



Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o. — Grupa IHAR

mgr inż. Anna Cieplicka

Autoreferat rozprawy doktorskiej

**Wpływ lokalizacji doświadczeń na ekspresję cech agronomicznych odmian
jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.)**

Praca doktorska wykonana pod kierunkiem
dr hab. Dariusza R. Mańkowskiego, prof. Instytutu
Zakład Biologii Stosowanej
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin -
Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie

Promotor pomocniczy:
dr Zdzisława R. Bilińskiego
Oddział w Bąkowie
Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o. - Grupa IHAR

Recenzenci:
Prof. dr hab. Alicja Pecio
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa -
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

dr hab. inż. Marcin Studnicki
Katedra Biometrii
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Radzików 2021

STRESZCZENIE

W pracy podjęto próbę szerokiej charakterystyki lokalizacji, w których prowadzono doświadczenia hodowlane i rejestrowe z jęczmieniem jarym. Celem pracy było określenie wpływu lokalnych czynników środowiskowych na wybrane cechy agronomiczne z uwzględnieniem interakcji G×E oraz uporządkowanie i pogrupowanie badanych lokalizacji ze względu na możliwości uprawy jęczmienia jarego. Materiał badawczy stanowiły wynik doświadczeń z 32 odmianami jęczmienia jarego badanymi w 28 lokalizacjach w latach 2001-2014. Do analizy wykorzystano wyniki z doświadczeń hodowlanych i doświadczeń rejestrowych COBORU (Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych). Analizowano warunki glebowe w punktach doświadczalnych oraz plonowanie i odporność na mączniaka prawdziwego, plamistość siatkową i rdzę jęczmienia. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że użyte metody badawcze pozwoliły na uporządkowanie i pogrupowanie środowisk (lokalizacji) ze względu na ich wpływ na cechy agronomiczne badanych odmian jęczmienia jarego. Analizę warunków glebowych wykonano za pomocą wskaźnika Waloryzacji Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej (WWRPP), który pozwolił na wskazanie lokalizacji najbardziej korzystnych do uprawy jęczmienia oraz pogrupowanie środowisk według podobieństwa warunków siedliskowych. Plonowanie odmian analizowano za pomocą modelu mieszanego Scheffégo-Calińskiego (SERGEN) oraz modelu AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction). Wskazano środowiska charakteryzujące się wysoką i niską produktywnością jęczmienia jarego oraz uporządkowano je ze względu na obserwowane efekty główne i interakcyjne genotypów. Porażanie odmian przez choroby analizowano za pomocą modelu GAMMI (Generalized AMMI), co pozwoliło wskazać lokalizacje najbardziej przydatne do selekcji genotypów odpornych oraz na pogrupowanie badanych środowisk ze względu na podobieństwo stopnia porażenia odmian jęczmienia jarego przez mączniaka prawdziwego, plamistość siatkową i rdzę jęczmienia.

WSTĘP I CEL PRACY

Hodowla roślin jest nauką mającą na celu doskonalenie genetyczne roślin uprawnych, których efektem są nowe odmiany o korzystnych cechach (Ruebenbauer i Müller, 1985; Michalik red., 2009). Proces hodowli nowych odmian jęczmienia jarego jest procesem pracochłonnym i czasochłonnym, dlatego z punktu widzenia hodowcy bardzo ważne jest uzyskanie genotypów cechujących się stabilną reakcją na zmieniające się warunki środowiskowe przy jednoczesnym zachowaniu pożądanego poziomu cech agronomicznych. Jest to jednak zadanie trudne, ponieważ wyhodowane odmiany wykazują znaczną zmienność cech w zależności od warunków, w których są uprawiane oraz cechują się istotną interakcją z warunkami środowiska (Węgrzyn, 2003; Olesiak i Mańkowski, 2007; Zawieja i Bichoński, 2015). Ocenę reakcji genotypów na zmieniające się warunki uprawy na etapie hodowli jęczmienia jarego w Polsce, prowadzi się w doświadczeniach przedrejestrowych realizowanych w ramach Zespołowych Doświadczeń Hodowlanych (ZDH), które zakładane są na polach doświadczalnych należących do sześciu spółek hodowlanych zajmujących się hodowlą twórczą, które zlokalizowane są w różnych rejonach kraju. W ramach ZDH prowadzi się porównania materiałów hodowlanych ze sobą oraz z przyjętymi wzorcami. Na podstawie uzyskanych wyników hodowcy wybierają odmiany – kandydatów do doświadczeń rejestrowych COBORU, które realizowane są w punktach doświadczalnych w różnych rejonach kraju, a na ich podstawie podejmowana jest decyzja o rejestracji odmiany i wpisaniu jej do Krajowego Rejestru Odmian. Ze wszystkich Polskich Hodowli Roślin do badań rejestrowych w latach 2007-2016 przyjęto 340 odmian zbóż jarych, a tylko 64 odmiany zostały wpisane do Krajowego Rejestru odmian (Gacek, 2017), co oznacza, że tylko 20% z nich wysoko i stabilnie plonowało w przeprowadzonych doświadczeniach co było jednym z głównych kryteriów rejestracji. Zatem znaczącym problemem hodowców jest prawidłowa analiza wyników oraz wybór lokalizacji do doświadczeń, które powinny być dobrane tak by jak najlepiej reprezentowały zróżnicowane warunki uprawy jęczmienia jarego w Polsce przy jednoczesnym odwzorowaniu warunków panujących w lokalizacjach, w których prowadzone są doświadczenia rejestrowe COBORU.

Celem pracy było określenie wpływu lokalnych czynników środowiskowych na zmienność cech ilościowych oraz interakcję genotypowo-środowiskową. A co za tym idzie próba uszeregowania objętych badaniami lokalizacji ze względu na obserwowane efekty

w doświadczeniach z wybranymi odmianami jęczmienia jarego. Przedstawione w rozprawie problem badawczy oraz cele szczegółowe zrealizowano w następujących etapach:

- ocena oddziaływania badanych lokalizacji na wybrane cechy agronomiczne z uwzględnieniem interakcji G×E;
- uszeregowanie badanych lokalizacji ze względu na ich wpływ na warunki uprawy jęczmienia jarego.

MATERIAŁY I METODY

Materiał badawczy stanowiły wyniki plonowania i oceny stopienia porażenia przez choroby (tj. mączniak prawdziwy, plamistość siatkowa, rdza jęczmienia) odmian jęczmienia jarego, uzupełnione o warunki glebowe z lokalizacji, w których prowadzono badania. Dane pochodziły z hodowlanych doświadczeń przedrejestrowych prowadzonych w ramach Zespołowych Doświadczeń Zakładowych (ZDH) i doświadczeń rejestrowych prowadzonych przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU), które były realizowane w latach 2001-2014.

Łącznie analizie poddano 32 odmiany jęczmienia jarego i 28 lokalizacji, z czego 23 odmiany hodowlane oznaczone jako BKH 1, BKH 2, BKH 3, BKH 4, BKH 5, BKH 6, BKH 7, BKH 8, BKH 9, BKH 10, BKH 11, BKH 12, BKH 13, BKH 14, BKH 15, BKH 16, BKH 17, BKH 18, BKH 19, BKH 20, BKH 21, BKH 22, BKH 23, pochodziły z Hodowli Roślin Smolice Sp. z o. o. Oddział Zamiejskowy w Bąkowie, a 9: ORTHEGA, STRATUS, SCARLETT, BLASK, SEBASTIAN, CONCHITA, SUWEREN, OLYMPIC, SOLDO to odmiany wzorcowe. Doświadczenia przedrejestrowe prowadzono w 6 miejscowościach: Bąków, Modzurów, Nagradowice, Polanowice, Radzików, Strzelce. Doświadczenia rejestrowe prowadzono w 22 miejscowościach: Bezek, Białogard, Bukówka, Chrzastowo, Czesławice, Dukla, Głubczyce, Jelenia Góra, Kawęczyn, Krzyżewo, Lubinicko, Masłowice, Nowy Lubliniec, Radostowo, RuskaWieś, Seroczyn, SłupiaWielka, Świebodzin, Tarnów, Uhnin, Węgrzce, Wróćkowo.

Zastosowane metody badawcze:

1. **Eliminacja efektu lat oraz efektów interakcji z latami** - transformacja danych z wykorzystaniem modelu liniowego z ważonymi warunkami identyfikacji efektów. Analizowane doświadczenia przedrejestrowe i rejestrowe charakteryzowały się zróżnicowanym zestawem odmian w obrębie miejscowości i lat prowadzonych badań. Tworząc w ten sposób zbiór danych, stanowiących zwykle niekompletną klasyfikację,

w klasyfikacji Odmiana \times Miejscowość \times Rok ($G \times L \times Y$). W związku z tym, że podstawową metodą statystyczną, służącą do analizy danych z serii doświadczeń odmianowych, jest dwuczynnikowa analiza wariancji, w celu eliminacji efektu lat oraz efektu interakcji z latami posłużono się transformacją danych z wykorzystaniem modelu liniowego z ważonymi warunkami identyfikacji efektów wg metody opisanej przez Mańkowskiego (2013).

2. **Analiza serii doświadczeń za pomocą modelu mieszanego Scheffégo-Calińskiego (SERGEN).** Wyniki plonowania poddano analizie za pomocą programu SERGEN 3 (Caliński i in., 1994). Analiza serii doświadczeń i analiza stabilności odmian (interakcja $G \times E$) wykonano w oparciu o model mieszany Scheffégo-Calińskiego i model regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarka (Mądry i Rajfura, 2003; Mądry i Kang, 2005).
3. **Analiza serii doświadczeń za pomocą analizy AMMI.** Wyniki plonowania poddano analizie przy użyciu pakietu Statistica w wersji 13.3 (TIBCO Software Inc., 2017) wraz z dodatkiem Zestaw Przyrodnika w wersji 1.0 (StatSoft Polska, 2020). Analizę wariancji serii doświadczeń przeprowadzono za pomocą modelu addytywno – multiplikatywnego AMMI (Gollob, 1968; Caliński i in., 1983, 1987; Gauch i Zobel, 1997; Annicchiarico, 2002).
4. **Analiza serii doświadczeń za pomocą analizy GAMMI.** Stopień porażenia przez choroby odmian jęczmienia jarego analizowano za pomocą programu R w wersji 3.0.2 (R Development Core Team, 2013) przy użyciu pakietu *rrcov via* (funkcja *rlm()*, *robustSVD()*). Analizę wariancji serii doświadczeń przeprowadzono za pomocą uogólnionego modelu addytywno-multiplikatywnego GAMMI (Generalized Additive Main effects and Multiplicative Interaction) opracowanego przez van Eeuwijka (1995) i Gabriela (1998), a przystosowanego przez Sumertajaya (2007).
5. **Miary szerokiej adaptacji odmian.** W następnej kolejności oceniono adaptację genotypów w szerokim sensie. Stopień adaptacji genotypu w szerokim sensie rozumiany jest jako krzywa reakcji plonu odmiany względem zmiennych warunków środowiskowych w miejscowościach serii doświadczeń. Genotyp cechujący się adaptacją w szerokim sensie jest charakteryzowany jako taki, który jednocześnie wykazuje relatywnie wysoką średnią genotypową plonu oraz stabilne plonowanie (Paderewski, 2008; Iwańska i in., 2009). Miary szerokiej adaptacji. wyznaczono w oparciu o wyniki uzyskane z analizy według modelu AMMI.

6. **Analiza składowych głównych** (ang. Principal Component Analysis, PCA) (Pearson, 1901; Hotelling, 1933). Wyznaczone w analizie składowe główne i ich wartości pozwoliły na sporządzenie wykresów rozrzutu obserwacji w układzie dwóch pierwszych składowych głównych – redukcja wymiarów z przestrzeni n -wymiarowej. Analizę PCA wykonano przy użyciu programu Statistica w wersji 13.3 (TIBCO Software Inc., 2017).
7. **Analiza skupień** była wykorzystana w celu pogrupowania badanych lokalizacji w taki sposób, aby stopień powiązania przedstawicieli z tej samej grupy był jak największy (Laudański i Mańkowski, 2007; Derejko i Mądry, 2014).
8. **Waloryzacja rolniczej przestrzeni - metoda Puławska / metoda Witka**. Rolniczą jakość gleby oraz jej przydatność do uprawy można opisać za pomocą Wskaźnika Waloryzacji Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej (WWRPP). Wskaźnik ten opracowany został przez zespół badaczy z Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. WWRPP jest wskaźnikiem zintegrowanym, bazującym na ocenie parametrów takich jak: jakość gleby (klasa bonitacyjna, klasa przydatności rolniczej gleb), klimat, rzeźba terenu oraz stosunki wodne. Czynniki te opisano uszeregowanymi parametrami i opisano odpowiednie wagi liczbowe, aby odzwierciedlić ich wpływ na urodzajność gleby. Sumując punkty za powyższe cztery wskaźniki otrzymuje się Wskaźnik Waloryzacji Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej (Witek, 1981; Mocek i in., 1997; Skłodowska i in., 2015).

WYNIKI I DYSKUSJA

Charakterystykę badanych lokalizacji przeprowadzono na podstawie Wskaźnika Waloryzacji Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej (WWRPP) Wskaźnik ten pozwala w sposób syntetyczny przedstawić ocenę całego środowiska przyrodniczego (Dudzińska, 2011; Jadczyżyn i Smreczak, 2017). Stwierdzono, że najlepsze warunki glebowe w trakcie prowadzenia doświadczeń występowały w Modzurowie, Radostowie, Słupi Wielkiej, Polanowicach, Głubczycach, Chrzastowie i Tarnowie. Najgorsze z kolei w Bukówce, Dukli, Nowym Lublińcu, Masłowicach i Jeleniej Górze. Regionalne zróżnicowanie potencjału produkcyjnego zbóż badane było przez Leszczyńską (2006, 2015), Jaśkiewicz (2009), Jaśkiewicz i Sułek (2013) oraz Kamińską i Nowak (2014), według autorów regionami o największym potencjale produkcyjnym i najwyższym wskaźnikiem waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej są województwa dolnośląskie i opolskie. Na podstawie powyższych badań oraz badań innych autorów (Dudzińska, 2011; Prus i Sałata, 2013) można stwierdzić,

że WWRPP jest najlepszym sposobem oceny warunków glebowo-klimatycznych panujących w danej lokalizacji. Charakterystyka rolniczej przestrzeni produkcyjnej obliczona nawet dla obszaru gminy często nie odzwierciedla warunków panujących w miejscu prowadzenia doświadczeń, dlatego aby precyzyjnie scharakteryzować warunki glebowe i ich wpływ na potencjał produkcyjny jęczmienia jarego w badanych lokalizacjach słusznym było przeprowadzenie syntetycznej oceny każdego punktu doświadczalnego we wszystkich latach badań.

Wpływ badanych lokalizacji na plonowanie odmian jęczmienia jarego analizowano za pomocą modelu mieszanego analizy wariancji Sheffego-Calińskiego i modelu regresji łącznej Calińskiego-Kaczmarka oraz modelu AMMI. Analiza wariancji w obu przypadkach wykazała, że największy wpływ na plonowanie badanych genotypów miało środowisko, następnie interakcja $G \times E$, a najmniejszy genotypy. Podobny schemat dla modelu pierwszego uzyskali Mądry (2003) dla serii doświadczeń odmianowych z pszenicą jarą, Rymuza i in. (2017) oraz Jankowska i in. (2015) przy ocenie stabilności plonowania odmian ziemniaka i Latusek i in. (2012) przy ocenie stabilności plonowania odmian rzepaku. Natomiast Verma i in. (2016), Solonechnyi i in. (2016, 2018), Hudzenko i in. (2020) otrzymali podobne wyniki dla modelu AMMI w serii doświadczeń z jęczmieniem jarym. Badane genotypy uzyskały najwyższe plony w Chrzastowie, Czesławicach i Bezku, a najniższe w Lubinicku, Bukówce i Świebodzinie, przy czym w Czesławicach i Lubinicku badane genotypy wystąpiły w najmniejszej liczbie replikacji. Analiza plonowania odmian w poszczególnych środowiskach wykazała, że w tych samych środowiskach niektóre spośród badanych odmian osiągały najwyższe, a inne najniższe wyniki plonowania. W związku z tym, nie można było wskazać lokalizacji, najbardziej przydatnych do testowania plonowania jęczmienia jarego. Ocena lokalizacji ograniczona była do odmian pochodzących z Hodowli Roślin Smolice Oddział Bąków oraz wzorców uczestniczących w analizowanych doświadczeniach, szersza analiza wszystkich odmian biorących udział w doświadczeniach przedrejestrowych i rejestrowych mogłaby przyczynić się do wskazania takich lokalizacji, ponieważ jak pokazują badania Ceccarelli i Grando (1991a, 1991b), Ceccarelli i in. (1992) na plonowanie odmiany w środowiskach wysoko produktywnych i nisko produktywnych w znacznym stopniu wpływa środowisko, w którym została ona wyhodowana. Najrozsądniejszym rozwiązaniem dla hodowców pozostaje wybór odmian najbardziej stabilnych w największej liczbie badanych lokalizacji.

Największy wpływ na porażenie odmian przez choroby miało w przypadku mączniaka prawdziwego i rdzy jęczmienia środowisko, mniejsze – interakcja G×E, a najmniejszy genotyp. Jedynie badając odporność odmian na porażenie przez plamistość siatkową stwierdzono, że największy wpływ miała interakcja G×E, mniejszy – środowisko, lecz nadal wysokie, a najmniejszy genotyp. Wynika z tego, że wybór lokalizacji doświadczenia ma bardzo duże znaczenie w selekcji odmian o wysokiej odporności niż sama odmiana. Podobne wyniki uzyskali Acorsi i in. (2016) dla porażenia odmian przez szarą plamistość liści, Hadi i in. (2010, 2017) dla porażenia soi przez choroby i insekty. Przeprowadzone analizy wykazały, że największe porażenie przez mączniaka prawdziwego obserwowano w lokalizacjach najbardziej stabilnych, a co za tym idzie najlepszych do selekcji odmian o wysokiej odporności. Były to: Słupia Wielka, Węgrzce, Tarnów i Bąków. Lokalizacjami najbardziej przydatnymi do wyboru genotypów odpornych na plamistość siatkową, które charakteryzuje wysoki stopień porażenia oraz niska interakcja G×E były: Dukla i Chrzastowo oraz Strzelce i Radzików. Do selekcji genotypów o zwiększonej odporności na rdzę jęczmienia najbardziej przydane były miejscowości: Dukla, Kawęczyn, Głubczyce, Słupia Wielka, Krzyżewo i Jelenia Góra dla doświadczeń rejestrowych (COBORU), a dla doświadczeń przedrejestrowych (ZDH): Radzików i Nagradowice. Miejscowością, która szczególnie wyróżnia się na tle innych badanych jest Dulka, w której zaobserwowano wysokie porażenie odmian przez wszystkie analizowane choroby, w związku z tym podczas selekcji odmian odpornych hodowcy powinni zwracać uwagę na wyniki uzyskane w tej lokalizacji. W Polskiej literaturze brak prac o podobnej tematyce, dlatego są to bardzo istotne wyniki dla oceny środowisk, gdyż wskazują lokalizacje w których porażenie występowało najczęściej i było największe co pozwala ograniczyć ilość przeprowadzonych obserwacji w sezonie wegetacyjnym do lokalizacji najbardziej przydatnych do prowadzenia selekcji.

Przeprowadzone badania wykazały, że lokalizacje oddziaływały na analizowane wybrane cechy agronomiczne i można je było uszeregować według ich stopnia oddziaływania oraz podobieństwa. Analiza warunków glebowych wyrażona poprzez Wskaźnik Waloryzacji Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej (WWRPP) pozwoliła wskazać lokalizacje o zbliżonych warunkach glebowych. Analiza opierała się na analizie skupień, która również była wykorzystana przez Jaśkiewicz (2009, 2016), Jaśkiewicz i Sułek (2013), Kamińską i Nowak (2014), Leszczyńską (2006, 2010, 2015), do badań nad zróżnicowaniem regionalnym potencjału produkcyjnego rolnictwa w Polsce i wyodrębnieniu grup o podobnym potencjale. Na podstawie powstałego dendrogramu wskazano wśród punktów doświadczalnych lokalizacje o najbardziej zbliżonych warunkach glebowych. Były to: Bąków-Bezek,

Krzyżewo-Świebodzin, Lubinicko-Wrócikowo, Białogard-Uhnin, Bukówka-Dukla, Jelenia Góra-Nowy Lubliniec, Chrzastowo-Tarnów, Głubczyce-Modzurów, Czesławice-Węgrzce, Kawęczyn-Radzików. Kolejnym sposobem scharakteryzowania podobieństwa lokalizacji opartym na informacjach o zmiennych warunkach glebowych (Wskaźniki Waloryzacji Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej – WWRPP) było wykorzystanie analizy składowych głównych (PCA). Na podstawie dwóch pierwszych składowych sporządzono wykres rzut przypadków na płaszczyznę, który przedstawia serię danych o 28 badanych lokalizacjach. Miejscowościami najbardziej zbliżonymi do siebie pod względem warunków przeprowadzonych doświadczeń były Modzurów z Głubzycami i Radostowem następnie Krzyżewo z Ruską Wsią oraz Bąków z Białogardem. Co jest tylko częściowo zbieżne z wynikami uzyskanymi na podstawie wcześniejszej analizy skupień.

Lokalizacjami, w których odmiany osiągały najbardziej zbliżone plonowanie ze względu na składniki interakcji $G \times E$ analizy wariancji modelu Sheffego-Calińskiego i Calińskiego-Kaczmarka były Uhnin z Wróciwowem, Jelenia Góra z Seroczynem, Czesławice z Jelenią Górą, Seroczyn ze Słupią Wielką, Lubinicko z Czesławicami. Natomiast na podstawie oceny kontrastów między odmianami w poszczególnych środowiskach podobieństwo plonowania wykazano dla lokalizacji Tarnów-Białogard-Radostowo-Chrzastowo, dalej Lubliniec-Masłowice-Krzyżewo-Czesławice-Kawęczyn. Kolejne to Czesławice-Bukówka-Dukla-Jelenia Góra oraz Seroczyn-Słupia Wielka-Świebodzin-Węgrzce oraz Radzików-Polanowice-Strzelce-Lubliniec, a także Modzurów-Radzików-Bąków.

Zupełnie inne grupy zostały wyłonione na podstawie analizy skupień dla analizy plonowania z wykorzystaniem modelu AMMI. Wyniki wskazały jako najbardziej zbliżone do siebie pod względem plonowania odmian lokalizacje doświadczalne w badaniach rejestrowych (COBORU): Jelenia Góra-Lubinicko, Uhnin-Wrócikowo, Jelenia Góra-Lubinicko-Seroczyn, Czesławice-Jelenia Góra-Lubinicko-Seroczyn. A wśród punktów doświadczalnych w badaniach przedrejestrowy (ZDH) były to: Radzików-Strzelce, Bąków-Nagradowice. W prawie wszystkich przypadkach lokalizacje te różniły się warunkami glebowymi określonymi za pomocą WWRPP, położeniem geograficznym, wysokością nad poziomem morza, średnią roczną temperaturą powietrza oraz roczną sumą opadów. W związku z tym, można stwierdzić, że o plonie odmian w badanych lokalizacjach nie decydują warunki glebowe oraz warunki pogodowe, a interakcja środowisk z genotypami. Zatem analizując wyniki z doświadczeń przedrejestrowych można sądzić, że plony odmian uzyskane w Radzikowie będą zbieżne z tymi uzyskanymi w Strzelcach, a te otrzymane w Bąkowie z tymi w Nagradowicach. Podobnie w przypadku doświadczeń rejestrowych

wskazano wiele lokalizacji o zbliżonym wpływie na plonowanie odmian. Obie analizy nie wykazały podobieństwa pomiędzy lokalizacjami doświadczeń rejestrowych, a lokalizacjami doświadczeń przedrejestrowych pod względem ich wpływu na plonowanie badanych odmian, co oznacza, że hodowcy muszą skupić się na poszukiwaniu odmian stabilnie i wysoko plonujących w doświadczeniach przedrejestrowych, które potencjalnie mogą powtórzyć swój wynik w doświadczeniach rejestrowych. W polskiej literaturze nie ma prac o tej tematyce, naukowcy skupiali się przede wszystkim na ocenie miejscowości biorących udział w doświadczeniach hodowlanych (Pilarczyk, 1983; Węgrzyn, 1999; Pilarczyk i Fraś, 2007; Adamski i in., 2008; Pilarczyk i Fraś, 2009; Pilarczyk i in., 2010). Z kolei za granicą zagadnieniem tym zajmowali się Lin i Binns (1985) oraz Lin i Butler (1988). Natomiast Adamski i in. (2008) wskazują Radzików jako miejscowość najlepszą do selekcji rodów biorących udział w doświadczeniach przedrejestrowych. Stwarza to zatem pole do dalszych prac o zwiększonym zakresie odmian i lat badań. Dodatkową trudność stwierdzono w zmiennej ilości punktów doświadczalnych COBORU, które w analizowanych latach 2003-2014 zmniejszył się z 18 do 12.

Analiza skupień metodą Warda przeprowadzona na podstawie wyników analizy wg modelu R-AMMI pozwoliła wskazać lokalizację o podobnej interakcji $G \times E$, czyli o zbliżonej reakcji na czynnik chorobotwórczy badanych odmian w lokalizacjach. W przypadku porażenia przez mączniaka prawdziwego były to grupy lokalizacji najbardziej do siebie zbliżonych zaczynając od tych o najsilniejszych wiązaniach: Nagradowice-Masłowice, Krzyżewo-Nagradowice-Masłowice, Krzyżewo-Nagradowice-Masłowice-Węgrzce, Białogard-Bukówka, Krzyżewo-Masłowice-Węgrzce-Radzików, Wrócikowo-Uhnin, Radostowo-Słupia Wielka, Strzelce-Nowy Lubliniec, Ruska Wieś-Modzurów. Uzyskane wyniki pozwalają w przyszłości ograniczyć liczbę miejscowości do testowania porażenia odmian przez mączniaka prawdziwego w przypadku doświadczeń rejestrowych, ponieważ znaleziono wiele lokalizacji o podobnej reakcji na czynnik chorobotwórczy. Należy jednak wśród nich wytypować te, w których porażenie było najsilniejsze i najczęstsze, taką grupę reprezentuje Radostowo ze Słupią Wielką. Miejscowości te charakteryzują się wysokim wskaźnikiem porażenia odmian przez chorobę. Wśród miejscowości biorących udział w doświadczeniach przedrejestrowych zbliżoną reakcję stwierdzono w przypadku Nagradowic i Radzikowa. W tym wypadku obie charakteryzują się małym porażeniem odmian przez chorobę, w związku z tym hodowcy powinni rozważyć słuszność dalszego wykonywania obserwacji porażenia przez mączniaka prawdziwego w tych lokalizacjach. Badane odmiany wykazywały podobną reakcję na porażenie przez plamistość siatkową

w grupach lokalizacji najbardziej do siebie zbliżonych tj.: Białogard-Polanowice, Węgrzce-Wrócikowo, Radostowo-Ruska Wieś, Nagradowice-Masłowice, Węgrzce-Wrócikowo-Jelenia Góra, Radostowo-Ruska Wieś- Bezek, Kawęczyn-Tarnów. Związek reakcji odmian na porażenie przez chorobę stwierdzono zarówno wśród lokalizacji biorących udział tylko w doświadczenia rejestrowych jak również tych biorących udział w doświadczeniach hodowlanych i rejestrowych. Takie podobieństwo wskazano dla wszystkich lokalizacji ZDH, najsilniejsze podobieństwo było w przypadku Polanowic z Białogardem oraz Nagradowic z Masłowicami, natomiast dla pozostałych było o wiele słabsze. Analizowane skupienia połączyły w grupy lokalizacje, w których porażenie przez plamistość siatkową było zarówno wysokie jak i niskie. Na tle innych wyróżniły się Węgrzce z Wróciokowem, w których porażenia odmian przez chorobę było wysokie. Na podstawie uzyskanych wyników można wytypować lokalizacje, które ze względu na niski stopień porażenia odmian przez chorobę mogą zostać wyłączone z doświadczeń i nie wykonywać w nich obserwacji chorobowych. W przypadku rdzy jęczmienia analiza skupień wskazała grupy lokalizacji o największym podobieństwie reakcji na czynnik chorobotwórczy, a były to: Głubczyce-Masłowice, Chrzastowo-Uhlin, Bezek-Słupia Wielka, Krzyżewo-Baków, Białogard-Bukówka, Modzurów-Nagradowice, Głubczyce-Masłowice-Strzelce. Badania wykazały najsilniejsze powiązania lokalizacji biorących udział w doświadczeniach rejestrowych, wśród których przeważają te charakteryzujące się niskim stopniem porażenia odmian przez rdzę jęczmienia. Wśród miejscowości ZDH można wskazać, te które wykazują podobieństwo ze sobą i z lokalizacjami COBORU.

Wyniki analizy GAMMI dla cech odpornościowych jęczmienia jarego na podstawie, której wykonano analizę skupień metodą Warda wskazały podobieństwo lokalizacji biorących udział w doświadczeniach rejestrowy, przedrejestrowych oraz wspólnych dla obu rodzajów doświadczeń. Na tej podstawie możliwe jest wytypowanie lokalizacji wskaźnikowych, czyli takich w których warto wykonywać obserwacje chorobowe, jak również wskazać te o małej wartości informacyjnej o odporności odmian na podstawowe choroby jęczmienia. Badania te pozwoliły wytypowanie lokalizacji wskaźnikowych dla doświadczeń rejestrowych COBORU o podobnej reakcji odmian na czynnik chorobotwórczy jak w lokalizacjach doświadczeń przedrejestrowych ZDH. Cel ten został osiągnięty jednak powiązania te w przypadku każdej choroby były inne, podobnie jak stopień powiązań. Istnieje potrzeba dalszych badań na większej liczbie odmian i lokalizacji, aby w przyszłości wykonywać obserwacje chorobowe tylko w tych lokalizacjach, które najlepiej odzwierciedlają odporność odmian na choroby, a przez to poprawi się przedłożenie ilości wykonywanych obserwacji na jakość informacji

z nich uzyskanych. W literaturze zarówno polskiej jak i zagranicznej brak jest prac na ten temat. Obecnie kładzie się nacisk na ograniczenie ze względów ekonomicznych liczebności lokalizacji do badań. Jest to okazja do zmniejszenia liczby punktów doświadczalnych, w których wykonywałoby się obserwacje chorobowe, ale bez negatywnych skutków dla jakości prowadzonej selekcji.

WNIOSKI

1. Środowiska (lokalizacje), w których prowadzone są doświadczenia hodowlane i rejestrowe, można uporządkować i pogrupować ze względu na zróżnicowanie w obserwowanych efektach głównych i interakcyjnych dla określonej grupy odmian jęczmienia jarego.
2. Pogrupowanie lokalizacji ze względu na plonowanie i odporność na choroby pozwoliło wskazać środowiska podobne pod względem obserwowanych efektów.
3. Na podstawie analizy porażenia odmian przez choroby wskazano środowiska, które są najbardziej przydatne do selekcji genotypów odpornych na mączniaka prawdziwego, plamistość siatkową i rdzę jęczmienia.

SPIS LITERATURY

- Acorsi C.R.L., Guedes T.A., Coan M.M.D., Pinto R.J.B., Scapim C.A., Pacheco C.A.P., Guimarães P.E.O., Casela C.R., 2016. Applying the generalized model to analysis of maize genotypes resistant to grey leaf spot. *Journal of Agricultural Science* 1-15. Pobrane 01 lutego 2017 ze strony www.cambridge.org/core.
- Adamski T., Bichoński A., Biliński Z., Bystry Z., Jarosz P., Jasińska D., Kaczmarek Z., Krystkowiak K., Kuczyńska A., Mikulski W., Nowak B., Orłowska-Job W., Paszkiewicz Z., Rębarz M., Surma M., Sybilska A., 2008. Wybór miejscowości przydatnych do oceny rodów jęczmienia jarego. *Biul. IHAR* 247: 31-40.
- Annicchiarico P., 2002. Genotype-environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. *FAO Plant Production and Protection Paper No. 174*. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., 1983. Analiza jednorocznej serii ortogonalnej doświadczeń odmianowych ze szczególnym uwzględnieniem interakcji odmianowo-środowiskowej. *Analiza szczegółowa. Biuletyn Oceny Odmian* 15: 39-60.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., 1987. A model for the analysis of a series of experiments repeated at several places over a period of years. I. Theory. *Biuletyn Oceny Odmian* 17-18:7-33.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I., 1994. SERGEN. Analiza serii doświadczeń odmianowych i genetyczno-hodowlanych. *IGR PAN*, Poznań.
- Ceccarelli S., Grando S., 1991a. Environment of selection and type of germplasm in barley breeding for low-yielding conditions. *Euphytica* 57: 207-219.
- Ceccarelli S., Grando S., 1991b. Selection environment and environment sensitivity in barley. *Euphytica* 57(2): 157-167.
- Ceccarelli S., Grando S., Hamblin J., 1992. Relationship between barley grain yield measured in low- and high-yielding environments. *Euphytica* 64: 49-58.
- Derejko A, Mądry W., 2014. Przegląd zastosowań metod statystycznych w analizie danych z serii doświadczeń odmianowych i odmianowo-agrotechnicznych. *Biul. IHAR* 273: 101-118.
- Dudzińska M., 2011. Czynniki oceniające rolniczą przestrzeń produkcyjną. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich Polska Akademia Nauk Oddział w Krakowie nr 1*: 173-185.
- Gabriel K.R., 1998. Generalised Bilinear Regression. *Biometrika* 85(3): 689-700.
- Gacek E., 2017. Potencjał hodowlany i osiągnięcia polskiej hodowli roślin rolniczych. *Biul. IHAR* 282: 151-160.

- Gauch H.C., Zobel R.W., 1997. AMMI analysis of yield trials, In: M.S. Kang, H.G. Gauch (Ed.) Genotype by environment interaction. CRC Press, Boca Raton: s. 85-122.
- Gollob H.F., 1968. A statistical model which combines feature of factor analytic and analysis of variance techniques. *Psychometrika* 33: 73-115.
- Hadi A.F., Mattjik A.A., Sumertajaya I.M., 2010. Generalized AMMI model for assessing the endurance of soybean to leaf pest. *Jurnal ILMU DASAR* 11(2): 151-159.
- Hadi A.F., Sa'diyah H., Iswanto R., 2017. On generalization of additive main effect and multiplicative interaction (AMMI) models: an approach of row column interaction models for counting data. *Malaysian Journal of Mathematical Sciences* 11(s): 115-141.
- Hotelling H., 1933. Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components, Part 1. *Journal of Educational Psychology* 24: 417-441.
- Hudzenko V.M., Demydov O.A., Kavunets V.P., Kachan L.M., Ishchenko V.A., Sardak M.O., 2020. Assessment of ecological stability in yield for breeding of spring barley cultivars with increased adaptive potential. *Regul. Mech. Biosyst.* 11(3): 425-430.
- Iwańska M., Mądry W., Rajfura A., Drzazga T., 2009. Porównanie syntetycznych wskaźników stopnia szerokiej adaptacji odmian na przykładzie serii doświadczeń przedrejestrowych z pszenicą ozimą. *Biul. IHAR* 253: 31-45.
- Jadczyzyn J., Smreczak B. 2017. Mapa glebowo-rolnicza w skali 1:25 000 i jej wykorzystanie na potrzeby współczesnego rolnictwa. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 51(5): 9-27.
- Jankowska J., Pietraszko M., Lutomińska B., 2015. Analiza stabilności plonowania wybranych odmian ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.) na glebach lekkich. *Fragm. Agron.* 32(3): 32-43.
- Jaśkiewicz B., 2009. Organizacyjno-ekonomiczne uwarunkowania produkcji zbóż jakościowych w różnych regionach Polski. *Journal Central European of Agriculture* 10(2): 145-152.
- Jaśkiewicz B., 2016. Regionalne zróżnicowanie produkcji pszenżyta w Polsce. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu Annalis PAAAE; IUNG-PIB w Puławach* 18(1): 98-104.
- Jaśkiewicz B., Sulek A., 2013. Czynniki decydujące o regionalnym zróżnicowaniu produkcji zbóż jakościowych w Polsce. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu Annalis PAAAE; IUNG-PIB w Puławach* 15(2): 112-117.
- Kamińska A., Nowak A., 2014. Zastosowanie analizy skupień do badania zróżnicowania regionalnego potencjału produkcyjnego rolnictwa w Polsce. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu Annalis PAAAE; IUNG-PIB w Puławach* 16(3): 126-130.
- Latusek A., Jurkowski A., Bujak H., 2012. Możliwość optymalizacji uprawy rzepaku ozimego na podstawie doświadczeń porejestrowych. *EPISTEME* 15: 141-150.
- Laudański Z., Mańkowski D. R., 2007. Planowanie i wnioskowane statystyczne w badaniach rolniczych. *Materiały Szkoleniowe IHAR-PIB, Radzików.*
- Leszczyńska D., 2006. Regionalne zróżnicowanie produkcji jęczmienia w Polsce. *IUNG Raporty PIB zeszyt 3: 145-157.*
- Leszczyńska D., 2010. Stan i uwarunkowania uprawy mieszanek zbożowych w Polsce. *Journal of Research and Application in Agricultural Engineering* 55(4): 7-11.
- Leszczyńska D., 2015. Regionalne zróżnicowanie produkcji jęczmienia w Polsce. *Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu Annalis PAAAE; IUNG-PIB w Puławach* 17(6): 151-156.
- Lin C.S., Binns M.R., 1985. Procedural approach for assessing cultivar-location data: pairwise genotype-environment interactions for test cultivars with checks. *Can. J. Plant Sci.* 65: 1065-1071.
- Lin C.S., Butler G., 1988. A data-based approach for selecting locations for regional trials. *Can. J. Plant Sci.* 68: 651-659.
- Mańkowski D.R., 2013. Modele równań strukturalnych SEM w badaniach rolniczych, *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR-PIB, nr 43, IHAR-PIB, Radzików.*
- Mądry W., 2003. Zastosowanie modeli mieszanych Shukli i regresji łącznej do analizy stabilności i adaptacji genotypów. Część II. Przykład dla pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 226/227/1: 15-23.
- Mądry W., Kang M.S., 2005. Scheffe-Caliński and Shukli Models: Their Interpretation and Usefulness in Stability and Adaptation Analyses. *Journal of Crop Improvement* 14 (1/2): 325-369.
- Mądry W., Rajfura A. 2003. Analiza statystyczna miar stabilności na podstawie danych w klasyfikacji genotyp \times środowiska. Część I. Model mieszany Schéffego-Calińskiego i model regresji łącznej. *Colloquium Biometryczne, Nr 33: 181-205.*
- Michalik B. (red.), 2009. Hodowla roślin z elementami genetyki i biotechnologii. PWRiL Poznań.
- Mocek A., Drzymała S., Maszner P., 1997. Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Poznań.
- Olesiak T., Mańkowski D.R., 2007. Stabilność plonowania i zdolność adaptacyjna odmian jęczmienia jarego do warunków Polski. *Biul. IHAR* 246: 45-54.

- Paderewski J., 2008. Przydatność modelu AMMI do badania reakcji roślin rolniczych na warunki środowiskowe. Rozprawa doktorska, SGGW, Warszawa.
- Pearson K., 1901. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philos. Mag. Sixth Series* 2: 559-572.
- Pilarczyk W., 1983. Wykorzystanie analizy skupień do podziału stacji doświadczalnych na grupy o małej interakcji odmianowo-środowiskowej. *Colloquium Biometricum* 13: 133-147.
- Pilarczyk W., Bakinowska E., Bocianowski J., Zawieja B., 2010. Optymalizacja wstępnych doświadczeń hodowlanych z jęczmieniem jarym. *Biul. IHAR* 255: 13-26.
- Pilarczyk W., Fraś A., 2007. Próba określenia reprezentatywnego zbioru miejscowości w serii doświadczeń odmianowych z pszenicą. *Biul. IHAR* 246: 3-10.
- Pilarczyk W., Fraś A., 2009. Próba określenia reprezentatywnego zbioru miejscowości w serii doświadczeń odmianowych z pszenicą. Część II. Wyniki czteroletnie. *Biul. IHAR* 254: 3-12.
- Prus B., Sałata T., 2013. Analiza zasobów Rolniczej Przestrzeni Produkcyjnej w polityce przestrzennej gminy Tomice. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 3(II): 145-157.
- R Development Core Team (2013). *R.A. Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. z: <http://www.R-project.org/>
- Ruebenbauer T., Muller H.W., 1985. *Ogólna hodowla roślin*. PWN, Warszawa.
- Rymuza K., Radzka E., Lenartowicz T., 2017. Analiza interakcji genotypowo-środowiskowej średnio wczesnych jadalnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 281: 59-68.
- Skłodowska P., Bieniek B., Bielska A., 2015. *Podstawy kartografii i klasyfikacji użytkowej gleb*. [w:] *Gleboznawstwo*. [red.] Mocek A., PWN, Warszawa.
- Solonechnyi P., Kozachenko M., Vasko N., Gudzenko V., Ishenko V., Kozelets G., Usova N., Logvinenko Y., Vinyukov A., 2018. AMMI and GGE biplot analysis of yield performance of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties in multi environment trials. *Agriculture & Forestry* 64(1): 121-132.
- Solonechnyi P.M., Kozachenko M.R., Vasko N.I., Naumov O.G., Solonechna O.V., Vazhenina O.Y., Kompanets K.V., 2016. AMMI (additive main effect and multiplicative interaction) model for assessment of yield stability of spring barley genotypes. *Plant Breeding and Seed Production* 110: 131-141.
- StatSoft Polska Sp. z o. o. 2020. Zestaw Przyrodnika, wersja 1.0. www.statsoft.pl
- Sumertajaya I.M., 2007. *Analisis Statistik Interaksi Genotipe Dengan Lingkungan*. Bogor, Indonesia: Departemen Statistik, Fakultas Matematika dan IPA, IPB (Abstract in English).
- TIBCO Software Inc., 2017. *Statistica (data analysis software system)*, version 13. <http://Statistica.io>
- Verma R.P.S., Kharab A.S., Singh J., Kumar V., Sharma I., Verma A., 2016. AMMI model to analyse G×E for dual purpose barley in multi-environment trials. *Agric. Sci. Digest*. 36(1): 9-16.
- von Eeuwijk F.A., 1995. Multiplicative interaction in generalized linear models. *Biometrics* 51: 1017-1032.
- Węgrzyn S., 1999. Wybór miejscowości do oceny plonowania rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 211: 5-11.
- Węgrzyn S., 2003. Ocena genetyczno-statystyczna wyników doświadczeń polowych z rodami hodowlanymi na przykładzie pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 230: 29-42.
- Witek T., 1981. Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin. IUNG, Puławy.
- Zawieja B., Bichoński A., 2015. Selekcja rodów hodowlanych jęczmienia jarego na podstawie analizy statystycznej trzyletniej serii doświadczeń. *Biul. IHAR* 275: 39-49.