

Piotr Salachna

AUTOREFERAT

**Potencjał biopolimerowych otoczek w optymalizacji uprawy
wybranych gatunków *Eucomis* i *Ornithogalum***

Szczecin 2018

1. Imię i nazwisko: **PIOTR SALACHNA**

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe:

Stopień doktora nauk rolniczych w zakresie ogrodnictwa, 7.04.2006 r., Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Akademia Rolnicza w Szczecinie. Rozprawa doktorska pt. „Wpływ niektórych czynników uprawowych na wzrost i plonowanie frezji (*Freesia Eckl. ex Klatt.*)”. Promotor: prof. dr hab. Ludmiła Startek. Recenzenci: prof. dr hab. Maria Kamińska (Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa), dr hab. Stanisława Szczepaniak (Akademia Rolnicza w Poznaniu)

Tytuł magistra inżyniera ogrodnictwa w zakresie rośliny ozdobne, 26.06.2001 r., Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Akademia Rolnicza w Szczecinie. Praca magisterska pt. „Metody intensywnego rozmnażania błonczatki (*Hymenocallis* sp.)”. Promotor: prof. dr hab. Kazimierz Mynett

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

od 1.09.2007 r. – do chwili obecnej: adiunkt w Katedrze Roślin Ozdobnych, Akademia Rolnicza w Szczecinie, od 2009 r. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie; od 2013 r. Katedra Ogrodnictwa

od 1.09.2006 r. do 31.08.2007 r.: asystent w Katedrze Roślin Ozdobnych, Akademia Rolnicza w Szczecinie

od 25.05.2006 r. do 31.08.2006 r.: asystent ½ etatu w Katedrze Roślin Ozdobnych, Akademia Rolnicza w Szczecinie

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego/ artystycznego:

Osiągnięciem, stanowiącym podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego, jest cykl czterech prac naukowych powiązanych tematycznie, ujętych pod wspólnym tytułem:

**Potencjał biopolimerowych otoczek w optymalizacji uprawy
wybranych gatunków *Eucomis* i *Ornithogalum***

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, według roku wydania, nazwa wydawnictwa)

H.1. Salachna P. (90%), Zawadzińska A. 2015. Comparison of morphological traits and mineral content in *Eucomis autumnalis* (Mill.) Chitt. plants obtained from bulbs treated with fungicides and coated with natural polysaccharides. Journal of Ecological Engineering 16, 136-142. [12 punktów*; IF = 0**]

H.2. Salachna P. (75%), Grzeszczuk M., Soból M. 2017. Effects of chitooligosaccharide coating combined with selected ionic polymers on the stimulation of *Ornithogalum saundersiae* growth. Molecules 22(11), 1903 [30 punktów; IF = 2,861]

H.3. Salachna P. (80%), Mizielińska M., Soból M. 2018. Exopolysaccharide gellan gum and derived oligo-gellan enhance growth and antimicrobial activity in *Eucomis* plants. Polymers 10(3), 242 [40 punktów; IF = 4,330]

H.4. Salachna P. (75%), Grzeszczuk M., Meller E., Soból M. 2018. Oligo-alginate with low molecular mass improves growth and physiological activities in *Eucomis autumnalis* under salinity stress. Molecules 23(4), 812 [30 punktów; IF = 2,988]

Suma punktów: **112**

Sumaryczny **IF = 10,179**

*Liczbę punktów za publikację podano wg roku opublikowania na podstawie wykazu czasopism naukowych MNiSW; w przypadku braku danych (lata 2017 i 2018) podano liczbę punktów wg listy MNiSW „Ujednolicony wykaz czasopism naukowych za lata 2013-2016” z dnia 26 stycznia 2017 r.

** Sumaryczny Impact Factor (IF) wg bazy Journal Citation Reports (JCR) podano zgodnie z rokiem ukazania się pracy; w przypadku braku danych (2018 r.) podano aktualny sumaryczny 5 – letni Impact Factor (IF)

Oświadczenia wszystkich współautorów określające indywidualny wkład każdego z nich w powstanie publikacji stanowią załącznik 6. wniosku.

Osiągnięcie pod tytułem „**Potencjał biopolimerowych otoczek w optymalizacji uprawy wybranych gatunków *Eucomis* i *Ornithogalum***” będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego stanowi cykl czterech oryginalnych artykułów z lat 2015-2018, przedstawiających wyniki interdyscyplinarnych badań:

H.1. Salachna P., Zawadzińska A. 2015. Comparison of morphological traits and mineral content in *Eucomis autumnalis* (Mill.) Chitt. plants obtained from bulbs treated with fungicides and coated with natural polysaccharides. *Journal of Ecological Engineering* 16(2), 136-142. [12 punktów; IF = 0]

Mój wkład w powstanie tej pracy, jako autora wiodącego i korespondencyjnego, obejmował sformułowanie problemu badawczego, stworzenie koncepcji badań, zdobycie funduszy na badania, założenie i prowadzenie doświadczenia, przeprowadzenie analiz statystycznych danych, opracowanie i interpretację wyników, opracowanie graficzne, napisanie pierwszej wersji manuskryptu oraz prac nad jego kolejnymi wersjami, ustosunkowanie się do recenzji, korektę drukarską. Mój udział procentowy szacuję na 90%.

H.2. Salachna P., Grzeszczuk M., Soból M. 2017. Effects of chitoooligosaccharide coating combined with selected ionic polymers on the stimulation of *Ornithogalum saundersiae* growth. *Molecules* 22(11), 1903 [30 punktów; IF = 2,861]

Mój wkład w powstanie tej pracy, jako autora wiodącego i korespondencyjnego, obejmował sformułowanie problemu badawczego, stworzenie koncepcji badań, zdobycie funduszy na badania, stworzenie interdyscyplinarnego zespołu prowadzącego badania i zarządzanie nim, założenie i prowadzenie doświadczenia, przeprowadzenie analiz statystycznych danych, opracowanie i interpretację wyników, opracowanie graficzne, napisanie pierwszej wersji manuskryptu oraz prac nad jego kolejnymi wersjami, ustosunkowanie się do recenzji, korektę drukarską. Mój udział procentowy szacuję na 75%.

H.3. Salachna P., Mizielińska M., Soból M. 2018. Exopolysaccharide gellan gum and derived oligo-gellan enhance growth and antimicrobial activity in *Eucomis* plants. *Polymers* 10(3), 242 [40 punktów; IF = 4,330]

Mój wkład w powstanie tej pracy, jako autora wiodącego i korespondencyjnego, obejmował sformułowanie problemu badawczego, stworzenie koncepcji badań, zdobycie funduszy na badania, stworzenie interdyscyplinarnego zespołu prowadzącego badania i zarządzanie nim, założenie i prowadzenie doświadczenia, przeprowadzenie analiz statystycznych danych, opracowanie i interpretację wyników, opracowanie graficzne, napisanie pierwszej wersji manuskryptu oraz prac nad jego kolejnymi wersjami, ustosunkowanie się do recenzji, korektę drukarską. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

H.4. Salachna P., Grzeszczuk M., Soból M., Meller E. 2018. Oligo-alginate with low molecular mass improves growth and physiological activities in *Eucomis autumnalis* under salinity stress. *Molecules* 23(4), 812 [30 punktów; IF = 2,988]

Mój wkład w powstanie tej pracy, jako autora wiodącego i korespondencyjnego, obejmował sformułowanie problemu badawczego, stworzenie koncepcji badań, zdobycie funduszy na badania, stworzenie interdyscyplinarnego zespołu prowadzącego badania i zarządzanie nim, założenie i prowadzenie doświadczenia, przeprowadzenie analiz statystycznych danych, opracowanie i interpretację wyników, opracowanie graficzne, napisanie pierwszej wersji manuskryptu oraz prac nad jego kolejnymi wersjami, ustosunkowanie się do recenzji, korektę drukarską. Mój udział procentowy szacuję na 75%.

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

Moje zainteresowania naukowe od początku koncentrowały się wokół cebulowych i bulwiastych roślin ozdobnych oraz możliwości wykorzystania w ich uprawie przyjaznych środowisku biopolimerów. Mając na uwadze, że warunkiem rozwoju ogrodnictwa jest **wprowadzanie nowoczesnych i przyjaznych środowisku rozwiązań w technologii produkcji, a także poszerzanie asortymentu o nowe, atrakcyjne taksony** zainicjowałem pierwsze w Polsce badania nad mało poznanymi gatunkami roślin cebulowych z rodzajów *Eucomis* i *Ornithogalum* (rodzina *Asparagaceae*). Równolegle pracowałem w zespole badawczym nad wynalazkiem „**Sposób wytwarzania otoczek hydrożelowych na powierzchni organów roślinnych**”, który został z powodzeniem opatentowany (Bartkowiak i in. 2008). W latach 2011-2014 kierowałem naukowym projektem własnym NCN nr N N310 777840 „Zastosowanie biopolimerów w uprawie, rozmnażaniu i przechowywaniu cebul eukomis jesiennej i śniedka Saundersa”, którego część wyników wykorzystałem do przygotowania prac stanowiących podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Popyt na rośliny ozdobne stale rośnie w wyniku wzrostu poziomu życia ludności wielu krajów. Szacuje się, że globalna wartość samych tylko roślin cebulowych i bulwiastych wynosi jeden miliard dolarów w skali roku (Benschop i in. 2010). Asortyment roślin cebulowych jest wciąż wzbogacany, gdyż nowości cieszą się zainteresowaniem i uzyskuje się za nie wyższe ceny. Wciąż mało poznanym, a bardzo atrakcyjnym jest rodzaj *Eucomis* obejmujący kilkanaście endemicznych gatunków występujących na terenie południowoafrykańskich krajów (Duncan 2013). Rośliny mają oryginalne kwiatostany zbudowane z małych, gwiazdkowatych kwiatów barwy białej, kremowej, białozielonej,

żółtozielonej, różowej lub fioletowej. Po kwitnieniu rośliny są nadal dekoracyjne z powodu zielonych lub purpurowych owoców-torebek. Gatunki i odmiany *Eucomis* uprawia się na rabatach, w doniczkach i na kwiat cięty (Carlson i in. 2015, Salachna i Byczyńska 2017, Salachna i Zawadzińska 2017). W Afryce Południowej gatunki *Eucomis* od dawna należą do najważniejszych roślin leczniczych i wykazują wielokierunkową aktywność m.in. przeciwzapalną, bakteriobójczą, grzybobójczą i cytostatyczną (Koorbanally i in. 2006). Najbardziej poznany pod kątem działania biologicznego jest gatunek *E. autumnalis*; warte uwagi są również nieznane szerzej *E. bicolor* i *E. comosa*. Z powodu nadmiernego pozyskiwania cebul dla celów leczniczych gatunki *Eucomis* w naturze zagrożone są wyginięciem, dlatego poszukuje się wydajnych metod reprodukcji roślin, a także różnych substancji stymulujących ich wzrost (Taylor i Van Staden 2001, Masondo i in. 2014, Salachna i in. 2015). **W przypadku wprowadzania na rynek mało poznanych gatunków bardzo wartościowe dla praktyki są informacje na temat ich uprawy i zastosowania. Biorąc pod uwagę potencjał roślin z rodzaju *Eucomis* w ogrodnictwie i etnomedycynie zasadne jest prowadzenie badań nad optymalizacją ich produkcji oraz oceną aktywności biologicznej taksonów, które nie zostały jeszcze dostatecznie poznane.**

Cenną grupą roślin cebulowych, którą warto na stałe włączyć do oferty rynkowej jest rodzaj *Ornithogalum* obejmujący ponad sto gatunków. Szczególnie interesującym jest *O. saundersiae* naturalnie występujący w Suazi oraz w północnej RPA (Duncan 2013). *O. saundersiae* ma białe kwiaty z charakterystyczną czarnooliwkową załącznią, zebrane po kilkadziesiąt w okazałe kwiatostany osadzone na długich, bezlistnych szypułach. Kwiatostany cechują się bardzo dobrą trwałością pozbiorną i są poszukiwanym towarem na rynku kwiatów ciętych (Kariuki i Kako 1999). Możliwa jest również uprawa gatunku w doniczkach z wykorzystaniem retardantów (Salachna i Zawadzińska 2013). *O. saundersiae* uprawiany w gruncie długo kwitnie, polecany jest do ogrodów i na tereny zieleni, w tym zurbanizowane, gdyż znosi zasolenie (Salachna i in. 2016). Cebule *O. saundersiae* są ważnym surowcem w badaniach farmakologicznych ze względu na zawartość w tkankach specyficznych metabolitów, w tym saponiny OSW-1 o niebywale silnej aktywności cytotoksycznej przeciwko różnym liniom komórek nowotworowych (Iguchi i in. 2017). **Opracowanie bezpiecznych dla środowiska naturalnego metod uprawy *O. saundersiae* może przyczynić się do popularyzacji gatunku wśród producentów roślin ozdobnych i leczniczych.**

Obecnie w rolnictwie i ogrodnictwie duże zainteresowanie budzą biostymulatory obejmujące różnorodne substancje i mikroorganizmy, które stosowane są w celu zwiększenia

wzrostu roślin oraz poprawy jakości ich plonu (Yakhin i in. 2017). Ocenia się, że wartość tego rodzaju produktów na rynku ogólnoświatowym w 2018 roku osiągnie ponad dwa miliardy dolarów (Calvio i in. 2014). **Szerokie zapotrzebowanie na naturalne biostymulatory skłania do poszukiwania nowych, alternatywnych źródeł substancji o wysokiej aktywności biologicznej.** Naturalne polisacharydy to związki wykazujące wielokierunkowe działanie w stosunku do roślin; są przy tym biodegradowalne, biokompatybilne, nietoksyczne, reaktywnie bioaktywne i niedrogie. **Szczególną uwagę zwraca się na zdepolimeryzowane polisacharydy, które cechują się wyższą skutecznością biologiczną w porównaniu z produktami, z których zostały pozyskane** (Aftab i in. 2014, Dzung i in. 2017). Może być to związane z niską masą cząsteczkową oligomerów, która wydaje się jednym z ważniejszych czynników wpływających na bioaktywność wielu modyfikowanych polisacharydów (Zou i in. 2017). **Pochodne polisacharydów o różnej masie cząsteczkowej, a zatem o zróżnicowanych właściwościach fizykochemicznych mogą wpływać w różnym stopniu na wzrost roślin i ich aktywność fizjologiczną.** Należy mieć także na uwadze, że działanie polisacharydów w dużym stopniu zależy od genotypu, stężenia, sposobu aplikacji, a także współdziałania wielu czynników zewnętrznych, jak warunki klimatyczne czy właściwości gleby (Cabrera i in. 2013).

Przykładem popularnego polisacharydu o właściwościach biostymulujących jest chitozan na skalę przemysłową otrzymywany w procesie de-*N*-acetylacji chityny (Malerba i Cerana 2016). Związek ten wpływa na wzrost i rozwój roślin, reguluje procesy fizjologiczne i metaboliczne, ponadto indukuje odporność na choroby i stresy (Cabrera i in. 2013, Dzung i in. 2017, Salachna 2017). Chitozan w praktyce jest aplikowany w formie roztworu do opryskiwania i podlewania roślin, a także w postaci hydrożeli do otoczkowania nasion lub bulw, przy czym hydrożele z „czystego” chitozanu mają niską wytrzymałość (Wyrębska i in. 2014). **Rozwiązaniem problemu może być stosowanie chitozanu w formie kompleksów polielektrolitowych z wykorzystaniem polimerów o charakterze jonowym (np. alginian sodu).** Alginiany to naturalnie występujące polisacharydowe kopolimery produkowane przez brunatnice (*Phaeophyceae*) i niektóre gatunki bakterii. Udowodniono, że alginian sodu (szczególnie w zdepolimeryzowanej formie) pozytywnie wpływa na wzrost i jakość plonu roślin, a także zwiększa ich tolerancję na suszę i toksyczny wpływ metali ciężkich (Idrees i in. 2016). **Można przypuszczać, że pochodne alginianu sodu mogą łagodzić także inne stresy, w tym zasolenie.** W literaturze na ten temat nie ma doniesień. Innym przykładem jonowych polimerów wykorzystywanych w celu stymulacji wzrostu roślin są ekstrahowane z krasnorostów karageny i otrzymywane z nich oligosacharydy. Związki te mogą promować

wzrost roślin i rozwój systemu korzeniowego, podnosić aktywność fotosyntetyczną, zwiększać zawartość składników pokarmowych i metabolitów (Abad i in. 2016, Singh i in. 2017). Wśród naturalnych biopolimerów znana jest również guma gellanowa, rozpuszczalny w wodzie anionowy polisacharyd wytwarzany w wyniku fermentacji tlenowej przez bakterie *Sphingomonas elodea*. Dotychczasowe badania poświęcone wpływowi gumy gellanowej na wzrost roślin dotyczą niemal wyłącznie badań w warunkach *in vitro*. Guma gellanowa stosowana w mikrorozmnażaniu, jako alternatywa dla agaru, pozytywnie wpływa na potencjał regeneracyjny niektórych roślin, co może wskazywać na jej biostymulujące działanie (Masondo i in. 2015, Lelu-Walter i in. 2017). **Jak dotąd nie jest poznany wpływ zdegradowanej gumy gellanowej na wzrost i rozwój roślin.**

Biostymulatory aplikowane są często w formie wielokrotnego opryskiwania lub podlewania roślin, co wiąże się z pracochłonnością. **Rozwiązaniem problemu może być stosowanie bioregulatorów w formie hydrożelowych otoczek formowanych na powierzchni organów roślinnych.** Jest to opatentowana metoda (Bartkowiak i in. 2008), oparta na kompleksach polielektrolitowych z wykorzystaniem naturalnych i chemicznie modyfikowanych biopolimerów. Sposób polega na tym, że materiał biologiczny poddaje się w pierwszym etapie działaniu małowcząsteczkowego jonowego związku żelującego (np. oligomeryczne substancje o charakterze kationowym), a następnie po wysuszeniu wprowadza się go do wodnego roztworu polielektrolitu posiadającego zdolność do żelowania (biopolimery o charakterze jonowym). **Tego typu otoczki mogą pozytywnie wpływać na wzrost roślin, przy czym brakuje badań z zakresu oceny skuteczności działania różnych biopolimerów, jako komponentów otoczek.** Do tej pory ozdobne rośliny cebulowe nie były obiektem w żadnych badaniach naukowych dotyczących zastosowania otoczek biopolimerowych.

Hipotezą badawczą, którą postanowiłem zweryfikować w ramach proponowanego osiągnięcia habilitacyjnego było stwierdzenie, że biopolimery i ich pochodne, stosowane w formie otoczek, stymulują wzrost, kwitnienie i aktywność biologiczną wybranych gatunków *Eucomis* i *Ornithogalum*. Szczegółowe cele badawcze były następujące:

- określenie wpływu otoczek zawierających oligochitozan i jonowe biopolimery na wzrost, kwitnienie, zawartość składników mineralnych oraz niektóre parametry fizjologiczne roślin *Eucomis autumnalis* i *Ornithogalum saundersiae*
- poznanie reakcji *Eucomis bicolor* i *Eucomis comosa* na zastosowanie w formie otoczek gumy gellanowej i jej pochodnych, jako potencjalnych bioregulatorów wzrostu

- ustalenie wpływu otoczkowania cebul w alginianie sodu o zróżnicowanym ciężarze cząsteczkowym na wzrost *Eucomis autumnalis* oraz ocena efektywności działania pochodnych polimeru w warunkach stresu solnego.

Zastosowanie otoczek zawierających oligochitozan i wybrane jonowe biopolimery w uprawie Eucomis autumnalis i Ornithogalum saundersiae

Prace badawcze dotyczące oceny przydatności biopolimerowych otoczek hydrożelowych w uprawie roślin cebulowych rozpocząłem od zastosowania oligochitozanu i alginianu sodu. Związki te tworzą kompleksy polielektrolitowe dzięki wiązaniom jonowym występujących między grupami funkcyjnymi dodatnio naładowanego chitozanu (polikation) oraz ujemnie naładowanego alginianu (polianion). **Brak danych na temat synergistycznego wpływu pochodnych chitozanu i alginianu sodu na wzrost roślin skłoniło mnie do podjęcia badań w tym zakresie.**

W doświadczeniu (praca **H.1.**) porównałem wzrost, kwitnienie oraz zawartość składników mineralnych u roślin *Eucomis autumnalis* otrzymanych z cebul otoczkowanych w biopolimerach (oligochitozan 0,2% + alginian sodu 1%), zaprawianych w fungicydach (Kaptan 1,0% + Topsin 0,7%) oraz nie traktowanych (wariant kontrolny). Aktualnie dąży się do tego, aby pochodne polisacharydów posiadały bogatą charakterystykę fizykochemiczną, pozwalającą na ustalenie zależności między strukturą chemiczną tych związków a ich aktywnością biologiczną. W badaniach parametry chitozanu oraz pochodnych określono za pomocą techniki wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) w Centrum Bioimmobilizacji i Innowacyjnych Materiałów Opakowaniowych ZUT Szczecin. Otrzymany na drodze kontrolowanej degradacji wolnorodnikowej oligochitozan charakteryzował się ciężarem cząsteczkowym (M_w) 48 000 g mol⁻¹ i średnim stopniem deacetylacji (DD) 85%. Po raz pierwszy wykazano, że otoczkowanie cebul w biopolimerach wpływa stymulująco na wysokość roślin, długość i liczbę liści, indeks zazielenienia (SPAD), liczbę kwiatów w kwiatostanie, a także świeżą masę części nadziemnej i cebul. Zaprawianie cebul *E. autumnalis* w fungicydach wpłynęło pozytywnie na liczbę liści, indeks zazielenienia i świeżą masę części nadziemnej, przy czym efekt ten był słabszy w porównaniu do otoczkowania. Na podstawie uzyskanych analiz wykazano, że najwięcej azotu, potasu i boru zawierały liście i cebule roślin traktowanych oligochitozanem i alginianem sodu. Zwiększona zawartość wymienionych pierwiastków świadczy, że rośliny uzyskane z cebul otoczkowanych lepiej wykorzystują składniki pokarmowe z podłoża, co może pozytywnie wpływać na ich wzrost.

Istnieją doniesienia, że chitozan stymuluje rozwój systemu korzeniowego i polepsza efektywność pobierania przez korzenie wody i składników mineralnych (Chatelain i in. 2014). Z kolei sole kwasu alginowego łączą się z jonami metali w glebie tworząc kompleksy absorbujące wilgoć i polepszające strukturę podłoża w strefie korzeniowej. Skutkuje to lepszym napowietrzeniem, co z kolei korzystnie wpływa na wzrost korzeni i lepsze wykorzystanie przez rośliny soli mineralnych (Guilherme i in. 2015).

Otrzymane wyniki wskazują, że kompleksy złożone z oligochitozanu i alginianu sodu można stosować do otoczkowania cebul *Eucomis autumnalis* w celu stymulacji wzrost roślin, uzyskania lepszej jakości kwiatostanów i zwiększenia zawartości wybranych składników pokarmowych. Otoczkowanie cebul w oligochitozanie i alginianie sodu może być polecane w programach zrównoważonej uprawy, gdzie szczególnie nacisk kładzie się na ograniczenie zużycia pestycydów i wysokich dawek nawozowych wywierających negatywny wpływ na środowisko.

Uzyskane wyniki (praca H.1.) zainspirowały mnie do poszerzenia badań nad wykorzystaniem w uprawie roślin cebulowych otoczek zawierających oligochitozan i inne jonowe biopolimery. Nowym obiektem badawczym był gatunek *Ornithogalum saundersiae*. W trzyletnim doświadczeniu (praca H.2.) do otoczkowania cebul zastosowałem oligochitozan oraz alginian sodu, iota-karagen, gumę gellanową lub ksantan. Określiłem wpływ czterech typów otoczek na cechy morfologiczne roślin, kwitnienie, skład mineralny liści, zawartość chlorofilu *a*, chlorofilu *b*, chlorofilu ogółem, karotenoidów, kwasu L-askorbinowego, polifenoli ogółem oraz aktywność antyoksydacyjną (DPPH). Oznaczenia wybranych parametrów aktywności fizjologicznej roślin były ważnym elementem badań, gdyż określenie roli biostymulatorów w uprawie roślin powinno być badane kompleksowo. Wykazano stymulujące działanie wszystkich testowanych otoczek na wysokość roślin, liczbę kwiatów w kwiatostanie, długość pędów kwiatostanowych, zawartość w liściach chlorofilu ogółem, polifenoli, a także azotu, potasu, fosforu, boru i żelaza. Otoczkowanie cebul przyspieszyło kwitnienie roślin średnio o 8-12 dni w zależności od typu otoczki. Spośród ocenianych otoczek najsilniejszą stymulację wzrostu obserwowano u roślin uzyskanych z cebul traktowanych oligochitozanem i gumą gellanową. Rośliny te najwcześniej rozpoczynały kwitnienie, miały najdłuższe pędy kwiatostanowe i najwięcej kwiatów w kwiatostanie. Ponadto charakteryzowały się największym plonem cebul, najwyższą aktywnością antyoksydacyjną oraz największą zawartością w liściach chlorofilu *a*, chlorofilu *b*, karotenoidów, polifenoli ogółem, kwasu L – askorbinowego, fosforu, potasu, cynku i manganu. Obserwowane w badaniach zwiększone parametry wzrostu roślin mogą być

efektem wyższej wydajności fotosyntezy i lepszego zaopatrzenia roślin w składniki odżywcze. Można przypuszczać, że korzystny wpływ gumy gellanowej na wzrost i metabolizm roślin wynika z faktu, iż polimer charakteryzuje się wysoką aktywnością enzymatyczną i zawiera rozpuszczalne w wodzie substancje o działaniu hormonalnym, makroelementy, kwas glikuronowy, ramnozę i glukozę (Scherer i in. 1988, Hadrami i in. 1993, Chevreau i in. 1997).

Podsumowując, należy podkreślić, że pozytywny wpływ otoczek na wzrost *Ornithogalum saundersiae* silnie zależy od rodzaju kompleksów biopolimerowych. Szczególnie guma gellanowa zastosowana wraz z oligochitozanem w formie otoczek polimerowych ma wielokierunkowe, pozytywne działanie na wzrost roślin i może być stosowana jako potencjalny biostymulator.

Zastosowanie otoczek zawierających gumę gellanową i oligogellan w uprawie *Eucomis bicolor* i *Eucomis comosa*

Wyniki uzyskane w trakcie doświadczenia (praca **H.2.**) były punktem wyjścia do podjęcia badań nad szerszą oceną gumy gellanowej w uprawie roślin. Szczególnie interesujące było uzyskanie zdegradowanych pochodnych gumy gellanowej i porównanie obu związków pod kątem działania biologicznego. Przeprowadziłem badania określające wpływ niepolimeryzowanej i zdepolimeryzowanej gumy gellanowej, aplikowanej w formie otoczek, na wzrost, wybrane parametry fotosyntezy i zawartość składników pokarmowych w liściach *Eucomis bicolor* i *Eucomis comosa* (praca **H.3.**). Istotne dla mnie było również sprawdzenie aktywności mikrobiologicznej obu gatunków traktowanych badanymi związkami. Zarówno *E. bicolor* jak i *E. comosa* nie są szerzej poznane pod kątem uprawy i właściwości mikrobiologicznych. W wyniku hydrolizy kwasowej z gumy gellanowej o M_w 1 000 000 g mol⁻¹ otrzymano oligogellan o M_w 56 000 g mol⁻¹. Ocenę właściwości fizykochemicznych testowanych związków oparto na nowoczesnych metodach wysokosprawnej chromatografii wykluczenia (HPSEC) oraz mikrospektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR). Stwierdzono, że rośliny otrzymane z cebul otoczkowanych w gumie gellanowej i oligogellanie miały dłuższe liści i kwiatostany, szybciej rozpoczynały kwitnienie oraz cechowały się zwiększoną świeżą masą liści i cebul w porównaniu do roślin kontrolnych. W wyniku otoczkowania cebul wykazano u roślin zwiększone wartości głównych parametrów aktywności wymiany gazowej (intensywność fotosyntezy netto, natężenie transpiracji, przewodnictwo szparkowe), wyższy indeks zazielenienia liści, a także większą zawartość w

liściach azotu, fosforu, potasu i boru. Wykazano ponadto, że 50% acetonowe ekstrakty uzyskane z cebul traktowanych biopolimerami miały silniejszą aktywność antimikrobiologiczną w stosunku do szczepów bakterii Gram-dodatnich (*Bacillus atrophaeus*, *Staphylococcus aureus*) i Gram-ujemnych (*Escherichia coli*). Niezależnie od zastosowanych otoczek, spośród badanych mikroorganizmów wyższą wrażliwość na zastosowane ekstrakty roślinne wykazały szczepy *B. atrophaeus* i *S. aureus*. Szczepy bakterii *E. coli* jedynie w niewielkim stopniu były wrażliwe na działanie ekstraktów. Można przypuszczać, że stymulacyjne działanie gumy gellanowej i oligogellanu na wzrost i kwitnienie roślin może wynikać między innymi z wykazanej wyższej sprawności aparatu fotosyntetycznego i lepszego zaopatrzenia roślin w składniki odżywcze. Z kolei silniejsze działanie mikrobiologiczne ekstraktów uzyskanych z cebul *Eucomis* traktowanych biopolimerami może wiązać się z korzystnym wpływem gumy gellanowej na zawartość polifenoli i aktywność antyoksydacyjną, co wykazano u roślin *O. saundersiae* (praca H.2.)

Postawiono pytanie, czy oligogellan ma silniejsze biologiczne działanie niż guma gellanowa. **Jak się okazało, zarówno guma gellanowa, jak i oligogellan były skuteczne w stymulacji wzrostu obu gatunków *Eucomis*, ale pod wpływem oligogellanu rośliny cechowały się większą świeżą masą liści i cebul, wcześniejszym kwitnieniem i większą zawartością potasu.** Należy podkreślić, że nie było dotąd badań, które opisywałyby wpływ gumy gellanowej na wzrost i aktywność fizjologiczną roślin w modelu doświadczalnym *in vivo*. Ponadto po raz pierwszy na świecie zbadano potencjał oligogellanu - pochodnej gumy gellanowej, w zakresie stymulacji wzrostu roślin.

Wyniki, jakie uzyskałem pozwalają wnioskować, że otoczkowanie cebul w gumie gellanowej i oligogellanie umożliwia skrócenie cyklu produkcji i uzyskanie lepszej jakości roślin *E. bicolor* i *E. comosa*, o zwiększonych właściwościach antybakteryjnych. Oligogellan ma silniejszy wpływ na przyrost świeżej masy liści i cebul niż guma gellanowa, co ma szczególne znaczenie dla gospodarstw reprodukujących cebule roślin ozdobnych oraz dla przemysłu farmaceutycznego. Wyniki analiz mikrobiologicznych pozwalają na poszerzenie wiedzy na temat oceny właściwości przeciwdrobnoustrojowej ekstraktów z cebul *E. bicolor* i *E. comosa*.

*Zastosowanie otoczek zawierających oligoalginian w uprawie *Eucomis autumnalis* w warunkach stresu solnego*

Biorąc pod uwagę duże zainteresowanie alginianem sodu i jego pochodnymi jako związków regulujących wzrost roślin, jak również fakt, że polisacharyd ten nie był dotychczas stosowany w celu zwiększenia tolerancji roślin na zasolenie, zrealizowałem badania mające na celu poznanie wpływu zdegradowanego alginianu sodu o różnej masie cząsteczkowej oraz stresu solnego na wzrost i wybrane parametry aktywności fizjologicznej *Eucomis autumnalis* (praca **H.4.**). W pierwszym etapie doświadczenia zastosowałem do otoczkowania cebul *E. autumnalis* trzy frakcje oligoalginianu o M_w 32 000, 42 000 i 64 000 g mol⁻¹. Oligomery otrzymano na drodze hydrolizy kwasowej, a ich właściwości fizykochemiczne określono posługując się technikami HPSEC oraz FTIR. Zbadano wpływ otoczkownia w oligomerach alginianu sodu na wzrost, kwitnienie, indeks zazielenienia oraz przewodnictwo szparkowe liści. Uzyskane wyniki dowiodły, że pochodne alginianu sodu mają stymulujący wpływ na wzrost roślin. Rośliny traktowane trzema frakcjami alginianu sodu wcześniej rozpoczęły kwitnienie, miały dłuższe liście i kwiatostany. Najsilniejsze stymulujące działanie na wysokość i szerokość roślin, liczbę kwiatów w kwiatostanie oraz indeks zazielenienia liści miało użycie do otoczkowania cebul oligoalginianu o M_w 32 000 g mol⁻¹. W drugim etapie doświadczenia zastosowano następujące traktowania: (I) kontrola; (II) otoczkowanie cebul przed sadzeniem w oligoalginianie; (III) podlewanie roślin roztworem 100 mM NaCl; (IV) otoczkowanie w oligoalginianie i podlewanie roślin roztworem 100 mM NaCl. Zastosowano oligoalginian o M_w 32 000 g mol⁻¹, który najkorzystniej wpłynął na cechy morfologiczne roślin w pierwszym etapie badań. Uzyskane przez mnie wyniki wykazały, że rośliny traktowane oligoalginianem miały wyraźnie zwiększoną świeżą masę części nadziemnej i cebul, zawierały najwięcej chlorofilu *a*, chlorofilu *b*, karotenoidów, związków fenolowych, kwasu L-askorbinowego, a także charakteryzowały się największą aktywnością antyrodnikową (DPPH) w porównaniu do pozostałych wariantów. U roślin uprawianych w warunkach zasolenia zaobserwowano spadek świeżej masy części nadziemnej i cebul, zawartości barwników asymilacyjnych przy jednoczesnym wzroście zawartości polifenoli ogółem, kwasu L-askorbinowego i aktywności antyoksydacyjnej. Ponadto rośliny zasalone charakteryzowały się największą koncentracją w liściach sodu i chloru. Otoczkowanie cebul w oligoalginianie złagodziło skutki stresu wywołanego zasoleniem podłoża. W warunkach zasolenia traktowanie oligoalginianem obniżyło u roślin zawartość sodu i chloru w liściach oraz ograniczyło utratę biomasy, spadek aktywności antyoksydacyjnej, zawartości barwników fotosyntetycznych i kwasu L-askorbinowego. W świetle przedstawionych wyników można wysunąć przypuszczenie, że mechanizm antystresowego działania oligoalginianu polegał na ograniczeniu akumulacji w tkankach liści szkodliwych jonów Cl⁻ i Na⁺, co mogło w efekcie

przyczynić się do mniejszej straty biomasy i ograniczenia spadku zawartości barwników asymilacyjnych. Odnotowana zwiększona zawartość w liściach kwasu L-askorbinowego oraz wyższa aktywność antyrodnikowa sugeruje uruchomienie mechanizmu adaptacyjnego do zaistniałego stresu. Wiadomo, że w warunkach stresu solnego komórki bronią się przed reaktywnymi formami tlenu (RFT) zarówno na drodze nieenzymatycznej, np. poprzez działanie cząsteczek kwasu askorbinowego, jak i zwiększając produkcję enzymów antyoksydacyjnych umożliwiających usuwanie nadmiaru RFT z komórek (Munns i Termaat 1986, Parihar i in. 2015).

Bazując na otrzymanych wynikach z niniejszych badań można stwierdzić, że oligoalginian o niskiej masie cząsteczkowej, stosowany w formie otoczkowania cebul, może być z powodzeniem rekomendowany w uprawie *Eucomis autumnalis* jako bioregulator. Szczególnie silny efekt biostymulujący osiągnięto stosując oligoalginian o masie cząsteczkowej 32 000 g mol⁻¹. Ponadto uzyskane wyniki pozwoliły zasugerować możliwość wykorzystania oligoalginianu o niskiej masie cząsteczkowej do ograniczenia negatywnego wpływu zasolenia w uprawie *E. autumnalis*.

Podsumowanie

Włączone do osiągnięcia naukowego publikacje (H.1.-H.4.) przedstawiają szereg nowych informacji dotyczących możliwości wykorzystania przyjaznych środowisku biopolimerów i ich pochodnych, aplikowanych w formie otoczek hydrożelowych, w celu poprawy wzrostu wybranych gatunków *Eucomis* i *Ornithogalum*. W swoich pracach udowodniłem, że otoczkowanie cebul *E. autumnalis* i *O. saundersiae* w oligochitozanie i jonowych biopolimerach ma stymulujący wpływ na wzrost, kwitnienie oraz efektywność wykorzystania składników pokarmowych. Stwierdziłem, że szczególnie silne działanie biostymulujące w uprawie *O. saundersiae* wykazują otoczki złożone z oligochitozanu i gumy gellanowej, które przyspieszają kwitnienie, pozytywnie wpływają na wzrost roślin i jakość kwiatostanów, podnoszą aktywność antyoksydacyjną, zawartość barwników asymilacyjnych, kwasu L-askorbinowego oraz polifenoli. Elementem nowatorskim wynikającym z moich doświadczeń jest także wskazanie, że guma gellanowa i oligogellan zastosowane do otoczkowania cebul mają pleiotropowe działanie w stosunku do *E. bicolor* i *E. comosa*, co przejawia się stymulacją wzrostu i rozwoju roślin, intensyfikacją procesów wymiany gazowej, zwiększoną akumulacją podstawowych makroskładników oraz silniejszą aktywnością antymikrobiologiczną. Ponadto ustaliłem po raz pierwszy, że otoczkowanie cebul *E. autumnalis* w oligoalginianie o niskiej masie cząsteczkowej wyraźnie stymuluje

wzrost roślin i ogranicza negatywny wpływ zasolenia. Opisane w przedstawionym cyklu prac wyniki nie tylko uzupełniają aktualny stan wiedzy na temat wpływu polisacharydów na wzrost roślin, ale także mogą przyczynić się do polepszenia i popularyzacji uprawy gatunków *Eucomis* i *Ornithogalum* i być wykorzystane w produkcji innych roślin cebulowych.

Literatura

- Abad L.V., Aurigue F.B., Relleve L.S., Montefalcon D.R.V., Lopez G.E.P., 2016. Characterization of low molecular weight fragments from gamma irradiated κ -carrageenan used as plant growth promoter. *Radiat. Phys. Chem.* 118: 75-80.
- Aftab T., Khan M.M.A., Naeem M., Idrees M., Siddiqi T.O., Varshney L., 2014. Effect of irradiated sodium alginate and phosphorus on biomass and artemisinin production in *Artemisia annua*. *Carbohydr. Polym.* 110: 396-404.
- Bartkowiak A., Startek L., Żurawik P., Salachna P., 2008. Sposób wytwarzania otoczek hydrożelowych na powierzchni organów roślinnych. Patent PL Nr 197101.
- Benschop M., Kamenetsky R., Le Nard M., Okubo H., De Hertogh A., 2010. The global flower bulb industry: Production, utilization, research. *Hort. Rev.* 36: 1-115.
- Cabrera J.C., Wégria G., Onderwater R.C.A., González G., Nápoles M.C., Falcón-Rodríguez A.B., Costales D., Rogers H.J., Diosdado E., González S., 2013. Practical use of oligosaccharins in agriculture. *Acta Hort.* 1009: 195-212.
- Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W., 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil* 383: 3-41.
- Carlson A.S., Dole J.M., Whipker B.E., 2015. Plant growth regulator drenches suppress foliage and inflorescence height of 'Leia' pineapple lily. *HortTechnology* 25: 105-109.
- Chatelain P.G., Pintado M.E., Vasconcelos M.W., 2014. Evaluation of chitoooligosaccharide application on mineral accumulation and plant growth in *Phaseolus vulgaris*. *Plant Sci.* 215: 134-140.
- Chevreau E., Mourgues F., Neveu M., Chevalier, M., 1997. Effect of gelling agents and antibiotics on adventitious bud regeneration from in vitro leaves of pear. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 33: 173-179.
- Duncan G.D. 2013. Geophyte research and production in South Africa. Kamenetsky R., Okubo H. (red.) *Ornamental geophytes: From basic science to sustainable production*, Taylor and Francis Group LLC, Boca Raton.
- Dzung P.D., Phu D.V., Du B.D., Ngoc L.S., Duy N.N., Hiet H.D., Hien N.Q., 2017. Effect of foliar application of oligochitosan with different molecular weight on growth promotion and fruit yield enhancement of chili plant. *Plant Prod. Sci.* 20: 389-395.
- El Hadrami I., Housti F., Michaux-Ferrière N., Carron M.P., D'Auzac J., 1993. Effects of gelling agents and liquid medium on embryogenic potential, polyamines and enzymatic factors in browning in *Hevea brasiliensis* calli. *J. Plant Physiol.* 141: 230-233.
- Guilherme M.R., Aouada F.A., Fajardo A.R., Martins A.F., Paulino A.T., Davi M.F., Muniz E.C., 2015. Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review. *Eur. Polym. J.* 72: 365-385.
- Idrees M., Ul Hassan I., Ahmad N.G., Naeem M., Tariq A., Khan M.M.A., Varshney, L. 2016. Functional activities and essential oil production in coriander plants supported with application of irradiated sodium alginate. *Int. J. Appl. Environ. Sci.* 11: 467-474.
- Iguchi T., Kuroda M., Naito R., Watanabe, T., Matsuo Y., Yokosuka A., Mimaki Y. 2017. Structural characterization of cholestane rhamnosides from *Ornithogalum saundersiae* bulbs and their cytotoxic activity against cultured tumor cells. *Molecules* 22: 1243.
- Kariuki W., Kako S., 1999. Growth and flowering of *Ornithogalum saundersiae* Bak. *Sci. Hort.* 81: 57-70.
- Koorbanally C., Crouch N.R., Mulholland D.A. 2006. The phytochemistry and ethnobotany of the southern African genus *Eucomis* (Hyacinthaceae: Hyacinthoideae). Imperato F. (red.) *Phytochemistry: advances in research*, Research Signpost, Trivandrum, Kerala, India: 69-85.

- Lelu-Walter M.A., Gautier F., Eliášová K., Sanchez L., Teyssier C., Lomenech A.M., Le Mett  C.; Hargreaves C.; Trontin J.F.; Reeves C. 2017. High gellan gum concentration and secondary somatic embryogenesis: two key factors to improve somatic embryo development in *Pseudotsuga menziesii* Mirb. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 132: 137-155.
- Malerba M., Cerana R. 2016. Chitosan effects on plant systems. *Int. J. Mol. Sci.* 17: 996.
- Masondo N.A., Aremu A.O., Finnie J.F., Van Staden J., 2015. Growth and phytochemical levels in micropropagated *Eucomis autumnalis* subspecies *autumnalis* using different gelling agents, explant source, and plant growth regulators. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 51: 102-110.
- Masondo N.A., Aremu A.O., Finnie J.F., Van Staden J., 2015. Growth and phytochemical levels in micropropagated *Eucomis autumnalis* subspecies *autumnalis* using different gelling agents, explant source, and plant growth regulators. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 51: 102-110.
- Munns R., Termaat A., 1986. Whole-plant responses to salinity. *Funct. Plant Biol.* 13: 143-160.
- Parihar P., Singh S., Singh R., Singh V.P., Prasad S.M., 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: A review. *Environ. Sci. Pollut.* 22: 4056-4075.
- Salachna P., 2017. Wykorzystanie pochodnych chitozanu w celu stymulacji wzrostu ro lin ozdobnych. *Inżynieria Ekologiczna* 18: 63-68.
- Salachna P., Byczyńska, A., 2017. Effect of nitric oxide and production location on vase life of cut *Eucomis* 'Sparkling Burgundy' flowers. *World Sci. News* 83: 229-234.
- Salachna P., Zawadzińska A., 2013. The effects of flurprimidol concentrations and application methods on *Ornithogalum saundersiae* Bak. grown as a pot plant. *Afr. J. Agric. Res.* 8: 6625-6628.
- Salachna P., Zawadzińska A., 2017. Effect of daminozide and flurprimidol on growth, flowering and bulb yield of *Eucomis autumnalis* (Mill.) Chitt. *Folia Hort.* 29: 33-38.
- Salachna P., Zawadzińska A., Podsiadło C., 2016. Response of *Ornithogalum saundersiae* Bak. to salinity stress. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 15: 123-134.
- Salachna P., Zawadzińska A., Wilas J., 2015. The use of natural polysaccharides in *Eucomis autumnalis* (Mill.) Chitt. propagation by twin-scale cuttings. *Acta Hort.* 1104: 225-227.
- Scherer P. A., M ller E., Lippert H., Wolff G., 1987. Multielement analysis of agar and gelrite impurities investigated by inductively coupled plasma emission spectrometry as well as physical properties of tissue culture media prepared with agar or the gellan gum gelrite. In: *International Symposium on Propagation of Ornamental Plants* 226: 655-658.
- Singh M., Khan M.M.A., Uddin M., Naeem M., Qureshi M.I., 2017. Proliferating effect of radiolytically depolymerized carrageenan on physiological attributes, plant water relation parameters, essential oil production and active constituents of *Cymbopogon flexuosus* Steud. under drought stress. *PLoS one* 12: e0180129.
- Taylor J.L.S., Van Staden J., 2001. In vitro propagation of *Eucomis* L'Herit species-plants with medicinal and horticultural potential. *Plant Growth Reg.* 34: 317-329.
- Wyrebska  ., Szuster L., Stawska H., 2014. Synteza i aplikacja nowych pochodnych wybranych polisacharydów. Cz. 1. Przegląd literatury. *Technologia i Jakość Wyrob w* 59.
- Yakhin O.I., Lubyanov A.A., Yakhin I.A., Brown P.H., 2017. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Front. Plant Sci.* 7: 2049.
- Zou P., Tian X., Dong B., Zhang C., 2017. Size effects of chitoooligomers with certain degrees of polymerization on the chilling tolerance of wheat seedlings. *Carbohydr. Polym.* 160: 194-202.

Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych (artystycznych)

Rośliny ozdobne była moją ulubioną dziedziną nauki od najwcześniejszych lat. Przez pięć lat uczęszczałem do Technikum Ogrodniczego w Ropczycach, gdzie w ramach pracy dyplomowej prowadziłem trzyletnie obserwacje wzrostu i kwitnienia ozdobnych geofitów uprawianych w gruncie. W czasie szkoły średniej odbyłem szereg praktyk zawodowych, w tym w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Warzywnictwa w Przyborowie, w szkółce drzew i krzewów ozdobnych Baumschule Borgmann w Hainsfarth w Niemczech i w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa, oddział w Nowym Dworze. Technikum Ogrodnicze ukończyłem w 1996 r. zdobywając pierwsze miejsce na centralnym etapie Olimpiady Wiedzy i Umiejętności Rolniczych w bloku Ogrodnictwo. Za zdobycie najwyższej punktacji spośród wszystkich bloków tematycznych Komitet Główny OWiUR przyznał mi roczne stypendium. Wybrałem studia na Wydziale Rolniczym Akademii Rolniczej w Szczecinie ze względu na ówczesnego wykładowcę uczelni, prof. Kazimierza Mynetta, wybitnego uczonego w dziedzinie roślin ozdobnych. W czasie studiów zrealizowałem praktyki zawodowe w niemieckim specjalistycznym gospodarstwie ogrodniczym Gartenbaubetrieb Karl-Ludwig Haller w Bürstadt zajmującym się uprawą ciemiernika oraz ukończyłem staż w holenderskiej firmie produkującej cebule roślin ozdobnych Bloembollenkwekerij Amaranth w Zwaagdijk. W ramach pracy inżynierskiej i magisterskiej prowadziłem badania nad intensyfikacją rozmnażania błonczatki (*Hymenocallis* Salisb.). Ustaliłem, że u *Hymenocallis narcissiflora* (Jacq.) J.F.Macbr. i *Hymenocallis* ‘Sulphur Queen’ cebule o kształcie okrągłym wytwarzają więcej cebul przybyszowych niż cebule o kształcie podłużnym. Ponadto wykazałem, że skuteczną metodą reprodukcji cebul błonczatki są sadzonki dwułuskowe o masie, co najmniej 2 g. Rezultaty badań zostały opublikowane w oryginalnej pracy naukowej (D.II.1.) oraz w materiałach konferencyjnych (K.10). Jako członek Studenckiego Koła Naukowego Kwiaciarzy badałem wpływ wielkości cebul na wzrost i kwitnienie w gruncie zefiranta wielkokwiatowego (*Zephyranthes grandiflora* Lindl.). Wyniki tych obserwacji zaprezentowałem w formie posteru i komunikatu (K.11).

Bezpośrednio po zakończeniu studiów magisterskich podjąłem czteroletnie studia doktoranckie w Akademii Rolniczej w Szczecinie, gdzie wykonałem pracę doktorską dotyczącą optymalizacji uprawy frezji (*Freesia* Eckl. ex Klatt) pod kierunkiem naukowym prof. Ludmiły Startek. W pierwszym etapie badań oceniałem wpływ terminu sadzenia w

gruncie na wzrost, kwitnienie i plon bulw trzech odmian frezji. Odmiany 'Diva', Rapid Yellow' i 'Rapid White' sadzone do gruntu 26 kwietnia najszybciej rozpoczynały kwitnienie oraz wytworzyły najwięcej pędów kwiatostanowych w porównaniu do roślin sadzonych w późniejszych terminach (9 i 22 maja). W miarę opóźniania terminu sadzenia malała wartość współczynników przyrostu liczby i masy bulw potomnych frezji. W drugim etapie pracy doktorskiej przeprowadziłem po raz pierwszy badania, których celem było poznanie wpływu chitozanu o zróżnicowanym ciężarze cząsteczkowym na wzrost, kwitnienie i plon bulw frezji uprawianej w komorze klimatyzowanej i w tunelu foliowym. Ponadto oceniono zdrowotność roślin wykorzystując testy DAS-ELISA na występowanie wirusa mozaiki frezji (FMV) oraz analizy mikologiczne we współpracy z prof. Marią Kamińską (ówczesny Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach) oraz prof. Kingą Mazurkiewicz-Zapałowicz (ówczesny Zakład Hydrobiologii, Akademia Rolnicza w Szczecinie). Badania były dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych na podstawie projektu nr 2PO6R07227 „Określenie wpływu zróżnicowanego ciężaru cząsteczkowego chitozanu na plonowanie i zdrowotność frezji”, którego byłem głównym wykonawcą. Stwierdziliśmy, że moczenie bulw frezji przed sadzeniem w roztworze chitozanu wpłynęło stymulująco na kwitnienie i plon bulw potomnych w zależności od ciężaru cząsteczkowego związku. Frezje uprawiane w komorze klimatyzowanej były słabiej zainfekowane FMV oraz charakteryzowały się większym plonem bulw. Po obronie pracy doktorskiej, wyniki badań wchodzące w jej skład zostały opublikowane w postaci jednej recenzowanej monografii (D.I.1.) oraz pięciu prac oryginalnych (D.II.5-8., D.II.13). Jedna z nich (D.II.13.), indeksowana w bazie Scopus, jest cytowana w wielu w renomowanych czasopismach (m.in. Scientia Horticulturae, International Journal of Molecular Sciences, Environmental Chemistry Letters, Applied Biochemistry and Microbiology), co wskazuje na szerokie zainteresowanie wynikami prowadzonych badań.

W trakcie studiów doktoranckich pracowałem w zespole kierowanym przez prof. Artura Bartkowiaka nad patentem dotyczącym nowej metody wytwarzania otoczek na powierzchni organów roślinnych. W ramach wynalazku testowaliśmy wpływ różnych soli oraz wybranych naturalnych i chemicznie modyfikowanych polisacharydów na wzrost, kwitnienie i plon bulw frezji. Wstępne wyniki tych badań zaprezentowano na krajowych (K.13.) i międzynarodowych konferencjach: the IXth International Symposium on Flower Bulbs w Japonii (K.1.) i the XIIth International Workshop on Bioencapsulation w Hiszpanii (K.2.). Jako doktorant uczestniczyłem także w badaniach nad wpływem podłoża i nawożenia na cechy morfologiczne i walory dekoracyjne wybranych odmian bratka ogrodowego (*Viola*

×*wittrockiana* Gams), których wyniki zostały opublikowane w formie współautorskich prac (D.II.3-4.).

Po uzyskaniu doktoratu kontynuowałem swoje zainteresowania badawcze związane z grupą ozdobnych roślin cebulowych i bulwiastych. Przeprowadziłem po raz pierwszy w kraju badania poświęcone porównaniu wzrostu czterech gatunków śniedków (*Ornithogalum* L.). Uprawiane w gruncie gatunki *O. arabicum* L., *O. saundersiae* Bak. oraz *O. thyrsoides* Jacq. niezawodnie kwitły i tworzyły cebule przybyszowe za wyjątkiem gatunku *O. dubium* Houtt., który nie tworzył kwiatostanów i cebul. Uznałem, że najatrakcyjniejszym gatunkiem do ogrodów i na tereny zieleni jest *O. saundersiae* ze względu na dekoracyjne ulistnienie, wielkość kwiatostanów i długi okres kwitnienia. Ponadto wykazałem, że rośliny *O. saundersiae* uprawiane w Polsce w gruncie tworzą latem bardzo długie kwiatostany, które mogą konkurować na rynku z ciętymi kwiatostanami gatunku sprowadzanymi do Europy z Kenii i Izraela. Uzyskane wyniki były podstawą do dalszych badań nad szerszym wykorzystaniem *O. saundersiae* jako rośliny ozdobnej. Wykazaliśmy, że *O. saundersiae* może być uprawiany pod osłonami w doniczkach, a skuteczną metodą hamującą wzrost roślin jest opryskiwanie roztworem retardantu Topflor 015 w stężeniu 30 mg·dm⁻³. W innych badaniach oceniłem wpływ wielkości cebul na przebieg kwitnienia, jakość kwiatostanów i plon cebul roślin *O. saundersiae* uprawianych w nieogrzewanym tunelu foliowy. Z cebul o obwodzie 20–22 cm i 22–24 cm otrzymano rośliny, które kwitły najdłużej i miały najwięcej kwiatów w kwiatostanie. Zajmowałem się także badaniami nad wykorzystaniem oligochitozanu w uprawie *O. saundersiae*. Stwierdziłem, że najkorzystniejszy wpływ na długość i wielkość kwiatostanów oraz masę cebul potomnych miało traktowanie roślin oligochitozaniem o ciężarze cząsteczkowym M_w 100 000 g mol⁻¹. Wyniki omawianych prac badawczych zostały przedstawione w publikacjach naukowych (D.II.10., D.II.12, D.II.20., D.II.27.) oraz w formie doniesienia podczas 29th International Horticultural Congress: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes w Australii w 2014 r. (K.5.).

Drugim ważnym rodzajem roślin ozdobnych, którym zająłem się w swojej karierze naukowej, jest eukomis (*Eucomis* L'Hér). W warunkach szklarniowych porównałem wzrost, kwitnienie, plon cebul oraz skład mineralny trzech gatunków: *E. autumnalis* (Mill.) Chitt., *E. bicolor* Baker i *E. comosa* (Houtt.) Wehrh. Gatunek *E. autumnalis* najwcześniej rozpoczynał kwitnienie i tworzył najwięcej cebul przybyszowych, zaś *E. bicolor* cechował się najniższym współczynnikiem rozmnażania. U wszystkich badanych gatunków liście zawierały więcej azotu, fosforu, potasu, magnezu i wapnia niż cebule. Wyniki przedstawiłem w autorskiej pracy (D.II.22.). W kolejnym doświadczeniu w zespole badaliśmy wpływ dwóch inhibitorów

syntezy giberelin (daminozyd i flurprimidol) na wzrost, wartość dekoracyjną oraz plon cebul *E. autumnalis* (praca A.5.). Podlewanie roślin roztworem flurprimidolu skutecznie ograniczyło wzrost roślin, zwiększyło indeks zazielenienia liści i masę cebul. Z kolei opryskiwanie roślin roztworem daminozydu zwiększyło długość kwiatostanów, liczbę kwiatów w kwiatostanie natomiast zmniejszyło masę cebul. W toku dalszych dociekań nad rodzajem *Eucomis*, w moim dorobku naukowym mam zespołowe prace dotyczące porównania oceny aktywności biologicznej taksonów: *E. autumnalis*, *E. bicolor*, *E. comosa*, *E. comosa* ‘Sparkling Burgundy’ i *E. comosa* ‘Twinkle Stars’ (praca A.6.). Wykazaliśmy, że szczególnie gatunek *E. comosa* odznaczał się wysoką zawartością kwasu L-askorbinowego, aktywnością przeciwutleniającą, zawartością polifenoli ogółem, karotenoidów i chlorofilu. W innych badaniach oznaczyliśmy aktywność przeciwdrobnoustrojową ekstraktów wodnych i acetonowych uzyskanych z cebul *E. bicolor*, *E. comosa* i odmiany *E. comosa* ‘Twinkle Stars’ (praca A.6.). Zaobserwowaliśmy hamujący wpływ wszystkich testowanych ekstraktów na wzrost szczepów bakterii *Bacillus atrophaeus* i *Staphylococcus aureus*. Dodatkowo ekstrakty z *E. comosa* i *E. comosa* ‘Twinkle Stars’ wykazywały właściwości przeciwgrzybicze hamując wzrost *Aspergillus clavatus*. Uzyskane wyniki były inspiracją do pierwszych na świecie badań nad wykorzystaniem ekstraktów *E. comosa* do powlekania foli PLA (polilaktyd), stosowanej do ochrony produktów spożywczych, w kierunku nadania jej właściwości przeciwdrobnoustrojowej. Rezultatem opisanych doświadczeń jest współautorstwo w artykule naukowym (A.8.).

Inną problematyką moich zainteresowań badawczych było zastosowanie biostymulatorów w intensyfikacji rozmnażania przez sadzonki łuskowe różnych gatunków roślin cebulowych. Badałem wpływ moczenia sadzonek w roztworze chitozanu na plon cebul przybyszowych eucharisa wielkokwiatowego (*Eucharis × grandiflora* Planch. et Linden). Do badań włączyłem studentkę z Koła Naukowego Florystów, którego jestem opiekunem naukowym. Wykazaliśmy, że traktowanie chitozanem sadzonek zwiększa liczbę i długość korzeni u cebul przybyszowych pozostając bez wpływu na ich liczbę, świeżą masę i obwód (praca D.II.9.). W toku dalszych dociekań nad rozmnażaniem geofitów przeprowadziłem badania, których celem była ocena wpływu preparatów AlgaminoPlant i Goëmar Goteo zawierających ekstrakty z alg *Ascophyllum* i *Sargassum* na plon cebul przybyszowych śniedka arabskiego (*Ornithogalum arabicum*) rozmnażanego przez sadzonki dwułuskowe. Dodatkowo porównano plon cebul przybyszowych w zależności od położenia łuski w cebuli matecznej. Wykazaliśmy, że zastosowane ekstrakty z alg wpłynęły stymulująco na liczbę i

długość korzeni u cebul przybyszowych. Z łusek zewnętrznych uzyskano więcej cebul przybyszowych niż z łusek położonych wewnątrz cebuli (praca D.II.16.).

Interesującą częścią moich badań stanowią prace dotyczące wykorzystania różnych otoczek biopolimerowych do powlekania sadzonek dwułuskowych *Eucomis autumnalis* i *Ornithogalum saundersiae* w celu uzyskania lepszej jakości cebul przybyszowych. Spośród porównywanych rodzajów polimerów najkorzystniej na masę, obwód i system korzeniowy cebul wpływało otoczkowanie w gumie gellanowej i iota-karagenie. W kolejnych badaniach oceniałem wpływ otoczkowania w gumie gellanowej i oligochitozanie sadzonek dwułuskowych eukomis czubatej (*Eucomis comosa*) odmiany ‘Sparkling Burgundy’ i ‘Twinkly Stars’ na plon cebul przybyszowych. Wynikiem tych badań było wskazanie, że otoczkowanie w gumie gellanowej zwiększa liczbę i masę cebul przybyszowych, zaś traktowanie sadzonek oligochitozaniem wpływa na lepszy rozwój systemu korzeniowego. Szczegółowe wyniki omówionych badań przedstawiłem w publikacjach naukowych (D.II.17., D.II.23.) i zagranicznych doniesieniach konferencyjnych (D.III.2.)

Jednym z moich osiągnięć naukowych jest cykl publikacji poświęconych określeniu wrażliwości różnych gatunków roślin ozdobnych na zasolenie podłoża. Wykazałem, że u werbeny patagońskiej (*Verbena bonariensis* L.) zasalanie roztworem 200 mM NaCl w niewielkim stopniu wpłynęło na ograniczenie wzrostu i utratę dekoracyjności. U śniedka Saundersa (*Ornithogalum saundersiae*) pod wpływem zasolenia (100 i 200 mM NaCl) stwierdzono zmniejszoną biomasę, późniejsze kwitnienie, obniżoną intensywność fotosyntezy oraz wzrost zawartości w liściach barwników asymilacyjnych, azotu, potasu, sodu i chloru. Pomimo stresu solnego rośliny *O. saundersiae* zachowały walory dekoracyjne, wytworzyły kwiatostany i zakwitły, a liście nie miały chloroz. Kolejnym ocenianym taksonem była ozdobna odmiana jarmużu (*Brassica oleracea* L. var. *sabellica* L.) ‘Scarlet’. Stwierdziliśmy, że rośliny podlewane roztworem 50 i 100 mM NaCl nie różniły się oceną bonitacyjną w porównaniu do roślin nie zaszalanych. Wyniki badań dotyczących reakcji roślin ozdobnych na chlorek sodu ukazały się w trzech publikacjach naukowych (A.4., D.II.24., D.II.31.)

Możliwym sposobem redukującym szkodliwy wpływ zasolenia na wzrost roślin jest stosowanie kwasu salicylowego. W celu zweryfikowania tej hipotezy zbadałem wpływ kwasu salicylowego i zasolenia na wzrost plektrantusa (*Plectranthus ciliatus* E.Mey. ex Benth.). Wykazano, że kwas salicylowy niwelował niekorzystny wpływ zasolenia, ponadto działał stymulująco na masę roślin, przewodnictwo szparkowe, indeks zazielenienia liści i zawartość w nich azotu, potasu i żelaza (praca D.II.18.). Przeprowadziliśmy również badania nad wpływem kwasu salicylowego na aktywność biologiczną szalwii szkarłatnej (*Salvia coccinea*

Buc'hoz ex Etl.) uprawianej w warunkach stresu solnego. Rośliny traktowane kwasem salicylowym miały więcej pędów, zwiększoną masę części nadziemnej, zawartość chlorofilu ogółem, polifenoli, a także podwyższony potencjał antyoksydacyjny (testy ABTS, DPPH, FRAP i TTA). Kwas salicylowy w stężeniu 0,5 mM korzystnie wpłynął na wzrost i potencjał antyoksydacyjny roślin podlewanych roztworem 100 mM NaCl. Wyniki badań zostały opracowane w formie publikacji złożonej w wydawnictwie (praca A.9.).

Efektem współpracy naukowej z dr hab. Agnieszką Zawadzińską były badania dotyczące oceny przydatności podłoża z dodatkiem kompostów zawierających osady komunalne i komponenty strukturotwórcze w produkcji roślin rabatowych. Wykorzystanie kompostów do uprawy roślin ozdobnych ma aspekt ekologiczny i ekonomiczny, gdyż stwarza możliwość utylizacji uciążliwych odpadów, przy jednoczesnym ograniczeniu zużycia nawozów mineralnych. Do badań zastosowano podłoża na bazie torfu wysokiego i kompostów składających się z komunalnego osadu ściekowego, wycierki ziemniaczanej, słomy żytniej i trocin z drzew iglastych. Obiektem badań były wybrane odmiany bratka ogrodowego (*Viola ×wittrockiana*), niecierpka Walleriana (*Impatiens walleriana* Hook.), pelargonii rabatowej (*Pelargonium ×hortorum* L.H.Bailey) i pelargonii bluszczolistnej (*Pelargonium peltatum* (L.)L'Her). Dla poszczególnych gatunków wybrano najkorzystniejszy skład kompostu oraz najlepsze proporcje komponentów podłoża. Wyniki przeprowadzonych badań zostały zaprezentowane w postaci oryginalnych publikacji naukowych (A.1., A.7., D.II.14-15, D.II.21) oraz w recenzowanych materiałach konferencyjnych indeksowanych w bazie Web of Science (D.III.4.).

Odrębnym wątkiem mojej pracy badawczej były zagadnienia dotyczące wykorzystania tlenu azotu jako potencjalnego regulatora wzrostu roślin ozdobnych. Tlenek azotu należy do molekuł regulujących przebieg różnych procesów fizjologicznych i morfogenetycznych. W praktyce najpowszechniej stosowanym związkiem (donorem) uwalniającym tlenek azotu jest nitroprusydek sodu (SNP). W badaniach (praca D.II.25.) wykazałem razem z zespołem stymulujący wpływ podlewania siewek *Eucomis autumnalis* roztworem SNP na masę liści, cebul i korzeni, szczególnie w stężeniu 200 µM. W innym doświadczeniu (praca D.II.28.) stwierdziliśmy korzystny wpływ SNP w stężeniu 100 µM na trwałość pozbiorczą ciętych kwiatostanów *Eucomis comosa* 'Sparkling Burgundy'. Prowadziłem także doświadczenia nad oceną możliwości stosowania SNP w uprawie doniczkowej *Eucomis autumnalis*. W wyniku tych badań stwierdzono pozytywny wpływ SNP na kwitnienie roślin, współczynnik rozmnażania oraz zawartość ogółem cukrów i białek w cebulach. Wyniki przedstawiliśmy na

międzynarodowej konferencji II International Symposium on Ornamentals w Republice Południowej Afryki w 2017 r. (D.III.5., K.8.).

Szczególnie interesującymi badaniami, w których uczestniczyłam, był międzynarodowy Project SmartFlowerPack (CORNET), którego celem było opracowanie i wdrożenie inteligentnego systemu opakowaniowego na bazie biomateriałów, przeznaczonego do pakowania kwiatów. W ramach tego projektu ocenialiśmy wpływ opakowań kartonowych zawierających cząstki nanosrebra na jakość ciętych kwiatów gerber, róż i lilii. Przeprowadziliśmy także badania nad oceną przydatności rękawów foliowych z powłoką antymikrobiologiczną na bazie ekstraktów z cebul *Eucomis comosa* do przechowywania kwiatów tulipanów. Efektem realizacji tego grantu jest min. doniesienie konferencyjne (K.3.).

Brałem także udział w badaniach zespołowych dotyczących min. wpływu wielkości kłączy na wzrost i kwitnienie dwóch odmian *Rhodohypoxis baurii* (Baker) Nel (praca D.II.19.), oceny reakcji ozdobnych odmian buraka (*Beta vulgaris* var. *cicla*) na działanie daminozydu i flurprimidolu (praca D.II.29.), wpływu nanosrebra na trwałość ciętych kwiatostanów chryzantemy (*Chrysanthemum* L.) (praca D.II.26.), a także porównania biostymulującego działania wybranych polisacharydów na wzrost *Verbena bonariensis* (praca D.II.30.).

Za osiągnięcia naukowe udokumentowane publikacjami zostałem nagrodzony przez Rektora ZUT w Szczecinie nagrodą zespołową III stopnia (2014 r.), zespołową II stopnia (2015 r.) i indywidualną III stopnia (2016). W roku 2017 r. otrzymałem stypendiów z własnego funduszu stypendialnego Rektora ZUT.

Jestem członkiem komitetu redakcyjnego zagranicznego czasopisma naukowego Sumerian Journal of Agriculture and Veterinary.

Byłem proszony o wykonanie 21 recenzji dla zagranicznych czasopism naukowych, w tym dla tak znaczących tytułów jak Scientia Horticulturae, HortTechnology, Horticultural Science, PLoS ONE, Molecules i Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants.

Dla Ministerstwa Edukacji Narodowej przygotowałem recenzję „Podstawy programowej kształcenia w zawodzie florysta”, dla Departamentu Rynku Pracy w Ministerstwie Pracy i Polityki Społecznej oceniałem „Standard kwalifikacji zawodowych dla zawodu florysta”, opiniowałem także zadania do egzaminu zawodowego „florysta” na zlecenie Centralnej Komisji Egzaminacyjnej. Byłem konsultantem dwóch podręczników do nauki florystyki.

Na bazie przeprowadzonych badań ankietowych przygotowałem „Raport z przebiegu badań w przedsiębiorstwach zatrudniających florystów” dla Krajowego Ośrodka Wspierania Edukacji Zawodowej i Ustawicznej w Warszawie. Jestem współautorem pierwszego w Polsce programu nauczania dla zawodu florysta wydanego przez Ministerstwo Edukacji Narodowej w Warszawie.

W okresie od uzyskania stopnia doktora, byłem promotorem 17 prac inżynierskich i 23 prac magisterskich. Aktualnie jestem promotorem pomocniczym jednej pracy doktorskiej.

Od 2009 r. kieruję Podyplomowymi Studiami Florystyka ZUT (obecnie trwa VIII edycja). Pełniłem funkcję dyrektora artystycznego Ogólnopolskiej Plenerowej Wystawy "Pływający Ogród" na Wałach Chrobrego w Szczecinie oraz komisarza wystaw organizowanych w Galerii Prezydenckiej Urzędu Miasta w Szczecinie. Byłem sekretarzem zarządu Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Ogrodnictwa SITO, Oddział Szczecin oraz członkiem Zarządu Głównego Stowarzyszenia Florystów Polskich. Należę do Polskiego Towarzystwa Nauk Ogrodniczych oraz International Society for Horticultural Science, sekcja Ornamental Plants.

Mój całkowity dorobek publikacyjny wraz z artykułami dokumentującymi osiągnięcie naukowe obejmuje **161** prac, w których jestem autorem lub współautorem. Są to:

- oryginalne prace twórcze: **43** w tym w języku angielskim **28**
- publikacje zamieszczone w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowej uwzględnionej w Web of Science: **4** w tym w języku angielskim **4**
- recenzowane rozdziały w monografiach naukowych: **5**
- doniesienia opublikowane w materiałach konferencyjnych: **16**
- artykuły popularno-naukowe: **97**

Spośród wszystkich oryginalnych prac twórczych **11** opublikowałem w recenzowanych czasopismach naukowych z listy JCR (w tym **7** prac w czasopismach zagranicznych, a **4** w czasopismach krajowych).

W **4** oryginalnych publikacjach jestem jedynym, w **25** pracach pierwszym autorem, natomiast w pozostałych kolejnym autorem.

Sumaryczny IF (włącznie z osiągnięciem naukowym) wynosi **19,453**

Indeks Hirscha wg bazy Web of Science = **3**; wg bazy Scopus = **5**

Liczba cytowań ogółem wg bazy Web of Science = **24** ; wg bazy Scopus = **65**

Sumaryczne zestawienie informacji na temat dorobku naukowo-badawczego oraz wskaźników dokonań naukowych ujęto w formie tabelarycznej (Tabela 1). Sumaryczny Impact Factor (IF) wg bazy Journal Citation Reports (JCR) podano zgodnie z rokiem ukazania się pracy; w przypadku braku danych (2018 r.) podano aktualny sumaryczny 5 – letni Impact Factor (IF). Liczbę punktów za publikację podano wg roku opublikowania na podstawie wykazu czasopism naukowych MNiSW; w przypadku braku danych (lata 2017 i 2018) podano liczbę punktów wg listy MNiSW „Ujednolicony wykaz czasopism naukowych za lata 2013-2016” z dnia 26 stycznia 2017 r.

Szczecin 20.04.2018r. Piotr Salachna

Tabela 1. Zestawienie całkowitego dorobku naukowego, z uwzględnieniem osiągnięcia naukowego będącym podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego

Kategoria / czasopismo	Liczba publikacji	IF	Punkty wg MNiSW
<i>Artykuły oryginalne wyróżnione w Journal Citation Report</i>			
Acta Sci. Pol.-Hort. Cultus	2	0,583 0,523	15 20
Asian Pac. J. Trop. Med.	1	0,925	20
Folia Hort.	1	0,359	14
Fresen. Environ. Bull.	1	0,372	15
J. Elementol.	1	0,719	15
Molecules	2	2,861 2,988	30 30
Plant Soil Environ.	1	1,463	30
Polymers	2	4,330 4,330	40 40
Łącznie (w tym dla osiągnięcia)	11 (3)	19,453 (10,179)	269 (100)
<i>Pozostałe artykuły w recenzowanych czasopismach</i>			
African Journal of Agricultural Research	1	-	2
EJPAU	1	-	7
Folia Hort.	1	-	14
Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin.	4	-	30
Folia Univ. Agric. Stetin.	2	-	6
Inżynieria Ekologiczna	2	-	18
J. Hort. Res.	1	-	14
Journal of Basic & Applied Sciences	2	-	14
Journal of Ecological Engineering	7	-	74
Rocz. AR Pozn.	2	-	4
World Scientific News	4	-	24
Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.	5	-	16
Łącznie (w tym dla osiągnięcia)	32 (1)	- -	223 (12)
<i>Artykuły naukowe w recenzowanych materiałach z konferencji naukowych uwzględnionych w bazie Web of Science Core Collection</i>			
Acta Horticulturae	4	-	62
<i>Monografie naukowe</i>			
Rozdziały w monografiach naukowych	5	-	15
<i>Inne opracowania</i>			
Doniesienia z konferencji	16	-	-
Ekspertyzy, raporty, opinie	5	-	-
Artykuły popularnonaukowe	97	-	-
Łącznie	161	19,453	569

20.04.2018r. Piotr Seledme