



Dr hab. Kinga Matysiak, prof. IOR-PIB
Zakład Herbologii i Techniki Ochrony Roślin
Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań

Wpłynęło dnia:

07. 06. 2023

Dziedzinca Wydziału
Biotęchnologii i Ogrodnictwa URS

RECENZJA

pracy doktorskiej Pani mgr inż. Beaty Jop

Fitnes i konkurencyjność wrażliwych i odpornych na herbicydy biotypów miotły zbożowej (*Apera spica-venti* (L.) P. Beauv.)

wykonanej w Katedrze Agroekologii i Produkcji Roślinnej Wydziału Rolniczo-Ekonomicznego
Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Recenzja została wykonana na prośbę Przewodniczącego Rady dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, prof. dr hab. Marcina Rapacza, zgodnie z pismem nr WBO-D 5100-6.35/2023 z dnia 06.04.2023 r. i uchwałą Rady dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo nr RD-26/2023.

TEMATYKA BADAWCZA

Jednym z najbardziej istotnych problemów współczesnej ochrony roślin jest zmniejszenie skuteczności działania herbicydów na gatunki, które wcześniej były na nie wrażliwe. Takie obniżenie skuteczności, wyłączając wszystkie błędy uprawowe, jest najczęściej skutkiem nabywania odporności. Odporność, to dziedziczna zdolność niektórych osobników (biotypów) danego gatunku chwastu do przeżycia i rozmnażania się pomimo zastosowania herbicydu w dawce zalecanej. Choć uodparnianie się chwastów na herbicydy nie jest zjawiskiem nowym (na świecie pierwsze przypadki odporności zarejestrowano już w 1982r.), to w Polsce problem ten pojawił się w ciągu ostatnich kilkunastu lat. Zjawisko to, jest niepokojące tym bardziej, że dotyczy gatunków bardzo szkodliwych dla roślin uprawnych, a brak skuteczności herbicydów powoduje znaczne straty w plonach. Do gatunków chwastów, które uważa się za bardzo szkodliwe, należą przede wszystkim takie, które cechują się wysoką plennością i wysokim współczynnikiem rozmnażania oraz te, które mocno konkurują z rośliną uprawną. Obecnie, w Polsce problem odporności w największym stopniu dotyczy popularnych gatunków jednoliściennych tj. miotły zbożowej (*Apera spica-venti*) i wyczyńca polnego (*Alopecurus myosuroides*) oraz dwuliściennych, takich jak: chaber bławatek (*Centaurea cyanus*), szarłat szorstki (*Amaranthus retroflexus*), mak polny (*Papaver rhoeas*). W literaturze przedmiotu od pewnego czasu pojawia się nowy termin „fitnes”, jednak należy podkreślić, że liczba publikacji naukowych poruszająca to zagadnienie nie jest duża. W badaniach fitnesu nie uwzględnia się bezpośredniego działania herbicydów na chwasty, ale poszukuje się cech przystosowawczych biotypów odpornych danego gatunku chwastu, które warunkują przeżycie i utrzymanie wysokiego potencjału reprodukcyjnego osobników.

Przedstawione przez Doktorantkę zagadnienie obejmujące wykazanie różnic pomiędzy biotypami odpornymi a wrażliwymi znacznie poszerza wiedzę o ekologii miotły zbożowej i jej konkurencyjności z rośliną uprawną, ale przede wszystkim może służyć do opracowania odpowiedniej strategii walki

z biotypami odpornymi. Z powyższych względów uważam wybór tematu rozprawy za bardzo aktualny i istotny, zarówno z punktu widzenia ściśle poznawczego (naukowego), jak i praktycznego.

OCENA FORMALNA

Przedstawiona do recenzji praca ma układ typowy dla eksperymentalnych prac badawczych. Maszynopis składa się ze 192 stron, z czego 8 stanowią materiały dodatkowe. Łącznie praca składa się z 8 rozdziałów wraz z podrozdziałami. Praca poprzedzona jest streszczeniem w języku polskim i angielskim wraz ze słowami kluczowymi, na końcu pracy znajduje się spis 44 rycin i 49 tabel. Tabele i ryciny włączone są w tekst rozdziału Materiał i metody oraz rozdziału Wyniki. Tekst pracy został bardzo starannie przygotowany, praca napisana jest ładnym i poprawnym językiem.

Rozdział **Wstęp** składa się z 3 stron maszynopisu i stanowi wprowadzenie do zagadnienia odporności chwastów na herbicydy oraz zasięgu występowania miotły zbożowej *A. spica-venti* P.Beauv) wraz z odniesieniem do szkodliwości gatunku w stosunku do roślin uprawnych. W tym rozdziale Autorka nakreśla znaczenie pojęcia fitness w odniesieniu do zjawiska odporności. W dalszej części rozdziału przedstawiono główny cel badań, cele szczegółowe oraz hipotezy badawcze. Kolejny rozdział pracy **Przegląd literatury** składa się z 17 stron maszynopisu i w pierwszej części przedstawia charakterystykę gatunku, taksonomię, morfologię, biologię, ekologię oraz szkodliwość i zwalczanie. Doktorantka prezentuje również czynniki warunkujące konkurencyjność miotły zbożowej w odniesieniu do roślin uprawnych, określa progi ekonomicznej szkodliwości oraz dokonuje przeglądu dostępnych w Polsce herbicydów do zwalczania tego gatunku. W kolejnej części rozdziału znajduje się opis zjawiska odporności chwastów na herbicydy, przytoczone są odpowiednie definicje oraz typy i mechanizmy odporności. Rozdział ten wzbogacony jest o tabelę przedstawiającą klasyfikację stopnia odporności chwastów na herbicydy według wskaźnika odporności. Autorka przedstawia dane dotyczące sprzedaży herbicydów na rynku światowym, a następnie płynnie przechodzi do założeń Europejskiego Zielonego Ładu, związanych z ograniczeniem udziału syntetycznych pestycydów w produkcji rolniczej. W dalszej części rozdziału dokonano przeglądu praktyk rolniczych oraz warunków środowiskowych sprzyjających powstawaniu odporności. Autorka nakreśla skalę zjawiska odporności miotły zbożowej w Europie i Polsce oraz wyjaśnia znaczenie fitnessu w odporności na herbicydy. W ostatniej części rozdziału przedstawiono modele doświadczalne w badaniach fitnessu i konkurencyjności chwastów oraz szczegółowo opisano zarówno oddziaływania międzygatunkowe, jak i wewnątrzgatunkowe. Ponadto dokonano porównania modelu opartego na addytywnym oraz substytucyjnym układzie roślin chwastu i rośliny uprawnej. Cały rozdział Przegląd literatury zaprojektowano bardzo logicznie, z bardzo jasnym przekazem treści. Rozdział **Materiał i metody** liczący 24 strony rozpoczyna charakterystyka materiału roślinnego użytego do badań, dająca jasny obraz wykorzystywanych biotypów miotły zbożowej. Do biotypów odpornych dopisano substancje czynne, na którą dany biotyp był odporny wraz z klasyfikacją herbicydów według grup HRAC. Do wszystkich biotypów podano miejsce zbioru wraz z lokalizacją GPS. W dalszej części rozdziału przedstawiono charakterystykę wybranej odmiany pszenicy pod kątem cech rolniczo-użytkowych, a następnie szczegółowo opisano przebieg doświadczeń, urozmaicając tekst stosownymi tabelami i rysunkami, co znacznie ułatwiło analizę dość skomplikowanych układów doświadczalnych. Ponadto szczegółowo opisano metodykę wykonanych analiz oraz metody opracowania wyników badań. Wzory do obliczeń licznych wskaźników zawartych w rozdziale podparto stosownymi metodykami zaczerpniętymi z literatury oraz wskazano metody analizy statystycznej. W tabeli przedstawiono charakterystykę fizyko-chemiczną substratów glebowych wykorzystanych w doświadczeniach oraz przebieg warunków pogodowych wraz z wyliczeniem współczynnika Sielianinova. Rozdział Materiał i metody jest bardzo dobrze opracowany. Szczegółowe **Wyniki** badań zostały przedstawione w 28 tabelach i na 38 barwnych wykresach, które nie tylko podnoszą wartość estetyczną pracy, ale przede wszystkim

ułatwiają odbiór prezentowanych licznych danych. Rozdział podzielony jest na liczne podrozdziały opisujące m.in. dynamikę i wskaźniki kiełkowania biotypów miotły zbożowej w zależności od sezonu (jesień, wiosna). Autorka przedstawia także analizę dyskryminacyjną wskaźników kiełkowania, a następnie rzetelnie analizuje wyniki uzyskane w doświadczeniach z substytucyjnym i addytywnym modelem konkurencji. Rozdział Wyniki składa się z 88 stron i jest najobszerniejszym rozdziałem w całej pracy. Zawiera ogromną ilość wyników wraz z szczegółową analizą statystyczną. W rozdziale **Dyskusja** liczącym 12 stron, Autorka sprawnie konfrontuje uzyskane przez siebie wyniki z najnowszymi danymi literaturowymi. Zaprezentowany rozdział świadczy o dobrej znajomości literatury podmiotu i dobrym przygotowaniu Autorki do polemiki z innymi badaczami. Rozdział ten zawiera odniesienia do ponad 100 artykułów naukowych, w większości z ostatnich 10 lat. Autorka prowadzi dyskurs naukowy w odniesieniu do konkurencyjności odpornych biotypów chwastów względem rośliny uprawnej, z uwzględnieniem krytycznych faz fitofenologicznych oraz abiotycznych warunków środowiskowych. W opisie, zgodnie z celami pracy, skupia się na warunkach określających dynamikę kiełkowania chwastów oraz porównuje biotypy wrażliwe z odpornymi. W kolejnym rozdziale **Wnioski** przedstawiono 11 najważniejszych wniosków z badań. Rozdział **Bibliografia** zawiera 259 pozycji literaturowych oraz 12 pozycji pozyskanych ze źródeł internetowych. Wszystkie pozycje literaturowe są zgodne z tematem pracy i w zdecydowanej większości są to publikacje anglojęzyczne. Podsumowując ocenę formalną pracy, stwierdzam, że praca spełnia wymogi typowych prac badawczych, napisana jest ładnym i poprawnym językiem oraz nie zawiera błędów stylistycznych.

OCENA MERYTORYCZNA

Rozprawa Pani dr inż. Beaty Jop stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego związanego z analizą zespołu cech biologicznych – fitnessu odpornych i wrażliwych na herbicydy biotypów popularnego chwastu jakim jest *A. spica-venti*. Doktorantka swoje badania oparła na eksperymencie szalkowym oraz eksperymencie wazonowych. W doświadczeniu szalkowym badano wpływ temperatury na parametry kiełkowania nasion biotypów odpornych i wrażliwych. Drugi typ eksperymentu – doświadczenia wazonowe podzielono na dwa rodzaje. W pierwszym z nich oceniano konkurencyjność i rozwój biotypów miotły zbożowej wrażliwych i odpornych na herbicydy z uwzględnieniem konkurencyjności roślin pszenicy zwyczajnej i zachowaniem jednakowych warunków siedliskowych. W tej części zastosowano zatem substytucyjny model konkurencji. W drugim typie eksperymentu badano również konkurencyjność i rozwój wrażliwych i odpornych biotypów miotły zbożowej, ale w odniesieniu do właściwości fizyko-chemicznych gleby i poziomu nawożenia azotem (model addytywny). Cele badawcze Doktorantka opisała bardzo szczegółowo, postawiła właściwe hipotezy badawcze i precyzyjnie wypunktowała czynniki badawcze. Uważam, że bardzo dużym atutem rozprawy jest imponujący przegląd literatury, który pozwolił Doktorantce na stworzenie rzetelnego warsztatu badawczego. W dwuczynnikowym doświadczeniu szalkowym wykorzystano 13 biotypów miotły zbożowej (3 biotypy wrażliwe i 10 biotypów odpornych) oraz trzy poziomy temperatury. Autorka udowodniła wpływ temperatury na intensywność kiełkowania zarówno biotypów wrażliwych, jak i odpornych. W swoich wynikach przedstawia, że miotła zbożowa lepiej kiełkuje w temperaturach 8°C i 28°C, w porównaniu z temperaturą 18°C. Trzeba przyznać, że takie wyniki są dość mocno zaskakujące. Nie wykazano przy tym różnic dla biotypów odpornych i wrażliwych. Doktorantka udowodniła także, że biotypy odporne charakteryzowały się wyższymi wartościami wskaźników kiełkowania. W mojej opinii są to bardzo ważne informacje dla innych badaczy zajmujących się biologią i odpornością tego gatunku chwastu. Dalszą częścią prac badawczych stanowiło wykorzystanie modelu substytucyjnego (doświadczenie dwuczynnikowe) i addytywnego (doświadczenie trzyczynnikowe) w eksperymencie. W modelu substytucyjnym eksperymencie wykazano, że to właśnie wiosną fazy rozwojowe miotły

zbożowej i pszenicy są bardziej zróżnicowane, podczas, gdy jesienią przebieg faz rozwojowych tych dwóch roślin jest podobny. Autorka wyjaśnia, że ta cecha może determinować międzygatunkowe oddziaływanie konkurencyjne. Ciekawe wyniki Autorka uzyskała w modelu addytywnym wykazując, że odporne biotypy *A. spica-venti* są bardziej konkurencyjne w stosunku do pszenicy, niż biotypy wrażliwe, przy czym najbardziej konkurencyjnym okazał się biotyp z oznaczoną odpornością pojedynczą. Ponadto wykazano, że rodzaj gleby i poziom nawożenia determinują zarówno wschody pszenicy, jaki i miotły zbożowej. Wszystkie wyniki zostały poddane szczegółowej analizie statystycznej, która uporządkowała i wyjaśniła rezultaty uzyskane z układów eksperymentalnych. Mnogość obliczonych współczynników wskazujących na szybkość kiełkowania, intensywność kiełkowania, średni czas kiełkowania, końcowy procent kiełkowania, indeks kiełkowania w doświadczeniu szalkowym oraz liczne analizy konkurencyjności w badaniach wazonowych takie jak np. wskaźnik oddziaływania chwastów na cechy rośliny uprawnej, wskaźniki wypierania rośliny uprawnej przez chwasty, wskaźnik ograniczania produktywności rośliny uprawnej przez chwasty świadczą o złożoności i trudności badań wykonanych przez Doktorantkę. Autorka dokonała rzetelnej dyskusji uzyskanych wyników, wykazując się bardzo dobrą znajomością tematu oraz umiejętnie konfrontując uzyskane wyniki z doniesieniami literaturowymi. Zwięzłe i czytelne wnioski są zgodne są z celami i hipotezami zawartymi w pracy.

Za najbardziej wartościowe osiągnięcia Doktorantki uważam:

- zebranie dostępnych w opracowaniach literaturowych modeli do oceny konkurencji międzygatunkowej oraz wewnątrzgatunkowej; opracowane metody badawcze z całą pewnością mogą służyć przy realizacji kolejnych prac dotyczących badań nad konkurencyjnością, nie tylko *A. spica-venti*, ale także do innych gatunków chwastów;
- podjęcie tematu sezonowości kiełkowania miotły zbożowej w kontekście różnic pomiędzy biotypami wrażliwymi i odpornymi na herbicydy, uzyskanie wyników wskazujących na brak różnic dla tej cechy pomiędzy tymi biotypami;
- wykazanie wyższych wskaźników kiełkowania dla biotypów odpornych miotły zbożowej, a więc udowodnienie, że biotypy odporne nie ponoszą kosztu fitnessu związanego z tym procesem fizjologicznym;
- podjęcie tematu dotyczącego wpływu podłoża jako czynnika modyfikującego konkurencję rośliny uprawnej z biotypami wrażliwymi i odpornymi miotły zbożowej (dotychczas brak takich badań);
- wykazanie, że biotypy odporne, które powinny ponosić koszt fitnessu lepiej dostosowują się do warunków stresowych od biotypów wrażliwych.

Obowiązkiem recenzenta jest jednak wskazanie ewentualnych niedociągnięć merytorycznych i formalnych w pracy, których także i Doktorantce nie udało się uniknąć.

- Doktorantka swoje badania oparła na jednej odmianie pszenicy – odm. Arkadia. W podanej na str. 30 charakterystyce odmiany brakuje informacji o zdolności krzewienia badanej odmiany. Jak podaje na swojej stronie internetowej Hodowla Roślin Danko, pszenica Arkadia jest odmianą o dobrej zdolności krzewienia. Ta informacja jest szczególnie ważna, w przypadku badań prowadzonych przez Doktorantkę, bowiem odmiany rośliny uprawnej dobrze krzewiącej się lepiej konkurują z chwastami. Należy więc mieć na uwadze, że wyniki mogłyby być inne dla odmiany słabiej krzewiącej się, dlatego w tego typu eksperymentach, podanie informacji o zdolności krzewienia jest nieodzowne. Poszerzenie badań o odmianę pszenicy o mniejszej zdolności krzewienia dałoby pełniejszy obraz konkurencyjności.

- Uważam, że ważną informacją, która powinna znaleźć się w pracy, przy opisie badanych biotypów odpornych, powinno być podanie współczynników odporności. W badaniach związanych z fitnessem chwastów (szczególnie przy określaniu kosztów fitnessu), współczynnik odporności może mieć istotne znaczenie w interpretacji wyników.
- Ponadto, zarówno doświadczenia szalkowe, jak i wazonowe przeprowadzono w 3 powtórzeniach. Jest to metodycznie poprawne. Jednak, o ile w doświadczeniach szalkowych występują warunki ściśle kontrolowane i 3 powtórzenia najprawdopodobniej są wystarczające do uzyskania wiarygodnych wyników, o tyle jednak, wykonanie tylko 3 powtórzeń w eksperymentach wazonowych, gdzie rośliny poddane są dodatkowym zmiennym czynnikiem (głównie meteorologicznym) uważam za pewien słaby punkt w metodycie. Szczególnie, właśnie w tych badaniach byłoby to ważne, ponieważ, w eksperymentach, w każdym sezonie wegetacyjnym wykorzystano inny biotyp odporny. Usprawiedliwiając Doktorantkę zaznaczam, że całkowicie rozumiem powody takiego układu doświadczenia tj. mnogość obserwacji skumulowanych w krótkim czasie, jednak przy planowaniu kolejnych tego typu badań, może warto rozszerzyć liczbę powtórzeń w celu uzyskania szerszego obrazu rezultatów.
- W przeglądzie literatury (str. 19) znajduje się nieprawidłowe zdanie „*Osobniki danego gatunku, które w wyniku testów zidentyfikowano jako odporne, określa się mianem biotypu*”. Tymczasem, określenie biotyp (w kontekście badań nad uodparnianiem się chwastów) dotyczy zarówno osobników odpornych, jak i wrażliwych na herbicydy. Powyższy błąd prawdopodobnie wynika z nieprawidłowego tłumaczenia z języka oryginalnego.
- Na str. 24 Autorka pracy opisuje LAI (ang. *Leaf Area Index*) jako wskaźnik powierzchni liścia, tymczasem jest to wskaźnik pokrycia liściowego, czyli zależność powierzchni rośliny do powierzchni jaką zajmuje (stosunek powierzchni liści do powierzchni gruntu).
- W Tab. 3 (str. 29) Doktorantka używa nazwy substancji czynnej piroksulam, tymczasem poprawna nazwa substancji, to piroksysulam (na str. 21 jest już poprawna nazwa piroksysulam).
- W całej pracy Doktorantka używa sformułowania substancje aktywne, co jest dosłownym tłumaczeniem z języka angielskiego, przy czym w polskiej nomenklaturze środków ochrony roślin powszechnie stosuje się określenie substancje czynne.
- Przed przygotowaniem pracy do druku, warto zwrócić uwagę na niedociągnięcia redakcyjne np. w bibliografii – niejednorodność zapisów tytułów czasopism (dla niektórych czasopism podano całą nazwę, a dla innych tylko skrót nazwy czasopisma), również, w spisie literatury brak niektórych pozycji cytowanych w tekście (np. Luneva i Budrevskaya, 2011).

Przedstawione powyżej uwagi w żaden sposób nie umniejszają wartości pracy, która znacznie przyczynia się do poszerzenia dotychczasowej wiedzy o biologii i ekologii *A. spica-venti* występującej w warunkach Polski. W mojej opinii przedstawiona do recenzji praca jest oryginalna i bardzo wartościowa.

Dodatkowo, recenzent prosi o odpowiedź na następujące pytania:

- Jakie, zdaniem Doktorantki, powinna być dalsza droga w badaniach odporności chwastów na herbicydy i co można zasugerować innym badaczom?
- W jakim kierunku będzie podążać uodparnianie się chwastów na herbicydy w odniesieniu do założeń Europejskiego Zielonego Ładu i związanym z tym ograniczeniem zużycia środków ochrony roślin?
- Jakie są skuteczne niechemiczne metody zapobiegania powstawaniu odporności?

PODSUMOWANIE

Przedstawioną do recenzji pracę oceniam bardzo wysoko. Autorka wykazała się umiejętnością realizacji zaplanowanych i pracochłonnych badań (w mojej ocenie dość trudnych). Udowodniła, że posiada rzetelny warsztat badawczy oraz potrafi trafnie interpretować otrzymane wyniki. Cele postawione w pracy zostały w pełni zrealizowane, a wyniki uzyskane w pracy w znacznym stopniu przyczyniły się do poszerzenia dotychczasowej wiedzy o biologii *A. spica-venti*.

WNIOSEK KOŃCOWY

Wobec powyższego stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Beaty Jop spełnia wymogi stawiane przez ustawę z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789). Wnoszę do Rady dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo Uniwersytetu im. Hugona Kołłątaja w Krakowie o dopuszczenie mgr inż. Beaty Jop do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Z uwagi na wysoki poziom naukowy rozprawy doktorskiej wnoszę o przyznanie Pani mgr inż. Beacie Jop stosownego wyróżnienia.

Kinga Matysiak