

Poznań, 7.12.2021.

Prof. UPP dr hab. Tomasz Kleiber  
Pracownia Żywienia Roślin  
Katedra Fizjologii Roślin  
Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Bioinżynierii  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## RECENZJA

### **Rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny A. Godlewskiej pt. Wpływ ekstraktów z roślin wyższych na wzrost, plonowanie i skład chemiczny wybranych gatunków warzyw**

wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Anity Biesiady z Katedry Ogrodnictwa Wydziału Przyrodniczo-Technologiczny Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, we współpracy z promotorem pomocniczym: dr hab. inż. Izabelą Michalak, prof. uczelni z Katedry Zaawansowanych Technologii Materiałowych Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr Katarzyny A. Godlewskiej ma formę opracowania składającego się z 6 publikacji naukowych z listy JCR (z kopiami) stanowiącymi jednotematyczny cykl, w którym pierwszym autorem jest Doktorantka, ( $\Sigma$  IF = 22,702;  $\Sigma$  MNiSW = 480), w tym 5 oryginalnych prac twórczych ( $\Sigma$  IF = 20,402;  $\Sigma$  MNiSW = 440) oraz 1 praca przeglądowa ( $\Sigma$  IF = 2,300;  $\Sigma$  MNiSW = 40). Udział Doktorantki w poszczególnych pracach wynosił od 51 do 75 %. Prace te były pracami wieloautorskimi, zatem udział Doktorantki należy uznać na znaczący, w pełni dokumentujący zaangażowanie w prowadzone prace badawcze i przygotowanie manuskryptów.

Struktura ocenianej pracy jest standardowa, zgodna z wymogami pisania rozpraw doktorskich. Uwzględnia takie rozdziały jak: streszczenie w języku polskim/angielskim; wstęp i przegląd literatury, hipotezę badawczą oraz cel pracy, materiały i metody, wyniki badań, dyskusję, wnioski, podsumowanie, wykaz dorobku naukowego, bibliografie oraz kseropokopie opublikowanych artykułów naukowych, składających się na rozprawę doktorską oraz oświadczenia współautorów. Na pochwałę zasługuje bardzo staranne przygotowanie pod względem estetycznym.

### **Wykaz publikacji stanowiących rozprawę doktorską**

- A1. Katarzyna Godlewska, Anita Biesiada, Izabela Michalak, Paweł Pacyga, „The effect of plant-derived biostimulants on white head cabbage seedlings grown under controlled conditions”, Sustainability 2019, 11(19): 1–30, 70 pkt MNiSW, IF 2,576 (2019), doi:10.3390/su11195317.

- A2. Katarzyna Godlewska, Anita Biesiada, Izabela Michalak, Paweł Pacyga, „The effect of botanical extracts obtained through ultrasound-assisted extraction on white head cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) seedlings grown under controlled conditions”, *Sustainability* 2020, 12(5): 1–31, 70 pkt MNiSW, IF 3,251 (2020), doi:10.3390/su12051871.
- A3. Katarzyna Godlewska, Paweł Pacyga, Izabela Michalak, Anita Biesiada, Antoni Szumny, Natalia Pachura, Urszula Piszcz, „Field-scale evaluation of botanical extracts effect on the yield, chemical composition and antioxidant activity of celeriac (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum*)”, *Molecules* 2020, 25(18): 1–56, 100 pkt MNiSW, IF 4,411 (2020), doi:10.3390/molecules25184212.
- A4. Katarzyna Godlewska, Paweł Pacyga, Izabela Michalak, Anita Biesiada, Antoni Szumny, Natalia Pachura, Urszula Piszcz, „Effect of botanical extracts on the growth and nutritional quality of field-grown white head cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*)”, *Molecules* 2021, 26(7):1–33, 100 pkt MNiSW, IF 4,411 (2021), doi:10.3390/molecules26071992.
- A5. Katarzyna Godlewska, Paweł Pacyga, Izabela Michalak, Anita Biesiada, Antoni Szumny, Natalia Pachura, Urszula Piszcz, „Systematic investigation of the effects of seven plant extracts on the physiological parameters, yield and nutritional quality of radish (*Raphanus sativus* var. *sativus*)”, *Frontiers in Plant Science* 2021, 12: 1–37, 100 pkt MNiSW, IF 5,753 (2021), doi:10.3389/fpls.2021.651152.
- A6. Katarzyna Godlewska, Domenico Ronga, Izabela Michalak, „Plant extracts – importance in sustainable agriculture”, *Italian Journal of Agronomy* 2021, 16: 1–23, 40 pkt MNiSW, IF 2,300 (2021), doi:10.4081/ija.2021.1851.

Dotychczas w literaturze naukowej wyróżniane są zwykle następujące kategorie biostymulatorów: (a) substancje humusowe; (b) ekstrakty z alg i roślin; (c) hydrolizowane białka i produkty zawierające aminokwasy; (d) pożyteczne mikroorganizmy (bakterie i grzyby); (e) chitozan i inne biopolimery; (f) pierwiastki (np. krzem i selen); i inne. Tymczasem przedłożona do recenzji rozprawa doktorska traktuje o możliwości zastosowania roślin wyższych do produkcji ekstraktów, które mogłyby zostać wykorzystane, jako potencjalne biostymulatory wzrostu roślin w celu zwiększenia plonów oraz jakości biologicznej roślin uprawnych.

Postawiona przez Doktorantkę hipoteza badawcza zakładała, że ekstrakty wytworzone z wybranych roślin wyższych, powszechnie występujących w Europie, wykazują korzystny wpływ na plonowanie i skład chemiczny roślin uprawnych.

Wprowadzenie do rozprawy stanowi bardzo wartościowy przegląd literatury, podzielony na 12 rozdziałów/podrozdziałów, w którym Doktorantka przedstawiła kwestie związane z (1) problemem naukowym postawionym w rozprawie doktorskiej oraz (2) propozycją jego rozwiązania, (3) definicje biostymulatorów wzrostu roślin, klasyfikacje oraz uwarunkowania prawne, (4) rynek biostymulatorów wzrostu roślin, (5) efekty działania biostymulatorów wzrostu roślin, (6)

skład biostymulatorów wzrostu roślin; (7) ekstrakty roślinne jako środki ochrony roślin; (8) ekstrakty roślinne jako fungicydy; (9) ekstrakty roślinne jako insektycydy; (10) ekstrakty roślinne jako herbicydy; (11) ekstrakty roślinne jako biostymulatory wzrostu roślin; (12) ekstrakty roślinne – preparaty dostępne na rynku. Załączony wykaz literatury zawiera aż 271 pozycji.

W swoich pracach Doktorantka/wraz z pozostałymi Współautorami wykorzystali nowoczesne metody badawcze, w pełni porównywalnymi do stosowanych w ośrodkach zagranicznych. Na podkreślenie zasługuje zastosowanie nowoczesnej aparatury analityczno-pomiarowej do wykonania bardzo licznych, pogłębionych analiz laboratoryjnych. Powyższe znajduje potwierdzenie w opublikowaniu prac stanowiących rozprawę w renomowanych czasopismach naukowych.

Doktorantka stwierdziła, iż zastosowanie ekstrakcji wspomaganiej ultradźwiękami oraz homogenizacji mechanicznej umożliwiło otrzymanie preparatów o właściwościach biostymulujących. Jednocześnie przy wyborze metod ekstrakcyjnych brano pod uwagę m.in. ich koszt i czasochłonność czy też możliwość prowadzenia procesu w temperaturze pokojowej oraz wydajność procesu przy jednoczesnym ograniczeniu zużycia rozpuszczalników. W toku prowadzonych badań przygotowano ekstrakty na bazie 26 biomas: liści aloesu zwyczajnego (*Aloe vera*), owoców aronii czarnej (*Aronia melanocarpa*), ziela bylicy pospolitej (*Artemisia vulgaris*), korzeni spichrzowych buraka zwyczajnego (*Beta vulgaris*), kwiatów nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis*), kwiatów i liści jeżówki purpurowej (*Echinacea purpurea*), ziela skrzypu polnego (*Equisetum arvense*), owoców rokitnika zwyczajnego (*Hippophae rhamnoides*), ziela dziurawca zwyczajnego (*Hypericum perforatum*), nasion soczewicy jadalnej (*Lens culinaris*), kwiatów rumianku pospolitego (*Matricaria chamomilla*), ziela bazylii pospolitej (*Ocimum basilicum*), nasion grochu zwyczajnego (*Pisum sativum*), ziela babki zwyczajnej (*Plantago major*), ziela rdestu ptasiego (*Polygonum aviculare*), liści orlicy pospolitej (*Pteridium aquilinum*), liści nawłoci późnej (*Solidago gigantea*), korzeni żywokostu lekarskiego (*Symphytum officinale*), kwiatów, liści i korzeni mniszka pospolitego (*Taraxacum officinale*), kwiatów koniczyny czerwonej (*Trifolium pratense*), liści i korzeni pokrzywy zwyczajnej (*Urtica dioica*) oraz korzeni kozłka lekarskiego (*Valeriana officinalis*). Doświadczalnie określono optymalne stężenie ekstraktu do opryskiwania roślin (0,5%) oraz wyeliminowano preparaty o najsłabszych właściwościach stymulujących. Co istotne, opracowaną i oryginalną metodykę badawczą w tym zakresie, która może być wykorzystana do dalszego rozwoju tej dziedziny nauki.

Szczegółowe omówienia wyników dotyczących wpływu ekstraktów na badane parametry dla różnych roślin modelowych przedstawiono w artykułach dot. siewki kapusty głowiastej białej [A1 – Godlewska i in. 2019, A2 – Godlewska i in. 2020], selera korzeniowego [A3 – Godlewska i in. 2020], kapusty głowiastej białej [A4 – Godlewska i in. 2021] oraz rzodkiewki [A5 – Godlewska i in. 2021]. Oceniono wpływ dolistnej aplikacji ekstraktów roślinnych na plon oraz świeżą i suchą masę (części nadziemnych i/lub podziemnych) oraz zawartość chlorofilu a + b, karotenoidów, indeks zieloności liści oraz kolor liści. W jadalnych częściach roślin przeanalizowano szereg parametrów jakościowych tj. zawartości witaminy C, związków

fenolowych, azotanów, mikroskładników, makroskładników, metali ciężkich, związków lotnych, kwasów tłuszczowych, steroli, glukozydów oraz cukrów. Dokonano również pomiaru ich aktywności antyoksydacyjnej.

Na pochwałę zasługuje wykorzystanie narzędzia statystycznego (program Statistica), dzięki któremu możliwe było przeanalizowanie dużej liczby danych. W moim odczuciu przedstawienie wielu parametrów w postaci graficznej (wykresu ramka-wąsy), z uwagi na bardzo dużą liczbę kombinacji, było jak najbardziej trafne.

Uzyskane wyniki badań, ze względu na ich obszerność, w autoreferacie przedstawiono w formie tabelarycznej zaznaczając największą oraz najmniejszą aktywność biostymulującą – szczegółowe wyniki zawarto w załączonych pracach oryginalnych. Testowane ekstrakty roślinne wywierały różnicowany wpływ na plonowanie i skład chemiczny roślin modelowych, uprawianych zarówno w warunkach kontrolowanych, jak również rzeczywistych. Najsilniejsze właściwości stymulujące wzrost roślin uprawnych wykazywały ekstrakty na bazie ziela dziurawca zwyczajnego (*Hypericum perforatum* L.) wytworzone za pomocą ekstrakcji wspomaganą ultradźwiękami – zwiększały one plon główek kapusty o 13,3 i 3,0% w porównaniu do C i CB (kombinacje kontrolne), natomiast ekstrakty otrzymane za pomocą homogenizacji mechanicznej wpłynęły na wzrost plonu zgrubień selera korzeniowego odpowiednio o 68,2 i 52,0%. Plon zgrubień rzodkiewki był większy w grupach traktowanych ekstraktami, wytworzonymi z wykorzystaniem homogenizacji mechanicznej, z liści mniszka pospolitego (*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H. Wigg.) o 81,2 i 24,9% oraz nawłoci późnej (*Solidago gigantea* Ait.) o 80,6 i 24,5% porównując do grup kontrolnych C i CB.

Uogólniając w uprawie poszczególnych gatunków można rozważyć stosowanie ekstraktów:

- dla kapusty głowiastej białej: z mniszka pospolitego, kozłka lekarskiego, pokrzywy zwyczajnej i nawłoci późnej,
- dla selera korzeniowego: z dziurawca zwyczajnego, mniszka pospolitego i nawłoci późnej,
- dla rzodkiewki: z mniszka pospolitego, kozłka lekarskiego i nawłoci późnej.

Jednakże stosowanie ekstraktów roślinnych powinno być dostosowane do indywidualnych potrzeb roślin oraz warunków uprawowych oraz oczekiwanych rezultatów.

Do dalszych badań, mających na celu wytworzenie preparatów o szerokim spektrum działania w stosunku do większej liczby gatunków, należałoby rozważyć wykorzystanie mniszka pospolitego (*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H. Wigg.), kozłka lekarskiego (*Valeriana officinalis* L.) oraz nawłoci późnej (*Solidago gigantea* Ait.).

Rozdziałem świadczącym o dużej wiedzy oraz dojrzałości naukowej Doktorantki jest Dyskusja (9 stron). Skonfrontowano w niej wyniki badań własnych z literaturą, w zakresie:

- wpływu biostymulatorów na część nadziemną oraz system korzeniowy roślin,
- wpływu biostymulatorów na skład chemiczny roślin,
- wpływu biostymulatorów na rośliny poddane stresowi abiotycznemu,
- potencjalnego mechanizmu działania biostymulatorów.

Całość prowadzonych badań zwięźczo w formie 11 wniosków. Wnioskowanie pozwoliło na zebranie poruszanych w pracy wątków w logiczną całość i stało się odpowiedzią na postawiony cel pracy. Biorąc pod uwagę rozległość i wnikliwość podjętych badań warto podkreślić, iż wnioski są one ujęte bardzo trafnie i syntetycznie. Uzyskane wyniki badań wnoszą istotny wkład do postępu dyscypliny w zakresie rozwoju biostymulatorów – wykorzystania naturalnych surowców, które dotychczas nie były stosowane do tych celów, produkcji ekstraktów oraz analizy jakościowej i ilościowej efektów ich stosowania.

Dodatkowo, na uwagę i podkreślenie zasługuje dotychczasowy bardzo duży dorobek naukowy Doktorantki, na którą była m.in. laureatką Stypendium Prezydenta Miasta Wrocławia – Nagroda im. Jana Mozzymasa za wybitne osiągnięcia w dziedzinie badań interdyscyplinarnych. Ponadto wielokrotnie uzyskała środki na prowadzenie badań, m.in. (I) projekt pt. „Mechanizm działania nowatorskich ekstraktów roślinnych i ich wpływ na odporność na stres *Arabidopsis thaliana*” (Nr 2018/29/N/NZ9/02430) w ramach programu PRELUDIUM organizowanego przez Narodowe Centrum Nauki (209 997 PLN, 18.02.2019 r. – 17.02.2023 r.), (II) grant pt. „Reakcja wybranych gatunków warzyw na biostymulujące działanie homogenatów na bazie roślin leczniczych” (Nr D220/0008/18) w ramach programu Innowacyjny Doktorat finansowanego przez Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu (60 000 PLN, 08.02.2018 r. – 31.12.2019 r.). A ponadto pozyskanie finansowania w ramach programu PROM – Międzynarodowa wymiana stypendialna doktorantów i kadry akademickiej (Nr D150/1233/2019) organizowanego przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej na odbycie miesięcznego stażu na The University of Auckland w Nowej Zelandii (17 000 PLN).

## **Wniosek końcowy**

Przedstawiona do oceny praca stanowi wartościowe opracowanie naukowe, świadczące o bardzo dobrym przygotowaniu merytorycznym Pani mgr inż. Katarzyny A. Godlewskiej. Praca charakteryzuje się dużą wartością poznawczą i praktyczną w zakresie wpływu ekstraktów z pozyskanych z roślin wyższych na reakcję roślin. Rozprawa stanowi oryginalne, bardzo wnikliwe rozwiązanie wspomnianego problemu naukowego przy użyciu właściwie dobranej metodyki badawczej. Otrzymane wyniki wnoszą oryginalny wkład do rozwoju wiedzy z zakresu żywienia oraz biostymulowania roślin.

Biorąc pod uwagę wszystkie aspekty przedstawionej mi do recenzji rozprawy, mają na uwadze zapisy Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017r. (poz. 1789), Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i naukowe (Dz. U. z 2021r, poz. 478 z późn. Zm.) i w związku z ustawą z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.), stwierdzam, że przedstawiona praca

doktorska mgr mgr inż. Katarzyny A. Godlewskiej pt. „Wpływ ekstraktów z roślin wyższych na wzrost, plonowanie i skład chemiczny wybranych gatunków warzyw” spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim. **W związku z powyższym stawiam wniosek do Rady Dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

**Jednocześnie składam wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr Katarzyny A. Godlewskiej stosowną nagrodą.** Uzasadnienie dla takiego wniosku stanowi bardzo duża wnikliwość podjętych badań, ich nowatorstwo oraz znaczenie, zarówno naukowe jak i w szczególności aplikacyjne – w kontekście możliwości/konieczności biostymulowania roślin. Poznanie możliwości zastosowania wpływu wyciągów roślinnych na ten aspekt może mieć ważne znaczenie praktyczne, biorąc pod uwagę analizy jakościowe, również i prozdrowotne dla konsumentów.



Prof. UPP dr hab. Tomasz Kleiber

## Uwagi/komentarze do rozprawy doktorskiej

- W rozprawie zdarzyły się pewne drobne błędy stylistyczne oraz interpunkcyjne, które oczywiście w żadnym stopniu nie umniejszają wartości pracy oraz jej oceny,
- Rośliny celem wytworzenia ekstraktów pobierano w 1 roku. Czy były to stanowiska naturalne? Czy w Pani odczuciu możliwe jest, aby warunki wzrostu roślin zastosowanych do uzyskania wyciągów modyfikowały ich skład chemiczny oraz efektywność późniejszego zastosowania? Czy w przyszłości warto tworzyć uprawy roślin przeznaczanych na produkcję ekstraktów?
- Czy każdorazowo w kombinacji kontrolnej wzrost roślin można było uznać za standardowy i satysfakcjonujący?
- s. 53 autoreferatu, zamieszczono zdanie „Niższe plony (o 5 – 32%) w ogrodnictwie ekologicznym w porównaniu do rolnictwa konwencjonalnego wynikają przede wszystkim z dostępności składników odżywczych”

Postawiona teza jest w mojej opinii słuszna, jednak błędne jest sformułowanie „składniki odżywcze”. W tym przypadku powinniśmy mówić o składnikach pokarmowych. Składnikami odżywczymi są np. białka, cukry, tłuszcze.

- s. 57 autoreferatu, zamieszczono zdanie „Pierwiastki takie jak: N, P, K, Mg, S, Fe czy Cu są wykorzystywane przez rośliny do tworzenia chlorofilu”.....

Analogicznie, podane pierwiastki są uznane za składniki pokarmowe. Spełniają one m.in. kryteria niezbędności i nie zastępowalności.

- W artykule A1 s.22 zamieszczono zdanie „Auxins that may be present in the tested extracts are able to modify root formation and inhibit its elongation [32, 39]. Extracts may also increase the nutrient uptake by roots, resulting in improved water and nutrient efficiency and enhanced general plant growth and vigor [32].

Jak najbardziej zgadzam się z Doktorantką, ale już sama zmiana stopnia rozwoju systemu korzeniowego wystarczyłaby, aby modyfikować pobieranie składników, a tym samym wzrost i rozwój roślin.

- W artykule A3 stosowała Pani zwrot „toxic elements” w odniesieniu do Pb i Cd – zakładam, że było to spowodowane wymaganiami redakcji czasopisma. Alternatywnie można było użyć określenia „metale ciężkie”.

- Jak w Pani odczuciu powinna wyglądać stabilizacja chemiczna ekstraktów wykorzystywanych dla biostymulowania roślin? W jakich warunkach powinny być one przechowywane?
  
- Czy może Pani zarekomendować, na podstawie własnych badań oraz przemyśleń, przykładowe optymalne terminy i ekstrakty dla innych upraw np. sałaty, pomidora.