

Warszawa, 2016-09-12

dr hab. Hazem M. Kalaji, prof. nadzw. SGGW
Katedra Fizjologii Roślin
Wydział Rolnictwa i Biologii
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Nowoursynowska 159
02-776 Warszawa

Ocena

pracy doktorskiej mgr **Damiana Wacha** pt. **„Przydatność wybranych wskaźników fizjologicznych do oceny wrażliwości kukurydzy na stres suszy zależnie od zaopatrzenia w potas”** przygotowana w odpowiedzi na zlecenie Przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach, prof. dr hab. Jana Kusia, zgodnie z pismem RN- z dnia 11-07-2016 r.

Ogólna charakterystyka

Przedstawiona do oceny praca mgr Damiana Wacha została wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Alicji Pecio i promotora pomocniczego dr Małgorzaty Kondrackiej, na 200-lecie powstania Instytutu Agronomicznego, w jednostce o wspólnych z SGGW w Warszawie korzeniach, liczącym się w Świecie Instytucie Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowym Instytucie Badawczym w Puławach. Układ pracy jest logiczny i zgodny z typowymi pracami doktorskimi. Składa się ona z 6 rozdziałów, z czego 5 pierwszych z podrozdziałami. Zawiera 133 strony, 86 tabel, 73 rysunki (40 podwójne), 12 fotografii, zacytowane 101 pozycji literatury, w układzie 85 anglo-, 15 polsko-, 1 niemiecko-języcznych (wśród anglojęzycznych 10 prac autorów polskich) i 3 strony internetowe. Wydana została w postaci zwartego, sformatowanego i oprawionego wydruku komputerowego.

Tematyka pracy

Zmiany klimatyczne prowadzące do wyraźnego ocieplenia klimatu w Polsce będą sprzyjały dalszemu wzrostowi areału uprawy kukurydzy (np. wg FAO w porównaniu z rokiem 1995 zwiększył się dotąd ponad 13-krotnie), która do wytworzenia dużego plonu biologicznego i rolniczego (użytkowego) potrzebuje dużych ilości wody. W sytuacji, gdy jednocześnie tej wody coraz bardziej brakuje, cenne jest zwrócenie uwagi przez Doktoranta na istotną korzyść, jaką temu gatunkowi daje osmoregulujący makroelement - potas. Wyniki

podjętej pracy stanowią wiarygodną odpowiedź na pytanie, w jakim stopniu zmiany w dostępności i wielkości poboru potasu wpływają na adaptację kukurydzy do stresu suszy, a także wskazują, które z masowo stosowanych wskaźników głównie fizjologicznych są miarodajne do oceny jej odporności/tolerancji na okresową suszę. Doktorant w pracy dokonał istotnej oceny doboru wykorzystania fizjologicznych kryteriów odporności/tolerancji na suszę w praktyce agronomicznej. Warto również podkreślić, że praca mgr Damiana Wacha wpisuje się w jubileusz 40-lecia odkrycia szlaku fotosyntetycznego C₄, którym cechuje się między innymi kukurydza.

Wartość naukowa pracy

W ocenianej rozprawie postawiono dwuelementową hipotezę badawczą dotyczącą skutków stresu suszy i jego wpływu na przebieg procesów fizjologicznych rośliny, a w konsekwencji na ich wydajność oraz dotyczącą aplikacji potasu, jako ważnego czynnika łagodzącego negatywne skutki deficytu wody w okresie wzrostu i rozwoju roślin. W tym kontekście, celem pracy było: określenie wpływu krótkotrwałych stresów suszy na wartości wybranych wskaźników fizjologicznych oraz na wielkość i strukturę plonu kukurydzy, w zależności od stanu zaopatrzenia roślin w potas. Hipotezę roboczą, wyznacznik układu i treści pracy, sformułowano miarodajnie. Wynika ona z umiejętnego przeglądu literatury i zawartego w niej stanu badań, w zakresie problematyki pracy. W celu weryfikacji tej hipotezy oraz aby spełnić wymogi niezbędne do osiągnięcia założonych celów zrealizowano badania empiryczne z wykorzystaniem nowoczesnej laboratoryjnej aparatury kontrolno-pomiarowej. Bogaty zestaw aparatury wykorzystanej przez Autora pracy ma znaczenie metodyczne i decyduje o jej wartości i przydatności praktycznej. Wykorzystanie i umiejętność posługiwania się specjalistyczną aparaturą Doktorant uzyskał m.in. w ramach stażu naukowego na Uniwersytecie w Helsinkach w roku 2013.

Oparta na bardzo obszernym materiale badawczym rozprawa magistra Damiana Wacha, charakteryzuje się na ogół poprawną analizą statystyczną. Założono doświadczenie szklarniowe z kukurydzą w układzie całkowicie losowym. Czynnikiem były odmiana (Jawor przeznaczona na ziarno i Sumaris na kiszonkę), stres suszy (brak stresu, stres wczesny BBCH 16-17 i późny BBCH 51-53), zasobność podłoża w potas (125, 266 i 406 mg K₂O kg⁻¹ podłoża). W okresie wzrostu i rozwoju roślin wykonano pomiary wskaźników fizjologicznych w sprowokowanych warunkach deficytu wody. O pracochłonności badań zdecydował dobór aparatury kontrolno-pomiarowej użytej do oceny w 3 lub 4 terminach następujących

wskaźników fizjologicznych: intensywności fotosyntezy netto, przewodności szparkowej, intensywności transpiracji, maksymalnej wydajności kwantowej PSII, wskaźnika funkcjonowania PSII, wskaźnika zieloności liścia, zawartości flawonoidów, chlorofilu, wskaźnika równowagi azotowej, temperatury liścia, zawartości potasu w soku komórkowym. Do tego dochodzi szczegółowe oznaczenie wielkości plonu i jego składowych metodą suszarkowo-wagową. Doświadczenia wymagały także indywidualnego regulowania wilgotności każdego z wazonów, z zastosowaniem wagi elektronicznej oraz ochrona doświadczenia przed chorobami i szkodnikami.

Wyniki badań omówiono bardzo szczegółowo i wnikliwie. Opis wyników wskazuje na wysoki poziom wiedzy Doktoranta w zakresie tematyki objętej badaniami. Ważnym walorem naukowym rozprawy doktorskiej jest wielostronność przeprowadzonej oceny oddziaływania, mitygowanego przez pobrany potas w warunkach suszy. Sformułowane wnioski wynikają z analizy wyników przeprowadzonych badań własnych oraz przeanalizowanej szeroko dokumentacji i mają zarówno charakter poznawczy, jak i aplikacyjny.

Dyskusja wyników badań uwzględnia wiele wątków. Zawarte w podsumowaniu i wnioskach konkluzje w większości sformułowano w sposób syntetyczny i poprawny. Wnioski te odpowiadają zadaniom postawionym w celu badań i poruszają najważniejsze kwestie wynikające z przeprowadzonych badań, a zgromadzony obfity materiał badawczy w pełni upoważnia Doktoranta do ich upowszechnienia. Jednakże po zapoznaniu się z pracą nasuwają się następujące uwagi, które mogą być dyskusyjne:

1. We Wstępie nasuwa się pytanie - Czy rzeczywiście areal przeznaczony pod uprawę kukurydzy w Polsce wynosi 1,2 mln ha i czy w 2012 r. przekroczył 1 mln hektarów, skoro dane FAO z roku 2013 podają 614 tys. hektarów?
2. Warto byłoby również przedstawić we Wstępie wskaźniki fizjologiczne, które wpływają na wzrost i rozwój kukurydzy. Wspomniano również o współczynniku transpiracji, którego nie wyznaczono w badaniach Autora?
3. Warto byłoby w Metodyce przedstawić charakterystykę analizowanych odmian kukurydzy przeznaczonych na ziarno lub na kiszonkę. W badaniach szklarniowych, w których określa się cechy biometryczne jednej rośliny powinno się używać określenia „masa ziarna z jednej rośliny” zamiast „plon”. Wydaje się, zatem trafniejsze użycie określenia „cechy biometryczne roślin” zamiast „plon i elementy struktury plonu”.

Ponadto, proponuję unikać nadużywania słowa „spadek”, zwłaszcza w przypadku plonu, czy zawartości składników.

4. W pracy posługiwano się głównie analizą wariancji, określając istotność różnic przy pomocy „testu Tuckey’a” na poziomie $\alpha=0,05$. Należy zauważyć, że prawidłowy test to **test Tukeya**. Biorąc pod uwagę tak szeroki zakres prowadzonych w szklarni badań, dobrym narzędziem w opracowywaniu tego typu badań mogłaby być analiza ścieżek (ang. *path coefficient analysis*) i analiza składowych głównych (ang. *principal component analysis*) oraz analiza skupień (ang. *cluster analysis*). Dopełniającym podejściem mogłoby być połączenie z niezbędnymi dla badań stresów komórkowymi automatami (ang. *cellular automata*), czy sztucznymi sieciami neuronowymi (ang. *artificial neural networks*).
5. Omówienie wyników jest obszerne, jednak wymaga doprecyzowania pewnych zagadnień. Niezrozumiały jest dla mnie opis na str. 102-103 tabeli 4.4.6.4., doprecyzowania także wymagają wykresy 4.4.1.4.1.-4.4.1.4.3. Na stronie 108 wystąpił swoisty *lapsus* „Podstawową rolą potasu w roślinie kukurydzy jest efektywna gospodarka azotem...” Jak należy rozumieć „zmiany powodowane przez stres suszy na poziomie genetycznym”, w przeciwieństwie do „biochemicznym lub fizjologicznym” (str. 111)? Sformułowanie „mniejszego rzędu” to nie ok. 25%, tylko przynajmniej 10 razy mniej. Skrót RFT (reaktywne formy tlenu) nie powinien być stosowany, właściwe jest określenie ROS (ang. *reactive oxygen species*). Czy „Maksymalna wydajność fotochemiczna Fotoukładu II (Fv/Fm)” jest rzeczywiście najnowszym określeniem „Maksymalnej wydajności kwantowej” tego fotoskładu? Czy po przyporządkowaniu do grupy o np. masie tysiąca ziaren istotnie różnej od pozostałych grup wolno mówić o „względnej stałości” wskaźnika? Czy wskazane było jednoczesne przeprowadzenie pomiarów zawartości chlorofilu i wskaźnika zieloności liścia w jednostkach SPAD skoro, co było do przewidzenia, wskaźnik zieloności reagował, podobnie na stres suszy jak sam chlorofil (70-82% wobec 75-83%)?
6. Ponadto Autor pracy nie uniknął edytorskich błędów. Dotyczą one m.in. właściwego umiejscowienia podpisów pod rysunkami, trafniejszego stosowania w tekście określeń wartościujących typu: „aż”, „co najmniej” itp., oddziałujących sugestywnie na odbiór pracy przez czytelnika, jednolitego cytowania literatury, czy ujednolicenia „Harvest Index”. Ponadto dołączenie na końcu pracy (w postaci załączników) wyników poszczególnych analiz statystycznych przeprowadzonych w ramach badań

podniosłoby wartość ocenianej rozprawy. Załączniki te uwiarygodniłyby i skutecznie udokumentowały ogromną liczbę danych przeanalizowanych przez Doktoranta.

Mgr Damian Wach wyciągnął z przeprowadzonych badań 5 głównych wniosków. Przedstawione wnioski ustawiono zgodnie z przyjętą w pracy metodyką i przeprowadzoną dyskusją, a nie z porządkiem wskazanym we wstępie. Rozdział „**Podsumowanie i wnioski**” ze względu na swój układ powinno się raczej zatytułować „Wnioski”.

- Wniosek 1 podkreśla wyraźne straty procentowe plonu biomasy i ziarna kukurydzy pod wpływem okresowych stresów suszy od fazy 6-7 liścia (40 i 540%) lub począwszy od fazy ukazywania się wiech (34 i 42%).
- Wniosek 2 akcentuje różnice w składowych plonu odmian kukurydzy przeznaczonych na ziarno lub na kiszonkę. W pierwszym przypadku maleje liczba ziaren w kolbie, w drugim udział ziarna w plonie końcowym (pogorszenie wartości kiszonki).
- We wniosku 3 usystematyzowano przydatność oznaczanych przyżyciowo wskaźników fizjologicznych do oceny skutków okresowej suszy, zgodnie z malejącą wrażliwością na ten stres. Najbardziej przydatne są wskaźniki związane z wymianą gazową (przewodnictwo szparkowe, intensywności transpiracji i fotosyntezy). Z kolei najmniejszą wrażliwość wykazuje wydajność kwantowa PSII. W tym układzie wniosek 4 wydaje się być niewłaściwy
- wskazuje, że zaopatrzenie kukurydzy w potas oddziałuje tylko na jego zawartość, w sensie stężenia w soku komórkowym liścia.
- We wniosku 5 podkreślono brak istotnego współdziałania wzrastającego nawożenia potasem i tolerancji rośliny kukurydzy na stresy okresowej suszy.

Reasumując, pomimo przedstawionych uwag, które mogą mieć charakter dyskusyjny, pozytywnie oceniam pracę mgr Damiana Wacha pt. „Przydatność wybranych wskaźników fizjologicznych do oceny wrażliwości kukurydzy na stres suszy zależnie od zaopatrzenia w potas”. Recenzowana rozprawa dotyczy bardzo aktualnej problematyki i wnosi nowe i oryginalne elementy wiedzy z zakresu tolerancji/odporności kukurydzy na stres suszy, a także mieści się w dziedzinie nauk rolniczych. Z uwagi na szeroki zakres analizy i specyfikę zagadnienia stresu suszy rozprawa doktorska ma w dużym stopniu charakter interdyscyplinarny, na styku agronomii, fizjologii roślin i chemii rolnej, a być może i z odniesieniem do hodowli roślin (ew. kryteria tolerancji/odporności kukurydzy na okresową suszę). Dociekliwość naukowa, osiągnięty już teraz poziom interpretacji wyników badań

własnych wskazują na Doktoranta, jako zdolnego i niewątpliwie dobrze zapowiadającego się naukowca. Zawarte w recenzji uwagi krytyczno-dyskusyjne i polemiczne, a także sugestie nie umniejszają istotnie wartości merytorycznej rozprawy. Proponuję uwzględnić je przy publikowaniu wyników badań. Przedstawiony w rozprawie materiał dowodzi, że Doktorant wykazał się dużą umiejętnością organizowania i prowadzenia badań w warunkach półkontrolowanych.

Praca doktorska Pana mgr Damiana Wacha na stopień doktora nauk rolniczych w zakresie agronomii spełnia wymogi wynikające z art. 13 ustęp 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami.

Wnioskuje, zatem do Rady Naukowej Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa- Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej Autora mgr Damiana Wacha do dalszych etapów przewodu doktorskiego i publicznej obrony.

Horacio Ułajski