

ANITA DOBEK <sup>1</sup>  
JAN BOCIANOWSKI <sup>1</sup>  
EWA BAKINOWSKA <sup>1</sup>  
WIESŁAW PILARCZYK <sup>1</sup>  
WOJCIECH MIKULSKI <sup>2</sup>  
JACEK KACZMAREK <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup> Hodowla Roślin Szelejewo

## Problemy związane z testowaniem linii i rodów zbóż na wczesnych etapach hodowli

### Problems related to testing of cereal lines at early stages of plant breeding

W procesie hodowli zbóż samopylnych w dużym uproszczeniu można wyróżnić trzy elementy: dobór materiałów wyjściowych, metody hodowli oraz ocena linii pod względem wartości gospodarczej. Stosunkowo małe zróżnicowanie genetyczne odmian zarejestrowanych w krajach europejskich o podobnym klimacie do Polski, wskazuje na ich duże podobieństwo. Potwierdzają to liczne w ostatnich latach prace, w których przy pomocy technik molekularnych analizowano zmienność odmian zbóż. Również dużą unifikację wykazują metody hodowli zbóż stosowane przez hodowców. Można więc wnioskować, że sukces w hodowli zbóż w dużym stopniu zależy od stosowanych metod testowania linii, które gwarantują wyodrębnienie interesujących obiektów. W połowie cyklu hodowli zbóż samopylnych, na poziomie szóstej generacji następuje pierwszy etap testowania linii pod względem wartości gospodarczej. Doświadczenia te, z uwagi na dużą liczbę obiektów, zakładane są w jednej miejscowości, w jednym powtórzeniu, z jednym lub dwoma wzorcami, na poletkach o powierzchni od 5 m<sup>2</sup> do 10 m<sup>2</sup>.

**Słowa kluczowe:** materiały wyjściowe, metody hodowli, programy hodowlane, doświadczenia jednopowtórzeniowe

In the process of breeding of self-fertilizing plants one can consider three elements: selection of initial materials, breeding methods and evaluation of lines with respect to their economic value. The relatively small genetic diversity of registered varieties observed in the European countries shows their great similarity. This is confirmed in many papers, in which, using the molecular techniques, the variability of varieties of different species was analyzed. The plant breeding methods used by breeders across Europe are much alike too. One can conclude that the success in plant breeding depends, to a considerable degree, on the methods of evaluation of lines, which enable selection of the best objects. Halfway through the process of self-fertilizing plant breeding, at the sixth generation level, the first step of testing of lines with respect to their economic value is realized. These tests, because of a large number of objects, are carried out in one place with one replication with one or two standard varieties, on plots of size from 5 m<sup>2</sup> to 10 m<sup>2</sup>.

**Key words:** initial materials, breeding methods, breeding programs, unreplicated experiments

## WSTĘP

Głównym celem hodowcy jest wytworzenie i zarejestrowanie odmian lepszych od znajdujących się aktualnie na rynku. Do czasu przystąpienia Polski do UE konkurencja pomiędzy hodowcami miała przede wszystkim zasięg krajowy a dzisiaj nabiera wymiaru europejskiego (tab. 1).

Tabela 1

**Liczba odmian zbóż w latach przyjętych do badań rejestrowych w Polsce**  
**Number of varieties accepted for VCU trials in Poland**

Gatunek Species	Rok Year	Liczba odmian — Number of varieties		
		Wszystkie In total	Polskie Polish	Zagraniczne Foreign
Pszenica ozima Winter wheat	2003	32	20	12
	2007	39	18	21
Zyto ozime Winter rye	2003	10	8	2
	2007	10	2	8
Pszenżyto ozime Winter triticales	2003	11	9	2
	2007	15	12	3
Jęczmień ozimy Winter barley	2003	10	5	5
	2007	10	2	8

Badania rejestrowe odmian prowadzone przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU) w Słupi Wielkiej na odmianach pszenicy ozimej wskazują, że w przypadku ostrej zimy polskie odmiany plonują zdecydowanie lepiej niż odmiany zachodnioeuropejskie. Gorzej wygląda sytuacja w przypadku łagodnej zimy, gdzie pod względem plonu odmiany polskie plasują się w dolnych partiach rankingu (COBORU, 2004; 2007; 2008). Inaczej przedstawia się sytuacja w przypadku jęczmienia ozimego, a mianowicie bez względu na zimę (ostra, łagodna) odmiany zachodnie w ostatnich latach charakteryzują się wyższym plonem niż odmiany polskie. W tym przypadku możemy więc mówić o przełamaniu przez hodowców zachodnioeuropejskich bariery stresu chłodu przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiego plonu. Wśród odmian polskich wyjątek stanowi zarejestrowana w 2007 roku odmiana Karakan o dobrej mrozoodporności i wysokim plonie. Jedynie dla pszenżyta ozimego zauważa się w badaniach rejestrowych dominację polskich odmian zarówno tych o długiej jak i krótkiej słomie.

Jedną z przyczyn gorszego plonowania polskich odmian pszenicy ozimej może być kwestia wyodrębnienia na wczesnych etapach hodowli wartościowych obiektów. Złożoność tego zagadnienia pogłębia fakt, że wtedy bada się bardzo dużą liczbę obiektów w jednej miejscowości i w jednym powtórzeniu i na podstawie takich danych dokonuje się ostrej selekcji. O tym jak dalece jest to niewystarczające świadczą na przykład rozważania zawarte w opracowaniu Horn i wsp. (2000).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie problemów związanych z wyodrębnianiem wartościowych obiektów na wczesnych etapach hodowli. W następnych artykułach (Ambroży i in., 2008 a, b) podjęto próbę rozwiązania tego problemu.

## MATERIAŁ I METODY

W procesie hodowli zbóż samopylnych w dużym uproszczeniu można wyróżnić trzy elementy: dobór materiałów wyjściowych, metody hodowli oraz ocena linii pod względem wartości gospodarczej. Zróżnicowanie genetyczne odmian zarejestrowanych w krajach europejskich o podobnym klimacie do Polski, wskazuje na ich duże podobieństwo. Potwierdzają to liczne w ostatnich latach prace, w których przy pomocy technik molekularnych analizowano zmienność odmian zbóż. Wynika to z tradycji hodowlanych i adaptacji genotypów do specyficznych warunków środowiska (Metakovsky i Branlard, 1998). W przypadku jęczmienia badania potwierdzają brak znacznego zróżnicowania na poziomie genetycznym odmian (Kuczyńska i in., 2003). Podobnie u pszenic uprawianych w Polsce (Tyrka, Mikulski, 2004; Stępień i in., 2007,) czy w Ameryce Północnej (Kim i in., 1997) obserwuje się małe zróżnicowanie genetyczne.

Metody hodowli stosowane w samopylnych roślinach zbożowych również są dalece zunifikowane. Do kreowania wczesnych pokoleń stosuje dwie podstawowe metody: rodowodową (R/R), pojedynczych nasion (SSD) a czasami kompilacje pomiędzy nimi (SzD/SSD). W ujęciu genetycznym różnica pomiędzy nimi sprowadza się do ilości przeniesionej zmienności z osobników rodzicielskich do dalszych pokoleń (tab. 2).

Tabela 2

**Zachowanie zmienności genetycznej w różnych metodach hodowli**  
**Preservation of genetic variation in different methods of breeding**

Pokolenie Generation	Metoda hodowli — Method of breeding		
	R/R	SSD	SZD/SSD
F <sub>1</sub>	namnażanie propagation	namnażanie propagation	namnażanie propagation
F <sub>2</sub>	5%	85%	70%
F <sub>3</sub>	2%	70%	40%
F <sub>4</sub>	wybór pojedynka choice of individual	wybór pojedynka choice of individual	wybór pojedynka choice of individual
F <sub>5</sub>	0,3%	13,2%	1,2%

Jak wynika z zaprezentowanych danych najwięcej zmienności w późniejszych pokoleniach zachowuje się stosując metodę pojedynczych nasion (13,2%) natomiast odpowiednio mniej w pozostałych dwu metodach (0,3% i 1,2%). Znacznie mniejsze zachowanie zmienności genetycznej w kolejnych pokoleniach w metodach R/R i SSD/SzD wynika z selekcji prowadzonej w tych pokoleniach, czego nie robi się w stosując metodę SSD. W konsekwencji w dalszych pokoleniach wytworzonych metodą SSD znajduje się wiele osobników wadliwych, które należy wyeliminować. Nasuwa się wniosek, że jeżeli materiały wyjściowe oraz metody hodowli są u poszczególnych hodowców bardzo podobne, to plenniejsze odmiany zachodnioeuropejskich jęczmion i pszenic ozimych mogą być efektem zastosowanych metod statystycznych i liczby testowanych linii pod względem wartości gospodarczej.

Z informacji zebranych u hodowców zbóż polskich i zagranicznych wynika, że rocznie każdy z nich testuje w szóstej generacji od 1500 do 2000 nowych linii. Obiekty te są siane

w jednej miejscowości w jednym powtórzeniu najczęściej na poletkach o powierzchni od 5 m<sup>2</sup> do 10 m<sup>2</sup>. Na przykład w Niemczech hodowlą pszenicy zajmuje się 28 hodowców, zatem można szacować, że rocznie testują oni od 42.000 do 56.000 nowych linii. Po następnych 4 latach do badań rejestrowych trafia rocznie około 100 odmian, czyli na jedną zgłoszoną odmianę przypada w pokoleniu szóstym około 420 do 560 linii. Można przyjąć, że 7 polskich hodowców pszenicy ozimej rocznie testuje od 10.500 do 14.000 nowych linii a po kilku latach do badań rejestrowych z tego materiału zgłaszane jest około 20 odmian, czyli na jedną zgłoszoną przypada w szóstej generacji od 525 do 700 linii. Porównując liczbę zgłaszanych odmian do badań rejestrowych w Polsce (około 20) i Niemczech (około 100) w stosunku do liczby linii badanych na etapie szóstej generacji, można stwierdzić, że presja selekcyjna jest podobna (tab. 3).

Tabela 3

**Liczba hodowców i liczba odmian zbóż zgłaszanych do rejestru w wybranych krajach**  
**Number of plant breeders and average number of varieties submitted for pre-registration trials**  
**in chosen countries**

Gatunek Species	Kraj Country	Liczba programów hodowli Number of breeding programs	Liczba zgłaszanych odmian Number of submitted varieties
Pszenica ozima Winter wheat	Polska Poland	7	9-21
	Czechy Czech Republic	10	
	Niemcy Germany	28	ponad 100 above 100
Pszenżyto ozime Winter wheat	Polska Poland	4	około 7
	Niemcy Germany	8	48

Nasuwa się sporo pytań. Jak prowadzić selekcję na wczesnych etapach hodowli? Jakie metody oceny doświadczeń stosować w praktyce? Czy prowadzić doświadczenia w wielu miejscach? Ostatnie rozwiązanie powoduje oczywiście wzrost kosztów, jednakże zwiększenie prawdopodobieństwa otrzymania odmiany może zrekomensować poniesione koszty.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Jak największa skuteczność selekcji linii wydaje się bardzo istotnym aspektem hodowli w tych newralgicznych dla dalszych badań latach. Wybór na podstawie tylko jednej obserwacji jest bardzo trudny i może być przyczyną braku sukcesów hodowcy. W literaturze przedmiotu proponowanych jest wiele metod, które mogą być pomocne w podejmowaniu odpowiednich decyzji selekcyjnych na tych etapach hodowli (Ceranka i Chudzik, 1977; Cullis i Gleeson, 1989; Kempton i Fox, 1997; Ambroży i in., 2008 a).

Jednakże żadna, nawet najskuteczniejsza, metoda analizy doświadczeń hodowlanych nie będzie pomocnym narzędziem, jeżeli zmienność badanej populacji będzie niewielka. Jak zauważa Węgrzyn (2003), udział zmienności fenotypowej linii pszenicy ozimej wynosił od 6,8% dla doświadczeń wstępnych do 8,9% dla doświadczeń między-

zakładowych. Nie był zbyt wysoki, a dodatkowo większa jej część wynikała z interakcji genotyp  $\times$  miejscowość. Skuteczność wyboru najplenniejszych rodów na podstawie syntezy doświadczeń przeprowadzanych w 4–5 miejscowościach z jednego roku jest niezadowalająca z powodu słabej korelacji pomiędzy plonami z dwóch kolejnych lat. Jest to prawdopodobnie wynikiem obciążeń średnich obiektowych efektami interakcji genotypów z latami (Węgrzyn, 2003).

Badania innych autorów wskazują na duże znaczenie, przy ocenie genotypów w hodowli roślin, efektów interakcji miejscowości  $\times$  lata (Mądry i in., 2006), która ma największy udział w zmienności plonu ziarna. Utrudnia ona znacznie wybór genotypu o szerokiej adaptacji we wcześniejszych pokoleniach (Mądry i in., 2007). Podobne wyniki dla warunków brytyjskich opublikowali między innymi Patterson i wsp. (1977) oraz Talbot (1984).

Dobek i Mikulski (2003) proponują, przy wyborze linii odwoływać się do średniej z oszacowanych plonów, co pozwala uwolnić się od wpływu interakcji genotyp  $\times$  miejscowość na zachowanie wzorców. A ponadto zwracają uwagę, że liczba wyodrębnionych linii lepszych od średniej ogólnej w kilku miejscowościach o 2s (dwa odchylenia standardowe) wyraźnie zależy od liczby badanych obiektów. Stwierdzenie to częściowo wyjaśnia lepsze plonowanie odmian niemieckich w porównaniu z polskimi. Wynika to z większego prawdopodobieństwa wyodrębnienia w szóstej generacji linii lepszych od średniej ogólnej o 2s jeżeli bada się więcej obiektów a przypomnijmy, że w Polsce rocznie testuje się od 10.500 do 14.000, natomiast w Niemczech od 42.000 do 56.000.

#### PODSUMOWANIE

Przyczyn braku sukcesów w polskiej hodowli może być wiele. Wyróżnić wśród nich można między innymi małą liczbę programów hodowlanych, szczególnie w porównaniu z hodowlą niemiecką. Rozwiązanie tego problemu wydaje się dość proste. Mianowicie należałoby zwiększyć bazę środowiskową na ostatnim etapie hodowli do bazy porównywalnej ze środowiskami, w których odmiany są badane w doświadczeniach rejestrowych prowadzonych przez COBORU. Stosowanie nie zawsze właściwych metod oceny efektów obiektowych na wczesnych etapach hodowli może skutkować nieuwzględnieniem w dalszych etapach hodowli obiektów mogących stanowić potencjalne odmiany. O ryzyku podejmowania decyzji na podstawie danych „surowych”, bez uwzględniania zmienności glebowej, mogą świadczyć wyniki otrzymane przez m.in. Ambroży i wsp. (2008 b). Wydaje się, że lepsza współpraca hodowców z statystykami zajmującymi się doświadczalnictwem mogłaby przynieść pożądane efekty.

#### LITERATURA

Ambroży K., Bakinowska E., Bocianowski J., Budka A., Pilarczyk W., Zawieja B. 2008 a. Statystyczne wspomaganie decyzji selekcyjnych na wczesnych etapach hodowli zbóż. I. Metody oceny efektów obiektowych. Biul. IHAR (przesłano do redakcji).

- Ambroży K., Bakinowska E., Bocianowski J., Budka A., Pilarczyk W., Zawieja B. 2008 b. Statystyczne wspomaganie decyzji selekcyjnych na wczesnych etapach hodowli zbóż. II. Empiryczne porównanie metod oceny efektów obiektowych. Biul. IHAR (przesłano do redakcji).
- Ceranka B., Chudzik H. 1977. Doświadczenia jednopowtórzeniowe z wzorcami. Siódme Colloquium Metodologiczne z Agro-Biometrii, PAN, Warszawa: 318 — 331.
- Cullis B. R., Gleeson A. C. 1989. The efficiency of neighbour analysis for replicated variety trials in Australia. *Journal of Agricultural Science* 113: 223 — 239.
- COBORU 2004. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. Zboża ozime 2003. Zeszyt 26. COBORU, Słupia Wielka.
- COBORU 2007. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. Zboża ozime 2006. Zeszyt 56. COBORU, Słupia Wielka.
- COBORU 2008. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. Zboża ozime 2007. Zeszyt 64. COBORU, Słupia Wielka.
- Dobek A., Mikulski W. 2003. Zmienność materiałów hodowlanych pszenicy ozimej w perspektywie sukcesu odmianowego. Biul. IHAR 230: 23 — 28.
- Horn M., Vollandt R., Dunnet C. W. 2000. Sample size determination for testing whether an identified treatment is the best, *Biometrics* 56: 879 — 881.
- Kempton R. A., Fox P. N. 1997. *Statistical methods for plant variety evaluation*. Chapman & Hall.
- Kuczyńska A., Bocianowski J., Masojć P., Surma M., Adamski T. 2003. Zastosowanie markerów RAPD do określenia podobieństwa genetycznego odmian jęczmienia ozimego (*Hordeum vulgare* L.). Biul. IHAR 226/227: 81 — 85.
- Mądry W., Gozdowski D., Rozbicki J., Pojmaj M., Samborski S. 2007. Formowanie się plonu ziarna przez jego składowe u rodów hodowlanych pszenżyta ozimego w różnych warunkach środowiskowych. Biul. IHAR 244: 127 — 143.
- Mądry W., Talbot M., Ukalski K., Drzazga T., Iwańska M. 2006. Podstawy teoretyczne znaczenia efektów genotypowych i interakcyjnych w hodowli roślin na przykładzie pszenicy ozimej. Biul. IHAR 240/241: 13 — 32.
- Metakovsky E. V., Branlard G. 1998. Genetic diversity of French common wheat germplasm based on gliadin alleles. *Theor. Appl. Genet.* 96: 209 — 218.
- Patterson H. D., Silvey V., Talbot M., Weatherup S. T. C. 1977, Variability of yields of cereal varieties in U.K. trials, *J. Agric. Sci. Cambridge* 89: 239 — 245.
- Stępień Ł., Mohler V., Bocianowski J., Koczyk G. 2007. Assessing genetic diversity of Polish wheat (*Triticum aestivum*) varieties using microsatellite markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* 54: 1499 — 1506.
- Talbot M., 1984, Yield variability of crop varieties in the U.K.. *J. Agric. Sci. Cambridge* 102: 315 — 321.
- Węgrzyn S. 2003. Ocena genetyczno-statystyczna wyników doświadczeń polowych z rodami hodowlanymi na przykładzie pszenicy ozimej. Biul. IHAR 230: 29 — 42.