

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Anny Stępień-Wardy
pt. „*Plonowanie i wybrane wskaźniki fizjologiczne kukurydzy (*Zea mays* L.) uprawianej na
ziarno w zmianowaniu i monokulturze*”

wykonanej pod kierunkiem
Promotora: prof. dr hab. Jerzego Księżaka
w Zakładzie Uprawy Roślin Uprawnych
IUNG-PIB w Puławach

Recenzja rozprawy doktorskiej została wykonana na podstawie:

1. Pisma Zastępcy Przewodniczącego Rady Naukowej, prof. dr hab. Janusza Podleśnego w sprawie podjęcia uchwały Rady Naukowej IUNG-PIB z dnia 13.09.2024, dotyczącej wyboru recenzenta rozprawy;
2. Umowy o dzieło z dnia 24.09.2024 podpisanej przez Główną Księgową IUNG-PIB mgr Joannę Więcek;
3. Rozprawy doktorskiej w postaci monografii mgr Anny Stępień-Wardy pt. „*Plonowanie i wybrane wskaźniki fizjologiczne kukurydzy (*Zea mays* L.) uprawianej na ziarno w zmianowaniu i monokulturze*”;
4. Prawa o szkolnictwie wyższym i nauce z 20 lipca 2018 r. (Dz. U. 2022 poz. 574 z późniejszymi zmianami) dotyczącego szczegółowego trybu i warunkach przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym i nadaniu tytułu profesora.

Tematyka rozprawy

Zmiany klimatyczne, obserwowane w ostatnich latach powodują zmniejszanie się ilości opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym oraz wzrost temperatury powietrza, co prowadzi do pogłębiania deficytu wody w glebie i do coraz częstszego występowania długotrwałych susz. Niedobór wody w glebie wpływa na procesy metaboliczne roślin, ogranicza ich wzrost i rozwój, a w konsekwencji plonowanie. Straty spowodowane suszą mogą sięgać nawet 50%, lub w zależności od gatunku, może dojść do całkowitej utraty plonu. Z tego względu, rolnicy coraz częściej przestawiają swoją gospodarkę na gatunki roślin ciepłolubnych i oszczędniej gospodarujących wodą. Do takich gatunków należy kukurydza. Należy ona do roślin C4, które z jednej strony, pochłaniają więcej dwutlenku węgla niż rośliny C3 i w przeliczeniu na 1 g wyprodukowanej suchej masy zużywają mniej wody, z drugiej zaś strony, aby uzyskać dobre plony ziarna i zielonej masy na kiszonkę, kukurydzę należy uprawiać na glebach o dobrych właściwościach retencyjnych. Gatunek ten wytwarza bardzo dużą ilość suchej masy w trakcie całego okresu wegetacji. Kukurydza jest gatunkiem odpornym na krótkie niedobory wody, dzięki dobrze rozwiniętemu systemowi korzeniowego oraz reakcji na stres suszy

polegającej na zwijaniu liści, w celu ograniczenia transpiracji. Jej wymagania wodne w całym okresie wegetacji wynoszą ok. 500 mm i są różne w zależności od fazy rozwojowej. Najwyższe zapotrzebowanie na wodę, około 200 mm przypada na okres kwitnienia i zawiązywania kolb, natomiast najniższe, około 100 mm występuje w początkowym okresie wegetacji oraz dojrzwania kolb. Susza w tej fazie rozwojowej powoduje przyspieszenie dojrzwania ziarna. Kukurydza plonując na poziomie ok. 6 t ziarna i 10 – 13 t/ha suchej masy w całym okresie wegetacji, pobiera z 1 hektara około 3 mln litrów wody, co jest znacznie większą ilością, porównując do innych zbóż (<https://www.portalhodowcy.pl/czasopisma/hodowca-bydla/hodowca-bydla-archiwum/149-hodowca-bydla-4-2013/1516-gospodarka-wodna-w-uprawie-kukurydzy>).

O dobrych plonach decyduje nie tylko klasa gleby, ale także sposób jej uprawy. W Polsce, najbardziej rozpowszechnionym systemem uprawy roli jest system płużny. Na świecie, szczególnie w przypadku kukurydzy, najczęściej stosowany jest siew bezpośredni, a kukurydza uprawiana jest w monokulturze. Sposoby uprawy roli można podzielić na uprawę płużną, uproszczoną i siew bezpośredni. Biorąc pod uwagę obecne kierunki gospodarowania, w celu ograniczenia emisji dwutlenku węgla rolnictwo ekologiczne decyduje się na jak najmniejszą liczbę zabiegów uprawowych. Z tego względu, siew bezpośredni do gleby, tzw. uprawa bezorkowa, staje się tematem szeroko dyskutowanym wśród rolników. Doktorantka, Pani mgr Anna Stępień-Warda podjęła się sprawdzenia, jak sposób uprawy kukurydzy wpływa na jej plonowanie. Doktorantka zastosowała uprawę płużną, uproszczoną i zerową pod kukurydzą uprawianą na plon ziarna w monokulturze i zmianowaniu. Uważam zatem, że podjęta przez Panią Magister tematyka badań jest jak najbardziej uzasadniona.

Ocena układu pracy

Rozprawa obejmuje 95 stron i została podzielona na siedem głównych rozdziałów: Wstęp i cel badań, Przegląd literatury, Metodykę badań, Omówienie wyników, Dyskusję, Wnioski i Literaturę. Na końcu rozprawy znajduje się Streszczenie pracy w języku polskim i angielskim. Układ pracy jest logiczny i poprawny. Niestety, mam sporo zastrzeżeń co do poprawności językowej, ponieważ praca zawiera sporo literówek, niezgrabnych sformułowań, błędów stylistycznych i interpunkcyjnych. Najbardziej zwracające uwagę jest sformułowanie „na obiekcie”, dotyczące wariantu uprawy roślin.

Wstęp i cel badań

W rozdziale tym Doktorantka naświetliła problem występowania suszy z powodu nierównomiernego rozkładu opadów atmosferycznych oraz krótko wyjaśniła, na czym polega uprawa monokulturowa, płużna, uproszczona, zerowa i w zmianowaniu. Bilans wodny w poszczególnych latach od 1971 roku do 2021 Doktorantka przedstawiła na Rysunku 1. Szkoda jednak, że nie wyjaśniła, co oznaczają słupki koloru czerwonego i niebieskiego, zwłaszcza, że na osi OY są zaznaczone tylko wartości ujemne. Generalnie, w pracy brakuje często wyczerpującej legendy do wykresów i tablic.

Autorka rozprawy postawiła sobie trzy cele:

1. Określenie wpływu różnych sposobów uprawy gleby (płużny, uproszczony i uprawa zerowa) pod kukurydzę uprawianą w monokulturze i zmianowaniu na plon ziarna, elementy struktury plonu oraz cechy morfologiczne roślin;
2. Ocenę wpływu różnych sposobów uprawy gleby pod kukurydzę uprawianą w monokulturze na wybrane wskaźniki fizjologiczne (intensywność fotosyntezy i transpiracji) oraz względną zawartość chlorofilu w liściach w porównaniu do kukurydzy uprawianej w zmianowaniu;
3. Określenie wskaźników produktywności kukurydzy w zależności od sposobu uprawy gleby.

Doktorantka postawiła też hipotezę badawczą, która w mojej ocenie powinna znaleźć się przed celami pracy, mającymi weryfikować hipotezę. Hipoteza badawcza zakładała, że plon, cechy morfologiczne roślin, parametry wymiany gazowej, indeks zieloności liścia oraz produktywność są zależne od warunków wilgotnościowych gleby, które wynikają ze sposobu uprawy.

Przegląd literatury

W rozdziale tym Doktorantka scharakteryzowała gatunek kukurydzy, przedstawiła opis botaniczny, morfologiczny i jej pochodzenie, cel jej uprawy, zapotrzebowanie na wodę, zmiany klimatyczne, skutki stresu deficytu wody i reakcje obronne roślin na suszę, oraz stosowane systemy uprawy. Zwłaszcza ostatnie zagadnienie zostało opisane w sposób wyczerpujący i zawiera dużo istotnych informacji, zwłaszcza w aspekcie uprawy kukurydzy na świecie. Niektóre cytowania, zwłaszcza dotyczące wpływu stresów środowiskowych na rośliny, są z lat dziewięćdziesiątych XX wieku, i choć są na pewno cennym źródłem informacji, to brakowało mi ostatnich pozycji literaturowych, a jest ich na prawdę dużo. Sposób cytowania literatury też budzi wątpliwość, bowiem powinny być cytowane chronologicznie – od najstarszych po współczesne, a nie alfabetycznie według nazwisk autorów.

Metodyka badań

Doświadczenia prezentowane w rozprawie obejmowały prace i analizy wykonane od 2016 do 2019 roku. Został omówiony bardzo dokładnie schemat doświadczeń, sposoby prowadzenia uprawy, zabiegi pielęgnacyjne wykonane w kolejnych latach we wszystkich wariantach uprawy roślin. Doktorantka zastosowała w uprawie kukurydzy w monokulturze trzy sposoby: uprawę zerową, czyli bezorkową z bezpośrednim siewem nasion do gleby, uprawę uproszczoną (z zastosowaniem grubera na głębokość 12-15 cm) oraz pełną uprawę płużną. W uprawie zerowej nie stosowano zabiegów mechanicznych, a rozdrobniona słoma po zbiorze kolb kukurydzy pozostawała na powierzchni gleby. W przypadku uprawy uproszczonej i pełnej uprawy płużnej, po zebraniu ziarna rozdrobniona słoma była przyorywana podczas uprawek jesiennych. W uprawie ze zmianowaniem, kukurydza była uprawiana po zbożach w 3-letnim zmianowaniu (kukurydza – pszenica ozima – jęczmień jary). Uprawa kukurydzy w zmianowaniu była obiektem kontrolnym.

W pracy zamieszczono analizę warunków meteorologicznych z lat, w których prowadzono doświadczenie na tle danych, dotyczących wieloletnich temperatur i opadów. Szkoda, że Doktorantka w tabelach z danymi meteorologicznymi w poszczególnych latach badań nie wyjaśniła, co oznaczają dane zaznaczone czerwonym kolorem. Z kolei, na wykresach podano

opis do sposobu prezentacji opadów, natomiast brak opisu do przebiegu temperatur. Zasada legendy umieszczonej pod tabelą lub wykresem jest, aby czytelnik mógł jak najwięcej informacji uzyskać bez przeszukiwania tekstu pracy. Uważam natomiast za cenną informację dotyczącą wskaźnika hydrotermicznego Selianinowa, wyliczanego na podstawie temperatury i opadów dla każdego miesiąca uprawy, co najlepiej odzwierciedla warunki hydrologiczne w danym sezonie wegetacyjnym.

Doktorantka wykonała pomiary intensywności fotosyntezy i transpiracji w wybranych fazach rozwojowych BBCH (19, 31, 63, 67, 71). Na ich podstawie wyliczony został współczynnik wykorzystania wody w produkcji biomasy (WUE – Water Use Efficiency). Ponadto, dokonała pomiarów indeksu zieloności liścia (SPAD), określiła wskaźnik LAI (Leaf Area Index), wskaźnik redukcji plonu (Yr) kukurydzy uprawianej w monokulturze w porównaniu do uprawy w zmianowaniu, stopień ulistnienia roślin – wskaźnik LAR (Leaf Area Ratio), wyrażający stosunek powierzchni wszystkich liści na roślinie do masy całej rośliny, wskaźnik masy liści – wskaźnik LWR (Leaf Weight Ratio), wyrażający stosunek masy wszystkich liści do masy całej rośliny. Zależności te były wykorzystane do określenia jednostkowej produktywności liści, wskaźnik ULR (Unit Leaf Rate).

W latach 2018-2019 wykonała pomiary systemów korzeniowych kukurydzy oraz określiła dynamikę wzrostu i rozwoju biomasy nadziemnej roślin w wybranych fazach rozwojowych roślin, określiła powierzchnię systemu korzeniowego, jego objętość, suchą masę oraz długość i średnicę korzenia. Pomiary wykonywała w następujących fazach rozwojowych:

- 2-3 – pojawienie się wtórnego systemu korzeniowego (BBCH 12-13)
- 3-4 – rozpoczęcie procesu fotosyntezy, który jest w stanie zaspokoić potrzeby siewki (BBCH 13-14)
- 7 liści – tworzenie się liści właściwych (BBCH 17)
- 9 liści – rośliny posiadają wykształcone wszystkie liście (BBCH 19)
- 1- 2 kolanka – tworzenie się pierwszego do drugiego kolanka (BBCH 31-32).

Uważam przedstawiony dobór parametrów, mających na celu określenie stanu fizjologicznego roślin, za trafny i mogący potencjalnie dostarczyć cennych informacji. **Mam jednak pytanie do Doktorantki, dlaczego część z tych pomiarów wykonała w dwóch latach badań tj. w 2018 i 2019 roku, pomijając pierwszy rok badań, czyli 2017 rok, oraz dlaczego, mierząc wydajność fotosyntezy netto i transpiracji pominęła parametr g_s , mówiący o przewodnictwie szparkowym, co w przypadku suszy jest bardzo istotne, oraz stężenie wewnątrzkomórkowe dwutlenku węgla C_i . Te dwa ostatnie parametry są odczytywane automatycznie przez aparaturę, którą Doktorantka się posługiwała.**

Ponadto, analiza wymiany gazowej mogła być uzupełniona pomiarami kinetyki fluorescencji chlorofilu a , którą obecnie mierzy się w wielu stacjach hodowlanych przy użyciu nieskomplikowanych urządzeń. Analiza sprawności fotochemicznej fotosystemu II dostarcza wielu cennych informacji o kolejnych etapach fazy jasnej.

Po zbiorze nasion Doktorantka określała plon ziarna kukurydzy i zbóż przy 15% wilgotności oraz cechy biometryczne roślin, które obejmowały następujące parametry: wysokość roślin, wysokość osadzenia kolby, wymiary kolby, masę kolby, masę ziaren na kolbie oraz udział osadki i ziaren w kolbie, MTZ, wilgotność ziarna w czasie zbioru. **Proszę, aby Pani Magister wyjaśniła, dlaczego określała plon ziarna zbóż, które były przedplonem dla kukurydzy. Czy miało to jakieś znaczenie dla oceny plonowania kukurydzy?**

W tym rozdziale Doktorantka opisała również metody statystyczne, które zastosowała do analizy badanych parametrów. Przy opisie poszczególnych metod nie została podana jednak liczba powtórzeń, na podstawie których została obliczona średnia arytmetyczna, jak również nie ma informacji, jaki błąd (standardowy czy odchylenie standardowe) został zaznaczony na wykresach.

Wyniki

Uzyskane dane Pani mgr Anna Stępień-Warda przedstawiła w 30 tabelach i na 22 wykresach. W tabelach analiza różnic statystycznych opierała się na NIR przy $\alpha=0,05$, natomiast na wykresach zaznaczono błędy, ale czytelnik nie wie, czy są to błędy standardowe czy odchylenie standardowe, z ilu powtórzeń została wyliczona średnia, oraz w legendzie zarówno tabel i wykresów, Doktorantka nie zaznaczyła, jaki zastosowała test statystyczny. Pomimo, że pewne informacje zostały podane w Metodycy, to jednak, jak już zaznaczyłam wcześniej, legendy do wykresów i tabel w tej pracy są bardzo lakoniczne i niedostarczające pełnych opisów. Ponadto, Doktorantka dokonała analizy różnic istotnych pomiędzy danymi uzyskanymi w poszczególnych uprawach, brakuje jednak analizy różnic pomiędzy danymi dla poszczególnych faz rozwojowych roślin. Taka analiza dostarczyłaby informacji o wrażliwości danej fazy rozwojowej na warunki glebowe i pogodowe dla każdego typu uprawy. Myślę, że przy opracowywaniu wyników do publikacji, stosując także takie porównanie, Pani Magister będzie mogła wyciągnąć więcej cennych wniosków.

Wydajność fotosyntezy netto, transpiracji, jak i innych procesów zależała od przebiegu warunków pogodowych w danym roku uprawy. Warto zaznaczyć, że nie zawsze wrażliwość na warunki pogodowe w danym roku w danej fazie rozwojowej była taka sama dla każdej uprawy, jak też zdarzało się, że rośliny we wszystkich typach upraw były najbardziej wrażliwe w jednej fazie. Przykładowo, najmniejsze różnice w procesie fotosyntezy i transpiracji pomiędzy sposobem uprawy obserwowano w 2019 roku, ale największy spadek w wydajności obu tych procesów obserwowano we wszystkich uprawach w fazie początku pylenia i pełnego kwitnienia. Również WUE – współczynnik efektywności wykorzystania wody kształtował się podobnie. Wskaźnik pokrycia liściowego LAI był niezależny od sposobu uprawy i roku badań. Wartości tego współczynnika w poszczególnych latach i typach uprawy zostały przedstawione na rysunku 6. Było to powtórzenie danych prezentowanych w tabelach 18-20. W sumie, jedyną korzyścią tego wykresu było stwierdzenie, że zdecydowanie lepiej czytelnikowi zorientować się w wynikach prezentowanych graficznie niż w tabelach. Zdaję sobie sprawę, że wyciąganie konstruktywnych wniosków w oparciu o wszystkie badane parametry, przy tak rozbudowanym doświadczeniu, jest trudne i wymagałoby bardziej zaawansowanych modeli statystycznych.

Wskaźnik jednostkowej produktywności liści ULR był liczony tylko w 2018 i 2019 roku, ale w 2019 r. brano pod uwagę tylko trzy fazy rozwojowe, a w 2018 cztery fazy. Na wykresach 10 i 11 nie zaznaczono różnic pomiędzy średnimi, wobec tego nie wiem, na jakiej podstawie Doktorantka stwierdzała istotność różnic pomiędzy danymi typami uprawy.

W mojej opinii, najważniejszym wynikiem uzyskanym w tej pracy był wpływ sposobu uprawy na plon ziarna. W 2017 i 2019 roku najniższy plon zebrano z uprawy w zmianowaniu. Aczkolwiek, różnice te, choć statystycznie istotne, nie były duże w porównaniu do pozostałych upraw. Z drugiej strony, biorąc pod uwagę średnią z trzech lat, różnic tych nie obserwowano. **I tu prosiłabym Panią Magister o szerszą dyskusję, jak mogłaby wytłumaczyć powyższy**

wynik, zwłaszcza w aspekcie, że uzyskała najniższy plon z zazwyczaj stosowanego systemu zmianowania.

Omówienie wyników Doktorantka zakończyła analizą korelacji pomiędzy badanymi parametrami. Najciekawsze korelacje uzyskała pomiędzy efektywnością fotosyntezy, transpiracji i współczynnikiem WUE a poszczególnymi elementami plonu, co podkreśla istotne znaczenie tych procesów w plonowaniu roślin.

Dyskusja

Uważam ten rozdział za najlepszy w całej rozprawie. Doktorantka bardzo dobrze poradziła sobie z omówieniem uzyskanych wyników dla poszczególnych parametrów na tle innych doniesień literaturowych. Liczba cytowań prac polsko- i angielskojęzycznych świadczy o bardzo dobrym przygotowaniu Doktorantki do dogłębnej analizy swoich wyników. Pani mgr Stępień-Warda nie ustrzegła się i w tym rozdziale błędów, zwłaszcza w chaotycznym sposobie cytowania literatury. **Ponadto, użyła sformułowania „uprawa konwencjonalna kukurydzy”. Czy może Pani wyjaśnić, co miała na myśli używając tego terminu?**

Wnioski

W tym rozdziale Doktorantka zamieściła dziewięć punktów, z których tylko ostatni jest wnioskiem. Pierwsze osiem pozycji to podsumowanie wyników. Wniosek ten brzmi:

„Uzyskane wyniki badań wykazały, że uprawa kukurydzy w wieloletniej monokulturze nie prowadzi do spadku plonu ziarna w porównaniu do zmianowania. Stosowanie uproszczeń w uprawie kukurydzy jest zasadne, ponieważ przekłada się na lepsze plonowanie w latach o niekorzystnym przebiegu warunków pogodowych, natomiast w latach korzystnych nie prowadzi do istotnego spadku plonu ziarna w porównaniu do systemów płużnych. Obserwowany w ostatnich latach wzrost okresów posusznych w takcie sezonów wegetacyjnych w Polsce skłaniają do promowania systemów uproszczonych.”

W tym miejscu proszę Panią Magister o próbę wybrania najbardziej efektywnego systemu uprawy kukurydzy i uzasadnienia swojego wyboru, oraz wytłumaczenia, dlaczego w świetle naukowych doświadczeń, że monokultura niesie ze sobą wiele negatywnych skutków, jak na przykład zanik bioróżnorodności, jednostronnego pobierania składników mineralnych, występowania w dużym natężeniu chorób dla danego gatunku rośliny (powstają tzw. pola śmierci, zwłaszcza jeśli występują na nich patogeny z rodzaju *Fusarium* lub *Uromyces*), czy tzw. „zmęczenia gleby” wyciąga Pani wniosek, że monokultura kukurydzy może być polecana jako system uprawy tego gatunku.

Literatura

Doktorantka w spisie literatury zamieściła 146 pozycji polsko- i angielskojęzycznych, co jak wcześniej podkreśliłam, świadczy o Jej dogłębnym przygotowaniu do podjęcia pracy naukowej.

Streszczenie

Na koniec rozprawy Doktorantka zamieściła streszczenie swojej pracy w języku polskim i angielskim, przy czym mam uwagę do spisu słów kluczowych. Po pierwsze, słowa kluczowe piszemy w kolejności alfabetycznej, a po drugie Doktorantka zamieściła w nich również fluorescencję chlorofilu, której nie badała.

Wniosek końcowy

Doktorantka przedstawiła w swojej dysertacji ważny problem zmian klimatycznych niosących niekorzystne skutki, zwłaszcza w aspekcie występowania długotrwałej suszy, dla tak ważnego zboża dla produkcji rolnej, jakim jest kukurydza. Badania Pani mgr Anny Stępień-Wardy skupiły się na wpływie systemu uprawy na plonowanie kukurydzy pod kątem warunków wodnych oraz ograniczenia zabiegów pielęgnacyjnych. Plan eksperymentów, dobór wykonanych analiz, a przede wszystkim dobór różnych systemów uprawy pozwoliły na uzyskanie ciekawych wyników, mających potencjalne wykorzystanie w praktyce. Wymienione przez mnie uchybienia i niedociągnięcia w rozprawie mają na celu jedynie zwrócenie uwagi Doktorantce na poprawność prezentacji wyników, co mam nadzieję, pomoże Jej w procesie publikacji swoich prac w dobrych czasopismach naukowych. Biorąc pod uwagę całokształt przedstawionej pracy, wagę poruszanej tematyki i różnorodność badanych parametrów stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr Anny Stępień-Wardy spełnia wszystkie warunki określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2022 poz. 574 z późniejszymi zmianami). Wnoszę zatem do Rady Naukowej IUNG PIB o dopuszczenie Pani mgr Anny Stępień-Wardy do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

A. P. Ten

Vertical text or markings along the left edge of the page.