

**SZKOŁA GŁÓWNA GOSPODARSTWA WIEJSKIEGO W WRSZAWIE**  
**INSTYTUT NAUK O ŻYWIENIU CZŁOWIEKA**

Warszawa 31 lipca 2023

dr hab. Magdalena Gantner, prof. SGGW  
Katedra Żywności Funkcjonalnej i Ekologicznej  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**RECENZJA**

**Rozprawy pracy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Włodarczyk pt.**

***„Wzrost, potencjał antyoksydacyjny i alergiczny  
pomidorów (*Solanum lycopersicum L.*) poddanych działaniu  
nano-ZnO podczas nawożenia”***

**Promotor: dr hab. inż. Beata Smolińska, prof. uczelni**

**Promotor pomocniczy: dr inż. Iwona Majak**

**1. Przedstawienie podstawowych danych o kandydacie**

Mgr inż. Katarzyna Włodarczyk tytuł zawodowy magistra na kierunku Biotechnologia, w specjalności Biotechnologia molekularna i biochemia techniczna, w obszarze nauk technicznych uzyskała 18 września 2019 r. na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej. Według załączonej dokumentacji, Doktorantka nie ubiegała się wcześniej o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie technologia żywności i żywienia.

Podstawę ubiegania się w nadanie stopnia doktora stanowi rozprawa doktorska pt. *„Wzrost, potencjał antyoksydacyjny i alergiczny pomidorów (*Solanum lycopersicum L.*) poddanych działaniu nano-ZnO podczas nawożenia”*, która została wykonana w Instytucie Surowców Naturalnych i Kosmetyków na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej pod kierunkiem dr hab. inż. Beaty Smolińskiej, prof. Politechniki Łódzkiej i promotora pomocniczego dr inż. Iwony Majak.

**2. Ocena problematyki badawczej**

Zaspokojenie rosnącego popytu na żywność spowodowanego przez stale zwiększającą się w skali globalnej liczbę ludzi wymaga coraz większej produkcji roślinnej. Wymóg ten jest obecnie spełniany przez wykorzystanie konwencjonalnych agrochemikaliów, których nadmierne stosowanie powoduje poważne problemy zarówno dla środowiska, jak i zdrowia całych społeczeństw. Dlatego istnieje pilna potrzeba opracowania nowych agromateriałów, które mogą przewyciężyć szkodliwe działanie środków chemicznych i ograniczyć ich stosowanie. Takie możliwości dają nanomateriały. Według ostatnich badań nanotechnologia może zrewolucjonizować system rolnictwa. Właściwości nanomateriałów, takie jak wysoki stosunek powierzchni do objętości, mogą pozwolić na efektywne pobieranie składników odżywczych przez rośliny uprawne w celu maksymalizacji plonów. Nanorozmiar nanonawozów pozwala im wnikać w nanoporowatą powierzchnię tkanki roślinnej, przyczyniając się do poprawy efektywności wykorzystania nawozów, przywrócenia żyzności gleby i skutecznego ograniczenia degradacji agroekologicznej. Ważnym mikroelementem niezbędnym do optymalnego wzrostu roślin jest Cynk. ZnO-NP działają jako nawozy, regulatory wzrostu, pestycydy i herbicydy. Ostatnie badania wykazały, że aplikacja ZnO-NP pozytywnie reguluje tolerancję roślin na wiele stresów środowiskowych, w tym zasolenie i stres wodny. Dostępne są rzadkie informacje dotyczące wpływu dolistnej aplikacji ZnO-NPs na warzywa, zwłaszcza pomidory, dlatego wybór tematu i zakres problematyki poruszanej w **pracy doktorskiej mgr. inż. Katarzyny Włodarczyk** mają charakter aplikacyjny i wpisują się jak najbardziej w aktualne trendy badań związane ze zrównoważoną produkcją żywności, a także ochroną środowiska.

### **3. Przedstawienie informacji o ocenianej rozprawie doktorskiej**

Przedłożona do oceny rozprawa stanowi syntetyczne opracowanie składające się z 205 stron wydruku komputerowego. Tytuł pracy jest czytelny i adekwatny do treści zawartej w Rozprawie. Struktura pracy jest prawidłowa, typowa dla układu pracy eksperymentalnej i zawiera: Spis treści, Streszczenie pracy w języku angielskim i polskim, Wstęp wraz z Częścią teoretyczną, nakreślony Problem badawczy i Cel pracy, Część doświadczalną z podziałem na Materiały i Metody badawcze, Wyniki uzyskanych badań, Dyskusję, Wnioski. Pracę kończy Tabela użytych w pracy skrótów oraz Spis literatury.

Podczas pisania niniejszej pracy **Doktorantka** skorzystała z 272 pozycji literatury w tym 270 pozycji artykułów oraz 2 pozycji linków do stron internetowych. Taki układ i dobór literatury świadczy o bardzo dogłębnym przestudiowaniu podstaw teoretycznych problematyki badawczej. Największa ilość artykułów przypada na lata 2014-2023 - 58% wszystkich pozycji,

a w drugiej kolejności na lata 2003-2013 - 32%. Publikacje z ostatnich 10 lat stanowią 65% wszystkich źródeł literaturowych. Pragnę zauważyć, iż dobór pozycji literatury jest trafny i związany bezpośrednio z tematyką recenzowanej rozprawy doktorskiej. Aż 99% publikacji cytowanych w pracy to opracowania angielskojęzyczne. Jednocześnie 8,7% cytowanej literatury stanowią prace z ostatnich dwóch lat, co świadczy o podjęciu tematyki wpisującej się w najnowsze trendy badawcze. Sposób i trafność cytowania materiałów źródłowych wskazuje na dobre przygotowania merytoryczne **Doktorantki**.

Tylko w dwóch przypadkach w pozycjach literatury nie podano afiliacji artykułu, zaś w kilku przypadkach brakowało numerów zeszytów lub tomów danego czasopisma. Powstałe niedopatrzienia wynikają raczej z technicznych pomyłek i nie umniejszają jakości pracy.

W streszczeniu **Autorka** syntetycznie wprowadza czytelnika w istotę zagadnienia będącego tematem badań Pracy doktorskiej, następnie przedstawia rozbudowany cel dysertacji i efekty jego realizacji otrzymane dzięki zastosowaniu różnorodnych metod badawczych, dotyczących wpływu nanocząsteczek tlenku cynku na wzrost, potencjał antyoksydacyjny oraz zawartość wybranych alergenów w owocach pomidora. **Doktorantka** dowiodła, że zastosowanie nano-ZnO w uprawie pomidora ma wpływ zarówno na parametry biometryczne rośliny, jej potencjał antyoksydacyjny oraz zawartość alergenów, a nanocząski ZnO mogą być obiecującym związkiem wspomagającym wzrost i rozwój pomidora.

Rozdział dotyczący Części teoretycznej zajmuje 43 strony maszynopisu i stanowi wprowadzenie w zagadnienia związane z podjętym tematem badawczym, dotyczącym aktualnych problemów nawożenia gleby z punktu widzenia współczesnych potrzeb i zagrożeń dla środowiska, a następnie charakteryzuje nanotechnologię jako potencjalne rozwiązanie tych problemów. W dalszej kolejności **Doktorantka** dużo uwagi poświęca makro- i mikro-związkom zawartych w nanonawozach i ich wpływowi na wzrost i rozwój roślin, przechodząc płynnie do charakterystyki nanocząstek cynku i pozytywnego oddziaływania samego cynku na wzrost i plonowanie roślin. Szczególnie wartościowa jest Tabela 2, w której **Autorka** zamieściła przykłady nanomateriałów Zn/ZnO wykazujące potencjał nanonawozowy. W Części teoretycznej **mgr. Katarzyna Włodarczyk** poświęciła również miejsce na charakterystykę pomidora jako rośliny doświadczalnej oraz enzymatyczny i nieenzymatyczny system obrony antyoksydacyjnej, rolę przeciwutleniaczy zawartych w pomidorach, a także bardzo aktualny i ciekawy temat alergenności pomidorów. Problem badawczy oraz Cel i zakres pracy zostały sformułowane w sposób logiczny, wynikający z przeglądu literatury na dany temat. **Autorka** przyjęła poprawne założenie, że żaden z obecnie stosowanych rodzajów nawożenia w uprawie roślin nie stanowi optymalnego rozwiązania dla zrównoważonej

produkcji roślinnej, a nawożenie roślin jest niezbędnym działaniem w celu zaspokojenia wzrastających potrzeb żywieniowych społeczeństw. Stąd poszukiwania alternatywnych rozwiązań tej kwestii i podjęcie badań nad zastosowaniem nanocząstek (nanoZnO) w połączeniu z konwencjonalnym nawozem w celu spełnienia norm uprawowych pomidora. Słusznym wydaje się również być podjęcie próby opracowania nowej metody nawożenia gleby, opartej na wykorzystaniu nanocząstek i dodatków organicznych w celu zwiększenia jakości i ilości zebranych pomidorów.

Zazwyczaj przegląd literatury kończy postawienie hipotezy badawczej czego brakuje mi w recenzowanej pracy. Pod Rysunkiem 2 nie odnotowałam źródła literatury lub stwierdzenia: opracowanie własne na podstawie...

Metodyka pracy obejmuje założenie i przeprowadzenie doświadczenia, wykonanie analiz gleby i zawartości wybranych pierwiastków w glebie i roślinach pomidora, a także analizę parametrów biometrycznych roślin, analizy nieenzymatycznego i enzymatycznego systemu obrony antyoksydacyjnej w roślinach oraz oznaczanie zawartości alergenów w owocach pomidora. Bardzo dobrym elementem pracy jest Tabela 5 zawierająca syntetyczne streszczenie metod i technik stosowanych podczas badań, która zdecydowanie ułatwia poruszanie się po rozdziale. Część doświadczalna to szczegółowy opis materiału do badań, wykorzystanych narzędzi technologicznych i stosowanych metod, co nie budzi moich wątpliwości. Bardzo praktycznymi elementami pracy są skrupulatnie opisane schematy doświadczeń. Uzyskane wyniki zostały poddane dwu- lub trzyczynnikowej analizie wariancji (ANOVA) w celu określenia istotności różnic pomiędzy parami średnich w różnych wariantach przeprowadzonego doświadczenia. Słusznie Doktorantka przeprowadziła analizę w oparciu o trzy czynniki czyli stężenie nano-ZnO, metoda aplikacji i odmiana pomidora. Jako Recenzent mam jednak kilka uwag:

po pierwsze w rozdziale Materials brakuje dokładnego opisu lokalizacji doświadczenia i warunków jakie panowały podczas jego wykonywania, co jest szczególnie ważne z punktu widzenia materiału roślinnego, jakim były pomidory. Tak naprawdę nie wiem czy doświadczenie przeprowadzono w warunkach polowych, w szklarni czy pod tunelem foliowym?

opis metodyki powinien być uzupełniony o podanie jaką metodą zostało założone doświadczenie, kiedy je przeprowadzono i od czego uzależniono zbiór owoców?

ponadto **Doktorantka** nie zawsze przy opisie metod badawczych podawała dokładną liczbę powtórzeń, co powinna poprawić lub napisać ogólnie, że we wszystkich badaniach wykonywano po 3 powtórzenia.

Badania do pracy przeprowadzono na trzech odmianach pomidora (*Solanum lycopersicum* L.) odmiany Maskotka, Granit i Malinowy Bossman i koncentrowały się one na różnych etapach wzrostu roślin - kiełkowanie nasion, wzrost roślin i dojrzewanie owoców. Dodatkowo w ramach badań dotyczących opracowania nowej metody wykrywania alergenów w owocach pomidora z wykorzystaniem RT-qPCR wytypowano 8 odmian - 4 polskie odmiany oraz 4 cypryjskie odmiany pomidorów. Pomidor jest jedną z najczęściej uprawianych, wartościowych i spożywanych warzyw na świecie, zajmując drugie miejsce po ziemniakach pod względem spożycia. Jest źródłem wapnia, żelaza, sodu, potasu, magnezu, witaminy A i C, przeciwutleniaczy i karotenoidów, warzywem ogólnie związanym z poprawą zdrowia ludzkiego poprzez zmniejszenie ryzyka chorób przewlekłych, zwłaszcza cukrzycy, raka i układu krążenia. Pomimo ważnej roli pomidora w diecie człowieka, jego produktywność spada na całym świecie, na co wpływa wiele stresów abiotycznych, takich jak upały, zasolenie i susza. Dlatego też wybór tej rośliny do badań nad poprawą ilości i jakości plonowania dzięki odpowiednio dobranemu nawożeniu jest jak najbardziej słuszny i aktualny.

Rozdział wyniki został przedstawiony na 60 stronach, a dane zawarto w 6 tabelach i 48 wykresach, które są czytelne i zrozumiałe. Wyniki opisane są na podstawie uzyskanych zależności statystycznych i odznaczają się dużą wartością poznawczą. Dużym atutem pracy jest rozdział poświęcony ilościom alergennego białka profiliny oraz Bet v 1, przy porównaniu 4 odmian z Polski i 4 odmian z Cypru. Jest to szczególnie istotne w przypadku występowania alergii pokarmowych oraz dodatkowego zjawiska jakim są reakcje krzyżowe, utrudniające postawienie wstępnej diagnozy u chorego dotyczącej konkretnego alergenu. Pokarmy roślinne o zredukowanej ilości alergenów mogą w przyszłości pozwolić chorym uczulonym na panalergeny na mniej restrykcyjną dietę eliminacyjną, dlatego też uważam te badania **Doktorantki** za szczególnie istotne, które powinny być kontynuowane w oparciu o dodatkowe czynniki jak np. rok badań czy system uprawy (ekologiczna i tradycyjna). Niewątpliwym atutem pracy jest kompleksowość bardzo szeroko zakrojonych badań. Drobne uwagi z mojej strony to:

brak tytułu w tabeli 10 oraz brak legend pod w tabelą 10 i 11 dotyczących wyjaśnienia symboli literowych mówiących o istotnych różnicach statystycznych;

niektóre informacje zawarte w Wynikach powinny znaleźć się w Metodocy np. początek Rozdziału 5.7 dotyczący Analizy owoców pomidora;

w paru przypadkach **Doktorantka** do roślin odmiany Maskotka użyła mylnie słowa rodzaj np. w Tabeli 11, a nie są to określenia tożsame.

Kolejnym ważnym rozdziałem pracy jest rzeczowa i merytoryczna Dyskusja, gdzie **Doktorantka** na 36 stronach, wyniki swoich badań skonfrontowała z literaturą przedmiotu. **Autorka** w sposób zwięzły odniosła się do własnych badań i zestawiała z pracami o pokrewnej tematyce, a także sprawnie przeprowadziła polemikę dotyczącą uzyskanych wyników z osiągnięciami innych autorów. Bardzo dobrym rozwiązaniem jest podział tematyczny w obrębie prowadzonej dyskusji, co znacząco porządkuje tematykę i ułatwia czytanie tej części pracy.

Brakuje mi jednak wyjaśnienia lub próby komentarza w oparciu o dane literaturowe., jak sama **Doktorantka** pisze, uzyskanych „niejednoznacznych” wyników. Z czego to wynikało?

Kolejne pytanie dotyczy wykazania niekiedy znacznych odchyleń statystycznych. Czym można je wytłumaczyć? Czy zmiennością próbek czy wpływem czynników środowiskowych? np. wykres 56 dotyczący analizy zawartości profilin,?

Ostatnim rozdziałem pracy są wnioski wynikające bezpośrednio z otrzymanych wyników. **Doktorantka** przedstawiła je w postaci 11 punktów, które znajdują pełne uzasadnienie w przeprowadzonych szczegółowo szerokich badaniach. Mam jednak kilka uwag i pytań:

Proszę o wyjaśnienie wniosku 1, co oznacza słowo bardziej?, (more beneficial) ale od czego?; Moim zdaniem Wniosek ostatni powinien być pierwszy;

Na samym końcu pracy zamieszczono tabelę skrótów. W mojej opinii tabela ta powinna znaleźć się na początku pracy;

Który z badanych trzech czynników metodycznych - dostarczania NPs, zastosowane dawki NPs czy czynnik odmiany pomidora miał największy wpływ na plonowanie i jakość owoców pomidora?;

Czym Pani może wytłumaczyć spadek zawartości chlorofili i karotenoidów spowodowany zastosowaniem nanonawozów oraz obniżenie plonowania w porównaniu do roślin kontrolnych?;

Czym można wytłumaczyć reakcję odmiany Granit (wniosek 2) na nawożenie nano-ZnO? Czy są to tylko cechy odmianowe?

#### **4. Podsumowanie**


Pozytywnie oceniam merytoryczną i formalną stronę rozprawy doktorskiej **mgr inż. Katarzyny Włodarczyk** pt. „**Wzrost, potencjał antyoksydacyjny i alergiczny pomidorów (*Solanum lycopersicum* L.) poddanych działaniu nano-ZnO podczas nawożenia**”. Postawiony cel badań został w pełni zrealizowany, a **Doktorantka** wykazała się dobrą znajomością literatury przedmiotu, wiedzą metodyczną i umiejętnością interpretacji wyników

Zaprezentowana rozprawa doktorska dostarcza wielu wartościowych informacji i wzbogaca wiedzę w dyscyplinie Technologia żywności i żywienia, w obszarze wiedzy na temat zastosowania nanotechnologii w rolnictwie dotyczącej nawożenia roślin uprawnych. Dzięki temu rozprawa **mgr inż. Katarzyny Włodarczyk** ma cenny aspekt aplikacyjny wykazując słuszność zastosowania nano-ZnO w uprawie pomidorów i ich wpływie na parametry biometryczne oraz enzymatyczny i nieenzymatyczny system obrony antyoksydacyjnej roślin. Na szczególne podkreślenie zasługują badania dotyczące wpływu nanocząstek na alergenicność wybranych odmian pomidorów, które stanowią pierwszą próbę oceny tego zjawiska. Przedstawione przeze mnie uwagi nie umniejszają jej merytorycznej wartości poznawczej oraz znaczenia podjętego tematu badawczego, a jedynie mają za zadanie lepsze możliwości zaprezentowania uzyskanych wyników w postaci artykułów naukowych.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Włodarczyk pt. **„Wzrost, potencjał antyoksydacyjny i alergiczny pomidorów (*Solanum lycopersicum* L.) poddanych działaniu nano-ZnO podczas nawożenia”** spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim, określone w art. 13.1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawa o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.). W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Surowców Naturalnych i Kosmetyków na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie **mgr inż. Katarzyny Włodarczyk** do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Należy powołać się na Ustawę

Ponadto biorąc pod uwagę bardzo szerokie, a zarazem kompleksowe podejście do tematu nawożenia pomidorów i ogólnie zastosowania nanotechnologii w nowoczesnym ogrodnictwie, wnioskuję o wyróżnienie pracy **mgr inż. Katarzyny Włodarczyk** pt. **„Wzrost, potencjał antyoksydacyjny i alergiczny pomidorów (*Solanum lycopersicum* L.) poddanych działaniu nano-ZnO podczas nawożenia”**.

Warszawa, 31 lipca 2023 r.

  
Dr hab. Magdalena Gantner, prof. SGGW

