

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani Katarzyny Kaczanowskiej pt. „Mechanizmy tolerancji sorga (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na stres chłodu”

Podstawa wykonania recenzji

Recenzję wykonano na podstawie zlecenia Dyrektora Instytutu Fizjologii Roślin im. F. Górskiego PAN w Krakowie prof. dr hab. inż. Franciszka Janowiaka w związku z ubieganiem się Pani mgr inż. Katarzyny Kaczanowskiej o nadanie stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk rolniczych, dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. Rozprawa została napisana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Franciszka Janowiaka.

Tematyka rozprawy

Temat pracy dotyczy jednego z kluczowych wyzwań współczesnego rolnictwa – konieczności przystosowania upraw do zmieniających się warunków klimatycznych. Globalne ocieplenie i jego skutki, takie jak niestabilność pogodowa, zmuszają badaczy do poszukiwania bardziej odpornych gatunków i odmian, a także do pogłębiania naszej wiedzy na temat ich biologii. Praca doktorska Pani mgr Katarzyny Kaczanowskiej stanowi kompleksowe opracowanie problemu adaptacji sorga do stresu chłodowego.

Stres chłodowy, będący formą stresu abiotycznego, znacząco ogranicza wzrost i plonowanie roślin, zwłaszcza tych pochodzenia subtropikalnego i tropikalnego, takich jak sorgo. Niska temperatura powoduje liczne zakłócenia w funkcjonowaniu roślin, takie jak spadek efektywności fotosyntezy, zaburzenia gospodarki wodnej, stres oksydacyjny oraz uszkodzenia błon komórkowych i tkanek.

Sorgo jest gatunkiem o dużym potencjale jako roślina uprawna, szczególnie w kontekście zmian klimatycznych, które sprzyjają suszom i wzrostowi temperatury w Europie. Jednak zasięg uprawy sorga w chłodniejszych rejonach jest ograniczony ze względu na jego niską tolerancję na stres termiczny. W związku z tym konieczne jest podjęcie badań mechanizmów tolerancji sorga na chłód oraz ich podstaw genetycznych, których wyniki mogą zostać wykorzystane w hodowli nowych odmian odpornych na chłód.

Praca została wykonana w ramach projektu ERANET GAS - *Genetyczna Adaptacja Sorga: oparta na genomice hodowla rośliny energetycznej nowej generacji dla zrównoważonego rozwoju Europy* finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR), Nr. umowy ERA-NET-BIOENERGY/3/2013.

Szczegółowa ocena wartości naukowej rozprawy

Rozprawę stanowi monografia o objętości 120 stron. Praca przygotowana jest starannie

w układzie typowym dla tego typu opracowań.

We wstępie autorka w sposób szczegółowy przedstawiła aktualny stan wiedzy na temat wpływu stresów abiotycznych na procesy fizjologiczne roślin, a także precyzyjnie wskazała lukę badawczą, którą wypełniają zaprezentowane wyniki.

Jednym z najważniejszych atutów tej pracy jest jasno sformułowany cel badawczy: określenie, które procesy i cechy decydują o tolerancji sorga na chłód, oraz ocena zróżnicowania tej cechy w populacjach badanych genotypów. Autorka zadbała o przejrzystość w przedstawieniu celów, podkreślając zarówno ich znaczenie naukowe, jak i praktyczne. Ważnym elementem było także uwzględnienie różnorodności genetycznej sorga, co podkreśla jej świadome podejście do wyzwań współczesnej biologii roślin.

Badania przeprowadzono na sześciu liniach rodzicielskich oraz czterech populacjach mapujących. Autorka zastosowała zaawansowane i różnorodne metody badawcze, które pozwoliły na kompleksową analizę problemu. Przeprowadzono analizy wydajności aparatu fotosyntetycznego z wykorzystaniem pomiarów fluorescencji chlorofilu, pomiary otwierania aparatów szparkowych, pomiary potencjału osmotycznego, zawartości kwasu abscysynowego (ABA), a także aktywności systemu antyoksydacyjnego i adaptacji osmotycznej.

Metody te były odpowiednie do charakteru badań i pozwoliły na uzyskanie wiarygodnych danych. Taki zakres analiz pozwolił Autorce na uzyskanie szczegółowego obrazu procesów zachodzących w roślinach pod wpływem chłodu. Co więcej, dzięki badaniom na populacjach mapujących, praca daje podstawy dla późniejszego zrozumienia genetycznego podłoża tolerancji na chłód u sorga.

Wyniki zostały przedstawione na 50 rycinach i w 6 tabelach w sposób uporządkowany i poparte adekwatnymi analizami statystycznymi, co świadczy o rzetelności badawczej Doktorantki. Wykazano, że linie tolerancyjne sorga charakteryzują się lepszym utrzymaniem wydajności fotosyntetycznej PSII w warunkach chłodu oraz szybszą regeneracją funkcji fotosyntetycznych w fazie powrotu do normalnych warunków. Podkreśla to znaczenie efektywnego zarządzania energią przez rośliny w sytuacjach stresu środowiskowego. Szczególną rolę w procesie adaptacji odegrał kwas abscysynowy (ABA), którego akumulacja w liściach i korzeniach była wyższa u linii tolerancyjnych. Hormonalna regulacja zamykania aparatów szparkowych umożliwiała efektywniejsze ograniczenie strat wody i lepsze radzenie sobie z chłodem. Kluczowe okazały się także transport ABA z korzeni do nadziemnych części roślin oraz alkalizacja soku ksylemu.

Badania wskazały również, że linie tolerancyjne wykazywały większą zdolność do adaptacji osmotycznej poprzez akumulację substancji osmotycznie czynnych, co pozwalało na utrzymanie odpowiedniego uwodnienia tkanek w czasie stresu. Różnice w potencjale osmotycznym były zauważalne zarówno podczas działania stresu, a szczególnie w fazie regeneracji. Ważnym mechanizmem obronnym była także wyższa aktywność enzymów antyoksydacyjnych oraz drobnocząsteczkowych antyoksydantów, co pozwalało neutralizować reaktywne formy tlenu (RFT) i chronić tkanki przed uszkodzeniami oksydacyjnymi.

Zróżnicowanie genotypowe w populacjach sorga ujawniło dużą zmienność w zakresie tolerancji na chłód. Genotypy różniły się reakcjami na poziomie fizjologicznym

i biochemicznym, co wskazuje na potencjał do selekcji linii o pożądanych cechach. Wyniki tych badań mają istotne znaczenie aplikacyjne, umożliwiając ukierunkowaną selekcję genotypów i wspierając hodowlę odmian sorga odpornych na chłód, co jest szczególnie istotne w kontekście zmieniających się warunków klimatycznych Europy.

Dyskusja wyników jest rzeczowa i opiera się na solidnych podstawach literaturowych, uwzględniając najnowsze publikacje z dziedziny fizjologii roślin. Autorka starannie analizuje swoje wyniki w kontekście dostępnej literatury, wskazując zarówno na zgodności, jak i na różnice, co świadczy o jej krytycznym podejściu do tematu. Co istotne, podjęła ona też próbę wyjaśnienia mechanizmów odpowiedzialnych za obserwowane zjawiska, co nadaje pracy odpowiednią wartość naukową.

Na podstawie uzyskanych wyników doktorantka sformułowała 10 wniosków. Są one jasno sformułowane, natomiast w mojej opinii mają one charakter zbyt szczegółowy powtarzając niejako opis wyników. W mojej opinii najcenniejszymi wnioskami, których przykładowy sposób sformułowania podaję poniżej są:

- 1) U sorga obserwuje się istotną korelację między zawartością ABA w liściach a zdolnością roślin do tolerowania niskich temperatur. Wskazuje to na kluczową rolę transportu ABA z korzeni do liści w odpowiedzi na chłód, co może być podstawą do dalszych badań nad regulacją hormonalną w warunkach stresowych.
- 2) Tolerancyjne względem niskich temperatur genotypy sorga szybciej adaptują się osmotycznie. Ta obserwacja wskazuje na możliwości selekcji genotypów o lepszej zdolności do akumulacji substancji osmotycznie czynnych jako bardziej chłodotolerancyjnych.
- 3) Międzygenotypowe różnice w tolerancji na chłód są bardziej widoczne podczas fazy regeneracji niż samego stresu. To istotna obserwacja, która może pomóc w identyfikacji najbardziej odpornych genotypów.

Autorka słusznie zauważyła też, że znaczące różnice między genotypami wskazują na możliwość skutecznej selekcji odmian odpornych na chłód.

Dobór literatury jest kompleksowy i wszechstronny. Cytowane są 143 pozycje literaturowe oraz 7 źródeł internetowych. Autorka korzysta z klasycznych prac w dziedzinie fizjologii roślin, a także z najnowszych badań z zakresu genetyki i biologii molekularnej. Praca mogłaby zostać jednak wzbogacona o szersze skonfrontowanie wyników badań z pracami dotyczącymi adaptacji do stresu chłodowego u innych gatunków roślin. Jednak obecny dobór literatury w pełni wspiera tezy i wyniki przedstawione w rozprawie.

Podsumowanie

Praca doktorska Katarzyny Kaczanowskiej to kompleksowe i szczegółowe opracowanie problemu adaptacji sorga do stresu chłodowego. Temat ten zasługuje na szczególną uwagę, gdyż dotyczy jednego z kluczowych wyzwań współczesnego rolnictwa – konieczności przystosowania upraw do zmieniających się warunków klimatycznych. Globalne ocieplenie i jego skutki, takie jak niestabilność pogodowa, zmuszają badaczy do poszukiwania bardziej odpornych gatunków i odmian, a także do pogłębiania naszej wiedzy na temat ich biologii.

W swojej rozprawie Autorka nie tylko stawia pytania dotyczące tolerancji sorga na chłód, ale również podejmuje się dokładnego zbadania mechanizmów fizjologicznych i biochemicznych, które determinują tę cechę. Co ważne, badania zostały przeprowadzone w sposób niezwykle szczegółowy i wszechstronny, obejmując różne poziomy organizacji biologicznej – od analizy molekularnej, przez procesy fizjologiczne, aż po praktyczne aspekty hodowli.

Rozprawa naukowa cechuje się interdyscyplinarnością podejścia badawczego, które obejmuje elementy fizjologii, biochemii oraz daje podstawy dla badań genetycznych i genomicznych. Takie podejście pozwala na holistyczne spojrzenie na problem tolerancji sorga na chłód, łącząc różnorodne aspekty badawcze w spójny obraz. Zastosowane metody badawcze oparte były na solidnych podstawach, wykorzystując adekwatne techniki, takie jak pomiary fluorescencji chlorofilu, analizy zawartości kwasu abscysynowego metodą ELISA oraz spektrofotometryczne pomiary zdolności antyoksydacyjnych.

Praca ma również potencjalne znaczenie praktyczne, ponieważ jej wyniki podkreślają potencjał selekcji genotypowej sorga w kierunku tolerancji na chłód, co jest szczególnie ważne w kontekście adaptacji upraw do zmieniających się warunków klimatycznych. Dodatkowo, szerokie odwołanie do literatury naukowej, oparte na aktualnych źródłach, świadczy o dobrym zrozumieniu przez Autorkę najnowszych trendów badawczych.

Jednakże praca ma też pewne ograniczenia. Brakuje w niej szerszego odniesienia do warunków polowych, co ogranicza jej kontekst ekologiczny. Praca byłaby bardziej wartościowa, gdyby zawierała bardziej szczegółowe porównanie jej wyników z wynikami innych autorów prezentującymi reakcje innych gatunków roślin na chłód, co pomogłoby zrozumieć wyjątkowość mechanizmów tolerancji występujących u sorga. Dodatkowo, chociaż praca sugeruje zastosowanie wyników w hodowli, minimalnie odnosi się do konkretnych kierunków selekcji genotypów i możliwości hodowli precyzyjnej, co mogłoby wzbogacić perspektywę jej praktycznego zastosowania.

W pracy dopatrzeć można się też szeregu mniejszych niedoskonałości mających charakter redakcyjny czy językowy, nie ma to jednak żadnego znaczenia w kontekście wniosku końcowego. Dla przykładu nazywanie fazy regeneracji po stresie terminem „zdrowienia” jest zdecydowanie niepoprawne.

Wniosek końcowy

Praca doktorska Katarzyny Kaczanowskiej pt. *"Mechanizmy tolerancji sorga (Sorghum bicolor (L.) Moench) na stres chłodu"* spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa i standardami naukowymi. Autorka w pełni wykazała się umiejętnością prowadzenia samodzielnych badań naukowych, prezentacji wyników, ich interpretacji oraz odniesienia ich do aktualnego stanu wiedzy.

Na podstawie art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 27 lipca 2005 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz.U. z 2017 r. poz. 2183 z późn. zm.), rekomenduję dopuszczenie Pani mgr Katarzyny Kaczanowskiej do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.