi:10.17221/651-HORTSCI.
- Khan I., Awan S.A., Raza M.A., Rizwan M., Tariq R., Ali S., Huang L., 2021. Silver nanoparticles improved plant growth and reduced the sodium and chlorine accumulation in pearl millet: a life cycle study. ESPR 28: 13712–13724. doi.org/10.1007/s11356-020-11612-3
- Kulus D., 2015. Selected aspects of ornamental plants micropropagation in Poland and worldwide. Life Sci. 4(10): 10–25. doi:10.13140/RG.2.1.5086.8082
- Kulus D., 2020. Shoot tip cryopreservation of *Lamprocapnos spectabilis* (L.) Fukuhara using different approaches and evaluation of stability on the molecular, biochemical, and plant architecture levels. Int. J. Mol. Sci. 21(11): 3901. doi.org/10.3390/ijms21113901

- Kulus D., Tymoszek A., Jędrzejczyk I., Winiecki J., 2022.** Gold nanoparticles and electromagnetic irradiation in tissue culture systems of bleeding heart: biochemical, physiological, and (cyto)genetic effects. *Plant Cell Tissue Org. Cult.* 148: 715–734. doi.org/10.1007/s11240-022-02236-1
- Lee K.-S., Sim O.-K., Shin J.-S., Choi Y.-E., Kim E.-Y., 2004.** Mass propagation of *Dicentra spectabilis* L. Lemaire through *in vitro* suspension culture. *J. Plant Biotechnol.* 31: 121–126. doi.org/10.5010/JPB.2004.31.2.121
- Lichtenthaler H.K., 1987.** Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Method. Enzymol.* 148: 350–382. doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1
- Maehly A.C., Chance B., 1954.** The assay of catalases and peroxidases. [In:] Glick D. (Ed.). *Methods of biochemical analysis.* Wiley, New York. doi.org/10.1002/9780470110171.ch14
- Majcher A., Wiejak J., Przybylski J., Chudoba T., Wojnarowicz J., 2013.** A novel reactor for microwave hydrothermal scale-up nanopowder synthesis. *Int. J. Chem. React. Eng.* 11: 361–368. doi.org/10.1515/ijcre-2012-0009
- Mallebrera B., Font G., Ruiz M.J., 2014.** Disturbance of antioxidant capacity produced by beauvericin in CHO-K1 cells. *Toxicol. Lett.* 226: 337–342. doi.org/10.1016/j.toxlet.2014.02.023
- Mehrian S.K., De Lima R., 2016.** Nanoparticles cyto and genotoxicity in plants: Mechanisms and abnormalities. *Environ. Nanotechnol. Monitoring Manag.* 6: 184–193. dx.doi.org/10.1016/j.enmm.2016.08.003
- Miler N., Jędrzejczyk I., Jakubowski S., Winiecki J., 2021.** Ovaries of chrysanthemum irradiated with high-energy photons and high-energy electrons can regenerate plants with novel traits. *Agronomy* 11(6): 1111. doi.org/10.3390/agronomy11061111
- Mishra S., Keswani C., Abhilash P.C., Fraceto L.F., Singh H.B., 2017.** Integrated approach of agri-nanotechnology: Challenges and Future Trends. *Front. Plant Sci.* 8:471. doi:10.3389/fpls.2017.00471
- Murashige T., Skoog F., 1962.** A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473–497. doi:10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
- Nakano Y., Asada K., 1981.** Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiol.* 22: 867–880. doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232
- Nehra N., Kartha K.K., 1994.** Meristem and shoot tip culture: Requirements and applications. [In:] Vasil I.K., Thorpe T.A. (Eds.). *Plant cell and tissue culture.* Springer, Dordrecht. doi.org/10.1007/978-94-017-2681-8\_3
- Nowogórska A., Patykowski J., 2015.** Selected reactive oxygen species and antioxidant enzymes in common bean after *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* and *Botrytis cinerea* infection. *Acta Physiol. Plant.* 37: 1725. doi.org/10.1007/s11738-014-1725-3
- Och A., Szewczyk K., Pecio L., Stochmal A., Zaluski D., 2017.** UPLC-MS/MS profile of alkaloids with cytotoxic properties of selected medicinal plants of the Berberidaceae and Papaveraceae families. *Oxidative Med. Cell Longevity* 17: 9369872. doi.org/10.1155/2017/9369872
- Pacheco I., Buzea C., 2017.** Nanoparticle interactions with plants. [In:] Ghorbanpour M., Manika K., Varma A. (Eds.). *Nanoscience and plant-soil systems.* Springer International Publishing Ag. doi:10.1007/978-3-319-46835-8\_12
- Pandey A.C., Sanjay S.S., Yadav R.S., 2010.** Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum*. *J. Exp. Nanosci.* 5(6): 488–497. doi.org/10.1080/17458081003649648
- Park C.H., Chae S.C., Park S.-Y., Kim J.K., Kim Y.J., Chung S.O., Arasu M.V., Al-Dhabi N.A., Park S.U., 2015.** Anthocyanin and carotenoid contents in different cultivars of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* Ramat.) flower. *Molecules* 20(6): 11090–11102. doi.org/10.3390/molecules200611090
- Parveen A., Mazhari B.B.Z., Rao S., 2016.** Impact of bio-nanogold on seed germination and seedling growth in *Pennisetum glaucum*. *Enzyme Microb Tech* 95: 107–111. doi.org/10.1016/j.enzmictec.2016.04.005
- Patlola A.K., Berry A., May L., Tchounwou P.B., 2012.** Genotoxicity of silver nanoparticles in *Vicia faba*: A pilot study on the environmental monitoring of nanoparticles. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 9: 1649–1662. doi.org/10.3390/ijerph9051649
- Peakall R., Smouse P.E., 2012.** GenALEX 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research—an update. *Bioinformatics* 28(19): 2537–2539. doi.org/10.1093/bioinformatics/bts460
- Pfossen M., Amon A., Lelley T., Heberle-Bors E., 1995.** Evaluation of sensitivity of flow cytometry in detecting aneuploidy in wheat using disomic and ditelosomic wheat-rye addition lines. *Cytometry* 21(4): 387–93. doi:10.1002/cyto.990210412
- Pindel Z., 2000.** Kwitnące rośliny doniczkowe. [W:] Chmiel H. (Red.). *Uprawa roślin ozdobnych.* Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Pudlarz A., Czechowska E., Ranaszek-Soliwoda K., Tomaszewska E., Celichowski G., Grobelny J., Szemraj J., 2018.** Immobilization of recombinant human catalase on gold and silver nanoparticles. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 185: 717–735. doi.org/10.1007/s12010-017-2682-2
- Regni L., del Buono D., Micheli M., Facchin S.L., Tolisano C., del Pino A.M., Proietti P., 2022.** Biostimulant effects of biogenic ZnO nanoparticles on *in vitro* explants proliferation of olive cultivar ‘Moraiole’. *Acta Hort.* 1334: 123–128. doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1344.19
- RHSCC, 1966.** The Royal Horticultural Society Colour Chart, London.
- Roberts C.M., Serek M., Andersen A.S., 1995.** Supplemental irradiance and STS improve the display life of *Dicentra* species forced as flowering potted plants. *Sci Hortic.* 62: 121–128. doi.org/10.1016/0304-4238(95)00774-N
- Sanzari I., Leone A., Ambrosone A., 2019.** Nanotechnology in plant science: To make a long story short. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 7: 120.
- Schum A., 2003.** Mutation breeding in ornamentals: an efficient breeding method? *Acta Hort.* 612: 47–60. doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.612.6
- Shin J., Bae S., Seo P.J., 2020.** De novo shoot organogenesis during plant regeneration. *J. Exp. Bot.* 71(1): 63–72. doi.org/10.1093/jxb/erz395
- Siddiqui M.H., Al-Whaibi M.H., Firoz M., Al-Khaishany M.Y., 2015.** Role of nanoparticles in plants. [In:] Siddiqui M.H., Al-Whaibi M.H., Mohammad F. (Eds.). *Nanotechnology and plant science. Nanoparticles and their impact on plants.* Springer; Cham.
- Singh A., Singh N.B., Afzal S., Singh T., Hussain I., 2018.** Zinc oxide nanoparticles: a review of their biological synthesis, antimicrobial activity, uptake, translocation and biotransformation in plants. *J. Mater. Sci.* 53: 185–201. doi.org/10.1007/s10853-017-1544-1
- Soltis D.E., Soltis P.S., Bennett M.D., Leitch I.J., 2003.** Evolution of genome size in the angiosperms. *Am. J. Bot.* 90(11): 1596–1603. doi.org/10.3732/ajb.90.11.1596
- Su J., Jiang J., Zhang F., Liu Y., Ding L., Chen S., Chen F., 2019.** Current achievements and future prospects in the genetic breeding of chrysanthemum: a review. *Hortic. Res.* 6: 109. doi.org/10.1038/s41438-019-0193-8
- Szöllösi R., Molnár Á., Kondar S., Kolbert Z., 2020.** Dual effect of nanomaterials on germination and seedling growth: stimulation vs. phytotoxicity. *Plants* 9(12): 1745. doi:10.3390/plants9121745
- Thiruvengadam M., Gurunathan S., Chung I.-M., 2015.** Physiological, metabolic, and transcriptional effects of biologically-synthesized silver nanoparticles in turnip (*Brassica rapa* ssp. *rapa* L.). *Protoplasma* 252: 1031–1046. doi:10.1007/s00709-014-0738-5
- Timoteo C., Paiva R., dos Reis M.V., Claro P.L.C., Ferraz L.M., Marconcini J.M., de Oliveira J.E., 2019.** *In vitro* growth of *Physalis peruviana* L. affected by silver nanoparticles. *3 Biotech* 9: 145. doi.org/10.1007/s13205-019-1674-z

- Turowska N., Kikowska M., Thiem B., 2020. Metody oceny wierności genetycznej roślin rozmnażanych w kulturach *in vitro* z zastosowaniem analizy cytogenetycznej oraz metod molekularnych. *Farmacja Współczesna* 13: 150–158.
- VSN International, 2022. Genstat reference manual (Release 22), Part 2 directives. VSN International.
- Waterhouse A.L., 2001. Determination of total phenolics. [In:] Wrolstad R.E. (Ed.). *Current protocols in food analytical chemistry*. Wiley, New York. doi.org/10.1002/0471142913.fai0101s06
- Williams J.G.K., Kubelik A.R., Livak K.J., Rafalski J.A., Tingey S.V., 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucl. Acids Res.* 18: 6531–6535. doi:10.1093/nar/18.22.6531
- Wojnarowicz J., Chudoba T., Gierlotka S., Lojkowski W., 2018a. Effect of microwave radiation power on the size of aggregates of ZnO NPs prepared using microwave solvothermal synthesis. *Nanomaterials* 8(5): 343. doi:10.3390/nano8050343
- Wojnarowicz J., Chudoba T., Koltsov I., Gierlotka S., Dworakowska S., Lojkowski W., 2018b. Size control mechanism of ZnO nanoparticles obtained in microwave solvothermal synthesis. *Nanotechnology* 29(6): 065601. doi:10.1088/1361-6528/aaa0ef
- Yan A., Chen Z., 2019. Impacts of silver nanoparticles on plants: a focus on the phytotoxicity and underlying mechanism. *Int. J. Mol. Sci.* 20(5): 1003. doi:10.3390/ijms20051003
- Yasur J., Rani P., 2013. Environmental effects of nanosilver: impact on castor seed germination, seedling growth, and plant physiology. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20: 8636–8648. doi:10.1007/s11356-013-1798-3
- Zalewska M., 1995. Somatyczna mutageniza u chryzantemy wielkokwiatowej (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) indukowana *in vivo* oraz *in vitro* promieniowaniem X i gamma. Wydawnictwo Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz, Rozprawa nr 63.
- Zalewska M., Antkowiak M., Tymoszuk A., 2012. Micropropagation of *Ajania pacifica* (Nakai) Bremer et Humphries with single-node method. *Nauka Przyroda Technologie* 6(1): #10.
- Zalewska M., Lema-Rumińska J., Miler N., Gruszka M., Dąbal W., 2011a. Induction of adventitious shoot regeneration in chrysanthemum as affected by the season. *In Vitro Cell Dev. Biol. – Plant* 47: 375–378. doi:10.1007/s11627-010-9330-7
- Zalewska M., Miler N., Tymoszuk A., Drzewiecka B., Winiński J., 2010. Results of mutation breeding activity on *Chrysanthemum* × *grandiflorum* (Ramat.) Kitam. in Poland. *EJPAU* 13 (4), #27.
- Zalewska M., Tymoszuk A., Miler N., 2011b. New chrysanthemum cultivars as a result of *in vitro* mutagenesis with the application of different explants types. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 10(2): 109–123.
- Zeng Z., Wang Y., Wang H., Li Y., Chen B., Gou R., Wang D., Jiang Y., Zheng Y., Hamed K.E., Fu L., Zhang G., Wei Z., 2024. Nanomaterials: Cross-disciplinary applications in ornamental plants. *Nanotechnol. Rev.* 13(1): 20240049. doi.org/10.1515/ntrev-2024-0049
- Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D., 1994. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genome* 20: 176–183. doi.org/10.1006/geno.1994.1151

#### 4.4. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze

Począwszy od studiów magisterskich i doktoranckich, a potem w trakcie pracy naukowej i dydaktycznej, zajmowałam się badaniami, które można zgrupować w cztery opisane poniżej bloki tematyczne. Szeroki obszar poświęcony jest hodowli, zjawisku chimeryzmu oraz dokonaniu kultur *in vitro* chryzantemy wielkokwiatowej, czyli tematyce będącej nurtem wieloletnich badań Pracowni Ogrodnictwa WRiB PBŚ. Istotnym obiektem zainteresowań stała się również serduszką okazała, w szczególności jej organogeneza *in vitro* i krioprezewacja z nowatorskim wykorzystaniem nanocząstek. Prowadziłam doświadczenia związane z mikrorozmnażaniem i hodowlą innych gatunków roślin ozdobnych, warzywnych, sadowniczych oraz leczniczych. W moim dorobku naukowym znajdują się ponadto prace z zakresu kontrolowanej uprawy *in vivo* oraz fitopatologii roślin. Badania prowadziłam we współpracy z polskimi oraz zagranicznymi ośrodkami naukowymi. W doświadczeniach uwzględniono analizy biometryczne, metody cytogenetyczne, molekularne, chromatograficzne, spektralne, planimetryczne, techniki pomiaru wymiany gazowej, intensywności fotosyntezy i reakcji na stres.

Szczegółowy wykaz oraz omówienie mojego wkładu w powstawanie poszczególnych prac zawiera **Załącznik nr 4**.

##### 4.4.1. Hodowla, separacja komponentów chimer i kultury *in vitro* chryzantemy wielkokwiatowej

W 2005 roku, pod opieką naukową **prof. dr hab. inż. Małgorzaty Zalewskiej**, rozpoczęłam badania do pracy magisterskiej na temat indukowanej mutagenyzy u chryzantemy wielkokwiatowej z wykorzystaniem promieniowania gamma. Efektem tych działań były pierwsze aktywne udziały w konferencjach naukowych (**Załącznik nr 4, pozycja referatu: II.7.1; pozycja posteru: II.7.4**) oraz przygotowanie wraz ze współautorami pierwszego w moim dorobku artykułu ze współczynnikiem IF (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.1**).



Wykazaliśmy przydatność promieniowania gamma w dawce 15 Gy w indukowaniu mutacji u odmian ‘Albugo’, ‘Alchemist’ i ‘Satinbleu’ namnażanych *in vitro* z wykorzystaniem różnych eksplantatów (jednowęzłowych fragmentów pędów, liści, kalusa). Zaobserwowaliśmy zmiany fenotypowe kształtu i barwy kwiatostanów. Potwierdziliśmy, że indukowana mutageneza pozwala poszerzać zakres zmienności bez gruntownej zmiany całego genomu i umożliwia otrzymanie nowych odmian chryzantem w krótkim czasie (Schum 2003). Jestem autorką/współautorką przeglądowych artykułów i popularnonaukowego artykułu o hodowli mutacyjnej chryzantemy oraz osiągnięciach polskich zespołów badawczych w tym zakresie (**Załącznik nr 4, pozycje artykułów: II.4.3, II.4.30; pkt. 6.2.1 niniejszego Załącznika**).

Hodowla chryzantemy rozbudziła we mnie zainteresowanie naukowe. Podjęłam kształcenie na studiach doktoranckich i realizację pracy doktorskiej pt. „*Regeneracja pędów i zarodków przybyszowych z izolowanych in vitro kwiatów języczkowatych chryzantemy wielkokwiatowej*”, pod dalszą opieką naukową **prof. dr hab. inż. Małgorzaty Zalewskiej**. Tematyka badawcza wynikała z potrzeby opracowania nowatorskiej metody separacji komponentów chimer z wykorzystaniem specyficznego rodzaju eksplantatu jakim są kwiaty języczkowate. Ograniczeniem indukowanej mutagenezy jest zjawisko chimeryzmu. U chimer peryklinalnych zmieniona barwa obejmuje cały kwiatostan, a u chimer sektorialnych i meryklinalnych mutacja w całym kwiatostanie obejmuje kilka całych kwiatów języczkowatych, pojedynczy kwiat, jego część, albo występuje jako plamka lub pasek. Wówczas, ze względu na umiejscowienie i mały obszar tkanek objętych mutacją, nie można stosować znanych metod separacji chimer. Jedyłą możliwością utrwalenia zmienności i zwiększenia efektywności programów hodowlanych jest regeneracja *in vitro* pędów lub zarodków przybyszowych z kwiatów języczkowatych lub z ich fragmentów o zmienionej barwie (Malaure i in. 1991; Chakrabarty i in. 1999; Mandal i in. 2000). W badaniach weryfikowalno wpływ różnych czynników na regenerację *in vitro* kwiatów języczkowatych chryzantemy ‘Cool Time’. Wykazaliśmy, że pędy przybyszowe tworzą się, gdy w pożywce MS w odpowiednim stężeniu znajduje się zarówno cytokinina BAP lub KIN (kinetyna) jak i auksyna NAA (kwas naftylo-1-octowy). Nie udowodniliśmy wpływu stadium rozwoju kwiatostanu na wydajność kaulogenezy. Najwięcej pędów powstawało na przeciętych poprzecznie lub podłużnie na pół albo na całych nakluwanych kwiatach języczkowatych. Niemniej, znaczna część pędów nie osiągała długości pozwalającej na ich łatwe odcięcie od eksplantatu, dokonanie podziału podczas dalszego namnażania czy przeniesienie na pożywkę ukorzeniającą. Na zwiększenie liczby i długości pędów pozytywnie wpłynęło przeniesienie regenerujących kwiatów języczkowatych na pożywkę z dodatkiem kwasu giberelinowego (GA<sub>3</sub>). Nie stwierdziliśmy różnic w liczbie i długości pędów powstających na kwiatach języczkowatych umieszczonych na stałej lub w płynnej pożywce regeneracyjnej. Natomiast przeniesienie kwiatów języczkowatych z pożywki stałej do płynnej stymulowało regenerację i wzrost elongacyjny pędów, ale były one zdeformowane i obrośnięte kalusem. Najwięcej zarodków tworzyło się na pożywce z KIN i 2,4-D (kwas 2,4-dwuchlorofenoksyoctowy), a przecięte poprzecznie na pół kwiaty języczkowate regenerowały więcej zarodków niż całe kwiaty języczkowate. Badania zoowocowały uzyskaniem z wyróżnieniem stopnia doktora w dziedzinie nauk biologicznych, w dyscyplinie biologia, na UMK w Toruniu, opublikowaniem artykułów oraz aktywnym uczestnictwem

w konferencjach naukowych (**Załącznik nr 4, pozycje rozdziałów w monografiach i artykułów: II.2.1, II.4.4, II.4.5, II.4.6, II.4.7, II.4.31; pozycje referatów: II.7.2, II.7.22; pozycja posteru: II.7.54**). Jako młody naukowiec-doktorant otrzymałam grant od międzynarodowej organizacji ISHS (International Society for Horticultural Science) na udział w 24. Międzynarodowym Sympozjum EUCARPIA 2012 w Warszawie (**Załącznik nr 4, pozycja: II.14.1**).

Kwiaty języczkowe chryzantem ‘Breeze White’ i ‘Capitola’ posłużyły jako eksplantaty w kolejnym doświadczeniu. Celem było dalsze poszukiwanie sposobu stymulacji elongacji pędów. Pożądane efekty osiągnięto modyfikując zawartości tiaminy i sacharozy w pożywce MS (**Załącznik 4, pozycja artykułu: II.4.33; pozycja referatu: II.7.5; pozycja posteru: II.7.62**).

Ogromny potencjał hodowlany niesie ze sobą uzyskiwanie roślin o zmienionej ploidalności. Gynogeneza umożliwia szybkie otrzymywanie linii homozygotycznych (Jacquier i in. 2020). Haploidy przyspieszają selekcję pożądanych cech (Karjee i in. 2020; Zargar i in. 2022), a poliploidyżacja może prowadzić do zwiększonej adaptacji środowiskowej roślin (Bolaños-Villegas i Chen 2022). Przetestowaliśmy wpływ traktowań chemicznych i termicznych na wydajność regeneracji i ploidalność chryzantem ‘Brasil’, ‘Capitola’ i ‘Jewel Time Yellow’. Wyizolowane z kwiatów języczkowych załącznie i załączki były wykładane bezpośrednio na pożywkę MS z dodatkiem 2,4-D i różnymi stężeniami tidiazuronu (TDZ) lub poddawane szokowi termicznemu (temperatura 4°C lub 32°C) przed wyłożeniem na pożywkę. Załącznie miały większy potencjał do regeneracji niż załączki. Największą liczbę pędów u odmian ‘Capitola’ i ‘Brasil’ uzyskano odpowiednio w efekcie traktowania załączni wysoką i niską temperaturą. Pozytywny wpływ na regenerację u chryzantemy ‘Jewel Time Yellow’ miało uzupełnienie pożywki w 1,0–1,5 mg·L<sup>-1</sup> TDZ. U tej odmiany zidentyfikowano rośliny o zmienionej ploidalności. Haploid (2n=3x) powstał w kulturze załączni na pożywce z TDZ, a do podwojenia liczby chromosomów (dodekaploid, 2n=12x) doszło w następstwie traktowania załączni wysoką temperaturą. Wykazano, że manipulowanie czynnikami jak temperatura i stężenie tidiazuronu, może zwiększyć wydajność regeneracji i wywołać zmiany ploidalności w hodowli chryzantemy (**Załącznik 4, pozycja artykułu: II.4.18; pozycja posteru: II.7.63**).

Korzenie są rzadko stosowanym eksplantatem w organogenezie przybyszowej chryzantemy (Teixeira da Silva i Kulus 2014). Ich tkanki wywodzą się z wewnętrznej warstwy histogenowej L3, z racji tego protokoły regeneracji roślin z eksplantatów korzeniowych mają szczególne znaczenie w detekcji chimeryzmu i separacji komponentów chimer chryzantem (Tilney-Basset 1986). W doświadczeniu z odmianami ‘Lady Apricot’, ‘Lady Orange’ i ‘Lady Salmon’ opracowaliśmy skład pożywek do regeneracji kalusa i zarodków somatycznych z eksplantatów korzeniowych (**Załącznik 4, pozycja artykułu: II.4.29**).

Ukorzenianie *in vitro* jest praco- i kosztocłonnym (35-75% całkowitych kosztów) etapem mikrorozmnażania (Ranaweera i in. 2013). W eksperymencie z chryzantemami ‘Bislet’, ‘Euro’ i ‘Reddy’ porównywaliśmy jakość roślin, które po uprzednim ukorzenianiu *in vitro* na pożywce z auksyną sadzono do mieszanki torfu i perlitu i następnie aklimatyzowano, z jakością roślin jednocześnie aklimatyzowanych i ukorzenianych *ex vitro* w różnych podłożach: torfie, perlicie lub mieszance torfu i perlitu. Wykazaliśmy, że można pominąć etap

ukorzenia *in vitro*, a najlepszym podłożem do jednoczesnej aklimatyzacji i ukorzenia jest perlit. Rozwiązanie pozwala zmniejszyć koszty, skrócić o dwa tygodnie proces produkcji sadzonek i ma duży potencjał aplikacyjny (**Załącznik 4, pozycja artykułu: II.4.2; pozycja referatu: II.7.3; pkt 6.2.2 niniejszego Załącznika**).

Uczestniczyłam w badaniach weryfikujących przydatność nanocząstek srebra, złota oraz miedzi do dezynfekcji powierzchniowej eksplantatów pierwotnych chryzantem. Nanocząstki stosowane w niskich stężeniach skutecznie eliminują kontaminacje mikrobiologiczne, nie działają fitotoksycznie i mogą stanowić alternatywę dla agresywnego wobec tkanek roślinnych podchlorynu sodu lub silnie toksycznego sublimatu rtęci (**Załącznik nr 4, pozycje posterów: II.7.55 i II.7.56**). Opracowany sposób dezynfekcji jest chroniony patentem (**Załącznik nr 4, pozycja patentu: III.3.4**).

Byłam członkiem zespołu realizującego projekt badawczy MNiSW „Juventus Plus” pt. „*Wieloaspektowa analiza stabilności chimer roślinnych poddanych krioprezerwacji*”, pod kierownictwem dr inż. Dariusza Kulusa (**Załącznik nr 4, pozycja: II.9.1**). Pełniłam rolę kierownika badań zleconych dotyczących separacji komponentów chimer chryzantem na drodze regeneracji *in vitro* pędów przybyszowych z kwiatów języczkowatych dla przedsiębiorstwa ogrodniczego (**Załącznik nr 4, pozycja: III.2.2**). Obecnie jestem kierownikiem przedsięwzięcia badawczego pt. „*Nanocząstki siarczku kadmu, tlenku kobaltu i tlenku żelaza domieszkowanego kobaltem w hodowli chryzantemy wielkokwiatowej: morfogeneza in vitro oraz oddziaływania na poziomie fizjologicznym, genetycznym i fenotypowym*” (**Załącznik nr 4, pozycja: II.9.5**). Prowadzę badania nad potencjalnym wykorzystaniem proszków bateryjnych uzyskiwanych po ługowaniu baterii litowo-jonowych w mutagenezie chryzantem. Trwają także doświadczenia dotyczące zastosowania nanocząstek tlenku żelaza w produkcji i przechowywaniu sztucznych nasion chryzantemy (**Załącznik nr 4, pozycja referatu: II.7.43 i II.7.50; pozycja posterów: II.7.76 i II.7.79**) oraz badania nad wpływem nanocząstek srebra i różnych związków żelaza na wzrost i rozwój mikrosadzonek chryzantem (**Załącznik nr 4, pozycja referatów: II.7.30, II.7.42; pozycja posteru: II.7.74**).

#### 4.4.2. Organogeneza *in vitro* i krioprezerwacja serduszki okazalej

*L. spectabilis* to gatunek ceniony na rynku ogrodniczym i farmaceutycznym. Do tej pory nie przeprowadzono u serduszki badań nad regeneracją z wykorzystaniem eksplantatów niemerystatycznych, co może mieć znaczenie dla programów hodowlanych, a także pozyskiwania metabolitów wtórnych. Celem podjętych badań była indukcja kalogenezy, kaulogenezy i embriogenezy somatycznej u odmiany ‘Alba’ na całych liściach, ogonkach liściowych i międzywęzłach inokulowanych na pożywkę MS uzupełnioną BAP, IAA, NAA, 2,4-D oraz pikloramem (PIC) w różnych kombinacjach i stężeniach. Regenerację kalusa podejmowało 62–65% eksplantatów. Jednak zaledwie 2,5% eksplantatów tworzyło pędy przybyszowe, a ryzogenezę odnotowano u 4,5% eksplantatów. Lepszą wydajność zapewniała embriogeneza. Zarodki regenerowało pośrednio 0–100% eksplantatów, w zależności od kombinacji regulatorów wzrostu i rodzaju eksplantatu. Najwięcej zarodków powstawało na ogonkach liściowych na pożywce z 0,5 mg·L<sup>-1</sup> BA i 1 mg·L<sup>-1</sup> PIC. Kalus proliferujący w obecności NAA zwykle zawierał więcej chlorofilu, karotenoidów, antocyjanów i polifenoli, co predysponuje tę auksynę jako elicytor w pozyskiwaniu *in vitro* wymienionych metabolitów. Najwięcej karotenoidów i antocyjanów gromadziło się w kalusie regenerującym na ogonkach

liściowych, w przeciwieństwie do całych liści. Co ciekawe, zawartość metabolitów była negatywnie skorelowana z wydajnością somatycznej embriogenezy (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.9; pozycja referatu: II.7.25**).

W toku dalszej pracy, nasze zainteresowanie badawcze wzbudziła nowatorska idea zastosowania nanocząstek srebra, złota i tlenku cynku w krioprezerwacji serduszki okazałej, co między innymi związane było z realizacją grantu NCN Sonata 16 (2020/39/D/NZ9/01592) pt. „*W drodze do wieczności: Wieloaspektowa analiza wpływu nanocząstek na właściwości krioprezechowywanego materiału roślinnego*”, pod kierownictwem **dra hab. inż. Dariusza Kulusa, prof. PBŚ (Załącznik nr 4, pozycja: II.9.4)**.

Krioprezerwacja, czyli utrzymanie materiału biologicznego w kriogenicznej temperaturze ciekłego azotu ( $-196^{\circ}\text{C}$ ), jest obecnie uważana za najskuteczniejszą metodę długoterminowego przechowywania wielu gatunków roślin (Kulus i Zalewska 2014). Naszą uwagę zwróciły unikatowe właściwości nanocząstek, zwłaszcza ich wysoka przewodność cieplna (Li i in. 2005). Założyliśmy, że nanocząstki, dzięki swoim właściwościom termicznym, mogą mieć pozytywny wpływ na przeżywalność eksplantatów przechowywanych w ciekłym azocie, przyspieszając zdarzenia termodynamiczne zachodzące podczas chłodzenia i ponownego ogrzewania materiału biologicznego, a także wpływać na metabolizm i wzrost eksplantatów.

W pierwszym doświadczeniu nad krioprezerwacją pąków wierzchołkowych u odmiany ‘Valentine’ zastosowaliśmy metodę kapsułkowania-witryfikacji, a nanocząstki złota (w stężeniu  $10 - 30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ; 13 nm) były dodawane do pożywki prekultury, do ochronnej kapsułki alginianowej, albo do pożywki wzrostowej stosowanej po mrożeniu. Obecność nanocząstek w niskim stężeniu ( $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Au NPs) w kapsułce skutkowała poprawą przeżywalności eksplantatów i nie miała wpływu na stabilność genetyczną roślin, co ma obiecujące znaczenie dla rozwoju technik kriobiologii. Jednakże, suplementacja pożywki wzrostowej w Au NPs negatywnie wpłynęła na przeżywalność eksplantatów, co mogło mieć związek ze stwierdzonym naruszeniem integralności błon komórkowych. W przypadku dodatku Au NPs do pożywki prekultury zaznaczała się tendencja stymulacji wzrostu eksplantatów, nie została ona jednak potwierdzona w analizie statystycznej (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.10**).

W kolejnym doświadczeniu wykorzystaliśmy odmiany ‘Gold Heart’ i ‘Valentine’ oraz aplikowaliśmy Au NPs (6 nm), Ag NPs (6 nm) oraz ZnO NPs (25 nm) w stężeniach 5 i  $15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  do pożywki prekultury lub do kapsułki alginianowej. U serduszki ‘Valentine’ dodatek  $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Ag NPs do kapsułki alginianowej skutkowało wzrostem przeżywalności eksplantatów. U odmiany ‘Gold Heart’ przeżywalność była większa po aplikacji  $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Ag NPs oraz 5 i  $15 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ZnO NPs do kapsułki. Dodatek nanocząstek do pożywki prekultury był pod tym względem mniej skuteczny, pomimo promowania proliferacji i wydłużania pędów u odmiany ‘Valentine’. Nanocząstki wpływały, specyficznie dla odmiany, na aktywność enzymów APOX, GPOX i SOD oraz zawartość porfiryn, chlorofilu, karotenoidów, antocyjanów i polifenoli (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.25**). Nanocząstki wpłynęły pozytywnie na dalszy wzrost i rozwój roślin *ex vitro*. U serduszki ‘Gold Heart’ dodatek  $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  Ag NPs do kapsułki wpływał następczo na wydłużanie pędów *ex-vitro*, a z eksplantatów traktowanych ZnO NPs na etapie prekultury rozwijały się rośliny zawierającej

więcej chlorofilu w liściach. Nanocząstki wpływały ponadto na zwiększenie powierzchni, długości i obwodu liści. Interesująco, aplikacja ZnO NPs w wyższych stężeniach skutkowała wzrostem zawartości jądrowego DNA u roślin. U serduszki 'Valentine', dodatek 5 mg·L<sup>-1</sup> Ag NPs lub 5 mg·L<sup>-1</sup> ZnO NPs do kapsułki stymulował wydłużanie pędów. Zawartość flawonoidów, antocyjanów i markerów stresu w roślinach uzależniona była od traktowania nanocząstkami, odmiany oraz rodzaju badanego organu (liście lub łodygi) (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.26**).

Wyniki badań nad zastosowaniem nanotechnologii w krioprezerwacji serduszki okazały się prezentowane podczas licznych wystąpień konferencyjnych (**Załącznik nr 4, pozycje referatów: II.7.28, II.7.32, II.7.34, II.7.38, II.7.39, II.7.44, II.7.45, II.7.46, II.7.47, II.7.49, II.7.51, II.7.53; pozycje posterów: II.7.70, II.7.75**). Przyznano nam patent na sposób krioprezerwacji pąków wierzchołkowych serduszki 'Alba' z wykorzystaniem nanocząstek, który został nagrodzony złotym medalem oraz grand prix na międzynarodowych targach wynalazków i innowacji E-NNOVATE 2022 (**Załącznik nr 4, pozycja patentu: III.3.1**).

#### 4.4.3. Pozostałe badania z obszaru biotechnologii roślin

Ważnym etapem w moim rozwoju naukowym było uczestnictwo w pracach polsko-portugalskiego zespołu badawczego (**Załącznik nr 4, pozycja: II.15.6**). Jeżówka purpurowa (*Echinacea purpurea* (L.) Moench; Asteraceae) to gatunek ważny dla przemysłu fitofarmaceutycznego i ogrodnictwa (Perry i in. 2001). Efektem naszych badań było wytypowanie linii jeżówki wyróżniających się wysoką wydajnością embriogezy somatycznej oraz zwiększoną zawartością kwasów fenolowych (cychorynowego, kaftarowego, chlorogenowego i echinakozydu) wykorzystywanych w lecznictwie. Analizy genetyczne potwierdziły stabilność roślin w obrębie poszczególnych linii, przy jednoczesnym zróżnicowaniu genetycznym między liniami. Wyniki mają charakter aplikacyjny (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.8; pozycja referatu: II.7.24; pozycja posteru: II.7.66**).

Tarczycza brodata (*Scutellaria barbata* D. Don; Lamiaceae) jest również ważnym gatunkiem dla przemysłu fitofarmaceutycznego. W jej ziele znajdują się cenne metabolity flawonoidowe o właściwościach przeciwnowotworowych, przeciwzapalnych i antyoksydacyjnych (Wang i in. 2020). Do tej pory uprawa *in vitro* i *in vivo* tej rośliny w Polsce nie była dostatecznie poznana i brakowało standaryzowanego materiału roślinnego o wysokiej zawartości skutelaryny (Świąder i in. 2003). W toku prowadzonych badań wyselekcjonowano siedem linii zróżnicowanych pod względem genetycznym, morfologii oraz zawartości skutelaryny. Rośliny z powodzeniem namnożono metodą jednowęzłowych fragmentów pędów i zaaklimatyzowano w szklarni, a następnie uprawiano w warunkach polowych. Uzyskane linie tarczycy brodatej odznaczają się wysoką zawartością skutelaryny i są przydatne do uprawy w warunkach klimatu umiarkowanego (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.16; pozycja referatu: II.7.52**).

W mojej działalności naukowej pojawił się także wątek dotyczący charakterystyki, zastosowania i inicjacji kultur *in vitro* hakorośli rozestanej (*Harpagophytum procumbens* Burch. DC ex Meissn; Pedaliaceae). Bylina ta wywodzi się z południowej i południowo-zachodniej Afryki. Surowiec zielarski stanowią wysuszone korzenie przybyszowe wykorzystywane w leczeniu chorób zapalnych i zwyrodnieniowych z uwagi na zawartość glikozydów irydowych, fenyloetanoidowych i fenolowych (Wolski i in. 2010).

Mikrorozmnażanie hakorośli znajduje uzasadnienie ze względu na niski udział kiełkujących nasion i słabą przeżywalność siewek w warunkach naturalnych, a także z powodu zanieczyszczenia surowca metalami ciężkimi. W przeprowadzonych badaniach opracowaliśmy protokół dezynfekcji powierzchniowej nasion, a do wysiewu *in vitro* wykorzystaliśmy pożywkę ½ MS z dodatkiem 0,02 mg·L<sup>-1</sup> KIN i 1 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> (**Załącznik nr 4, pozycja rozdziału w monografii: II.2.2; pozycja referatu: II.7.23**).

Ciekawym doświadczeniem zawodowym była praca w interdyscyplinarnym zespole biotechnologów, chemików i medyków. Obiektem badań był nagietek lekarski, *Calendula officinalis* L. (Asteraceae) – roślina ceniona pod względem ozdobnym i leczniczym (Rogowska i in. 2022). Najpierw przygotowaliśmy nanostrukturalny kompozyt oparty na hydroksyapatycie, 5-fluorouracylu i ekstrakcie z nagietka o wysokiej zawartości mioinozytolu. W kolejnym etapie wykazaliśmy działanie cytotoksyczne opracowanego kompozytu w testach *in vitro* na komórkach nowotworu jajnika SKOV-3. Zastosowanie ekstraktu z nagietka poprawiło wchłanianie leku przez komórki nowotworowe, co czyni opracowany kompozyt obiecującym materiałem w nanobiomedycynie, w tym w dostarczaniu leków i ukierunkowanym leczeniu (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.20**).

Kaktusy to kolejna grupa roślin, z którą pracowałam naukowo. Znajdują się one w grupie najpopularniejszych roślin ozdobnych na świecie. Rodzaj *Astrophytum* Lem. oraz gatunek *Copiapoa tenuissima* są rzadkie i z tego względu szczególnie cenne i pożądane wśród kolekcjonerów (Anderson 2001; Damude i Poole 1990). W literaturze brakowało doniesień na temat hodowli radiomutacyjnej kaktusów. W badaniach zweryfikowano wpływ promieniowania X w dawkach 15 – 50 Gy na zmienności biochemiczną i genetyczną siewek *Astrophytum* spp. ‘Purple’ oraz *C. tenuissima*. U *Astrophytum* spp. ‘Purple’ odnotowano wyraźną zmienność w zawartości antocyjanów, karotenoidów i chlorofilu wśród napromienionych siewek w porównaniu do nienapromienionej kontroli, w tym pojawienie się roślin o niewystępującej do tej pory barwie czerwonej i pomarańczowej. Natomiast zastosowanie promieniowania X w dawkach 25 i 50 Gy u *C. tenuissima* przyniosło efekt w postaci siewek o oryginalnej pomarańczowo-brązowej barwie. Analizy z markerem molekularnym SCoT wykazały istotny wpływ promieniowania X na indukcję zmienności genetycznej u badanych genotypów. Odkrycia te są pionierskie i bardzo obiecujące dla hodowli kaktusów (**Załącznik nr 4, pozycje artykułów: II.4.19, II.4.27**).

Ajania spokojna (*Ajania pacifica* (Nakai) Bremer et Humpries; Asteraceae) to bylina pochodząca z Azji Środkowej i Europy Wschodniej, która staje się coraz bardziej popularna na świecie jako alternatywa dla chryzantemy wielkokwiatowej z uwagi na zbliżone wymagania uprawowe i okres kwitnienia. Rozmnażana jest głównie *in vivo* przez sadzonki pędowe (Bremer i Humpries 1993). Jak dotąd, nie opracowano protokołów mikrorozmnażania ajanii. Namnożyliśmy metodą jednowęzłowych fragmentów pędów na pożywce MS odmiany ‘Bea’, ‘Bess’ i ‘Silver and Gold’ (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.28**). W kolejnych doświadczeniach wykorzystaliśmy różne eksplantaty *ex vitro* i *ex vivo* i badaliśmy wpływ regulatorów wzrostu na przebieg i wydajność kalogenezy, kaulogenezy i ryzogenezy u odmian ‘Bea’, ‘Bess’, ‘Bengo’ i ‘Silver and Gold’ (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.32**).

W moim dorobku znajduje się praca o mikropropagacji ognika wąskolistnego (*Pyracantha angustifolia* (Franch.) C.K. Schneid.; Rosaceae). Celem doświadczenia była

inicjacja kultury i opracowanie protokołu namnażania metodą jednowęzłowych fragmentów pędu. Największy współczynnik proliferacji pędów bocznych uzyskano na pożywce MS wzbogaconej w 2,5 mg·L<sup>-1</sup> BAP, 0,3 mg·L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> i 0,1 mg·L<sup>-1</sup> IBA, natomiast największą efektywność ukorzeniania zapewniała pożywka MS z 1 lub 1,5 mg·L<sup>-1</sup> IBA i 0,1 mg·L<sup>-1</sup> BAP. Mikrosadzonki zostały z powodzeniem zaaklimatyzowane, a opracowany protokół umożliwił reprodukcję tego gatunku na dużą skalę (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.13**).

Gruszki należą do najważniejszych ekonomicznie owoców na świecie. Podkładka gruszy pospolitej *Pyrus communis* L. 'Pyrodwarf®(S)' jest cennym źródłem genów gwarantujących wysoki plon owoców, odporność na choroby i tolerancję na stresy biotyczne i abiotyczne. Jednakże publikacje na temat kultur *in vitro* tego genotypu są ograniczone (Ruziń i in. 2016). W naszych badaniach, analizując wpływ różnych pożywek bazowych i kombinacji regulatorów wzrostu i rozwoju, zoptymalizowaliśmy protokół mikrorozmnażania podkładki 'Pyrodwarf®(S)' na drodze proliferacji pędów bocznych. Najwięcej pędów tworzyło się na pożywce MS z 2 mg·L<sup>-1</sup> BAP i 1 mg·L<sup>-1</sup> KIN. Ukorzenianie przebiegało najefektywniej na pożywce MS z 1 mg·L<sup>-1</sup> IAA (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.14**).

W swoich doświadczeniach testowałam także przydatność biowęgli pozyskanych z różnego rodzaju odpadowej biomasy roślinnej (z liści dębu, trocin jaworu, trocin sosny, osadów ściekowych i dojrzałego kompostu) jako komponentów pożywki MS w procesie mikrorozmnażania pomidora zwyczajnego i rzodkiewki (**Załącznik nr 4, pozycje referatów: II.7.13, II.7.35, II.7.37; pozycja posteru: II.7.60; pozycja zgłoszenia patentowego: III.3.6**).

Byłam opiekunem naukowym badań nad wpływem środków dezynfekujących zastosowanych na etapie inicjacji kultury *in vitro* na indukcję stresu oksydacyjnego i regenerację eksplantatów skrętnika ogrodowego, w ramach polsko-amerykańskiej współpracy dydaktycznej I-STAR (**Załącznik nr 4, pozycja: II.14.2; pozycja posteru: II.7.68**).

Ważne miejsce w moim rozwoju zawodowym zajmuje funkcja edytora gościnnego wydania specjalnego czasopisma Horticulture pt. „*In Vitro Technology of Micropropagated Plants*” (**Załącznik nr 4, pozycja: II.12.1**) i związana z tym redakcja monografii naukowej (**Załącznik nr 4, pozycja: II.3.1**) oraz przygotowanie edytoriału (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.21**). Naszym celem było zapewnienie kompleksowego przeglądu najnowszych osiągnięć z zakresu optymalizacji składu pożywek i kontroli czynników środowiskowych, poliploidyzacji, eliminacji wirusów, molekularnych, strukturalnych i fizjologicznych aspektów leżących u podstaw sukcesu mikrorozmnażania roślin ogrodniczych i leczniczych: *Ajuga reptans* L. (Lamiaceae), *Cannabis sativa* L. (Cannabaceae), *Capparis spinosa* L. (Capparaceae), *Curcuma caesia* Roxb. (Zingiberaceae), *Ficus carica* L. (Rosales), *Gypsophila paniculata* L. (Caryophyllaceae), *Olea europaea* L. (Olaceae), *Plectranthus amboinicus* Lour. (Lamiaceae), *Pyracantha angustifolia* (Franch.) C.K. Schneid. (Rosaceae), *Rubus fruticosus* L. (Rosaceae), *Salvia* spp. L. (Lamiaceae), *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae), *Zamioculcas zamiifolia* (Lodd.) Engl. (Araceae).

Byłam kierownikiem badań zleconych dotyczących opracowania technologii inicjacji kultur i namnażania *in vitro* borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.; Ericaceae) (**Załącznik nr 4, pozycja: III.2.10**). Kierowałam badaniami zleconymi nad przygotowaniem projektu laboratorium roślinnych kultur *in vitro* i opracowaniem protokołów mikrorozmnażania miskanta olbrzymiego (*Miscanthus × giganteus* J. M. Greif & Deuter ex Hodk. & Renvoize;

Poaceae), gmeliny (*Gmelina arborea* Roxb; Lamiaceae), paulowni omszonej (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.; Paulowniaceae) i akacji wyniosłej (*Acacia mangium* Willd.; Fabaceae) (**Załącznik nr 4, pozycja: III.2.1**).

#### 4.4.4. Badania z zakresu uprawy *in vivo* i ochrony roślin

Badania zestawione w tym bloku tematycznym, w odróżnieniu od wcześniej opisanych, odbywały się poza laboratorium roślinnych kultur *in vitro* i laboratorium biologii molekularnej. Zdobyłam kompetencje naukowe i praktyczne związane z aklimatyzacją i produkcją roślin w systemach upraw kontrolowanych w warunkach półsterylnych pokojów wzrostowych oraz obiektów szklarniowych. Staż w laboratorium fitopatologicznym i współpraca z fitopatologami zaowocowała pracami z zakresu ochrony roślin.

Nowoczesna produkcja roślin w pomieszczeniach o kontrolowanym środowisku ma szereg zalet, takich jak: ułatwienie agrotechniki, ograniczenie występowania chorób i szkodników, efektywniejsze plonowanie, lepsze wykorzystanie powierzchni uprawowej dzięki systemom wertykalnym, czy możliwość całorocznej produkcji (da Costa i in. 2014). Jednym z kluczowych czynników wpływających na prawidłowy rozwój i plonowanie roślin w systemach upraw kontrolowanych jest światło (Paradiso i Proietti 2022).

Celem naszych doświadczeń była ocena jakości rozsady ogórka siewnego (*Cucumis sativus* L. 'Parys F1'; Cucurbitacea) i pomidora zwyczajnego (*S. lycopersicum* 'Poranek') uprawianej w warunkach półsterylnej uprawy wzrostowej z użyciem trzech różnych rodzajów oświetlenia typu LED (AP67, AP673L i G2) oraz standardowego oświetlenia jarzeniowego (świetlówka TLD 36W/54). Wykazaliśmy, że diody AP673L o szerokim spektrum emitowanego światła (53% światła czerwonego, 17% dalekiej czerwieni, 16% światła zielonego i 14% światła niebieskiego) mogą być wykorzystywane w produkcji rozsady ogórka. Testowane diody nie są jednak zalecane w produkcji rozsady pomidora, ponieważ uzyskane rośliny miały wiotkie pędy. Wyniki są przydatne dla producentów rozsady roślin warzywnych (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.17**).

Uczestniczyłam w szeroko zakrojonych doświadczeniach z zakresu optymalizacji widma i natężenia światła oraz składu podłoża na etapie równoczesnej aklimatyzacji i ukorzeniania mikrosadzonek. Był to cykl badań zleconych zrealizowanych dla przedsiębiorstwa Vitroflora Grupa Producentów Sp. z o.o., lidera na polskim i światowym rynku produkcji sadzonek roślin ozdobnych (**Załącznik nr 4, pozycje: III.2.3, III.2.4, III.2.5**). Wyniki badań zostały objęte ochroną patentową (**Załącznik nr 4, pozycja patentu: III.3.3**) oraz były prezentowane na konferencji międzynarodowej (**Załącznik nr 4, pozycja referatu: II.7.26; pozycje posterów: II.7.58, II.7.69**). Współpraca z Vitroflorą zaowocowała realizacją kolejnego cyklu badań zleconych. Skupiliśmy się na optymalizacji parametrów światła oraz na testowaniu preparatów stymulujących utrzymanie juwenilności sadzonek, w tym biostymulatorów mikrobiologicznych, na etapie długookresowego przechowywania (**Załącznik nr 4, pozycje: III.2.6, III.2.7, III.2.8; pozycja artykułu: II.4.22; pozycja referatu: II.7.40**). Byłam także wykonawcą badań zleconych dotyczących opracowania innowacyjnej technologii uprawy warzyw w domowych farmach wertykalnych z wykorzystaniem diod LED i automatycznego nawadniania, na zlecenie przedsiębiorstwa Endeavour (**Załącznik nr 4, pozycja: III.2.9**).



Uprawa truskawki (*Fragaria × ananassa* Duch.; Rosaceae) i poziomki leśnej (*Fragaria vesca* L.; Rosaceae) ma duże znaczenie ekonomiczne w produkcji ogrodniczej (Skrovankova i in. 2015). Jak dotąd nie zostały poznane reakcje truskawki i poziomki na warunki uprawy szklarniowej prowadzonej na matach kokosowych z wykorzystaniem systemu fertygacji i doświetlania asymilacyjnego w sezonie jesienno-zimowym w Polsce. Nasze badania dowiodły, że możliwa jest produkcja owoców truskawek i poziomki w uprawie bezglebowej poza naturalnym sezonem wegetacyjnym, przy czym istotna jest specyfika genotypowa. Poszczególne odmiany truskawki i poziomki wykazywały zróżnicowanie we wzroście i rozwoju pędów oraz kwiatów, zawartości metabolitów, poziomie plonowania, wskaźnikach wymiany gazowej i intensywności fotosyntezy (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.11**).

W moim dorobku posiadam doniesienia o wpływie stopnia i terminu uszkodzenia części nadziemnych pędów ziemniaka na plonowanie i cechy jakościowe bulw (**Załącznik nr 4, pozycja referatu: II.7.31**), jak i o plonowaniu różnych gatunków dyni w uprawie polowej bez i z zastosowaniem nawadniania (**Załącznik nr 4, pozycja posteru: II.7.57**).

Podczas **stażu naukowego** w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym w Poznaniu, pod opieką naukową **prof. dr hab. Jolanty Kowalskiej**, testowałam wpływ submikronowych cząstek tlenku cynku, nanocząstek tlenku cynku, tlenku miedzi oraz nanocząstek tlenku miedzi na wzrost *in vitro* grzybni *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* i *Fusarium oxysporum*. Przygotowaliśmy pożywkę PDA z dodatkiem wymienionych preparatów w stężeniach: 100 – 2000 mg·L<sup>-1</sup>. Zarówno ZnO SMPs jak i ZnO NPs ograniczały wzrost *in vitro* testowanych patogenów. Z kolei w doświadczeniu wazonowym *in vivo* z pomidorem zwyczajnym ‘Bawole Serce’ ZnO NPs okazały się skuteczniejsze w ograniczeniu porażenia roślin w porównaniu do ZnO SMPs (**Załącznik nr 4, pozycja referatu: II.7.19; pozycje posterów: II.7.71 i II.7.78**). Podobnie, dodatek CuO oraz CuO NPs do pożywki istotnie ograniczał wzrost grzybni badanych patogenów (**Załącznik nr 4, pozycja posteru: II.7.77**). Zweryfikowano tym samym przydatność testowanych preparatów jako potencjalnych środków, które mogą być wykorzystywane w ochronie roślin. Uzyskane wyniki stały się podstawą do przygotowania dwóch zgłoszeń patentowych (**Załącznik nr 4, pozycje zgłoszeń patentowych: III.3.8 i III.3.9**). Efektem stażu jest także publikacja o wpływie spektrum światła zastosowanego podczas kontrolowanej uprawy w warunkach półsterylnej uprawy wzrostowego na wzrost, profil biochemiczny i odporność rozsady pomidora zwyczajnego ‘Bawole Serce’ na *A. alternata*, *A. solani* i *B. cinerea*. Przetestowano pięć widm różniących się stosunkiem światła czerwonego do niebieskiego (R/B 5,55; 0,72; 1,19; 0,51; 0,20). Widma z przewagą światła czerwonego (R/B 5,55; 0,72; 1,19) najefektywniej stymulowały wzrost pędów i systemu korzeniowego roślin oraz wpływały na zwiększenie zawartości chlorofilu, karotenoidów, antocyjanów, polifenoli oraz wzrost aktywności SOD w liściach. Co ciekawe, rośliny uprawiane pod tymi widmami były w mniejszym stopniu porażone przez *A. alternata* i *A. solani*. Rośliny uprawiane pod widmem 0,72/5,55 wykazywały odpowiednio największy/najmniejszy stopień porażenia przez *B. cinerea*. Udowodniliśmy, że widmo światła ma istotne znaczenie w produkcji i zdrowotności rozsady pomidora, a wyniki mogą być łatwo wdrożone do praktyki ogrodniczej (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.24; pozycja referatu: II.7.41**). Moja współpraca z naukowcami z IOR–PIB w Poznaniu obejmuje nie tylko odbyty staż. Zapoznałam się z tematyką pasów kwiatnych i ich ekologicznej roli na terenach

uprawowych. Nasz artykuł dostarcza cennych spostrzeżeń odnośnie spontanicznych zmian składu gatunkowego roślin tworzących pas kwiatowy i jego florystycznej atrakcyjności po przezimowaniu (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.15**).

W moim dorobku naukowym wyodrębnić można także inne zagadnienia związane z fitopatologią roślin. W polsko-austriackim zespole naukowym weryfikowaliśmy wpływ infekcji *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn na emisję lotnych związków organicznych (volatile organic compounds; VOCs) i profil metabolitów u dziesięciu odmian chryzantemy w uprawie szklarniowej. Infekcja *R. solani* wpłynęła na emisję VOCs, przy czym poszczególne odmiany wykazywały zróżnicowany poziom emisji i profil tych związków. Odnotowaliśmy wzrost zawartości karotenoidów i polifenoli w liściach infekowanych roślin. Wyniki te przybliżają nas do zrozumienia mechanizmów obrony i podatności roślin na patogeny grzybowe i mogą przyczynić się do opracowania przyszłych strategii ochrony i doskonalenia odmian chryzantem (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.23**). Patogen *R. solani* był również przedmiotem kolejnych badań. Ryż siewny (*Oryza sativa* L.; Poaceae) jest jednym z najważniejszych gatunków w żywieniu ludzi. Zaraza wywoływana przez grzyb *R. solani* jest jedną z głównych chorób ryżu, a kontrola patogenu jest trudna ze względu na szeroki zakres żywicieli i wysoką przeżywalność sklerocji w środowisku (Fu i in. 2022). W doświadczeniu, po morfologicznej i molekularnej identyfikacji wytypowano pięć izolatów endofitycznych grzybów: *Trichoderma virens*, *Trichoderma harzianum*, *Curvularia lunata*, *Aspergillus fumigatus* i *Aspergillus awamori*, które następnie testowano w badaniach *in vitro* i w warunkach szklarniowych pod kątem potencjału do ograniczania wzrostu grzybnii *R. solani*. Najskuteczniejszym antagonistą w zwalczaniu zarazy ryżu wytypowanym do celów biologicznej ochrony okazał się *T. virens* (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.12**).

Uczestniczyłam w badaniach nad zastosowaniem preparatu ILAGRO 10 SC w ochronie upraw cebuli zwyczajnej (*A. cepa*) i buraka ćwikłowego (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*). Preparat został opracowany przez zespół **dra hab. inż. Marcina Śmigłaka** z Poznańskiego Parku Naukowo-Technologicznego. Jako induktor odporności roślin, może przyszłościowo stanowić nowowczesną i bezpieczną alternatywę dla aktualnie stosowanych i szkodliwych dla środowiska fungicydów (**Załącznik nr 4, pozycja referatu: II.7.29**). Dzięki udziałowi w projekcie badawczym ‘Nova Trawa’ (**Załącznik nr 4, pozycja II.9.3**) zdobyłam wiedzę i doświadczenie z zakresu roli i wykorzystania symbiotycznych grzybów endofitycznych w uprawie i hodowli życicy trwałej (*Lolium perenne* L.; Poaceae).

Ogólny profil i kierunki badań, w których uczestniczyłam, były ponadto referowane na innych konferencjach i seminariach naukowych (**Załącznik nr 4, pozycje referatów: II.7.15, II.7.16, II.7.33, II.7.48**).

## Literatura

- Anderson E.F., 2001. The cactus family. Timber Press, Portland.
- Bolaños-Villegas P., Chen F.-C., 2022. Advances and perspectives for polyploidy breeding in orchids. *Plants* 11(11): 1421. doi.org/10.3390/plants11111421
- Bremer K., Humphries C.J., 1993. Generic monograph of the Asteraceae – Anthemideae. *Bull. Nat. Hist. Mus. Lond. (Bot.)* 23(2): 71–177.
- Chakrabarty D., Mandal A.K.A., Datta S.K. 1999. Management of chimera through direct shoot regeneration from florets of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). *J. Hort. Sci. Biotech.* 74 (3): 293–296. doi.org/10.1080/14620316.1999.11511111
- Da Costa R.C., Calvete E.O., Mendonca H.F.C., Cecatto A.P., 2014. Phenology, phyllochron, and gas exchanges in frigo and fresh strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) plants of cv. Albion. *Aust. J. Crop Sci.* 8(6): 901–908.
- Damude N., Poole J., 1990. Status report on *Echinocactus asterias* (*Astrophytum asterias*). U.S. Fish and Wildlife Service, Albuquerque.
- Fu D., Zhong K., Zhong Z., Hu G., Zhang P., Tong H., 2022. Genome-wide association study of sheath blight resistance within a core collection of rice (*Oryza sativa* L.). *Agronomy* 12(7): 1493. doi.org/10.3390/agronomy12071493

- Jacquier N.M.A., Gilles L.M., Pyott D.E., Martinant J.P., Rogowsky P.M., Widiez T., 2020. Puzzling out plant reproduction by haploid induction for innovations in plant breeding. *Nat. Plants* 6: 610–619. doi.org/10.1038/s41477-020-0664-9
- Karjee S., Mahapatra S., Singh D., Saha K., Viswakarma P.K., 2020. Production of double haploids in ornamental crops. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 9: 555–565.
- Kulus D., Zalewska M., 2014. Cryopreservation as a tool used in long-term storage of ornamental species – A review. *Sci. Hortic.* 168: 88–107. doi.org/10.1016/j.scienta.2014.01.014
- Li M., Lin Y.-C., Wu C.-C., Liu H.-S., 2005. Enhancing the efficiency of a PCR using gold nanoparticles. *Nucleic Acids Res.* 33(21): e184. doi.org/10.1093/nar/gni183
- Malaure R.S., Barclay G., Power J.B., Davey M.R. 1991. The production of novel plants from florets of *Chrysanthemum morifolium* using tissue culture 2. Securing natural mutations (sports). *J. Plant Physiol.* 139: 14–18. doi.org/10.1016/S0176-1617(11)80157-4
- Mandal A.K.A., Chakrabarty D., Datta S.K. 2000. *In vitro* isolation of solid novel flower colour mutants from induced chimeric ray florets of chrysanthemum. *Euphytica* 114: 9–12. doi.org/10.1023/A:1003960906646
- Paradiso R., Proietti S., 2022. Light-quality manipulation to control plant growth and photomorphogenesis in greenhouse horticulture: The state of the art and the opportunities of modern LED systems. *J. Plant Growth Regul.* 41: 742–780. doi.org/10.1007/s00344-021-10337-y
- Perry N.B., Burgess E.J., Glennie V.L., 2001. *Echinacea* standardization: analytical methods for phenolic compounds and typical levels in medicinal species. *J. Agric. Food Chem.* 49(4): 1702–1706. doi.org/10.1021/jf001331y
- Ranaweera K.K., Gunasekara M.T.K., Eeswara J.P., 2013. *Ex vitro* rooting: A low cost micropropagation technique for Tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz) hybrids. *Sci. Hortic.* 155: 8–14. doi.org/10.1016/j.scienta.2013.03.001
- Rogowska A., Stpicyńska M., Pączkowski C., Szakiel A., 2022. The influence of exogenous jasmonic acid on the biosynthesis of steroids and triterpenoids in *Calendula officinalis* plants and hairy root culture. *Int. J. Mol. Sci.* 23(20): 12173. doi.org/10.3390/ijms232012173
- Ruzić Đ., Vujović T., Cerović R., 2016. *In vitro* multiplication of semi-dwarfing pear rootstock 'Pyrodwarf' in relation to cytokinin types. *Acta Hortic.* 1139: 279–284. doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1139.49
- Schum A., 2003. Mutation breeding in ornamentals: an efficient breeding method? *Acta Hortic.* 612: 47–60. doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.612.6
- Skrovankova S., Sumczynski D., Mlcek J., Jurikova T., Sochor J., 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *Int. J. Mol. Sci.* 16(10): 24673–24706. doi.org/10.3390/ijms161024673
- Świąder K., Kowalczyk A., Matkowski A., Lamer-Zarawska E., 2003. Chromatographic analysis of polyphenolic compounds in *Scutellaria barbata* D. Don. cultivated in Poland. *Herba Pol.* 49: 3–4.
- Teixeira da Silva J.A., Kulus D., 2014. Chrysanthemum biotechnology: discoveries from the recent literature. *Folia Hortic.* 26(2): 67–77. doi.org/10.2478/fhort-2014-0007
- Tilney-Bassett R.A.E., 1986. *Plant Chimeras*. Edward Arnold, London.
- Wang L., Chen W., Li M., Zhang F., Chen K., Chen W., 2020. A review of the ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacology, and quality control of *Scutellaria barbata* D. Don. *J. Ethnopharmacol.* 254: 112260. doi.org/10.1016/j.jep.2019.112260
- Wolski T., Baj T., Ludwiczuk A., Głowniak K., Niedźwiecki R., 2010. Hakorośl rozesłana (*Harpagophytum procumbens* DC.) – roślinny surowiec o wielokierunkowym działaniu farmakologicznym. *Postępy Fitoterapii* 1: 13–22.
- Zargar M., Zavarykina T., Voronov S., Pronina I., Bayat M., 2022. The recent development in technologies for attaining doubled haploid plants in vivo. *Agriculture* 12(10): 1595. doi.org/10.3390/agriculture12101595

#### 4.5. Zestawienie dorobku naukowego

W moim całym dotychczasowym dorobku naukowym znajduje się **55** prac i są to:

- **42** oryginalne artykuły opublikowane w recenzowanych czasopismach naukowych
  - **34** artykuły anglojęzyczne w czasopismach znajdujących się w bazie ISI JCR (**1** przed uzyskaniem stopnia doktora, **33** po uzyskaniu stopnia naukowego doktora)
  - **7** artykułów w czasopismach poza bazą ISI JCR (**2** anglojęzyczne przed uzyskaniem stopnia doktora, **2** anglojęzyczne i **3** w języku polskim po uzyskaniu stopnia doktora)
  - **1** artykuł anglojęzyczny w materiałach konferencyjnych indeksowanych w bazie Web of Science (po uzyskaniu stopnia doktora)
- **2** rozdziały w monografiach w języku polskim (po uzyskaniu stopnia doktora),
- **3** artykuły popularnonaukowe w języku polskim (**2** przed uzyskaniem stopnia doktora, **1** po uzyskaniu stopnia doktora),

W przypadku **18** prac jestem pierwszym autorem, a w **20** pracach pełniłam funkcję autora korespondencyjnego.

- współredakcja naukowa **1** monografii anglojęzycznej (po uzyskaniu stopnia doktora),
- autorstwo **3** oryginalnych odmian chryzantemy wielkowiatowej z wyłącznym prawem hodowcy do odmiany (po uzyskaniu stopnia doktora),

- współautorstwo **4** patentów na wynalazki (po uzyskaniu stopnia doktora).

Po uzyskaniu stopnia doktora wykonałam **76** recenzji artykułów naukowych dla czasopism z bazy ISI JCR oraz **17** recenzji dla czasopism poza bazą ISI JCR, wszystkie w języku angielskim.

Uczestniczyłam czynnie w **24** konferencjach międzynarodowych i **32** konferencjach krajowych (w tym **3** przed uzyskaniem stopnia doktora). Wyniki prowadzonych badań zostały przedstawione w formie **52** referatów oraz **27** posterów. Osobiście wygłosiłam **2** referaty w języku polskim przed uzyskaniem stopnia doktora oraz **17** referatów (w tym **7** w języku angielskim) po uzyskaniu stopnia doktora. W materiałach konferencyjnych ukazało się **25** streszczeń po konferencjach międzynarodowych i **39** streszczeń po konferencjach krajowych. Byłam współorganizatorem **2** konferencji naukowych i **2** seminariów naukowych.

Odbyłam krajowy staż naukowy i dwie zagraniczne wizyty studyjne. Współpracuję z polskimi i zagranicznymi jednostkami naukowymi. Wygłosiłam **2** wykłady na zaproszenie polskich jednostek naukowych.

Kierowałam projektem badawczym NCN. Jako współwykonawca realizowałam projekty finansowane ze środków MNiSW, Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich, NCN, a także w ramach badań statutowych oraz projektów badawczych dla młodych naukowców na rodzimej uczelni.

Byłam kierownikiem/wykonawcą w **10** projektach badań zleconych dla otoczenia gospodarczego.

Kompetencje rozszerzałam uczestnicząc w szkoleniach, kursach i warsztatach. Angażowałam się w pracę dydaktyczną, organizacyjną i popularyzację nauki.

Efekty mojej pracy zostały docenione w postaci przyznanych stypendiów, nagród i wyróżnień.

Zestawienie i podsumowanie prac twórczych składających się na dorobek naukowy oraz aktywność konferencyjną zamieszczono w **Tabelach 1 – 3**.

Sumaryczny współczynnik wpływu **IF** całego dorobku naukowego wynosi **98,805** (w tym 0,393 przed uzyskaniem stopnia doktora), a **liczba punktów MNiSW – 3862** (w tym 30 pkt. przed uzyskaniem stopnia doktora), zgodnie z rokiem ukazania się prac. Liczba cytowań wg bazy Web of Science wynosi **383** (indeks Hirscha **12**), a wg bazy Scopus **447** (indeks Hirscha **12**).

Szczegółowe zestawienie dorobku naukowego przed i po uzyskaniu stopnia doktora oraz wskaźniki naukometryczne zawiera **Załącznik nr 4**.

**Tabela 1.** Zestawienie oryginalnych prac twórczych składających się na dorobek naukowy

Lp.	Czasopismo	Liczba prac	Rok wydania	IF w roku wydania	Punkty MNiSW w roku wydania	Suma punktów MNiSW	Pozycja pracy w zał. 4 lub zał. 3*
1.	Acta Agrobotanica	1	2023	2,100	140	140	II.4.17
2.	Acta Physiologiae Plantarum	1	2015	1,563	25	25	II.4.7
3.	Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus	4	2011	0,393	20	80	II.4.1
			2014	0,522	20		II.4.4
			2014	0,522	20		II.4.5
			2014	0,522	20		II.4.6
4.	Acta Societatis Botanicorum Poloniae	1	2024	1,100	70	70	I.2.8 (A8*)
5.	Agriculture	2	2023	3,300	140	280	II.4.15
			2023	3,300	140		II.4.18
6.	Agronomy	5	2021	3,949	100	500	II.4.11
			2023	3,300	100		II.4.14
			2023	3,300	100		II.4.19
			2024	3,300	100		II.4.22
			2024	3,300	100		II.4.27
7.	Biology	1	2022	4,200	100	100	II.4.12
8.	BioTechnologia	1	2018	-	13	13	II.4.32
9.	Coatings	1	2023	2,900	100	100	II.4.20
10.	Electronic Journal of Polish Agricultural Universities	2	2009	-	4	10	II.4.2
			2010	-	6		II.4.3
11.	Folia Horticulturae	1	2024	2,200	40	40	I.2.9 (A9*)
12.	Horticulturae	2	2022	3,100	20	40	II.4.13
			2024	3,100	20		II.4.21
13.	Industrial Crops and Products	2	2019	4,244	200	400	II.4.8
			2023	5,600	200		II.4.16
14.	International Journal of Molecular Sciences	2	2020	5,923	140	280	II.4.9
			2022	5,600	140		I.2.6 (A6*)
15.	Journal of Plant Protection Reserach	1	2024	0,700	100	100	II.4.24
16.	Materials	3	2020	3,623	140	420	I.2.2 (A2*)
			2021	3,748	140		I.2.4 (A4*)
			2022	3,400	140		I.2.7 (A7*)
17.	Nauka Przyroda Technologie	1	2012	-	5	5	II.4.28
18.	Plant Cell Tissue and Organ Culture	3	2020	2,711	100	300	I.2.3 (A3*)
			2021	2,726	100		II.4.10
			2022	3,000	100		I.2.5 (A5*)
			2024	2,900	100		II.4.23
19.	PLoS ONE	3	2024	2,900	100	300	II.4.25
			2024	2,900	100		II.4.26
			2024	2,900	100		II.4.26
20.	Scientia Horticulturae	1	2019	2,769	140	140	I.2.1 (A1*)
21.	Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych	3	2015	-	13	39	II.4.29
			2015	-	13		II.4.30
			2016	-	13		II.4.31
22.	Rozdziały w monografiach polskojęzycznych	2	2016	-	5	10	II.2.1
			2018	-	5		II.2.2
23.	Redakcja naukowa monografii anglojęzycznej	1	2024	-	5	5	II.3.1
24.	Publikacja naukowa w materiałach konferencyjnych Web of Science	1	2016	-	15	15	II.4.33
25.	Artykuły popularnonaukowe	3	2008	-	-	0	6.2.1*
			2009	-	-		6.2.2*
			2016	-	-		6.2.3*
26.	Wyłączne prawa hodowcy do odmiany	3	2020	-	50	150	III.3.10
			2020	-	50		III.3.11
			2022	-	50		III.3.12
27.	Przyznane patenty na wynalazki	4	2023	-	75	300	III.3.1
			2023	-	75		III.3.2
			2023	-	75		III.3.3
			2024	-	75		III.3.4
<b>dorobek poza osiągnięciem naukowym przed uzyskaniem stopnia doktora</b>		<b>osiągnięcie naukowe</b>			<b>dorobek poza osiągnięciem naukowym po uzyskaniu stopnia doktora</b>		

**Tabela 2.** Podsumowanie dorobku naukowego: wartość IF oraz punktacja MNiSW

Dorobek naukowy	Liczba prac	IF w roku wydania	Suma punktów MNiSW w roku wydania
Osiągnięcie naukowe	9	28,151	1010
Poza osiągnięciem naukowym przed uzyskaniem stopnia doktora	5	0,393	30
Poza osiągnięciem naukowym po uzyskaniu stopnia doktora	41	70,261	2822
<b>Całość dorobku</b>	<b>55</b>	<b>98,805</b>	<b>3862</b>

**Tabela 3.** Zestawienie uczestnictwa w konferencjach naukowych

Zasięg konferencji i forma uczestnictwa	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Łącznie
Konferencje międzynarodowe	-	24	24
Konferencje krajowe	3	29	32
Referaty na konferencjach międzynarodowych	-	19	19
Referaty na konferencjach krajowych	3	30	33
Postery na konferencjach międzynarodowych	-	16	16
Postery na konferencjach krajowych	1	10	11
Streszczenia na konferencjach międzynarodowych	-	25	25
Streszczenia na konferencjach krajowych	3	36	39
Udział bierny w konferencjach międzynarodowych	-	3	3
Udział bierny w konferencjach krajowych	2	6	8

## 5. INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ ALBO ARTYSTYCZNĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ LUB INSTYTUCJI KULTURY, W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ

W trakcie zatrudnienia na uczelni macierzystej odbyłam staż naukowy oraz wizyty studyjne w innych ośrodkach naukowych. Efektami tej aktywności są zdobyte umiejętności i kompetencje, wspólne artykuły naukowe, doniesienia konferencyjne, zgłoszenia patentowe i zrealizowany projekt badawczy.

### 5.1. Staż naukowy krajowy

*Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Rolnictwa Ekologicznego i Ochrony Środowiska, Poznań, opiekun naukowy prof. dr hab. Jolanta Kowalska*

Odbyłam trzymiesięczny staż naukowy w terminie 27.03.2023 – 30.06.2023 r. z zakresu fitopatologii i ochrony roślin. Zdobyłam wiedzę oraz praktyczne umiejętności związane z pracą z kulturami *in vitro* patogenów grzybowych w laboratorium fitopatologicznym, a także metodami ochrony roślin przed patogenami z wykorzystaniem nanocząstek oraz w warunkach kontrolowanej uprawy roślin.

Staż obejmował szczegółowo następującą tematykę badawczą:

- A) Określenie aktywności biobójczej nanocząstek tlenku cynku, submikronowych cząstek tlenku cynku, nanocząstek tlenku miedzi oraz tlenku miedzi, w szerokim zakresie

testowanych stężeń, przeciwko patogenom roślinnym *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* oraz *Fusarium oxysporum* w testach *in vitro*

Wyniki zaprezentowano na dwóch konferencjach międzynarodowych i jednej konferencji krajowej (**Załącznik nr 4, pozycja referatu: II.7.19; pozycje posterów: II.7.71, II.7.77, II.7.78**). Przygotowano dwa zgłoszenia patentowe (**Załącznik nr 4, pozycje: III.3.8 i III.3.9**).

B) Określenie wpływu różnych widm światła na parametry biometryczne i biochemiczne oraz odporność pomidora zwyczajnego na choroby grzybowe wywołane przez patogeny *Alternaria alternata*, *Alternaria solani* oraz *Botrytis cinerea* w warunkach kontrolowanej uprawy

Efektom jest artykuł naukowy i referat na konferencji krajowej (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.24; pozycja referatu: II.7.41**).

## 5.2. Wizyty studyjne zagraniczne

*Polytechnic Institute of Coimbra, Agricultural College, IIA – Institute of Applied Research, CERNAS - Research Centre for Natural Resources, Environment, and Society, Coimbra, Portugal*

Jako wykonawca w trzyletnim międzynarodowym projekcie badawczym pt. „*Application of molecular markers (RAPD, ISSR), high performance liquid chromatography (HPLC) and gas chromatography (GC) for the analysis of genetic stability and secondary metabolites in plants regenerated via somatic embryogenesis in Echinacea purpurea (L.) Moench.*” (**Załącznik nr 4, pozycja: II.15.6**) przebywałam w terminie 14–20.12.2015 r. w wyżej wymienionej jednostce naukowej. Celem wyjazdu było uczestnictwo w etapie badań laboratoryjnych HPLC i GC metabolitów wtórnych u roślin *Echinacea purpurea* uzyskanych *in vitro* z zarodków somatycznych. Projekt badawczy realizowany był zgodnie z umową międzynarodową na lata 2015-2018 między Uniwersytetem Technologiczno-Przyrodniczym im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy a Politechniką w Coimbra (Portugalia).

Efektom przeprowadzonych badań jest artykuł naukowy oraz referat i poster (**Załącznik nr 4, pozycja artykułu: II.4.8; pozycja referatu: II.7.24; pozycja posteru: II.7.66**).

*Mendel University in Brno, Faculty of Horticulturae, Mendeleum Institute of Genetics and Plant Breeding, Lednice, Czech Republic, opiekun naukowy doc. mgr Miroslav Baránek, Ph.D.*

Wyjazd w ramach projektu Erasmus+ 2015/2016 ‘Staff Mobility for Training – Mobility Agreement’ w terminie 26–30.10.2015 r. Celem pobytu było doskonalenie umiejętności z zakresu mikorozmnażania roślin i analiz molekularnych, a także poznanie metod wykrywania wirusów w tkankach roślinnych i ich eliminacji z zainfekowanych komórek w warunkach kultur *in vitro*. Efektom wizyty jest zdobyta wiedza oraz opanowanie nowych technik pracy laboratoryjnej wykorzystywanych w dalszym rozwoju naukowym.

## 5.3. Współpraca naukowa z polskimi i zagranicznymi ośrodkami

Od początku pracy naukowej prowadzę interdyscyplinarne badania z naukowcami z krajowych i zagranicznych ośrodków. Efekty współpracy obrazuje poniższe zestawienie.

### **Centrum Onkologii im. prof. Franciszka Łukaszczyka w Bydgoszczy**

*Przygotowanie i złożenie wniosku o projekt badawczy (Załącznik 4, pozycja: II.9.6)*

*Artykuły naukowe (Załącznik nr 4, pozycje: I.2.5, II.4.3, II.4.19, II.4.27)*

*Referaty na konferencjach naukowych (Załącznik nr 4, pozycje: II.7.27, II.7.51)*

### **Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa**

*Artykuł naukowy (Załącznik nr 4, pozycja: II.4.20)*

### **Instytut Genetyki Sądowej w Bydgoszczy**

*Artykuły naukowe (Załącznik nr 4, pozycje: II.4.19, II.4.27)*

### **Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań (poza stażem naukowym)**

*Artykuły naukowe (Załącznik nr 4, pozycje: I.2.7, I.2.9, II.4.15, II.4.23)*

*Referaty na konferencjach naukowych (Załącznik nr 4, pozycje: II.7.18, II.7.20)*

### **Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa**

*Przygotowanie i złożenie wniosku o projekt badawczy (Załącznik nr 4, pozycja: II.9.10)*

*Artykuł naukowy (Załącznik nr 4, pozycja: II.4.20)*

*Referaty na konferencjach naukowych (Załącznik nr 4, pozycje: II.7.43, II.7.50)*

*Postery na konferencjach naukowych (Załącznik nr 4, pozycje: II.7.76, II.7.77, II.7.79)*

*Zgłoszenie patentowe (Załącznik nr 4, pozycja: III.3.9)*

### **Instytut Wysokich Ciśnień Polskiej Akademii Nauk, Warszawa**

*Artykuły naukowe (Załącznik nr 4, pozycje: I.2.2, I.2.7, I.2.8, I.2.9, II.4.25, II.4.26)*

*Referaty na konferencjach naukowych (Załącznik nr 4, pozycje: II.7.9; II.7.12; II.7.18, II.7.19, II.7.20)*

*Postery na konferencjach naukowych (Załącznik nr 4, pozycje: II.7.59, II.7.71, II.7.78)*

*Patent (Załącznik nr 4, pozycja: III.3.2)*

*Zgłoszenia patentowe (Załącznik nr 4, pozycje: III.3.7, III.3.8)*

### **Poznański Park Naukowo-Technologiczny**

*Referat na konferencji naukowej (Załącznik nr 4, pozycja: II.7.29)*

### **Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy**

*Artykuły naukowe (Załącznik nr 4, pozycje: II.4.16, II.4.19, II.4.27)*

*Referat na konferencji naukowej (Załącznik nr 4, pozycja: II.7.52)*

### **Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu**

*Artykuły naukowe (Załącznik nr 4, pozycje: II.4.23, II.4.33)*

*Referat na konferencji naukowej (Załącznik nr 4, pozycja: II.7.5)*

*Poster na konferencji naukowej (Załącznik nr 4, pozycja: II.7.62)*

### **Uniwersytet Warszawski**

*Współwykonawstwo projektu badawczego (Załącznik nr 4, pozycja: II.9.4)*

*Przygotowanie i złożenie wniosku o projekt badawczy (Załącznik nr 4, pozycja: II.9.10)*

*Artykuł naukowy (Załącznik nr 4, pozycja: II.4.20)*

*Referaty na konferencjach naukowych (Załącznik nr 4, pozycje: II.7.47, II.7.53)*

### **Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie**

*Artykuł naukowy (Załącznik nr 4, pozycja: II.4.7)*

### **Czech University of Life Science in Prague, Czech Republic**

*Współwykonawstwo projektu badawczego (Załącznik nr 4, pozycja: II.9.4)*

*Artykuł naukowy (Załącznik nr 4, pozycja: II.4.26)*

*Referaty na konferencjach naukowych (Załącznik nr 4, pozycje: II.7.44, II.7.51)*

### **Institute of Tropical Technology, Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam**

*Artykuł naukowy (Załącznik nr 4, pozycja: II.4.20)*

### **Islamic Azad University, Rasht, Iran**

*Artykuły naukowe (Załącznik nr 4, pozycje: II.4.12, II.4.13, II.4.14)*



### **Mehrgan Institute for High Education, Mahallat, Iran**

*Artykuł naukowy (Załącznik nr 4, pozycja: II.4.12)*

### **Razi University, Kermanshah, Iran**

*Artykuł naukowy (Załącznik nr 4, pozycja: II.4.13)*

### **Universität Innsbruck, Innsbruck, Austria**

*Artykuł naukowy (Załącznik nr 4, pozycja: II.4.23)*

### **University of Science and Technology of Hanoi, Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam**

*Artykuł naukowy (Załącznik nr 4, pozycja: II.4.20)*

## **6. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ LUB SZTUKĘ**

---

### **6.1. Działalność dydaktyczna**

- Członek zespołu powołanego ds. utworzenia nowego kierunku studiów Nanobioinżynieria. Intensywna praca zespołu zaowocowała przygotowaniem pełnej dokumentacji do uruchomienia kształcenia na tym kierunku od roku akademickiego 2014/2015 na UTP w Bydgoszczy.
- Współautorstwo i autorstwo programów zajęć dydaktycznych oraz prowadzenie zajęć dydaktycznych z następujących przedmiotów:
  - *Biotechnologia w produkcji roślinnej* (ćwiczenia laboratoryjne na kierunku Biotechnologia I<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Nowoczesne technologie w ogrodnictwie* (ćwiczenia audytoryjne na kierunku Biotechnologia I<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Spoleczne i ekonomiczne aspekty biotechnologii* (ćwiczenia audytoryjne na kierunku Biotechnologia II<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Technologie mikrorozmnażania roślin uprawnych* (elektyw na kierunku Biotechnologia II<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Mało znane rośliny jadalne* (wykład na kierunku Biotechnologia II<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Wprowadzenie do nanobiotechnologii* (wykłady na kierunku Nanobioinżynieria I<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Agrobiotechnologia* (ćwiczenia laboratoryjne na kierunku Rolnictwo II<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Agrobiotechnologia* (ćwiczenia laboratoryjne na kierunku Rolnictwo II<sup>o</sup>, studia niestacjonarne),
  - *Ogrodnictwo* (wykłady i ćwiczenia audytoryjne na kierunku Rolnictwo I<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Ogrodnictwo* (wykłady i ćwiczenia audytoryjne na kierunku Rolnictwo I<sup>o</sup>, studia niestacjonarne),
  - *Rośliny warzywne mało znane* (wykłady i ćwiczenia na kierunku Rolnictwo II<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Szkółkarstwo roślin ozdobnych* (wykłady i ćwiczenia audytoryjne na kierunku Architektura krajobrazu I<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Rośliny ozdobne* (ćwiczenia audytoryjne na kierunku Architektura krajobrazu I<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Ogrodnictwo* (ćwiczenia audytoryjne na kierunku Agrochemia I<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Technologie produkcji ogrodniczej* (ćwiczenia audytoryjne na kierunku Zarządzanie i inżynieria produkcji I<sup>o</sup>, studia stacjonarne),
  - *Podstawy biotechnologii* (ćwiczenia laboratoryjne na kierunku Zarządzanie i inżynieria produkcji I<sup>o</sup>, studia stacjonarne),

- *Seminarium dyplomowe* (na kierunku Biotechnologia I° i II° oraz Architektura krajobrazu I°, studia stacjonarne),
- *Mało znane warzywa i rośliny sadownicze w żywieniu człowieka* (wykłady i ćwiczenia na kierunku Technologia żywności i żywienie człowieka II°, studia stacjonarne),
- *Technologia produkcji rolniczej - biologiczne i środowiskowe podstawy planowania roślin warzywnych* (wykłady oraz ćwiczenia audytoryjne i terenowe w ramach studiów podyplomowych Diagnostowanie stanu upraw rolnych, studia niestacjonarne).
- Współautorstwo i autorstwo programów zajęć dydaktycznych oraz prowadzenie zajęć dydaktycznych w języku angielskim dla studentów zagranicznych w ramach programu Erasmus+. Zajęcia z następujących przedmiotów:
  - *Basics of horticulture*
  - *Horticulturae*
  - *Agrobiotechnology*
  - *Biotechnology in plant production*
- Pełnienie funkcji opiekuna roku na kierunku Nanobioinżynieria I° studia stacjonarne w roku akademickim 2014/2015 i 2017/2018; na kierunku Biotechnologia I° studia stacjonarne w roku akademickim 2018/2019, 2019/2020, 2020/2021 i 2021/2022; na kierunku Biotechnologia II° studia stacjonarne w roku akademickim 2021/2022.
- Pełnienie funkcji opiekuna studenckich praktyk zawodowych na kierunku Biotechnologia I° studia stacjonarne w roku akademickim 2017/2018, 2018/2019, 2021/2022 i 2022/2023; na kierunku Zielenictwo i fitoterapia I° studia stacjonarne w roku akademickim 2018/2019, 2019/2020 i 2020/2021; na kierunku Architektura krajobrazu I° studia stacjonarne w roku akademickim 2021/2022.
- Organizacja i pełnienie funkcji opiekuna wyjazdów krajowych do przedsiębiorstw dla studentów kierunku zamawianego Biotechnologia I° studia stacjonarne:
  - Zakłady Farmaceutyczne Polpharma S.A. w Starogardzie Gdańskim, 28.11.2013 r.
  - Europejskie Centrum Bioinformatyki i Genomiki w Poznaniu, 11.04.2014 r.
  - OCEANIC S.A. Fabryka Kosmetyków i Farmaceutyków w Trąbkach Małych, 10.06.2014 r.
- Organizacja wyjazdu studentów kierunku Rolnictwo I° studia stacjonarne na zajęcia praktyczne w przedsiębiorstwie Owoce Warzywa Klimkiewicz Sp. z o.o., ul. Kościelna 3, 86-011 Wtelno, w ramach projektu POWR.03.05.00-00-z083/17 pt. „Nowoczesna i efektywna uczelnia - kompleksowy rozwój innowacyjnego kształcenia studentów Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego i efektywnego zarządzania uczelnią”, 11.12.2019 r.
- Pełnienie funkcji opiekuna naukowego Studenckiego Koła Naukowego ExPlant w okresie 15.03.2022-30.09.2023 r.
- Promotorstwo 46 ukończonych prac dyplomowych:
  - prace inżynierskie na studiach I°:

*Na kierunku Architektura krajobrazu*

2015 r.

„Projekty koncepcyjne rabat skalnych w ogrodzie przydomowym” (inż. Ewelina Kowalska)

„Projekt koncepcyjny zieleni przy szpitalu w Nakle nad Notecią” (inż. Katarzyna Zakrzewska)

„Projekt koncepcyjny zieleńca użyteczności publicznej w Dąbrowie Chełmińskiej” (inż. Dominika Syrocka)

2016 r.

„Projekt koncepcyjny terenu z ogrodem różanym przy Kościele pw. Zwiastowania Najświętszej Maryi Panny w Inowrocławiu” (inż. Jagoda Gołach)

„Projekt koncepcyjny ogrodu przydomowego z rabatami roślin zielarskich” (inż. Agnieszka Wysocka)

2019 r.

„Koncepcja ogrodu wertykalnego jako elementu zieleni w mieście” (inż. Aleksandra Jasińska)

„Projekt ogrodu rodzinnego w miejscowości Babiak” (inż. Aleksandra Szczepaniak)

„Koncepcje rewitalizacji małej architektury w przestrzeni miejskiej” (inż. Emilia Żernicka)

2020 r.

„Projekt zagospodarowania zieleni z miejscem zabaw dla dzieci przy budynku Fundacji „WIATRAK” w Bydgoszczy” (inż. Agnieszka Małkowska)

„Projekt zagospodarowania terenu na osiedlu mieszkaniowym w Bydgoszczy” (inż. Klaudia Skibicka)

2021 r.

„Projekt rewitalizacji Parku Miejskiego nad Głębozkiem w Tucholi” (inż. Patryk Czerwiński)

„Projekt ogrodu hortiterapeutycznego przy Zakładzie Pielęgnacyjno-Opiekuńczym w Bydgoszczy” (inż. Marina Sliusarenko)

### Na kierunku Biotechnologia

2015 r.

„Ocena przydatności nanokolloidów srebra, złota i miedzi do dezynfekcji wierzchołków pędu chryzantemy wielkokwiatowej w kulturze *in vitro*” (inż. Klaudia Burzyńska)

„Ocena wpływu nanokolloidu miedzi na regenerację *in vitro* pędów przybyszowych z międzywęźli chryzantemy wielkokwiatowej” (inż. Katarzyna Błoch)

„Ocena wpływu nanokolloidu srebra na regenerację *in vitro* pędów przybyszowych z międzywęźli chryzantemy wielkokwiatowej” (inż. Katarzyna Ratajczak)

2016 r.

„Określenie wpływu nanocząstek srebra na proces regeneracji pędów przybyszowych w kulturze *in vitro* na międzywęźlach chryzantemy wielkokwiatowej” (inż. Natalia Lewandowska)

„Zastosowanie nanokolloidów srebra i miedzi do dezynfekcji powierzchniowej wierzchołków pędu chryzantemy wielkokwiatowej (*Chrysanthemum × grandiflorum* /Ramat./ Kitam)” (inż. Tomasz Grześkowiak)

2019 r.

„Ocena wybranych wskaźników stresu oksydacyjnego u chryzantemy po aplikacji *in vitro* nanocząstek srebra” (inż. Zuzanna Wojtal)

2022 r.

„Wpływ nanocząstek srebra na organogenezę przybyszową w kulturze *in vitro* chryzantemy wielkokwiatowej” (inż. Ewelina Karcz)

„Ocena fenotypowa, biometryczna i biochemiczna kwitnących roślin chryzantemy wielkokwiatowej po aplikacji *in vitro* nanocząstek srebra” (inż. Wiktoria Wasiak)

2023 r.

„Wpływ nanotlenku cynku na regenerację *in vitro* pędów przybyszowych u chryzantemy wielkokwiatowej” (inż. Natalia Sławkowska)

### Na kierunku Rolnictwo

2014 r.

„Dobór gatunków i odmian roślin do ogrodu terapeutycznego przeznaczonego dla osób z dysfunkcją wzroku” (inż. Monika Brzykcy)

2019 r.

„Porównanie plonowania dyni w uprawie bez i z zastosowaniem nawadniania” (inż. Krzysztof Klimkiewicz)

2020 r.

„Ocena przydatności diod elektroluminescencyjnych w produkcji rozsady pomidora” (inż. Angelika Błażejewska)

„Ocena jakościowa rozsady ogórka wyprodukowanej z wykorzystaniem diod elektroluminescencyjnych” (inż. Katarzyna Nadolna)

„Ocena przezimowania i plonowania cebuli ozimej osłanianej i nieosłanianej agrowłókniną” (inż. Marcel Ruskiewicz)

„Projekt urządzeniowy gospodarstwa rodzinnego z uwzględnieniem działalności agroturystycznej i terapeutycznej” (inż. Monika Woźniak)

2021 r.

„Porównanie plonowania i opłacalności produkcji cebuli zwyczajnej ‘Octavia’ w zależności od terminu siewu” (inż. Anna Centkowska)

„Projekt urządzenia gospodarstwa rolnego w miejscowości Osiek pod kątem działalności agroturystycznej”  
(inż. Karolina Brzóska)

2022 r.

„Porównanie plonowania marchwi zwyczajnej uprawianej w nawadnianiem i bez nawadniania w indywidualnym gospodarstwie rolnym” (inż. Kacper Napiórkowski)

„Ocena plonowania cebuli zwyczajnej w indywidualnym gospodarstwie rolnym w uprawie bez i z zastosowaniem nawadniania” (inż. Łukasz Pasturski)

„Projekt modernizacji tuneli foliowych w indywidualnym gospodarstwie ogrodniczym (inż. Aleksandra Sołtys)

„Wymagania jakościowe cebuli obranej przeznaczonej do mrożenia” (inż. Maksymilian Wąsowski)

- prace magisterskie na studiach II°:

### *Na kierunku Biotechnologia*

2014 r.

„Wpływ wybranych czynników na organogenezę w kulturach *in vitro* załączni i załączków chryzantemy wielkokwiatowej” (mgr inż. Elżbieta Szydłowska)

2015 r.

„Określenie wpływu nanokoloidu srebra na stabilność genetyczną pędów przybyszowych chryzantemy wielkokwiatowej z wykorzystaniem metody ISSR” (mgr inż. Joanna Dembek)

„Ocena stabilności genetycznej pędów przybyszowych chryzantemy wielkokwiatowej uzyskanych na pożywece z nanosrebrem z wykorzystaniem metody RAPD” (mgr inż. Natalia Ostojka)

2019 r.

„Wpływ nanocząstek srebra na indukcję stresu oksydacyjnego u pomidora i rzodkiewki *in vitro*”  
(mgr inż. Emilia Pokora)

2023 r.

„Analiza stabilności genetycznej mikrosadzonek chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych nanocząstkami tlenku cynku i srebra z wykorzystaniem techniki RAPD” (mgr inż. Ewelina Karcz)

„Analiza stabilności genetycznej mikrosadzonek chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych nanocząstkami tlenku cynku i srebra na podstawie markerów molekularnych SCoT” (mgr inż. Marcei Gawroński)

2024 r.

„Wpływ proszku bateryjnego na regenerację, aktywność biochemiczną oraz stabilność genetyczną pędów przybyszowych u chryzantemy wielkokwiatowej” (mgr inż. Natalia Sławkowska)

### *Na kierunku Rolnictwo*

2014 r.

„Rozmnażanie ajanii spokojnej (*Ajania pacifica* /Nakai/ Bremer et Humphries) w kulturach *in vitro*”  
(mgr inż. Martyna Piecuch)

2016 r.

„Określenie wpływu tlenku i nanotlenku cynku na kiełkowanie *in vitro* nasion cebuli zwyczajnej ‘Sochaczewska’”  
(mgr inż. Hanna Zielińska)

2021 r.

„Ocena przydatności diod elektroluminescencyjnych do produkcji warzyw liściowych”  
(mgr inż. Angelika Błażejewska)

„Ocena przydatności różnych podłoży ogrodniczych do produkcji rozsady warzyw” (mgr inż. Katarzyna Nadolna)

2022 r.

„Badania nad zastosowaniem preparatu ILAGRO w uprawie polowej cebuli zwyczajnej oraz buraka ćwikłowego”  
(mgr inż. Marcel Ruszkiewicz)

*Student został laureatem konkursu na najlepszą pracę dyplomową na temat nowoczesnego rolnictwa, zrównoważenia produkcji żywności i przemysłu rolno-spożywczego i otrzymał ofertę stażu w TimacAgro Polska, organizator BNP Paribas Food & Agro.*

2024 r.

„Zastosowanie wybranych biostymulatorów w uprawie cebuli zwyczajnej” (mgr inż. Łukasz Pasturski)

- Promotorstwo aktualnie realizowanych prac dyplomowych:

- prace inżynierskie na studiach I°:

### *Na kierunku Rolnictwo*

„Ocena wpływu różnych rodzajów biowęgla na jakość rozsady roślin warzywnych” (Agata Kuklicz)

„Ocena przydatności wybranych odmian cebuli zwyczajnej do uprawy w systemie siewu wiosennego w indywidualnym gospodarstwie rolnym” (Michał Sitek)

- prace magisterskie na studiach II°:

#### *Na kierunku Biotechnologia*

„Metalonina w mikrorozmnażaniu chryzantemy wielokwiatowej: aspekty morfogenetyczne, fizjologiczne i genetyczne” (inż. Adam Kuczmarski)

- Pełnienie funkcji opiekuna naukowego dwóch studentek z Delaware State University, Stany Zjednoczone, przebywających na wymianie studenckiej i realizujących projekt badawczy na UTP w Bydgoszczy w terminie maj–czerwiec 2016 r. oraz maj–czerwiec 2019 r. Program I-STAR (International Science and Technology Academy for Research Scholars).
- Pełnienie funkcji opiekuna naukowego projektów realizowanych przez studentów zagranicznych – projekty MSc thesis project oraz Project with laboratory works w ramach programu Erasmus+. Opieka naukowa nad studentami z Włoch (2) i Turcji (3) w roku akademickim 2018/2019, 2019/2020 i 2023/2024.
- Realizacja 8 godzin zajęć dydaktycznych w ramach projektu Erasmus+ 2021/2022 ‘Staff Mobility for Teaching’ w University of Bari Aldo Moro, Department of Biosciences, Biotechnologies and Biopharmaceutics, Department of Agricultural and Environmental Science, 21–25.03.2022 r., Bari, Włochy.
- Realizacja 8 godzin zajęć dydaktycznych w ramach projektu Erasmus+ 2021/2022 ‘Staff Mobility for Teaching’ w Polytechnic University of Cartagena, Faculty of Agricultural Engineering, 05–09.09.2022 r., Kartagena, Hiszpania.
- Pełnienie funkcji promotora pomocniczego rozpraw doktorskich:
  - mgr Dominika Rymarz „Wpływ plazmy niskotemperaturowej na wzrost, rozwój oraz parametry biometryczne soi *Glycine max* (L.) Merr.” (badania zrealizowane),
  - mgr inż. Krzysztof Pietrzykowski „Wpływ uszkodzeń mechanicznych części nadziemnych na cechy jakościowe, wielkość plonu oraz wartość utraconych korzyści w produkcji ziemniaka” (praca po pozytywnych recenzjach).

## **6.2. Działalność organizacyjna i popularyzująca naukę**

- Prowadzenie warsztatów „Jak sklonować roślinę?” oraz „Fabryka roślin *in vitro*” dla uczniów szkół średnich w ramach Bydgoskich Festiwalu Nauki w 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2018 i 2019 r.
- Promocja i prezentacja stoiska Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP w Bydgoszczy w ramach projektów „Stawiam na Bydgoszcz” oraz „Bajkowa Bydgoszcz” w 2014 i 2015 r.
- Promocja i prezentacja stoiska Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP w Bydgoszczy w ramach „Drzwi Otwartych UTP” w 2014, 2015, 2016, 2018, 2019, 2020 r. i „Salonu Maturzysty” w 2015 r.
- Przygotowanie i prowadzenie warsztatów w szklarni o roślinach dla dzieci w wieku przedszkolnym, uczniów szkół podstawowych i średnich w 2016 i 2019 r.
- Udział w 6. Biennale Fotograficznym Uniwersytetu Śląskiego „Nauka w obiektywie – Nauka – niemożliwe możliwym”, Katowice, 21.04.2017 r.
  - wystawa „Wieloaspektowa analiza stabilności chimer roślinnych poddanych krioprezewacji”
  - streszczenie w katalogu, str. 80 (Kulus D., Rewers M., Abratowska A., **Tymoszuk A.**)
- Promocja i prezentacja stoiska Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP w Bydgoszczy w ramach Krajowych Dni Pola w Minikowie w 2020 i 2021 r.

- Organizacja konkursu kulinarnego „Komosa ryżowa – superfood – konkurs kulinarny” ogłoszonego na Wydziale Rolnictwa i Biotechnologii UTP w Bydgoszczy, 01.03.2021 – 19.06.2021 r.
- Udział w organizacji i prowadzenie warsztatów o tematyce biotechnologicznej dla uczniów szkół średnich podczas wydarzenia „Inżynieralia WRiB” promującego Wydział Rolnictwa i Biotechnologii PBŚ w 2021, 2022, 2023 i 2024 r.
- Prowadzenie warsztatów „Kultury *in vitro* roślin” na Festiwalu Nauki i Sztuki w I LO im. Bolesława Krzywoustego w Nakle nad Notecią w 2022 r.
- Członek Wydziałowego Zespołu ds. Promocji Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii PBŚ od 2022 r.
- Prowadzenie wykładów online i stacjonarnych o tematyce biotechnologicznej oraz warsztatów stacjonarnych z mikrorozmnażania roślin dla uczniów szkół średnich w ramach przedsięwzięcia „Tydzień biotechnologii na Politechnice Bydgoskiej” w 2022 i 2023 r.
- Udział w audycji radiowej „Agroporanek” nadawanej przez Polskie Radio PIK – popularyzacja wykorzystania biowęgla w produkcji roślinnej, 17.07.2022 r.
- Opieka naukowa nad projektem zgłoszonym do konkursu EUCYS 2022/2023 (Polska Edycja EUCYS ODKRYCIA, Konkurs Unii Europejskiej dla Młodych Naukowców). Uczniowie Kinga Guzek, Kazimierz Łotowski oraz Antoni Mroczkowski z III klasy XVIII LO im. J. Zamoyskiego w Warszawie zdobyli I nagrodę oraz nominację do prezentacji Polski w finale EUCYS 2023 w Brukseli za pracę z dziedziny biologii „Nanocząstki jako potencjalne nośniki biologicznie czynnych substancji przyspieszających kiełkowanie nasion i wzrost rukoli (*Eruca vesicaria* L. Cav.) oraz roszonek (*Valerianella locusta* L. Em. Betcke) uprawianych w sztucznych warunkach środowiska”.
- Opieka naukowa nad projektem „Nanocząstki jako nośniki substancji stymulujących kiełkowanie i wzrost roślin uprawnych” zgłoszonym do ogólnopolskiego konkursu EXPLORY 2023 (Fundacja Zaawansowanych Technologii). Uczniowie Kazimierz Łotowski, Antoni Mroczkowski oraz Kinga Guzek z III klasy XVIII LO im. J. Zamoyskiego w Warszawie odnieśli sukces w regionalnym etapie konkursu (Warszawa).
- Prowadzenie warsztatów naukowych na pikniku naukowym „Politechniki Bydgoskiej Młodego Odkrywcy” w 2023 r.
- Promocja i prezentacja stoiska Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii PBŚ na VII Powiatowych Targach Ogrodniczo-Rolniczych w Sypniewie pod patronatem Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi połączonych z drzwiami otwartymi w Zespole Szkół Centrum Kształcenia Rolniczego w Sypniewie, 2023 r.
- Promocja i prezentacja stoiska PBŚ na Targach Edukacji i Pracy „Zadbaj o swoją przyszłość” zorganizowanych przez Centrum Edukacji i Pracy Młodzieży w Toruniu, Młodzieżowe Centrum Kariery OHP oraz Hufiec Pracy w Brodnicy, Centrum Kształcenia Zawodowego i Ustawicznego w Brodnicy, Brodnica, 2024 r.
- Promocja i prezentacja stoiska PBŚ na Targach Pracy i Edukacji zorganizowanych przez Powiatowy Urząd Pracy w Golubiu-Dobrzyniu, Golub-Dobrzyń, 2024 r.
- Promocja PBŚ i prowadzenie warsztatów naukowych na ogólnopolskim 27. Pikniku Naukowym Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik. Największa w Europie impreza plenerowa o tematyce naukowej. Przedsięwzięcie dofinansowane z programu „Nauka dla Ciebie” Ministra Nauki i Centrum Nauki Kopernik, PGE Stadion Narodowy, Warszawa, 2024 r.
- Członek Rady Naukowej Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo WRiB PBŚ w kadencji 2024-2028.

- **Artykuły popularnonaukowe**

**6.2.1.** Zalewska M., Miler N., **Tymoszuik A.**, 2008. Nowe mutanty chryzantem. Owoce Warzywa Kwiaty 10: 49–50.

**6.2.2.** **Tymoszuik A.**, Miler N., Zalewska M., 2009. Ukorzenie in vitro chryzantem czy konieczne? Owoce Warzywa Kwiaty 2: 52–53.

**6.2.3.** Lewandowska N., Kozłowski H., Jędrzejczyk I., **Tymoszuik A.**, 2016. Wykorzystanie nanocząstek w medycynie, kosmetologii i rolnictwie. Acta Mygenica 9: 61–66.

### 6.3. Nagrody

- Nagroda zespołowa II stopnia JM Rektora UTP za wyróżniające osiągnięcia w działalności naukowej w 2014 r.
- Nagroda zespołowa JM Rektora UTP za wyróżniające osiągnięcia w działalności naukowej w 2018 r.
- Nagroda JM Rektora UTP za osiągnięcia naukowe w IV kwartale 2019 r.
- Nagroda JM Rektora UTP za osiągnięcia naukowe w I półroczu 2020 r.
- Nagroda JM Rektora PBŚ za wyróżniające osiągnięcia w działalności naukowej w 2020 r.
- Dodatek motywacyjny JM Rektora PBŚ za publikacje naukowe w drugim półroczu 2021 r.
- Nagroda JM Rektora PBŚ za wyróżniające osiągnięcia w działalności naukowej w 2021 r.
- Nagroda JM Rektora PBŚ za wyróżniające osiągnięcia w działalności naukowej w 2022 r.
- Nagroda JM Rektora PBŚ za wyróżniające osiągnięcia w działalności naukowej w 2023 r.
- Nagroda Marszałka Województwa Kujawsko-Pomorskiego za lata 2020-2021 w kategorii: Nauka, badania naukowe, postęp technologiczny dla zespołu naukowców Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w składzie: dr inż. Dariusz Kulus, dr inż. Natalia Miler, dr inż. Alicja Tymoszuik, dr inż. Anita Woźny za przeprowadzenie badań dotyczących wykorzystania klasycznych i nowoczesnych metod (nano-)biotechnologicznych w produkcji, hodowli i ochronie roślin ogrodniczych.

### 6.4. Wyróżnienia

- 3. Edycja Targów Wynalazków i Innowacji E-NNOVATE-2022 EDITION: International Innovation & Invention Show, IBS GLOBAL Organizer, 08–10.06.2022 r., Bydgoszcz:  
- złoty medal Gold Award E-NNOVATE 2022 oraz puchar Grand Prix E-NNOVATE za wynalazek „Method of cryopreservation of *Lamprocapnos spectabilis* (L.) Fukuhara apical buds with the use of silver, gold and copper nanoparticles”, autorstwa dr inż. Dariusza Kulusa oraz dr inż. Alicji Tymoszuik (**Załącznik nr 4, pozycja: III.3.1**)
- Certyfikat „Innowacyjna Marka Regionu InnoMaRe. Made in Kujawsko-Pomorskie” w kategorii Nauka za rozwiązanie „Innowacje w produkcji, hodowli i ochronie roślin ogrodniczych z wykorzystaniem metod nanobiotechnologicznych” dla zespołu badawczego Pracowni Roślin Ozdobnych i Warzywnych PBŚ w składzie dr hab. inż. Dariusz Kulus i dr inż. Alicja Tymoszuik, konkurs Liderzy Innowacji Pomorza i Kujaw 2022, 08.11.2022 r., Toruń
- 4. Edycja Targów Wynalazków i Innowacji E-NNOVATE 2023 EDITION: International Innovation & Invention Show, IBS GLOBAL Organizer, 30–31.05.2023 r., Bydgoszcz:

- złoty medal Gold Award E-NNOVATE 2023 za wynalazek „Method of producing and stimulating *in vitro* and *ex vitro* germination of artificial seeds of potato and chrysanthemum using zinc or zinc oxide nanoparticles”, autorstwa dra hab. inż. Dariusza Kulusa, prof. PBS oraz dr inż. Alicji Tymoszuk (**Załącznik nr 4, pozycja: III.3.5**)

- złoty medal Gold Award E-NNOVATE 2023 oraz złoty medal Uniwersytetu Stefana Suceava w Rumunii za wynalazek „Method of stimulating the growth of tomato and radish seedlings in *in vitro* culture conditions with the use of growth medium supplemented with biochar”, autorstwa dr inż. Alicji Tymoszuk oraz dra inż. Piotra Wojewódzkiego (**Załącznik nr 4, pozycja: III.3.6**)

• Forum Inteligentnego Rozwoju 2023, 19–20.10.2023 r., Uniejów:

- Certyfikat Naukowiec Przyszłości 2023 w kategorii: Zespół badawczy przyszłości dla zespołu badawczego z Pracowni Roślin Ozdobnych i Warzywnych Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, realizującego projekt pt. „Innowacje w zakresie produkcji, hodowli i ochrony roślin użytkowych z wykorzystaniem metod klasycznych i bio(nano)technologicznych” za potencjał na wprowadzenie w przyszłości w toku prac B+R innowacyjnego produktu na rynek oraz promocję polskiej myśli naukowo-technicznej.

## 6.5. Stypendia

- Stypendia naukowe na studiach doktoranckich za wyniki w nauce z przedmiotów objętych programem studiów oraz postępy w pracy naukowej i przygotowywaniu rozprawy doktorskiej, a także zaangażowanie w pracy dydaktycznej w latach 2007-2011.
- „Stypendium dla doktorantów 2008/2009 – ZPORR” dla najlepszych absolwentów szkół wyższych kontynuujących naukę na studiach doktoranckich piszących pracę doktorską, której badania lub komercjalizacja przyczyni się do podniesienia poziomu innowacyjności województwa kujawsko-pomorskiego. Urząd Marszałkowski w Toruniu, 2009 r.
- Stypendium „Krok w przyszłość III edycja” dla najlepszych doktorantów kształcących się na kierunkach uznanych za szczególnie istotne z punktu widzenia rozwoju województwa kujawsko-pomorskiego. Urząd Marszałkowski w Toruniu, 2009 r.
- Stypendium „Krok w przyszłość IV edycja” dla najlepszych doktorantów kształcących się na kierunkach uznanych za szczególnie istotne z punktu widzenia rozwoju województwa kujawsko-pomorskiego. Urząd Marszałkowski w Toruniu, 2011 r.
- Grant dla doktorantów na udział w 24. Międzynarodowym Sympozjum EUCARPIA (Warszawa, 2012), Scientific Committee of the 24<sup>th</sup> International EUCARPIA Symposium, International Society for Horticultural Science: ISHS, 2012 r.

## 7. POZOSTAŁE INFORMACJE DOTYCZĄCE KARIERY ZAWODOWEJ

### 7.1. Udział w szkoleniach, kursach i warsztatach

- Szkolenie z technik elektroforetycznych oraz fluorescencyjnych, ALAB Sp. z o.o., Toruń, 11–12.06.2008 r.
- Szkolenie z komercjalizacji wiedzy na zlecenie Urzędu Marszałkowskiego Województwa Kujawsko-Pomorskiego przez Fundację Centrum Innowacji FIRE w ramach projektu „Krok w przyszłość – stypendia dla doktorantów III edycja”, Toruń, 17–18.12.2009 r.
- Warsztaty „Użytkowanie systemu LightCycler”, Roche Diagnostics Polska Sp. z o.o., Bydgoszcz, 10.08.2010 r.



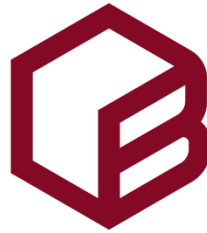
- Szkolenie z komercjalizacji wiedzy na zlecenie Urzędu Marszałkowskiego Województwa Kujawsko-Pomorskiego przez ROI Consulting Sp. z o.o. w ramach projektu „Krok w przyszłość – stypendia dla doktorantów IV edycja”, Bydgoszcz, 11–25.05.2012 r.
- Szkolenie „Jak z sukcesem przygotować wniosek o grant”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Poznań, 21.10.2013 r.
- Kurs „Technika PCR i jej zastosowania”, Blirt S.A., Gdańsk, 23–25.06.2014 r.
- Kurs „Genotypowanie”, Blirt S.A., Gdańsk, 25–27.06.2014 r.
- Kurs „Techniki *in vitro* do badania biogodności nanomateriałów”, MBS i Instytut i Muzeum Zoologii PAN, Warszawa 10–11.10.2014 r.
- Warsztaty Mikroskopii Wysokiej Rozdzielczości, Gdański Uniwersytet Medyczny, Kawa.ska. Sp. z o.o., Gdańsk, 27.05.2015 r.
- Warsztaty dla doktorantów i pracowników naukowych „Efektywne metody przygotowywania i składania artykułów do publikacji w czasopismach z listy Filadelfijskiej”, prof. Mirosław Jan Skibniewski, UTP, 24.01.2019 r.
- Szkolenie „Techniki prezentacji i komunikacji w nauczaniu zdalnym”, ATOS, online, 29.01.2021 r.
- Szkolenie „Microsoft Teams”, ATOS, online, 03.02.2021 r.
- Szkolenie „Exel – poziom podstawowy”, ATOS, online, 08.02.2021 r.
- Szkolenie „Proces ochrony własności intelektualnej, w tym procedury patentowe”, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, online, 09.02.2021 r.
- Szkolenie „Exel – poziom średnio-zaawansowany”, ATOS, online, 17.02.2021 r.
- X Ogólnopolski webinar „Sytuacja prawna i psychologiczna habilitanta” prowadzony przez dr Aleksandrę Nowak-Gruca, online, 02.06.2021 r.
- NanoTemper Technologies Seminar & remote Workshop during ChemBiofIC Online Conference, 24.06.2021 r.
- Webinar w ramach Sztuki Dydaktyki Akademickiej „Jak wygrać studenta? Czyli grywalizacja” prowadzony przez Adriana Lewandowskiego z Collegium Wratislaviense, online, 25.11.2021 r.
- Szkolenie „Naukowcy na walizkach, czyli szkolenie o mobilności. Część 1. Programy europejskie i amerykańskie” prowadzone przez Dział Współpracy Międzynarodowej PBŚ, online, 01.12.2021 r.
- Webinar w ramach Szkoły Tutorów: „Jak inspirować i być inspirowanym w 2022? - tutoring rozwojowy w praktyce i narzędziach” prowadzony przez Bartosza Fingasa z Collegium Wratislaviense, online, 25.01.2022 r.
- Webinar w ramach Sztuki Dydaktyki Akademickiej „Jak znaleźć złoty środek? Czyli wspólne cele wykładowcy i studenta” prowadzony przez Małgorzatę Klimowicz-Bodys z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu oraz Adriana Lewandowskiego z Collegium Wratislaviense, online, 17.02.2022 r.
- Szkolenie zakończone uzyskaniem Świadectwa Kwalifikacyjnego nr E/100/1763/2023 uprawniającego do obsługi i konserwacji autoklawów, Komisja Kwalifikacyjna SIMP Oddział w Poznaniu, 27.06.2023 r.

- Webinarium i warsztaty stacjonarne „GENIALLY” prowadzone przez mgr Kingę Raatz w ramach projektu pozakonkursowego „Doskonałość dydaktyczna uczelni” nr POWR.03.04.00-00-P023/21 realizowanego przez Politechnikę Bydgoską im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich na podstawie umowy nr MEiN/2022/DIR/2551 o dofinansowanie zawartej z Ministerstwem Nauki i Edukacji w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój, Priorytet III Szkolnictwo wyższe dla gospodarki i rozwoju, Działanie 3.4. Zarządzanie w instytucjach szkolnictwa wyższego, Bydgoszcz, 18.09.2023 r., 21.09.2023 r.
- Szkolenie z bezpieczeństwa IT dla kadry zarządzającej i pracowników administracyjnych prowadzone przez ApexNet Sp. z o.o. w ramach projektu NOWOCZESNA I EFEKTYWNA UCZELNIA – kompleksowy rozwój innowacyjnego kształcenia studentów Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego i efektywnego zarządzania uczelnią. Nr projektu POWR.03.05.00-00-z083/17. Beneficjent: Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Bydgoszcz, 20.09.2023 r.
- Szkolenie „Programy dla nauki” prowadzone przez dr Karolinę Marchlewską-Patyk w ramach projektu NOWOCZESNA I EFEKTYWNA UCZELNIA – kompleksowy rozwój innowacyjnego kształcenia studentów Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego i efektywnego zarządzania uczelnią. Nr projektu POWR.03.05.00-00-z083/17. Beneficjent: Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Bydgoszcz, 9–10.11.2023 r.
- Warsztaty dla naukowców dotyczące „Oceny merytorycznej wniosków grantowych” zorganizowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach Dni NCN w Bydgoszczy, PBŚ, 16.05.2024 r.
- Warsztaty dla naukowców dotyczące „Planów zarządzania danymi badawczymi” zorganizowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach Dni NCN w Bydgoszczy, PBŚ, 16.05.2024 r.
- Warsztat metodyczny w zakresie formułowania efektów uczenia się prowadzony przez dra Mirosława Zientarskiego, Biuro Doskonalenia Dydaktycznego, PBŚ, Bydgoszcz, 28.05.2024 r.

Bydgoszcz, 13.12.2024 r.

.....  
Alicja Tymoszek

(podpis wnioskodawcy)



**POLITECHNIKA  
BYDGOSKA**  
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

# WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH STANOWIĄCYCH WKŁAD W ROZWÓJ DYSCYPLINY ROLNICTWO I OGRODNICTWO

dr inż. Alicja Tymoszuć



**POLITECHNIKA  
BYDGOSKA**  
Wydział Rolnictwa i Biotechnologii  
Katedra Biotechnologii  
Pracownia Ogrodnictwa

Bydgoszcz 2024

## Spis treści

<b>I. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY</b>	
1. Tytuł osiągnięcia naukowego .....	4
2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy .....	4
<b>II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ</b>	
1. Wykaz opublikowanych monografii naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I) .....	6
2. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych .....	6
3. Wykaz członkostwa w redakcjach naukowych monografii .....	6
4. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I) .....	7
5. Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I) .....	13
6. Wykaz publicznych realizacji dzieł artystycznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I) .....	13
7. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych .....	13
8. Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji .....	24
9. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów .....	25
10. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach .....	26
11. Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru .....	26
12. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.) .....	27

13. Wykaz recenzowanych prac naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopiśmie międzynarodowych .....	27
14. Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych .....	28
15. Wykaz udziału w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. II.9 .....	29
16. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny .....	30

### **III. WSPÓLPRACZ Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM**

1. Wykaz dorobku technologicznego .....	30
2. Współpraca z sektorem gospodarczym .....	30
3. Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych .....	32
4. Wykaz wdrożonych technologii .....	35
5. Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców .....	35
6. Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych .....	35
7. Wykaz projektów artystycznych realizowanych ze środowiskami pozaartystycznymi .....	35

### **IV. DANE NAUKOMETRYCZNE**

1. Impact Factor (w dziedzinach i dyscyplinach, w których parametr ten jest powszechnie używany jako wskaźnik naukometryczny) oraz liczba punktów MNiSW .....	36
2. Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań .....	36
3. Indeks Hirscha .....	36

## I. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

### 1. Tytuł osiągnięcia naukowego

**Nanocząstki srebra, złota i tlenku cynku w kulturach *in vitro* oraz hodowli wybranych gatunków roślin ozdobnych i warzywnych: wpływ na organogenezę oraz efekty fizjologiczne, genetyczne i fenotypowe**

### 2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy

I.2.1. **Tymoszuik A.**, Miler N., 2019. Silver and gold nanoparticles impact on *in vitro* adventitious organogenesis in chrysanthemum, gerbera and Cape Primrose. **Scientia Horticulturae** 257: 108766. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108766>

(IF<sup>1</sup><sub>2019</sub> 2,769, MNiSW<sup>2</sup><sub>2019</sub> 140 pkt.)

<sup>1</sup> Współczynnik wpływu IF wg ISI JCR zgodnie z rokiem ukazania się artykułu

<sup>2</sup> Punktacja czasopism naukowych wg MNiSW(MEiN) zgodnie z rokiem ukazania się artykułu

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współopracowaniu koncepcji, planu badań i założeń metodycznych, przygotowaniu części materiału roślinnego i współprzeprowadzeniu doświadczeń, współudziale w pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników, wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

I.2.2. **Tymoszuik A.**, Wojnarowicz J., 2020. Zinc oxide and zinc oxide nanoparticles impact on *in vitro* germination and seedling growth in *Allium cepa* L. **Materials** 13(12): 2784. <https://doi.org/10.3390/ma13122784>

(IF<sub>2020</sub> 3,623, MNiSW<sub>2020</sub> 140 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań związanych z wykorzystaniem materiału roślinnego, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń na materiale roślinnym wraz z pozyskaniem, analizą i opracowaniem statystycznym wyników, wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

I.2.3. **Tymoszuik A.**, Kulus D., 2020. Silver nanoparticles induce genetic, biochemical, and phenotype variation in chrysanthemum. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 143: 331–344. <https://doi.org/10.1007/s11240-020-01920-4>

(IF<sub>2020</sub> 2,711, MNiSW<sub>2020</sub> 100 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, przygotowaniu materiału roślinnego i udziale w przeprowadzeniu wszystkich doświadczeń, pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników z badań biometrycznych, biochemicznych i fenotypowych, współudziale w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

I.2.4. **Tymoszuik A.**, 2021. Silver nanoparticles effects on *in vitro* germination, growth, and biochemical activity of tomato, radish, and kale seedlings. **Materials** 14(18): 5340. <https://doi.org/10.3390/ma14185340>

(IF<sub>2021</sub> 3,748, MNiSW<sub>2021</sub> 140 pkt.)

- I.2.5. Kulus D., **Tymoszuik A.**, Jędrzejczyk I., Winiecki J., 2022. Gold nanoparticles and electromagnetic irradiation in tissue culture systems of bleeding heart: biochemical, physiological, and (cyto)genetic effects. **Plant Cell Tissue and Organ Culture** 149: 715–734. <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02236-1>

(IF<sub>2022</sub> 3,000, MNiSW<sub>2022</sub> 100 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu części założeń metodycznych oraz wykonaniu części analiz (uczestniczyłam aktywnie w większości etapów doświadczenia). W pracy byłam autorem korespondencyjnym.*

- I.2.6. **Tymoszuik A.**, Kulus D., 2022. Effect of silver nanoparticles on the in vitro regeneration, biochemical, genetic, and phenotype variation in adventitious shoots produced from leaf explants in chrysanthemum. **International Journal of Molecular Sciences** 23(13): 7406. <https://doi.org/10.3390/ijms23137406>

(IF<sub>2022</sub> 5,600, MNiSW<sub>2022</sub> 140 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, przygotowaniu materiału roślinnego i udziale w przeprowadzeniu wszystkich doświadczeń, pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników z badań biometrycznych, biochemicznych, genetycznych i fenotypowych, wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

- I.2.7. **Tymoszuik A.**, Sławkowska N., Szałaj U., Kulus D., Antkowiak M., Wojnarowicz J., 2022. Synthesis, characteristics, and effect of zinc oxide and silver nanoparticles on the in vitro regeneration and biochemical profile of chrysanthemum adventitious shoots. **Materials** 15(22): 8192. <https://doi.org/10.3390/ma15228192>

(IF<sub>2022</sub> 3,400, MNiSW<sub>2022</sub> 140 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań związanych z wykorzystaniem materiału roślinnego, współudziale w przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń na materiale roślinnym, pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników; wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

- I.2.8. **Tymoszuik A.**, Wenda-Piesik A., Szałaj U., Wojnarowicz J., 2024. Analysis of architecture of chrysanthemum plantlets in response to zinc oxide, silver and auxin treatment in shoot-tip culture. **Acta Societatis Botanicorum Poloniae** 93: 1–25. <https://doi:10.5586/asbp/183092>

(IF<sub>2023</sub> 1,100, MNiSW<sub>2023</sub> 70 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań związanych z wykorzystaniem materiału roślinnego, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń na materiale roślinnym, pozyskaniu wyników, wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

- I.2.9. **Tymoszuik A.**, Szałaj U., Wojnarowicz J., Kowalska J., Antkowiak M., Kulus D., 2024. Zinc oxide and silver effects on the growth, pigment content and genetic stability of chrysanthemums propagated by the node culture method. **Folia Horticulturae** 36(1) (2024): 35–66. <https://doi:10.2478/fhort-2024-0003>

(IF<sub>2023</sub> 2,200, MNiSW<sub>2023</sub> 40 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań związanych z wykorzystaniem materiału roślinnego, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń na materiale roślinnym, wiodącej roli w pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników, wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

Sumaryczna wartość **IF**, zgodnie z rokiem ukazania się artykułów, wynosi **28,151**.

Suma punktów wg wykazu **MNiSW**, zgodnie z rokiem ukazania się artykułów, wynosi **1010**.

## **II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ**

### **1. Wykaz opublikowanych monografii naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I)**

Brak

### **2. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych**

#### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Brak

#### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

II.2.1. Kulus D., Lema-Rumińska J., Miler N., **Tymoszuik A.**, 2016. Wybrane aspekty biotechnologii *Chrysanthemum × grandiflorum* (Ramat.) Kitam. W: Współczesne kierunki badań nad roślinami ozdobnymi w Polsce. Monografia naukowa pod redakcją Bach A., Kapczyńska A., Malik M., Maślanka M. Polska Akademia Nauk – Komitet Nauk Agronomicznych, Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków, pp. 253–263, ISBN: 978-83-63305-34-5.

**(MNiSW<sub>2016</sub> 5 pkt.)**

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współdziałaniu w opracowaniu koncepcji manuskryptu, przygotowaniu jednego rozdziału manuskryptu oraz współdziałaniu w opracowaniu streszczenia i podsumowania.*

II.2.2. Rymarz D., **Tymoszuik A.**, 2018. Charakterystyka i zastosowanie lecznicze *Harpagophytum procumbens* Burch. DC ex Meissn. W: Właściwości prozdrowotne roślin i ich metabolitów wtórnych. Monografia naukowa pod redakcją Maciąg M., Maciąg K. Wydawnictwo Naukowe TYGIEL sp. z o.o., Lublin, pp. 57–64, ISBN 978-83-65932-42-6.

**(MNiSW<sub>2018</sub> 5 pkt.)**

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współdziałaniu w opracowaniu koncepcji i przygotowaniu manuskryptu oraz jego korekcie po recenzjach.*

### **3. Wykaz członkostwa w redakcjach naukowych monografii**

#### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Brak

#### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

II.3.1. Współredakcja monografii będącej przedrukiem artykułów naukowych składających się na wydanie specjalne czasopisma Horticulture



Special Issue Reprint “In Vitro Technology and Micropropagated Plants” Horticulturae

Redaktorzy: **Alicja Tymoszuik**, Dariusz Kulus

ISBN 978-3-7258-0279-1 (Hbk)

ISBN 978-3-7258-0280-7 (PDF)

<https://doi.org/10.3390/books978-3-7258-0280-7>

Wydawca: MDPI, Bazylea, Szwajcaria

(MNiSW<sub>2024</sub> 5 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współprzygotowaniu przedmowy i charakterystyki redaktorów naukowych oraz koordynacji prac wydawniczych.*

#### 4. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I)

##### Przed uzyskaniem stopnia doktora

###### Artykuły naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie ISI JCR

II.4.1. Zalewska M., **Tymoszuik A.**, Miler N., 2011. New chrysanthemum cultivars as a result of *in vitro* mutagenesis with the application of different explant types. **Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus** 10(2): 109–123.

(IF<sub>2011</sub> 0,393, MNiSW<sub>2011</sub> 20 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń, współudziale w pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników, wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

###### Artykuły naukowe w czasopismach znajdujących się poza bazą ISI JCR

II.4.2. **Tymoszuik A.**, Miler N., Zalewska M., Borawska M., 2009. The rooting of chrysanthemum (*Chrysanthemum × grandiflorum* /Ramat./ Kitam) in *in vitro* and *in vivo* conditions. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities** 12(3), #03.

(MNiSW<sub>2009</sub> 4 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu części doświadczeń, współudziale w pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników oraz pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

II.4.3. Zalewska M., Miler N., **Tymoszuik A.**, Drzewiecka B., Winiecki J., 2010. Results of mutation breeding activity on *Chrysanthemum × grandiflorum* (Ramat.) Kitam. in Poland. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities** 13(4), #27.

(MNiSW<sub>2010</sub> 6 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem tabeli i ryciny.*

##### Po uzyskaniu stopnia doktora

###### Artykuły naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie ISI JCR

II.4.4. **Tymoszuik A.**, Zalewska M., 2014a. *In vitro* adventitious shoots regeneration from ligulate florets in the aspect of application in chrysanthemum breeding. **Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus** 13(2): 45–58.

(IF<sub>2014</sub> 0,552, MNiSW<sub>2014</sub> 20 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu wszystkich doświadczeń, pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników, pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

- II.4.5. **Tymoszuik A.**, Zalewska M., 2014b. Biological factors affecting regeneration of adventitious shoots from *in vitro* isolated ligulate florets of chrysanthemum. **Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus** 13(3): 155–165.

(IF<sub>2014</sub> 0,552, MNiSW<sub>2014</sub> 20 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu wszystkich doświadczeń, pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników, pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

- II.4.6. **Tymoszuik A.**, Zalewska M., Lema-Rumińska J., 2014. Regeneration of somatic embryos from *in vitro* isolated ligulate florets of chrysanthemum. **Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus** 13(4): 13–22.

(IF<sub>2014</sub> 0,552, MNiSW<sub>2014</sub> 20 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu wszystkich doświadczeń, pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników, pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

- II.4.7. Teixeira da Silva J.A., Lema-Rumińska J., **Tymoszuik A.**, Kulpa D., 2015. Regeneration from chrysanthemum flowers: a review. **Acta Physiologiae Plantarum** 37: 36. <https://doi:10.1007/s11738-015-1773-3>

(IF<sub>2015</sub> 1,563, MNiSW<sub>2015</sub> 25 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na napisaniu części manuskryptu wraz z przygotowaniem ryciny ze zdjęciami kultur z prowadzonych doświadczeń, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

- II.4.8. Lema-Rumińska J., Kulus D., **Tymoszuik A.**, Varejão J.M.T.B., Bahcevandziev K., 2019. Profile of secondary metabolites and genetic stability analysis in new lines of *Echinacea purpurea* (L.) Moench micropropagated via somatic embryogenesis. **Industrial Crops and Products** 142, (2019), 111851. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111851>

(IF<sub>2019</sub> 4,244, MNiSW<sub>2019</sub> 200 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w prowadzeniu doświadczeń z materiałem roślinnym, współudziale w analizach genetycznych i biochemicznych, pozyskaniu wyników oraz w pisaniu, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

- II.4.9. Kulus D., **Tymoszuik A.**, 2020. Induction of callogenesis, organogenesis, and embryogenesis in non-meristematic explants of bleednig heart and evaluation of chemical diversity of key metabolites from callus. **International Journal of Molecular Sciences** 21: 5826. <https://doi:10.3390/ijms21165826>

(IF<sub>2020</sub> 5,923, MNiSW<sub>2020</sub> 140 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na przeprowadzeniu analiz biochemicznych materiału roślinnego, a także współudziale w redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korepondecyjnym.*

II.4.10. Kulus D., **Tymoszuik A.**, 2021. Gold nanoparticles affect the cryopreservation efficiency of in vitro-derived shoot tips of bleeding heart. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 146: 297–311. <https://doi.org/10.1007/s11240-021-02069-4>

(IF<sub>2021</sub> 2,726, MNiSW<sub>2021</sub> 100 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współpracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, przygotowaniu części materiału roślinnego, przeprowadzeniu części doświadczeń i analiz, współudziale w pozyskaniu wyników oraz w redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

II.4.11. Lema-Rumińska J., Kulus D., **Tymoszuik A.**, Miler N., Woźny A., Wenda-Piesik A., 2021. Physiological, biochemical, and biometrical response of cultivated strawberry and wild strawberry in greenhouse gutter cultivation in the autumn-winter season in Poland – preliminary study. **Agronomy** 11(8): 1633. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081633>

(IF<sub>2021</sub> 3,949, MNiSW<sub>2021</sub> 100 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w prowadzeniu doświadczenia, analizach biometrycznych i biochemicznych materiału roślinnego oraz w pozyskaniu wyników, a także współudziale w przygotowaniu, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

II.4.12. Safari Motlagh M.R., Jahangiri B., Kulus D., **Tymoszuik A.**, Kaviani B., 2022. Endophytic fungi as potential biocontrol agents against *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn, the causal agent of rice sheath blight disease. **Biology** 11(9): 1282. <https://doi.org/10.3390/biology11091282>

(IF<sub>2022</sub> 4,200, MNiSW<sub>2022</sub> 100 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w analizie i weryfikacji wyników oraz w przygotowaniu, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

II.4.13. Kaviani B., Deltalab, B., Kulus, D., **Tymoszuik, A.**, Bagheri, H., Azarinejad, T., 2022. In vitro propagation of *Pyracantha angustifolia* (Franch.) C.K. Schneid. **Horticulturae** 8(10): 964. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100964>

(IF<sub>2022</sub> 3,100, MNiSW<sub>2022</sub> 20 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w analizie i weryfikacji wyników oraz w przygotowaniu, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

II.4.14. Kaviani B., Barandan A., **Tymoszuik A.**, Kulus D., 2023. Optimization of in vitro propagation of pear (*Pyrus communis* L.) ‘Pyrodwarf<sup>®</sup>(S)’ rootstock. **Agronomy** 13(1): 268. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010268>

(IF<sub>2023</sub> 3,300, MNiSW<sub>2023</sub> 100 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w analizie i weryfikacji wyników oraz w przygotowaniu, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

II.4.15. Kowalska J., Antkowiak M., **Tymoszuik A.**, 2023. Effect of plant seed mixture on overwintering and floristic attractiveness of the flower strip in Western Poland. **Agriculture** 13(2): 467. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020467>

(IF<sub>2023</sub> 3,300, MNiSW<sub>2023</sub> 140 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w analizach statystycznych wyników oraz w redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

II.4.16. Lema-Rumińska J., Sadowska K., **TymoszuK A.**, Andrzejewska J., 2023. Scutellarin and other metabolites as well as morphological and molecular characterization of the *Scutellaria barbata* lines from *in vitro* and *in vivo* cultivation. **Industrial Crops and Products** 195: 116464. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116464>

(IF<sub>2023</sub> 5,600, MNiSW<sub>2023</sub> 200 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na interpretacji i opracowaniu wyników analiz genetycznych oraz przygotowaniu części opisów metodyki doświadczalnej i wyników wraz z tabelami i rycinami dotyczącymi analiz genetycznych.*

II.4.17. **TymoszuK A.**, Kulus D., Błażejewska A., Nadolna K., Kulpińska A., Pietrzykowski K., 2023. Application of wide-spectrum light emitting diodes in the indoor production of cucumber and tomato seedlings. **Acta Agrobotanica** 76 (762): 1–9. <https://doi.org/10.5586/aa.762>

(IF<sub>2023</sub> 2,100, MNiSW<sub>2023</sub> 140 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, współudziale w przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu wszystkich doświadczeń, wykonaniu analizy i opracowania statystycznego wyników, współudziale w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

II.4.18. Miler N., **TymoszuK A.**, Rewers M., Kulus D., 2023. In vitro regeneration of chrysanthemum from ovaries and ovules treated with thermal and chemical stimuli: morphogenic and cytogenetic effects. **Agriculture** 13(11): 2069. <https://doi.org/10.3390/agriculture13112069>

(IF<sub>2023</sub> 3,300, MNiSW<sub>2023</sub> 140 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współopracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych części badań, współudziale w przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń nad wpływem regulatorów wzrostu wraz z analizą i opracowaniem statystycznym wyników, współudziale w pisaniu manuskryptu, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

II.4.19. Licznernski P., Lema-Rumińska J., Michałowska E., **TymoszuK A.**, Winiecki J., 2023. Effect of X-rays on seedling pigment, biochemical profile, and molecular variability in *Astrophytum* spp. **Agronomy** 13(11): 2732. <https://doi.org/10.3390/agronomy13112732>

(IF<sub>2023</sub> 3,300, MNiSW<sub>2023</sub> 100 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na interpretacji i opracowaniu wyników analiz genetycznych oraz przygotowaniu części opisów metodyki doświadczalnej i wyników wraz z tabelami i rycinami dotyczącymi analiz genetycznych.*

II.4.20. Osial M., Wilczewski S., Szulc J., Nguyen H.D., Nguyen T.K.O., Skórczewska K., Majkowska-Pilip A., Żelechowska-Matysiak K., Nieciecka D., Pregowska A., Nguyen T.P., **TymoszuK A.**, Kulus D., Giersig M., 2023. Nanohydroxyapatite loaded with 5-fluorouracil and *Calendula officinalis* L. plant extract rich in *myo*-inositols for treatment of ovarian cancer cells. **Coatings** 13(11): 1944. <https://doi.org/10.3390/coatings13111944>

(IF<sub>2023</sub> 2,900, MNiSW<sub>2023</sub> 100 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w przygotowaniu manuskryptu w części związanej z materiałem roślinnym.*

II.4.21. Kulus D., **TymoszuK A.**, 2024. Advancements in in vitro technology: A comprehensive exploration of micropropagated plants. **Horticulturae** 10(1): 88. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010088>

(IF<sub>2023</sub> 3,100, MNiSW<sub>2023</sub> 20 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w przygotowaniu, a także redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

- II.4.22. Miler N., **Tymoszuik A.**, Woźny A., Michalik T., Wiśniewska J., Kulus D., 2024. Microbiological biostimulants in the improvement of extended storage quality of in vitro-derived plants of popular ornamental perennials. **Agronomy** 14(2): 289. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020289>

**(IF<sub>2023</sub> 3,300, MNiSW<sub>2023</sub> 100 pkt.)**

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współopracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych części badań, współudziale w przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń, współudziale w pisaniu manuskryptu, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

- II.4.23. Piesik D., Miler N., Lemańczyk G., **Tymoszuik A.**, Lisiecki K., Bocianowski J., Krawczyk K., Mayhew C.A., 2024. Induction of volatile organic compounds in chrysanthemum plants following infection by *Rhizoctonia solani*. **PLoS ONE** 19(5): e0302541. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302541>

**(IF<sub>2023</sub> 2,900, MNiSW<sub>2023</sub> 100 pkt.)**

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w przeprowadzeniu analiz biochemicznych wraz z analizą i opracowaniem statystycznym wyników, współudziale w pisaniu manuskryptu, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

- II.4.24. **Tymoszuik A.**, Kulus D., Kowalska J., Kulpińska A., Pańka D., Jeske M., Antkowiak M., 2024. Light spectrum affects growth, metabolite profile, and resistance against fungal phytopathogens of *Solanum lycopersicum* L. seedlings. **Journal of Plant Protection Research** 64(2): 115–126. <https://doi.org/10.24425/jppr.2024.150247>

**(IF<sub>2023</sub> 0,700, MNiSW<sub>2023</sub> 100 pkt.)**

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współopracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, współudziale w przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń, współudziale w pisaniu manuskryptu, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

- II.4.25. Kulus D., **Tymoszuik A.**, Kulpińska A., Wojnarowicz J., Szałaj U., 2024. Nanoparticle-mediated enhancement of plant cryopreservation: Cultivar-specific insights into morphogenesis and biochemical responses in *Lamprocapnos spectabilis* (L.) Fukuhara ‘Gold Heart’ and ‘Valentine’. **PLoS ONE** 19(5): e0304586. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304586>

**(IF<sub>2023</sub> 2,900, MNiSW<sub>2023</sub> 100 pkt.)**

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współopracowaniu założeń metodycznych badań, współudziale w przygotowaniu materiału roślinnego i założeniu doświadczeń, wynokaniu części analiz biochemicznych oraz współudziale w pisaniu manuskryptu, w tym w przygotowaniu części rycin.*

- II.4.26. Kulus D., **Tymoszuik A.**, Viehmannova I., Kulpińska A., Wojnarowicz J., Szałaj U., 2024. Effect of nanoparticles on the *ex-vitro* performance of cryopreservation-derived plant material. **PLoS ONE** 19(9): e0310424. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310424>

**(IF<sub>2023</sub> 2,900, MNiSW<sub>2023</sub> 100 pkt.)**

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współopracowaniu założeń metodycznych badań, współudziale w przygotowaniu materiału roślinnego i założeniu doświadczeń, a także weryfikacji i redakcji manuskryptu przed recenzjami.*

II.4.27. Licznerski P., Michałowska E., **Tymoszuik A.**, Winiecki J., Lema-Rumińska J., 2024. The influence of X-ray radiation on the morphological, biochemical, and molecular changes in *Copiapoa tenuissima* seedlings. *Agronomy* 14(9): 2155. <https://doi.org/10.3390/agronomy14092155>

(IF<sub>2023</sub> 3,300, MNiSW<sub>2023</sub> 100 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na interpretacji i opracowaniu wyników analiz genetycznych oraz przygotowaniu części opisów metodyki doświadczalnej i wyników wraz z tabelą i ryciną dotyczących analiz genetycznych.*

#### Artykuły naukowe w czasopismach znajdujących się poza bazą ISI JCR

II.4.28. Zalewska M., Antkowiak M., **Tymoszuik A.**, 2012. Micropropagation of *Ajania pacifica* /Nakai/ Bremer et Humphries with single-node method. *Nauka Przyroda Technologie* 6, 1, #10.

(MNiSW<sub>2012</sub> 5 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współdziałaniu w opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczeń oraz pozyskaniu wyników.*

II.4.29. Lema-Rumińska J., **Tymoszuik A.**, Miler N., Durau B., 2015. Regeneracja kalusa z eksplantatów korzeniowych u *Chrysanthemum × grandiflorum* (Ramat.) Kitam. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 580: 53–61.

(MNiSW<sub>2015</sub> 13 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współdziałaniu w interpretacji wyników oraz przygotowaniu manuskryptu.*

II.4.30. **Tymoszuik A.**, 2015. Hodowla chryzantemy wielkokwiatowej na drodze mutagenyzy indukowanej promieniowaniem X i gamma. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 582: 101–113.

(MNiSW<sub>2015</sub> 13 pkt.)

II.4.31. **Tymoszuik A.**, 2016. Regeneracja *in vitro* pędów i zarodków przybyszowych z kwiatów jęczminkowatych w hodowli chryzantemy wielkokwiatowej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 584: 103–115.

(MNiSW<sub>2016</sub> 13 pkt.)

II.4.32. **Tymoszuik A.**, Antkowiak M., 2018. *In vitro* adventitious organogenesis in *Ajania pacifica* (Nakai) Bremer et Humphries. *BioTechnologia* 99(4): 335–343. <https://doi.org/10.5114/bta.2018.79964>

(MNiSW<sub>2018</sub> 13 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współdziałaniu w opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu wszystkich doświadczeń, pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników, pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach. Byłam autorem korespondencyjnym.*

#### Artykuły naukowe w materiałach konferencyjnych indeksowanych w bazie Web of Science

II.4.33. Jerzy M., Zalewska M., **Tymoszuik A.**, 2015. Effect of kinetin on the elongation of adventitious shoots regenerated *in vitro* from ligulate florets in *Chrysanthemum ×*

*grandiflorum* /Ramat./ Kitam. *Acta Horticulturae* 1083: 577–584.  
<https://doi:10.17660/ActaHortic.2015.1083.77>

(MNiSW<sub>2015</sub> 15 pkt.)

*Mój wkład w powstanie pracy polegał na współudziale w opracowaniu koncepcji, planu i założeń metodycznych badań, przygotowaniu materiału roślinnego i przeprowadzeniu doświadczenia, pozyskaniu, analizie i opracowaniu statystycznym wyników, wiodącej roli w pisaniu manuskryptu wraz z zestawieniem rycin i tabel, redakcji i korekcie manuskryptu po recenzjach.*

#### 5. Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I)

Brak

#### 6. Wykaz publicznych realizacji dzieł artystycznych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I)

Nie dotyczy

#### 7. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych

Przed uzyskaniem stopnia doktora

##### Wygłoszone referaty

II.7.1. V Konferencja „Biotechnologia: dziś na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym, jutro w regionie kujawsko-pomorskim”, Bydgoszcz, 01.06.2007 r.

- referat pt. „Somatyczna mutageneza u chryzantemy wielkokwiatowej /*Chrysanthemum* × *grandiflorum* (Ramat.) Kitam./ odmiany ‘Satinbleu’ indukowana *in vitro* promieniowaniem gamma” (**Skowronek (Tymoszuik) A.**, Zalewska M.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 25

II.7.2. Sympozjum Chryzantemowe 2009, Poznań, 20.11.2009 r.

- referat pt. „Czy możemy mieć korzyści z chimer pojawiających się w uprawie i hodowli chryzantem?” (Zalewska M., **Tymoszuik A.**)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 27–31

##### Współautorstwo referatów

II.7.3. Sympozjum Chryzantemowe 2008, Poznań, 14.11.2008 r.

- referat pt. „Czy możliwe jest skrócenie procesu mikrorozmnażania chryzantem?” (**Miler N.**, **Tymoszuik A.**, Zalewska M.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 21–27

##### Autorstwo posterów

II.7.4. V Konferencja „Biotechnologia: dziś na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym, jutro w regionie kujawsko-pomorskim”, Bydgoszcz, 01.06.2007 r.

- poster „Somatyczna mutageneza u chryzantemy wielkokwiatowej /*Chrysanthemum* × *grandiflorum* (Ramat.) Kitam./ odmiany ‘Satinbleu’ indukowana *in vitro* promieniowaniem gamma” (**Skowronek (Tymoszuik) A.**, Zalewska M.)

### Uczestnictwo bierne w konferencjach

- VI Konferencja „Biotechnologia: dziś na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym, jutro w regionie kujawsko-pomorskim”, Bydgoszcz, 30.05.2008 r.
- XII Ogólnopolska Konferencja Kultur *In Vitro* i Biotechnologii Roślin, Poznań, 09–11.09.2009 r.

### Po uzyskaniu stopnia doktora

#### Wygłoszone referaty

##### II.7.5. Sympozjum Chryzantemowe 2013, Poznań, 15.11.2013 r.

- referat pt. „Wpływ kinetyny na elongację pędów przybyszowych regenerowanych *in vitro* z kwiatów języczkowatych chryzantemy wielkokwiatowej” (Jerzy M., Zalewska M., **Tymoszuik A.**)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 32–35

##### II.7.6. Konferencja naukowa: „Nowe osiągnięcia polskich zespołów badawczych w dziedzinie genetyki, hodowli i biotechnologii roślin”, Międzyzdroje, 08–10.06.2016 r.

- referat pt. „Zastosowania nanokolloidów w kulturach *in vitro* chryzantem” (**Tymoszuik A.**)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 73

##### II.7.7. XV Ogólnopolska Konferencja Kultur *In Vitro* i Biotechnologii Roślin, Rogów, 17–20.09.2018 r.

- referat pt. „Nanocząstki srebra i miedzi w kulturach *in vitro* chryzantemy: właściwości dezynfekujące oraz wpływ na regenerację pędów przybyszowych” (**Tymoszuik A.**)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych (po angielsku): BioTechnologia 99(3) str. 237

##### II.7.8. XI Konferencja „Kultury *In Vitro* w Biotechnologii i Fizjologii Roślin”, Kraków, 04–06.12.2019 r.

- referat pt. „Organogeneza przybyszowa w kulturach *in vitro* chryzantemy, gerbery i skrzętnika po aplikacji nanocząstek złota i srebra” (**Tymoszuik A.**, Miler N.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych (po angielsku) Acta Biologica Cracoviensia 61(1) str. 36

##### II.7.9. NanoTech Poland 2021, Poznań, 09–11.06.2021 r.

- referat pt. „Zinc oxide and zinc oxide nanoparticles impact on *in vitro* germination and seedling growth in *Allium cepa* L.” (**Tymoszuik A.**, Wojnarowicz J.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 115

##### II.7.10. ChemBiotIC: Chemistry & Biotechnology International Conference, Wrocław (online), 24–25.06.2021 r.

- referat pt. „Silver nanoparticles induce genetic, biochemical, and phenotype variation in chrysanthemum” (Kulus D., **Tymoszuik A.**)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 30



- II.7.11. 2<sup>nd</sup> Global Conference on Plant Science and Agricultural Research & Global Conference on Food Science and Nutrition (GPAR 2022 – Hybrid Edition), Rzym, Włochy (online), 24–26.03.2022 r.
- referat pt. „Nanotechnology in chrysanthemum breeding – evaluation of the genetic, biochemical, and phenotype variation of shoots regenerated from leaf explants treated with silver nanoparticles” (**Tymoszuik A.**, Kulus D.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: online.
- II.7.12. 2<sup>nd</sup> Edition of International Conference on Materials Science And Engineering, virtual event, 28–30.03.2022 r.
- **referat na zaproszenie** pt. „Nanomaterials in improving micropropagation and breeding techniques of horticultural plants” (**Tymoszuik A.**, Kulus D., Miler N., Wojnarowicz J.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 57–58
- II.7.13. Seminarium naukowe „1<sup>st</sup> Zero Waste Technologies Seminar”, Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, seminarium hybrydowe, Bydgoszcz (online), 09.06.2022 r.
- referat pt. „Effects of different biochars on the *in vitro* seed germination and seedling development in tomato and radish” (**Tymoszuik A.**, Wojewódzki P., Pawlak A.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 28
- II.7.14. Konferencja naukowa „Najnowsze osiągnięcia w uprawie oraz hodowli chryzantem i innych roślin ozdobnych”, Bydgoszcz, 21–22.09.2022 r.
- referat pt. „Nanobiotechnologia w reprodukcji i hodowli chryzantemy wielkokwiatowej i serduszki okazałej” (**Tymoszuik A.**, Kulus D.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 24
- II.7.15. XIII Seminarium Interdyscyplinarne PBŚ, Bydgoszcz, 25.01.2023 r.
- referat pt. „Profil i kierunki badań genetycznych i molekularnych prowadzonych w Pracowni Roślin Ozdobnych i Warzywnych” (Miler N., **Tymoszuik A.**)
- II.7.16. XIV Seminarium Interdyscyplinarne PBŚ, Bydgoszcz, 22.02.2023 r.
- referat pt. „Ogrodnictwo 4.0: produkcja roślinna w warunkach *in vitro* i *in vivo*” (Kulus D., **Tymoszuik A.**)
- II.7.17. XV Interdyscyplinarna Konferencja Naukowa TYGIEL 2023 “Interdyscyplinarność kluczem do rozwoju”, Lublin (online), 23–26.03.2023 r.
- referat pt. „Nanocząstki w biotechnologii i hodowli chryzantemy wielkokwiatowej” (**Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 95
- II.7.18. NanoTech Poland 2023, Poznań, 14–16.06.2023 r.
- referat pt. „Synthesis, characteristics, and effect of zinc oxide and silver nanoparticles on the regeneration and metabolite profile of chrysanthemum shoots” (**Tymoszuik A.**, Sławkowska N., Szałaj U., Kulus D., Antkowiak M., Wojnarowicz J.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 125

II.7.19. VI Interdyscyplinarna Konferencja Nano(&)BioMateriały – od teorii do aplikacji, Toruń, 12–14.06.2024 r.

- referat pt. „Wpływ submikronowych cząstek tlenku cynku i nanocząstek tlenku cynku na wzrost *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* i *Fusarium oxysporum*” (Kowalska J., Antkowiak M., Krzymińska J., Szałaj U., Wojnarowicz J., **Tymoszuik A.**, Jeske M., Pańska D.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 26

II.7.20. XVI Ogólnopolska Konferencja Kultur *In Vitro* i Biotechnologii Roślin: Biotechnologia i kultury *in vitro* roślin w badaniach podstawowych i aplikacyjnych, Kraków, 23–25.09.2024 r.

- referat pt. „Wpływ nanocząstek tlenku cynku i srebra na parametry biometryczne, aktywność metaboliczną i stabilność genetyczną mikrosadzonek chryzantemy wielkokwiatowej” (**Tymoszuik A.**, Szałaj U., Wojnarowicz J., Wenda-Piesik A., Kulus D., Kowalska J., Antkowiak M.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 35–36

II.7.21. International Conference on Plant Nanotechnology, Poznań, 14–16.10.2024 r.

- referat pt. „Silver nanoparticles in chrysanthemum breeding” (**Tymoszuik A.**, Kulus D.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 38

#### **Współautorstwo referatów**

II.7.22. Ogólnopolskie Seminarium naukowe „Współczesne kierunki badań nad roślinami ozdobnymi w Polsce”, Kraków, 22.10.2015 r.

- referat pt. „Biotechnologia chryzantemy: hodowla, reprodukcja, ochrona” (**Kulus D.**, Lema-Rumińska J., Miler N., **Tymoszuik A.**)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych (ISBN 978-83-943623-0-0): str. 27

II.7.23. I polsko-ukraińskie sympozjum studenckich kół naukowych “Współczesne trendy w agronomii i technologiach żywienia człowieka”, Bydgoszcz, 06.06.2016 r.

- referat pt. „*Harpagophytum procumbens* (Burch.) DC. Ex Meisn. – micropropagation of endangered African medicinal plant” (**Rymarz D.**, **Tymoszuik A.**, Pańska D.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 22

II.7.24. XI Konferencja “Kultury *In Vitro* w Biotechnologii i Fizjologii Roślin”, Kraków, 04–06.12.2019 r.

- referat pt. „Zastosowanie markerów molekularnych (RAPD, ISSR) oraz wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) do analizy stabilności genetycznej i wtórnych metabolitów roślin uzyskanych w wyniku embriogenezy somatycznej u *Echinacea purpurea* (L.) Moench” (**Lema-Rumińska J.**, Kulus D., **Tymoszuik A.**, Varejão J.M.T.B., Bahcevandziev K.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych (po angielsku) Acta Biologica Cracoviensia 61(1) str. 24

II.7.25. II Ogólnopolska Konferencja Pierwotne i Wtórne Metabolity w Świecie Roślin i Grzybów, Lublin (online), 27.08.2020 r.

- referat pt. „Pierwotne i wtórne metabolity w kalusie uzyskanym z niemerystatycznych eksplantatów serduszki okazałej” (**Kulus D.**, **Tymoszuik A.**)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 26–27

- II.7.26. IX International Symposium on Light in Horticulture, Light for Life, Malmo, Szwecja (online), 31.05–02.06.2021 r.
- referat pt. „Application of LEDs in the simultaneous *ex vitro* acclimatization and rooting of perennials” (Miler N., **Tymoszuik A.**, Woźny A., Kulus D., Michalik T.)
- II.7.27. International Conference of Plant Systems Biology and Biotechnology – ICPSBB, Złote Piaski, Bułgaria, 14–17.06.2021 r.
- referat pt. „Gold nanoparticles and electromagnetic irradiation in micropropagation and mutation breeding of *Lamprocapnos spectabilis* (L.) Fukuhara” (Kulus D., **Tymoszuik A.**, Jędrzejczyk I., Winiecki J.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 34
- II.7.28. ChemBiotIC: Chemistry & Biotechnology International Conference, Wrocław (online), 24–25.06.2021 r.
- referat pt. „Application of gold nanoparticles in the cryopreservation of *in vitro*-derived shoot tips of bleeding heart (*Lamprocapnos spectabilis* (L.) Fukuhara)” (Kulus D., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 27
- II.7.29. II Konferencja Młodych Naukowców „Nowoczesne rolnictwo dla biogospodarki”, Poznań (online), 01.06.2022 r.
- referat pt. „Badania nad zastosowaniem preparatu ILAGRO 10 SC w uprawie polowej cebuli zwyczajnej oraz buraka ćwikłowego” (Ruszkiewicz M., **Tymoszuik A.**, Śmiglak M., Spychalski M., Kukawka R.)
- II.7.30. XX Konferencja „Biotechnologia na Politechnice Bydgoskiej a wyzwania współczesnego świata”, Bydgoszcz, 02.06.2022 r.
- referat pt. „Wpływ nanocząstek srebra na regenerację *in vitro* pędów i korzeni przybyszowych u chryzantemy wielkokwiatowej” (Karcz E., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 28
- II.7.31. Konferencja Naukowa „Zdolności kompensacyjne roślin uprawnych jako reakcja na uszkodzenia przez czynniki biotyczne i abiotyczne”, Fojutowo (Bory Tucholskie), 22–24.06.2022 r.
- referat pt. „Wpływ terminu i stopnia uszkodzeń liści i pędów ziemniaka na plonowanie i cechy jakościowe bulw” (Pietrzykowski K., Wilczewski E., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 14
- II.7.32. Society for Cryobiology Webinar Series – „Recent advances in plant cryobiotechnology”, online, 13.07.2022 r.
- **referat na zaproszenie** pt. „Application of nanoparticles in cryopreservation of plant tissues” (Kulus D., **Tymoszuik A.**, Pawlak A.)
- II.7.33. Konferencja naukowa „Najnowsze osiągnięcia w uprawie oraz hodowli chryzantem i innych roślin ozdobnych”, Bydgoszcz, 21–22.09.2022 r.
- **referat plenarny** pt. „50 lat ogrodnictwa na Politechnice Bydgoskiej” (Kulus D., Lema-Rumińska J., Miler N., **Tymoszuik A.**, Woźny A., Rymarz D., Pawlak A.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 17

- II.7.34. 4<sup>th</sup> International Conference “Sustainable consumption and production: how to make it possible”, Kowno, Litwa (online), 11.11.2022 r.
- referat pt. „Non-conventional cryoprotectors in the preservation of biodiversity” (Kulus D., **Tymoszuik A.**, Miler N., Pawlak A.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 40
- II.7.35. 4<sup>th</sup> International Conference “Sustainable consumption and production: how to make it possible”, Kowno, Litwa (online), 11.11.2022 r.
- referat pt. „Towards sustainable management of organic waste biochar production and possible directions of use” (Wojewóidzki P., **Tymoszuik A.**, Dębska B., Lemanowicz J., Pawlak A.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 48–49
- II.7.36. I Seminarium Przyrodniczych Kół Naukowych „Wektor Nauki”, Bydgoszcz, 02.12.2022 r.
- referat pt. „Analiza stabilności genetycznej mikrosadzonek chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych nanocząstkami tlenku cynku i srebra” (Karcz E., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 19
- II.7.37. I Seminarium Przyrodniczych Kół Naukowych „Wektor Nauki”, Bydgoszcz, 02.12.2022 r.
- referat pt. „Zastosowanie biowęgli uzyskanych z odpadowej materii organicznej jako składnika pożywki do mikrorozmnażania warzyw” (Pawlak A., **Tymoszuik A.**, Wojewóidzki P.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 20
- II.7.38. International Conference Advanced Nanoscience, Nanomaterials and Nanotechnology, Dubaj, Zjednoczone Emiraty Arabskie (online), 07–08.12.2022 r.
- **referat plenarny** pt. „Application of nanoparticles in horticultural biotechnology of ornamental plants” (Kulus D., **Tymoszuik A.**, Pawlak A.)
- II.7.39. 7<sup>th</sup> Edition of Innovations in Food, Science and Human Nutrition, Frankfurt, Niemcy, 19–20.07.2023 r.
- **referat na zaproszenie** pt. „Innovations in the production, breeding and conservation of fruit and vegetable crops” (Kulus D., Miler N., **Tymoszuik A.**, Woźny A., Rymarz D., Kulpińska A.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 54
- II.7.40. Ogólnopolskie Seminarium Naukowe online „Kultury *In Vitro* i Biotechnologia Roślin”, Kraków, 10.10.2023 r.
- referat pt. „Projekt: SZKLARNIOTRON. Przykład skutecznej współpracy nauki i praktyki dla ogrodnictwa” (Miler N., **Tymoszuik A.**, Woźny A.)
- II.7.41. II Seminarium Przyrodniczych Kół Naukowych „Wektor Nauki”, Bydgoszcz, 01.12.2023 r.
- referat pt. „Wpływ spektrum światła na wzrost pomidora w systemie uprawy wertykalnej” (Pawlak A., **Tymoszuik A.**, Kulus D.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 23

II.7.42. II Seminarium Przyrodniczych Kół Naukowych „Wektor Nauki”, Bydgoszcz, 01.12.2023 r.

- referat pt. „Wpływ różnych związków żelaza na wzrost i rozwój mikrosadzonek chryzantemy wielkokwiatowej” (Smyk O., Weremiejczyk K., Zamyślewska I., Borowińska M., Zielińska D., **Tymoszuik A.**, Osial M.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 26

II.7.43. XII Wykłady Otwarte z Cyklu “Spotkania Młodych z Nauką w Poznaniu”, Poznań, 13.04.2024 r.

- referat pt. „Wykorzystanie nanocząstek tlenku żelaza i kwasu indoliloctowego w przechowywaniu sztucznych nasion chryzantemy wielkokwiatowej” (Kulus D., **Tymoszuik A.**, Osial M., Piszczek A., Kulpińska A.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 5

II.7.44. International Conference on Biology, Ecology and Life Sciences, Sydney, Australia, 22-23.04.2024 r.

- referat pt. „Enhancing plant cryopreservation efficiency through nanoparticles integration” (Kulus D., **Tymoszuik A.**, Kulpińska A., Viehmannova I.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: online

II.7.45. Agricultural Nanotechnology Conference, Sydney, Australia, 24-25.04.2024 r.

- referat pt. „Effect of nanoparticles on the *ex-vitro* performance of cryopreservation-derived plant material” (Kulus D., **Tymoszuik A.**, Kulpińska A.)

II.7.46. National Scientific Conference SCIENCE AND YOUNG RESEARCHERS, VII edition, Łódź, Polska (online), 08.06.2024 r.

- referat pt. „Biotechnological methods of long-term storage of plant genetic resources” (Kulpińska A., **Tymoszuik A.**, Kulus D.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 48

II.7.47. VI Interdyscyplinarna Konferencja Nano(&)BioMateriały – od teorii do aplikacji, Toruń, 12–14.06.2024 r.

- referat pt. „Wpływ nanocząstek na integralność, aktywność fizjologiczną i stabilność genetyczną komórek roślinnych przechowywanych w ciekłym azocie” (Kulus D., **Tymoszuik A.**, Kulpińska A., Nowakowska J.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 25

II.7.48. XXII Konferencja „Biotechnologia na Politechnice Bydgoskiej a wyzwania współczesnego świata”, Bydgoszcz, 13.06.2024 r.

- **referat plenarny** pt. „Na styku nauki i gospodarki. Przykład innowacyjnych rozwiązań naukowców WRiB PBŚ “BioBoosters – boosting the circular transition Vöiste Hackathon” (Wojewódzki P., **Tymoszuik A.**)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 49

II.7.49. EUROBIOTECH 9<sup>th</sup> Central European Congress of Life Sciences, Kraków, 27-28.06.2024 r.

- **referat na zaproszenie** pt. „Leveraging nanoparticles for enhanced *in vitro* culture systems of ornamental perennials” (Kulus D., Tymoszuik A., Kulpińska A.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 122

II.7.50. 6<sup>th</sup> National and International Congress on Flower and Ornamental Plants, Ardabil, Iran (online), 20-21.08.2024 r.

- **referat plenarny** pt. „Iron oxide nanoparticles and indole acetic acid in the storage of chrysanthemum synthetic seeds” (Kulus D., Tymoszuik A., Osial M., Piszczek A., Kulpińska A.)

II.7.51. XVI Ogólnopolska Konferencja Kultur *In Vitro* i Biotechnologii Roślin: Biotechnologia i kultury *in vitro* roślin w badaniach podstawowych i aplikacyjnych, Kraków, 23–25.09.2024 r.

- referat pt. „Nanocząstki złota w doskonaleniu technologii kultur *in vitro* serduszek okazałek” (Kulus D., Tymoszuik A., Kulpińska A., Viehmannova I., Jędrzejczyk I., Winiecki J.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 33–34

II.7.52. XVI Ogólnopolska Konferencja Kultur *In Vitro* i Biotechnologii Roślin: Biotechnologia i kultury *in vitro* roślin w badaniach podstawowych i aplikacyjnych, Kraków, 23–25.09.2024 r.

- referat pt. „Tarczycza brodata źródłem cennych metabolitów wtórnych w warunkach *in vitro* oraz *in vivo*” (Lema-Rumińska J., Sadowska K., Tymoszuik A., Andrzejewska J.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 51–52

II.7.53. International Conference on Plant Nanotechnology, Poznań, 14–16.10.2024 r.

- referat pt. „Nanoparticles in plant cryopreservation: Effects on genetic stability, metabolic profiles, and structural integrity in bleeding heart cultivars” (Kulus D., Kulpińska A., Tymoszuik A., Michalska A., Nowakowska J., Wichrowska D.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 37

### **Autorstwo i prezentacja posterów**

II.7.54. 24<sup>th</sup> International EUCARPIA Symposium Section Ornamentals „Ornamental Breeding Worldwide”, Warszawa, 02–05.09.2012 r.

- poster „Application of *in vitro* cultures of ligulate florets in chrysanthemum breeding” (Tymoszuik A., Zalewska M.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 76

II.7.55. Konferencja Międzynarodowa NanoPL 2014: Nanotechnology and Advanced Materials for Innovative Industry, w ramach II Międzynarodowych Targów INNO-TECH EXPO 2014, Kielce, 15–17.10.2014 r.

- poster „Application of silver and copper nanocolloids in disinfection of explants in chrysanthemum *in vitro* cultures” (Tymoszuik A.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 47–48

II.7.56. 7<sup>th</sup> Polish Conference on Nanotechnology, Poznań, 24–27.06.2015 r.

- poster „Application of silver, gold and copper nanocolloids in chrysanthemum shoot tips disinfection in *in vitro* culture” (**Tymoszuik A.**)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 222

II.7.57. XXIII Sympozjum Nawadniania Roślin „Nawadnianie roślin w świetle zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich”, Fojutowo (Bory Tucholskie), 12–14.06.2019 r.

- poster „Porównanie plonowania dyni w uprawie bez i z zastosowaniem nawadniania” (**Tymoszuik A.**, Klimkiewicz K.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 81

II.7.58. IX International Symposium on Light in Horticulture, Light for Life, Malmo, Szwecja (online), 31.05–02.06.2021 r.

- poster „Applicability of LEDs in *ex vitro* acclimatization and rooting of oregano plantlets” (**Tymoszuik A.**, Miler N., Woźny A., Kulus D., Michalik T.)

II.7.59. ChemBiotIC: Chemistry & Biotechnology International Conference, Wrocław (online), 24–25.06.2021 r.

- poster „Zinc oxide and zinc oxide nanoparticles impact on *in vitro* germination and seedling growth in *Allium cepa* L.” (**Tymoszuik A.**, Wojnarowicz J.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 114

II.7.60. 5<sup>th</sup> International Conference „Environmental Engineering and Design”, Zielona Góra (online), 13–14.10.2022 r.

- poster „Application of biochars produced from different organic waste materials as medium component for vegetable plant micropropagation” (**Tymoszuik A.**, Wojewódzki P., Pawlak A.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 148

II.7.61. NanoTech Poland 2023, Poznań, 14–16.06.2023 r.

- poster „Nanotechnology in chrysanthemum breeding – evaluation of the biochemical, genetic, and phenotype variation of shoots regenerated from leaf explants treated with silver nanoparticles” (**Tymoszuik A.**, Kulus D.)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 181

### Współautorstwo posterów

II.7.62. 8<sup>th</sup> International Symposium on *In Vitro* Culture and Horticultural Breeding, Coimbra, Portugalia, 02–07.06.2013 r.

- poster „Effect of kinetin on the elongation of adventitious shoots regenerated *in vitro* from ligulate florets in *Chrysanthemum* × *grandiflorum* /Ramat./ Kitam. (Jerzy M., Zalewska M., **Tymoszuik A.**)
- artykuł naukowy w materiałach konferencyjnych Acta Horticulturae: pozycja II.4.33

II.7.63. XII Konferencja „Biotechnologia: dziś na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym, jutro w regionie kujawsko-pomorskim”, Bydgoszcz, 06.06.2014 r.

- poster „Wpływ wybranych czynników na organogenezę w kulturach *in vitro* zalążni i zalążków chryzantemy wielkokwiatowej” (Szydłowska E., **Tymoszuik A.**)
- streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 26

- II.7.64. XIII Konferencja „Biotechnologia: dziś na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym, jutro w regionie kujawsko-pomorskim”, Bydgoszcz, 29.05.2015 r.
- poster „Określenie wpływu nanokoloidu srebra na stabilność genetyczną pędów przybyszowych chryzantemy wielkokwiatowej z wykorzystaniem metody ISSR” (Dembek J., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 26
- II.7.65. XIII Konferencja „Biotechnologia: dziś na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym, jutro w regionie kujawsko-pomorskim”, Bydgoszcz, 29.05.2015 r.
- poster „Ocena stabilności genetycznej pędów przybyszowych chryzantemy wielkokwiatowej uzyskanych na pożywce z nanosrebrem z wykorzystaniem metody RAPD” (Ostojska N., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 27
- II.7.66. 18<sup>th</sup> Annual Research Symposium and Mentoring Conference, Filadelfia, Stany Zjednoczone, 29.10.2016 r.
- poster „The analysis of genetic stability of plants regenerated via somatic embryogenesis in purple coneflower using ISSR-PCR method” (Lewter T., Lema-Rumińska J., **Tymoszuik A.**)
- II.7.67. XVII Konferencja „Biotechnologia: dziś na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym, jutro w regionie kujawsko-pomorskim”, Bydgoszcz, 06.06.2019 r.
- poster „Wpływ nanocząstek srebra na indukcję stresu oksydacyjnego u pomidora i rzodkiewki *in vitro*” (Pokora E., **Tymoszuik A.**)
  - **I miejsce w konkursie na najlepszy plakat**
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 25
- II.7.68. 2020 Emerging Researchers National (ERN) Conference in STEM, Waszyngton, Stany Zjednoczone, 06–08.02.2020 r.
- poster „Regeneration and oxidative stress induction as a response to disinfectants in plant *in vitro* culture” (Toney M., Miler N., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: online
- II.7.69. IX International Symposium on Light in Horticulture, Light for Life, Malmo, Szwecja (online), 31.05–02.06.2021 r.
- poster „Applicability of LEDs in *ex vitro* acclimatization and rooting of raspberry plantlets” (Woźny A., **Tymoszuik A.**, Miler N., Kulus D., Michalik T.)
- II.7.70. International Conference of Plant Systems Biology and Biotechnology – ICPSBB, Złote Piaski, Bułgaria, 14–17.06.2021 r.
- poster „Application of gold nanoparticles in the cryopreservation of *in vitro*-derived shoot tips of bleeding heart” (Kulus D., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 76
- II.7.71. NanoTech Poland 2023, Poznań, 14–16.06.2023 r.
- poster „The influence of zinc oxide and zinc oxide nanoparticles on the growth of various plant pathogens *in vitro*” (Antkowiak M., Kowalska J., Krzywińska J., Szałaj U., Wojnarowicz J., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 141



- II.7.72. XXI Konferencja „Biotechnologia na Politechnice Bydgoskiej a wyzwania współczesnego świata”, Bydgoszcz, 15.06.2023 r.
- poster „Analiza stabilności genetycznej mikrosadzonek chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych nanocząstkami tlenku cynku i srebra na podstawie markerów molekularnych SCoT” (Gawroński M., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 25
- II.7.73. XXI Konferencja „Biotechnologia na Politechnice Bydgoskiej a wyzwania współczesnego świata”, Bydgoszcz, 15.06.2023 r.
- poster „Analiza stabilności genetycznej mikrosadzonek chryzantemy wielkokwiatowej traktowanych nanocząstkami tlenku cynku i srebra z wykorzystaniem techniki RAPD” (Karcz E., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 26
- II.7.74. XXI Konferencja „Biotechnologia na Politechnice Bydgoskiej a wyzwania współczesnego świata”, Bydgoszcz, 15.06.2023 r.
- poster „Wzrost i rozwój mikrosadzonek chryzantemy wielkokwiatowej w zależności od dodatku do pożywki różnych związków żelaza” (Smyk O., Weremiejczyk K., Zamyślewska I., Borowińska M., Zielińska D., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 30
- II.7.75. Methods in Plant Sciences, Srní, Czechy (online), 24–27.09.2023 r.
- poster „Morphogenic and biochemical reactions of explants treated with nanoparticles during cryopreservation procedure” (Kulus D., **Tymoszuik A.**, Kulpińska A.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 145
- II.7.76. The 3<sup>rd</sup> International Electronic Conference on Plant Sciences, online, 15–17.01.2024r.
- poster „Enhancing the performance of chrysanthemum synthetic seeds through iron oxide nanoparticles supplementation” (Kulus D., **Tymoszuik A.**, Osial M., Groń D.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 59
- II.7.77. VI Interdyscyplinarna Konferencja Nano(&)BioMateriały – od teorii do aplikacji, Toruń, 12–14.06.2024 r.
- poster „Ograniczanie wzrostu grzybnii patogenów roślinnych z zastosowaniem tlenku miedzi lub nanocząstek tlenku miedzi” (Antkowiak M., Kowalska J., Krzywińska J., Osial M., **Tymoszuik A.**)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 63
- II.7.78. International Conference on Plant Nanotechnology, Poznań, 14–16.10.2024 r.
- poster „Zinc oxide submicron particles and zinc oxide nanoparticles effects on *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* and *Fusarium oxysporum* mycelium growth” (Kowalska J., Antkowiak M., Krzywińska J., Szałaj U., Wojnarowicz J., **Tymoszuik A.**, Jeske M., Łukanowski A., Pańka D.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 63
- II.7.79. International Conference on Plant Nanotechnology, Poznań, 14–16.10.2024 r.
- poster „Enhancing the performance of chrysanthemum synthetic seeds through auxin and iron oxide nanoparticles supplementation” (Kulus D., **Tymoszuik A.**, Osial M., Groń D.)
  - streszczenie w materiałach konferencyjnych: str. 64

### **Uczestnictwo bierne w konferencjach**

- Konferencja międzynarodowa „Nano-Biotechnology PL 2012”, Warszawa, 17–18.09.2012 r.
- Konferencja międzynarodowa „Nano and Advanced Materials Workshop and Fair, NAMF 2013”, Warszawa, 16–19.09.2013 r.
- Konferencja „Hortiterapia jako element wspomagający leczenie tradycyjne”, Poznań, 22–23.08.2016 r.
- XVI Konferencja „Biotechnologia: dziś na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym, jutro w regionie kujawsko-pomorskim”, Bydgoszcz, 08.06.2018 r.
- II Konferencja „Zioła w terapii, żywieniu i kosmetyce”, Bydgoszcz, 29.03.2019 r.
- 1<sup>st</sup> International Electronic Conference on Horticulturae IECHo 2022/Live Session. Non-Conventional Approaches to Maintaining Postharvest Quality. Trends for Future Horticulture, online, 26–27.04.2022 r.
- Konferencja naukowa „Mikrobiologia w rolnictwie”, Minikowo, 21.10.2022 r.
- Konferencja „POLITECHNIKA DIALOGU – porozmawiajmy o przyszłości edukacji”, Bydgoszcz, 24.11.2022 r.
- Konferencja „Naukowiec, innowator, a może przedsiębiorca”, Bydgoszcz, 29.11.2023 r.

### **Wykłady wygłoszone na zaproszenie**

- „Nanocząstki a produkcja i hodowla *in vitro* roślin ozdobnych i warzywnych – kierunki i perspektywy badań”, na zaproszenie Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku, 9.03.2020 r.
- „Zastosowanie nanocząstek w biotechnologii roślin ogrodniczych”, na zaproszenie Polskiego Towarzystwa Botanicznego, Bydgoszcz, 20.12.2023 r.

## **8. Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji**

### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Brak

### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

- II.8.1. Seminarium naukowe „1<sup>st</sup> Zero Waste Technologies Seminar”, Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, seminarium hybrydowe, Bydgoszcz (online), 09.06.2022 r. – członek komitetu organizacyjnego.
- II.8.2 Konferencja naukowa „Zdolności kompensacyjne roślin uprawnych jako reakcja na uszkodzenia przez czynniki biotyczne i abiotyczne”, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Fojutowo (Bory Tucholskie), 22–24.06.2022 r. – członek komitetu organizacyjnego, sekretarz.
- II.8.3. Konferencja naukowa „Najnowsze osiągnięcia w uprawie oraz hodowli chryzantem i innych roślin ozdobnych”, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Bydgoszcz, 21–22.09.2022 r. – członek komitetu organizacyjnego.

II.8.4. Seminarium naukowe „2<sup>nd</sup> Zero Waste Technologies Seminar”, Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, seminarium hybrydowe, Bydgoszcz (online), 31.05.2023 r. – członek komitetu organizacyjnego.

**9. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów**

**Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Brak

**Po uzyskaniu stopnia doktora**

**Projekty zrealizowane**

II.9.1. Projekt badawczy pt. **„Wieloaspektowa analiza stabilności chimer roślinnych poddanych krioprezerwacji”**, MNiSW, konkurs „Iuventus Plus”, numer projektu IP2014 023373, 04.01.2015–23.02.2017 r. – wykonawca.

II.9.2. Działanie naukowe pt. **„Badania nad zastosowaniem nanocząstek srebra w hodowli chryzantemy wielkokwiatowej”**, NCN, konkurs MINIATURA 4, numer projektu DEC-2020/04/X/NZ9/01667, 12.12.2020–11.12.2021 r. – kierownik.

II.9.3. Projekt badawczy **‘NOVA TRAWA’ pt. „Wprowadzenie na rynek innowacyjnej odmiany życia trwałej zasiedlonej przez symbiotyczne grzyby endofityczne”**, Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020, numer umowy o dofinansowanie 00047.DDD.6509.00086.2019.02, 25.06.2021–31.12.2023 r. – wykonawca.

II.9.4. Projekt badawczy pt. **„W drodze do wieczności: Wieloaspektowa analiza wpływu nanocząstek na właściwości krioprezechowywanego materiału roślinnego”**, NCN, konkurs Sonata 16, numer projektu 2020/39/D/NZ9/01592, 28.07.2021–27.10.2024 r. – wykonawca.

**Projekty w trakcie realizacji**

II.9.5. Przedsięwzięcie badawcze pt. **„Nanocząstki siarczku kadmu, tlenku kobaltu i tlenku żelaza domieszkowanego kobaltem w hodowli chryzantemy wielkokwiatowej: morfogeneza *in vitro* oraz oddziaływania na poziomie fizjologicznym, genetycznym i fenotypowym”**, konkurs „Małe Granty” realizowany wewnątrz na PBŚ w ramach dofinansowania ze środków Ministra Nauki w ramach Programu „Regionalna Inicjatywa Doskonałości – Doskonałość naukowa w obszarze nauk rolniczych na Politechnice Bydgoskiej (RID/SP/0017/2024/01)”, numer przedsięwzięcia badawczego RID/01/08/WRiB, 22.04.2024–22.04.2025 r. – kierownik.

**Praca nad przygotowaniem i złożeniem wniosków, które nie uzyskały finansowania**

II.9.6. Projekt badawczy pt. **„Indukowanie mutacji *in vivo* oraz *in vitro* u *Chrysanthemum × grandiflorum* /Ramat./ Kitam. z wykorzystaniem akceleratora liniowego”**, NCN, konkursu OPUS 4 w 2012 r. – wykonawca.

II.9.7. Projekt badawczy pt. „Polskie Chryzantemy. Nowa jakość w hodowli chryzantem: program hodowli i upowszechniania metod hodowlanych”, NCBiR, IV edycja programu LIDER w 2013 r. – wykonawca.

II.9.8. Projekt badawczy pt. „Komórkowy, biochemiczny, genetyczny i fenotypowy wpływ nanocząstek srebra u *Chrysanthemum × grandiflorum* (Ramat.) Kitam.: badania *in vitro* i *in vivo*”, NCN, konkurs OPUS 14 w 2017 r. – wykonawca.

II.9.9. Projekt badawczy pt. „Badania nad stresem oksydacyjnym oraz stabilnością genetyczną *Solanum tuberosum* L. po aplikacji *in vitro* nanocząstek złota”, NCN, konkurs MINIATURA 2 w 2018 r. – kierownik.

II.9.10. Projekt badawczy pt. „Nanocząstki jako źródło indukowania zmienności w hodowli chryzantemy wielkokwiatowej: oddziaływania na poziomie molekularnym, komórkowym i fenotypowym”, NCN, konkurs OPUS 24 w 2022 r. – kierownik.

## **10. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach**

### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Brak

### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

II.10.1. Polskie Towarzystwo Botaniczne (PTB), sekcja Kultur Tkankowych Roślin – członek od 2023 r.

II.10.2. International Society for Horticultural Science (ISHS) – członek od 2023 r.

## **11. Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru**

### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Brak

### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

#### **Staż naukowy krajowy**

II.11.1. *Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Rolnictwa Ekologicznego i Ochrony Środowiska, Poznań, opiekun naukowy prof. dr hab. Jolanta Kowalska*

Uczestnictwo w badaniach naukowych w ramach realizowanego stażu w terminie 27.03.2023–30.06.2023 r.

#### **Wizyty studyjne zagraniczne**

II.11.2. *Polytechnic Institute of Coimbra, Agricultural College, IIA – Institute of Applied Research, CERNAS - Research Centre for Natural Resources, Environment, and Society, Coimbra, Portugal*

Uczestnictwo w badaniach naukowych w ramach wspólnego projektu badawczego w terminie 14–20.12.2015 r. Szczegóły projektu opisano w pozycji II.15.6.

II.11.3. *Mendel University in Brno, Faculty of Horticulturae, Mendeleum Institute of Genetics and Plant Breeding, Lednice, Czech Republic, opiekun naukowy doc. mgr Miroslav Baránek, Ph.D.*

Pobyit szkoleniowy w terminie 26–30.10.2015 r. w ramach projektu Erasmus+ 2015/2016 ‘Staff Mobility for Training – Mobility Agreement’.

## **12. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.)**

### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Brak

### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

II.12.1. Edytor gościnny w czasopiśmie Horticulture (ISSN/eISSN 2311-7524, JCR-Q1, Cite Score-Q2, IF<sub>2023</sub> 3,100, MNI<sub>SW</sub><sub>2023</sub> 20 pkt., wydawca MDPI), Special Issue „In Vitro Technology and Micropropagated Plants”

- [https://www.mdpi.com/journal/horticulturae/special\\_issues/In\\_Vitro\\_Micropropagated](https://www.mdpi.com/journal/horticulturae/special_issues/In_Vitro_Micropropagated)
- współudział w redakcji 13 artykułów naukowych w okresie 22.11.2021 – 31.08.2023 r.

## **13. Wykaz recenzowanych prac naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych**

### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Brak

### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

II.13.1. Recenzje artykułów dla czasopism znajdujących się w bazie ISI JCR (76 recenzji)

- Agronomy (MDPI) – 2021 r. (1 recenzja); 2022 r. (3 recenzje); 2023 r. (1 recenzja)
- Applied Sciences (MDPI) – 2021 r. (2 recenzje)
- BMC Plant Biology (BMC) – 2021 r. (1 recenzja)
- Forests (MDPI) – 2020 r. (1 recenzja); 2022 r. (2 recenzje)
- Heliyon (Elsevier) – 2024 r. (1 recenzja)
- Horticulturae (MDPI) – 2021 r. (2 recenzje); 2022 r. (2 recenzje); 2023 r. (4 recenzje)
- HortScience (American Society for Horticultural Science) – 2018 r. (1 recenzja)
- International Journal of Molecular Sciences (MDPI) – 2022 r. (1 recenzja)
- Industrial Crops and Products (Elsevier) – 2021 r. (1 recenzja); 2022 r. (1 recenzja); 2023 r. (2 recenzje)
- Inventions (MDPI) – 2022 r. (1 recenzja)
- Journal of Agricultural Science and Technology (Tarbiat Modares University) – 2020 r. (1 recenzja); 2023 r. (1 recenzja)
- Journal of Photochemistry and Photobiology B – Biology (Elsevier) – 2023 r. (1 recenzja)
- Molecules (MDPI) – 2022 r. (1 recenzja)

- Nano Futures (IOP Publishing Ltd.) – 2020 r. (1 recenzja)
- Nanotechnology (IOP Publishing Ltd.) – 2021 r. (1 recenzja)
- Plant Cell Tissue and Organ Culture (Springer) – 2022 r. (1 recenzja); 2023 r. (3 recenzje); 2024 r. (1 recenzja)
- Plant Cell Reports (Springer) – 2022 r. (1 recenzja)
- Plants (MDPI) – 2021 r. (3 recenzje); 2022 r. (11 recenzji); 2023 r. (2 recenzje)
- Scientia Horticulturae (Elsevier) – 2017 r. (1 recenzja); 2018 r. (1 recenzja); 2020 r. (1 recenzja); 2021 r. (1 recenzja); 2022 r. (1 recenzja); 2023 r. (2 recenzje)
- Scientific Reports (Nature Portfolio) – 2024 r. (1 recenzja)
- Silicon (Springer) – 2024 r. (2 recenzje)
- South African Journal of Botany (Elsevier) – 2023 r. (1 recenzja)
- Sustainability (MDPI) – 2020 r. (2 recenzje); 2021 r. (5 recenzji); 2022 r. (3 recenzje)

#### II.13.2. Recenzje artykułów dla czasopism znajdujących się poza bazą ISI JCR (17 recenzji)

- Applied Biosciences (MDPI) – 2023 r. (1 recenzja)
- BioTechnologia (Institute of Bioorganic Chemistry, Polish Academy of Sciences) – 2018 r. (2 recenzje); 2019 r. (2 recenzje); 2020 r. (2 recenzje); 2021 r. (1 recenzja)
- IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (IOP Publishing Ltd.) – 2021 r. (1 recenzja)
- Journal of Central European Agriculture (International Editorial Board of the Journal of Central European Agriculture) – 2017 r. (2 recenzje); 2019 r. (1 recenzja); 2020 r. (1 recenzja)
- Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology (I.K. Press) – 2021 r. (1 recenzja)
- Vegetos (Springer) – 2020 r. (1 recenzja); 2021 r. (1 recenzja); 2024 (1 recenzja)

### **14. Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych**

#### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

II.14.1. Grant dla doktorantów finansujący udział w 24. Międzynarodowym Sympozjum EUCARPIA (Warszawa, 2012), Scientific Committee of the 24<sup>th</sup> International EUCARPIA Symposium, International Society for Horticultural Science (ISHS, Leuven, Belgium).

#### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

II.14.2. Program I-STAR (International Science and Technology Academy for Research Scholars). Pełnienie roli opiekuna naukowego studentów z Delaware State University, Stany Zjednoczone, przebywających na wymianie studenckiej na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy. Miesięczna opieka naukowa w terminie maj–czerwiec 2016 r. (jedna studentka) oraz maj–czerwiec 2019 r. (jedna studentka).

II.14.3. Projekt „BioBoosters – boosting the circular transition” – Interreg Baltic Sea Region, Co-founded by the European Union (<https://interreg-baltic.eu/project/bioboosters/>). Zgłoszenie i zwycięstwo w konkursie „Võiste Hackathon – Mining the green gold from

greenhouse biomass” ogłoszonym przez estońskie przedsiębiorstwo Võiste Aiand, Estonia, 12.04.–17.05.2024 r. Zapropozonowane rozwiązanie dotyczyło wykorzystania odpadowej biomasy z uprawy szklarniowej pomidorów do produkcji biowęgla. Międzynarodowe hackathony biogospodarcze „BioBoosters” to zawody w innowacyjności nakierowane na znalezienie rozwiązań dla wyzwań o charakterze gospodarczym lub technologicznym, które wspomagają zieloną transformację działalności gospodarczej dużych i uznanych przedsiębiorstw. Projekt realizowany jest przez międzynarodowe konsorcjum renomowanych uczelni wyższych, hubów innowacyjności oraz podmiotów społecznych i gospodarczych.

## **15. Wykaz udziału w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. II.9**

Projekty badawcze BSM (granty dla młodych naukowców) realizowane w ramach Wydziałowego Funduszu Grantowego – Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy.

### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

II.15.1. BSM 63/2011 „**Regeneracja pędów i zarodków przybyszowych z izolowanych *in vitro* kwiatów jęczyczkowatych chryzantemy wielkokwiatowej**” – kierownik, projekt zrealizowany.

### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

II.15.2. BSM 59/2014 „**Zastosowanie nanokoloidów metali, nanotlenku cynku i tlenku grafenu w mikrorozmnażaniu chryzantemy wielkokwiatowej**” – kierownik, projekt zrealizowany.

II.15.3. BSM 36/2015 „**Wpływ nanokoloidów srebra i miedzi na wzrost pędów bocznych i regenerację pędów przybyszowych u chryzantemy wielkokwiatowej w kulturze *in vitro***” – kierownik, projekt zrealizowany.

II.15.4. BSM 46/2016 „**Badania nad wpływem nanotlenku cynku i nanokoloidu srebra na materiał roślinny**” – kierownik, projekt zrealizowany.

II.15.5. BSM 43/2018 „**Zawartość barwników asymilacyjnych oraz aktywność wybranych enzymów antyoksydacyjnych u roślin traktowanych nanosrebrem**” – kierownik, projekt zrealizowany.

### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

#### **Projekty międzynarodowe**

II.15.6. Wykonawca w międzynarodowym projekcie badawczym w latach 2015-2018: „**Zastosowanie markerów molekularnych (RAPD, ISSR), wysokosprawnej chromatografii cieczowej i chromatografii gazowej do analizy stabilności genetycznej i wtórnych metabolitów roślin uzyskanych w wyniku embriogenezy somatycznej u *Echinacea purpurea* (L.) Moench / Application of molecular markers (RAPD, ISSR), High Performance Liquid Chromatography (HPLC) and Gas Chromatography (GC) for the analysis of genetic stability and secondary metabolites in plants regenerated via somatic embryogenesis in *Echinacea purpurea* (L.) Moench**” – w ramach umowy

międzynarodowej między Uniwersytetem Technologiczno-Przyrodniczym w Bydgoszczy a Politechniką w Coimbra (Portugalia). Projekt zrealizowany.

#### **Badania statutowe (BS) oraz badania naukowe (BN)**

II.15.7. BS 2/10 „Wzrost i sterowanie kwitnieniem oraz plonowanie roślin ozdobnych i warzywnych” – wykonawca, projekt zrealizowany.

II.15.8. BS 49/14 „Doskonalenie metod uprawy i hodowli roślin ogrodnich w warunkach *in vivo* i *in vitro*” – wykonawca, projekt zrealizowany.

II.15.9. BS 4/17 „Optymalizacja metod uprawy i hodowli roślin ozdobnych i warzywnych w warunkach laboratoryjnych i szklarniowych” – wykonawca, projekt zrealizowany.

II.15.10. BN 32/19 „Optymalizacja metod uprawy i hodowli roślin ozdobnych i warzywnych w warunkach laboratoryjnych i szklarniowych” – wykonawca, projekt zrealizowany.

II.15.11. TB 5 (2022-2025) „Doskonalenie metod uprawy, ochrony i hodowli roślin ogrodnich w warunkach *in vitro* i *in vivo*” – wykonawca, projekt w trakcie realizacji.

#### **16. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny**

Brak

### **III. WSPÓŁPRACA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM**

#### **1. Wykaz dorobku technologicznego**

Brak

#### **2. Współpraca z sektorem gospodarczym**

##### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Brak

##### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

III.2.1. BZ-176/WRiB/2014 „Projekt modułowego laboratorium roślinnych kultur tkankowych wraz z opracowaniem pożywek do mikrorozmnażania czterech gatunków roślin” – badania zlecone, Voucher Badawczy Indywidualny dla przedsiębiorstwa PBC Estate Sp. z o.o., ul. Pomorska 57/4, 85-046 Bydgoszcz, finansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2007–2013, “Pracodawcy Pomorza i Kujaw” Związek Pracodawców, 01.09.2014–26.01.2015 r., 49 200,00 PLN – kierownik. Projekt zrealizowany.

III.2.2. BZ-03/2015/WRiB „Regeneracja *in vitro* pędów przybyszowych z kwiatów języczkowatych chryzantem” – badania zlecone dla przedsiębiorstwa BUCHOLC Gospodarstwo Ogrodnicze Jarosław Ziomek, ul. 1 Maja 3, 05-850 Ożarów Mazowiecki, 30.10.2014–19.06.2015 r., 1555,57 PLN – kierownik. Projekt zrealizowany.



III.2.3. BZ–181/2018/WRiB **„Opracowanie optymalnego składu spektralnego i natężenia oświetlenia LED dla jednoczesnej aklimatyzacji i ukorzenia mikrosadzonek *in vivo*”** – badania zlecone dla przedsiębiorstwa Vitroflora Grupa Producentów Sp. z o.o., Trzęsacz 25, 86–022 Dobrcz, 02.10.2018–31.01.2019 r., 246 000,00 PLN – wykonawca. Projekt zrealizowany.

III.2.4. BZ–182/2018/WRiB **„Opracowanie optymalnego składu podłoża i pożywki dla jednoczesnej aklimatyzacji i ukorzenia mikrosadzonek *in vivo*”** – badania zlecone dla przedsiębiorstwa Vitroflora Grupa Producentów Sp. z o.o., Trzęsacz 25, 86–022 Dobrcz, 02.10.2018–31.01.2019 r., 246 000,00 PLN – kierownik. Projekt zrealizowany.

III.2.5. BZ–183/2018/WRiB **„Testowanie równoczesnego wpływu oświetlenia LED oraz podłoża i pożywki w procesie aklimatyzacji i ukorzenia mikrosadzonek *in vivo*”** – badania zlecone dla przedsiębiorstwa Vitroflora Grupa Producentów Sp. z o.o., Trzęsacz 25, 86-022 Dobrcz, 01.12.2018–31.01.2019 r., 246 000,00 PLN – wykonawca. Projekt zrealizowany.

Realizacja badań wymienionych w punktach III.2.3–5 możliwa była dzięki pozyskaniu finansowania w ramach projektu: Kujawsko–Pomorska Agencja Innowacji Sp. z o.o. „Fundusz badań i wdrożeń” tytuł wniosku **„Opracowanie technologii połączonego procesu aklimatyzacji i ukorzenia *in vivo*, roślin pochodzących z rozmnażania w kulturach tkankowych *in vitro*”**. Umowa 6/2018 została podpisana 20 czerwca 2018 r. w ramach poddziałania 1.2.1 Wsparcie procesów badawczo–rozwojowych, Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Kujawsko–Pomorskiego na lata 2014–2020. Budżet projektu wynosi 1 640 000,00 PLN, w tym dofinansowanie to 856 040,00 PLN. Projekt współfinansowany jest przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

III.2.6. BZ–61/2020/WRiB **„Natężenie światła jako czynnik warunkujący długookresowe przechowywanie sadzonek *ex vitro*”** – badania zlecone dla przedsiębiorstwa Vitroflora Grupa Producentów Sp. z o.o., Trzęsacz 25, 86–022 Dobrcz, 1.06.2020–31.12.2020 r., 290 592,30 PLN – wykonawca. Projekt zrealizowany.

III.2.7. BZ–62/2020/WRiB **„Optymalizacja składu spektralnego światła dla długookresowego przechowywania sadzonek *ex vitro*”** – badania zlecone dla przedsiębiorstwa Vitroflora Grupa Producentów Sp. z o.o., Trzęsacz 25, 86–022 Dobrcz, 1.08.2020–31.05.2021 r., 290 592,30 PLN – kierownik. Projekt zrealizowany.

III.2.8. BZ–63/2020/WRiB **„Testowanie dodatków stymulujących utrzymanie juvenilności sadzonek *ex vitro* podczas długookresowego przechowywania”** – badania zlecone dla przedsiębiorstwa Vitroflora Grupa Producentów Sp. z o.o., Trzęsacz 25, 86–022 Dobrcz, 1.06.2021–30.04.2022 r., 360 546,91 PLN – wykonawca. Projekt zrealizowany.

Realizacja badań wymienionych w punktach III.2.6–8 możliwa była dzięki pozyskaniu finansowania w ramach projektu: NCBiR, konkurs „Szybka Ścieżka”, Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014–2020 działanie 1.1/poddziałanie 1.1.1, Oś priorytetowa Wsparcie prowadzenia prac B+R przez przedsiębiorstwa, Działanie Projekty B+R przedsiębiorstw, Poddziałanie Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa, wniosek POIR.01.01.01-00-0467/2019 **„Opracowanie nowatorskiej technologii**

**długookresowego przechowywania sadzonek *ex vitro* w warunkach kontrolowanego klimatu oraz spektralnie zoptymalizowanego promieniowania źródeł LED w szklarniotronie**”, wnioskujący Vitroflora Grupa Producentów Sp. z o.o., Trzęsacz 25, 86-022 Dobrcz, koszt całkowity projektu 3 118 747,87 PLN, kwota dofinansowania 1 569 742,38 PLN.

III.2.9. BZ-97/2021/WRiB „**Opracowanie innowacyjnej technologii uprawy warzyw w domowych farmach wertykalnych z udziałem światła LED i systemu automatycznego nawadniania**” – badania zlecone dla przedsiębiorstwa Endeavour Maciej Pająk, ul. Włocławska 234/4, 87-100 Toruń, 07.05.2021–07.07.2021 r., 36 900 PLN – wykonawca. Projekt zrealizowany.

Badania realizowane w ramach Osi priorytetowej 1 Wzmocnienie innowacyjności i konkurencyjności gospodarki regionu, Działania 1.2 Promowanie inwestycji przedsiębiorstw w badania i innowacje, Poddziałania: 1.2.1 Wsparcie procesów badawczo-rozwojowych, Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2014–2020.

III.2.10. BZ-165/2021/WRiB „**Opracowanie technologii inicjacji i namnażania kultur *in vitro* borówki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.)**” – badania zlecone dla Jacek Moritz, Kolonia Domaszewnica 51B, 21-207 Ulan Majorat, 14.10.2021–31.05.2022 r., 41 860,91 PLN – kierownik. Projekt zrealizowany.

### **3. Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych**

#### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Brak

#### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

#### **Przyznane patenty na wynalazki – Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej**

III.3.1. Sposób krioprezerwacji pąków wierzchołkowych *Lamprocapnos spectabilis* (L.) Fukuhara ‘Alba’ z wykorzystaniem nanocząstek srebra, złota i miedzi

Numer zgłoszenia P.433826. Data zgłoszenia 05.05.2020 r. Numer patentu **Pat.242474**. Data udzielenia ochrony 27.02.2023 r. WUP 09/2023.

Twórcy: Dariusz Kulus, **Alicja Tymoszuik**

Uprawniony z patentu: Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

(MNiSW<sub>2023</sub> 75 pkt.)

*Wynalazek nagrodzony Złotym Medalem Gold Award E-NNOVATE 2022 oraz pucharem Grand Prix E-NNOVATE podczas 3. Edycji Targów Wynalazków i Innowacji E-NNOVATE 2022 EDITION: International Innovation & Invention Show, IBS GLOBAL Organizer, Bydgoszcz, 08–10.06.2022 r.*

III.3.2. Sposób stymulacji kiełkowania nasion cebuli z wykorzystaniem tlenku cynku lub nanocząstek tlenku cynku w suspensji wodnej

Numer zgłoszenia P.434303. Data zgłoszenia 15.06.2020 r. Numer patentu **Pat.243383**. Data udzielenia ochrony 21.08.2023 r. WUP 34/2023.

Twórcy: **Alicja Tymoszek**, Jacek Wojnarowicz

Uprawniony z patentu: Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

(MNiSW<sub>2023</sub> 75 pkt.)

III.3.3. Podłoże bezglebowe do aklimatyzacji i ukorzenia roślin oraz sposób wytwarzania podłoża

Numer zgłoszenia P.432950. Data zgłoszenia 19.02.2020 r. Numer patentu **Pat.244211**. Data udzielenia ochrony 18.12.2023 r. WUP 51/2023.

Twórcy: Natalia Miler, **Alicja Tymoszek**, Anita Woźny

Uprawniony z patentu: Vitroflora Grupa Producentów Sp. z o.o., Trzęsacz

(MNiSW<sub>2023</sub> 75 pkt.)

III.3.4. Sposób dezynfekcji powierzchniowej eksplantatów wierzchołkowych i węzłowych roślin

Numer zgłoszenia P.433731. Data zgłoszenia 28.04.2020 r. Numer patentu **Pat.244491**. Data udzielenia ochrony 05.02.2024 r. WUP 06/2024.

Twórcy: **Alicja Tymoszek**, Magdalena Tomaszewska-Sowa, Piotr Wojewódzki

Uprawniony z patentu: Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

(MNiSW<sub>2024</sub> 75 pkt.)

### **Zgłoszenia wynalazków w trakcie postępowania – Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej**

III.3.5. Sposób wytwarzania i stymulacji kiełkowania *in vitro* i *ex vitro* sztucznych nasion ziemniaka i chryzantemy z wykorzystaniem nanocząstek cynku lub tlenku cynku

Numer zgłoszenia P.442418. Data zgłoszenia 30.09.2022 r.

Twórcy: Dariusz Kulus, **Alicja Tymoszek**

Zgłaszający: Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

*Zgłoszenie nagrodzone Złotym Medalem Gold Award E-NNOVATE 2023 podczas 4. Edycji Targów Wynalazków i Innowacji E-NNOVATE 2023 EDITION: International Innovation & Invention Show, IBS GLOBAL Organizer, Bydgoszcz, 30–31.05.2023 r.*

III.3.6. Sposób stymulacji wzrostu siewek pomidora i rzodkiewki w warunkach kultury *in vitro* z zastosowaniem pożywki wzrostowej z dodatkiem biowęgla

Numer zgłoszenia P.442420. Data zgłoszenia 30.09.2022 r.

Twórcy: **Alicja Tymoszek**, Piotr Wojewódzki

Zgłaszający: Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

*Zgłoszenie nagrodzone Złotym Medalem Gold Award E-NNOVATE 2023 oraz Złotym Medalem Uniwersytetu Stefana Suceava w Rumunii podczas 4. Edycji Targów Wynalazków i Innowacji*

*E-NOVATE 2023 EDITION: International Innovation & Invention Show, IBS GLOBAL Organizer, Bydgoszcz, 30–31.05.2023 r.*

III.3.7. Sposób stymulacji wzrostu *in vitro* pędów bocznych chryzantemy wielkokwiatowej z zastosowaniem pożywki z dodatkiem tlenu cynku, nanocząstek tlenu cynku lub nanocząstek tlenu cynku i nanocząstek srebra

Numer zgłoszenia P.445347. Data zgłoszenia 23.06.2023 r.

Twórcy: **Alicja Tymoszek**, Urszula Szałaj, Jacek Wojnarowicz

Zgłaszający: Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

III.3.8. Sposób ograniczania wzrostu grzybni patogenów roślinnych z gatunków *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* oraz *Fusarium oxysporum* z zastosowaniem tlenu cynku lub nanocząstek tlenu cynku

Numer zgłoszenia P.445676. Data zgłoszenia 26.07.2023 r.

Twórcy: Jolanta Kowalska, Małgorzata Antkowiak, Joanna Krzywińska, Urszula Szałaj, Jacek Wojnarowicz, **Alicja Tymoszek**

Zgłaszający: Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań

III.3.9. Sposób ograniczania wzrostu grzybni patogenów roślinnych *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* oraz *Fusarium oxysporum* z zastosowaniem nanocząstek tlenu miedzi

Numer zgłoszenia P.448515. Data zgłoszenia 09.05.2024 r.

Twórcy: Jolanta Kowalska, Małgorzata Antkowiak, Joanna Krzywińska, **Alicja Tymoszek**, Magdalena Osiał

Zgłaszający: Instytut Ochrony Roślin – PIB, Poznań; Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich; Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa

### **Przyznane wyłączne prawa hodowcy do odmiany – COBORU (Rycina 1)**

III.3.10. *Chrysanthemum × morifolium* (Ramat.) Hemsl. – odmiana ‘UTP Burgundy Gold’

Numer wniosku O 2019. Data wniosku 29.03.2019 r. Numer wpisu do Księgi Ochrony Wyłącznego Prawa **O 2426**. Data decyzji 01.04.2020 r.

Twórca: **Alicja Tymoszek**

Uprawniony: Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy

(MNiSW<sub>2020</sub> 50 pkt.)

III.3.11. *Chrysanthemum × morifolium* (Ramat.) Hemsl. – odmiana ‘UTP Pinky Gold’

Numer wniosku O 2020. Data wniosku 29.03.2019 r. Numer wpisu do Księgi Ochrony Wyłącznego Prawa **O 2427**. Data decyzji 01.04.2020 r.

Twórca: **Alicja Tymoszek**

Uprawniony: Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy

(MNiSW<sub>2020</sub> 50 pkt.)

III.3.12. *Chrysanthemum* × *morifolium* (Ramat.) Hemsl. – odmiana ‘UTP Iskierka’

Numer wniosku O 2065. Data wniosku 09.03.2020 r. Numer wpisu do Księgi Ochrony Wyłącznego Prawa O 2471. Data decyzji 25.03.2022 r.

Twórca: Alicja Tymoszuk

Uprawniony: Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

(MNiSW<sub>2022</sub> 50 pkt.)



‘UTP Burgundy Gold’

‘UTP Pinky Gold’

‘UTP Iskierka’

**Rycina 1. Wyhodowane odmiany chryzantemy wielkokwiatowej**

#### **4. Wykaz wdrożonych technologii**

Brak

#### **5. Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców**

Brak

#### **6. Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych**

##### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

Brak

##### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

III.6.1. Członek komisji oceniającej postery podczas XVII Konferencji „Biotechnologia: dziś na Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym, jutro w regionie kujawsko-pomorskim”, Bydgoszcz, 06.06.2019 r.

III.6.2. Przewodnicząca komitetu organizacyjnego konkursu „Komosa ryżowa – superfood – konkurs kulinarny” organizowanego na UTP w Bydgoszczy, 01.03.2021 – 19.06.2021 r.

III.6.3. Członek jury XLIV edycji Olimpiady Wiedzy i Umiejętności Rolniczych, etap centralny 2020/2021, blok ogrodnictwo, UTP w Bydgoszczy, 28–29.05.2021 r.

#### **7. Wykaz projektów artystycznych realizowanych ze środowiskami pozaartystycznymi**

Nie dotyczy

#### IV. DANE NAUKOMETRYCZNE

##### 1. Impact Factor (w dziedzinach i dyscyplinach, w których parametr ten jest powszechnie używany jako wskaźnik naukometryczny) oraz liczba punktów MNiSW

- IF = 98,805 (zgodnie z rokiem ukazania się prac)
- MNiSW = 3862 (zgodnie z rokiem ukazania się prac)

##### 2. Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań

- wg bazy Web of Science: 383 (310 bez autocytowań)
- wg bazy Scopus: 447 (341 bez autocytowań)

##### 3. Indeks Hirscha

- wg bazy Web of Science: 12
- wg bazy Scopus: 12

Bydgoszcz, 13.12.2024 r.

.....  
*Alicja Tymoszek*  
(podpis wnioskodawcy)