

KATARZYNA AMBROŹY
EWA BAKINOWSKA
JAN BOCIANOWSKI
ANNA BUDKA
WIESŁAW PILARCZYK
BOGNA ZAWIEJA

Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Statystyczne wspomaganie decyzji selekcyjnych na wczesnych etapach hodowli zbóż*

Część II. Empiryczne porównanie metod oceny efektów obiektowych

Statistical support of selection decisions at early stage of cereal breeding Part II. Empirical comparison of treatment effects estimation methods

W pracy przedstawiono empiryczne porównanie ośmiu metod oceny efektów obiektowych z doświadczeń prowadzonych na wczesnych etapach hodowli. Materiał do badań stanowiły wyniki doświadczeń z pszenicą jara, pszenicą ozimą i jęczmieniem jarym przeprowadzonych w Choryni, Kobierzycach, Polanowicach, Modzurowie oraz Nagradowicach. Powyższe linie oceniano w doświadczeniach jednopowtórzeniowych z wzorcami (stosowano od 1 do 5 odmian wzorcowych, w zależności od doświadczenia). Wyniki otrzymane dla poszczególnych metod porównywano w oparciu o różne kryteria. Jednym z nich jest kryterium równomierności rozkładu na polu doświadczalnym linii wybranych do dalszych badań (wybierano od 20% do 30% ogólnej liczby badanych linii). Drugie kryterium polegało na porównaniu sum kwadratów różnic między estymatorami efektów badanych linii otrzymanymi przy zastosowaniu różnych metod i estymatorami efektów tych samych linii otrzymanymi przy pomocy klasycznej analizy wariancji doświadczenia wielopowtórzeniowego. Wskazanie najlepszej metody estymacji efektów obiektowych jest trudne, ponieważ wybór metody najlepszej zależał od lokalnych warunków środowiska doświadczalnego w poszczególnych miejscowościach. Na uwagę zasługuje jednakże fakt, iż we wszystkich analizowanych doświadczeniach najgorszą okazała się tzw. metoda „nieprzekształconych wyników pomiarów”, czyli ta, w której nie poprawia się otrzymanych pomiarów, a do dalszych badań przyjmuje się ustaloną frakcję (20%–30%) najlepszych linii. Stosunkowo najskuteczniejszymi (w sensie zastosowanych kryteriów) okazały się metody eliminujące przestrzenne zależności między jednostkami doświadczalnymi (poletkami).

* Praca wykonana w ramach projektu finansowanego przez Agencję Nieruchomości Rolnych w Warszawie i koordynowanego przez Sp. z o. o. Hodowla Roślin Szelejewo pt. „Statystyczne wspomaganie decyzji selekcyjnych na wczesnych etapach hodowli zbóż”

Słowa kluczowe: doświadczenie hodowlane z roślinami zbożowymi, doświadczenia jednopowtórzeniowe, metody selekcji

In the paper the empirical comparison of eight methods of estimation of treatment effects in one-replicate trials (with replicated standards) is reported. The data from experiments on spring wheat, spring barley and winter wheat performed at Choryń, Kobierzyce, Polanowice, Modzurów and Nagradowice form a basis for all considerations. There were from one to five standard varieties used in particular trials. Different criteria were used. The uniformity of distribution of chosen (the best) lines in experimental area was one of these criteria. Another one based on comparison of the estimates of treatment effects with the same effects obtained when classical analysis of variance in multi-replicated trials was applied. Selection of explicit best method of estimation of treatment effects is difficult (or even impossible) as the decisions on superiority of a particular method is dependent on local type of field variability. Nevertheless, it is to be mentioned that in all cases the worst method was the method of raw data. The best were methods eliminating spatial relationships between plots.

Key words: cereal plant breeding trials, methods of selection, unreplicated trials

WSTĘP

We wczesnych etapach hodowli, gdy hodowca dysponuje zazwyczaj niewielką ilością nasion dla genotypów, które chce testować, bardzo często jedyną możliwością porównywania obiektów jest przeprowadzenie doświadczenia jednopowtórzeniowego z jednym lub kilkoma wzorcami.

Analiza takich doświadczeń może odbywać się za pomocą różnych metod (m.in. McClelland, 1926; Ceranka i Chudzik, 1977; Lin i Poushinsky, 1983; Kempton, 1982; Kempton, 1984; Kempton i Talbot, 1988; Cullis i in., 1989). Przykłady praktycznych zastosowań tych metod są liczne (m.in. Kaczmarek i in., 1984; Dobek i in., 1987; Dobek i Kala, 1995).

W części pierwszej (Ambroży i in., 2008) tej dwuczęściowej pracy przedstawiono metody stosowane do opracowania wyników doświadczeń jednopowtórzeniowych z wzorcem oraz kryteria pozwalające wybrać najlepszą metodę spośród badanych.

Celem niniejszej, drugiej części, pracy jest:

- zastosowanie metod analizy wyników do wnioskowania o wyborze linii przeznaczonych do następnego etapu badań, na podstawie wyników z pięciu doświadczeń jednopowtórzeniowych z wzorcami, przeprowadzonych w różnych środowiskach,
- porównanie skuteczności tych metod w stosunku do metody optymalnej, polegającej na zastosowaniu analizy wariancji dla danych z doświadczenia wielopowtórzeniowego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły wyniki dla plonu ziarna pięciu jednopowtórzeniowych doświadczeń hodowlanych z wzorcami obejmujących: 231 linii pszenicy jarej z Zakładu Hodowli Roślin firmy DANKO w Choryni (CHO), 997 linii pszenicy jarej z Hodowli Roślin Rolniczych — „Nasiona Kobierzyce” (KOB), 410 linii jęczmienia jarego ze Stacji Hodowli Roślin „Modzurów” — Grupy Szelejewo (MOD), 386 linii pszenicy ozimej z Poznańskiej Hodowli Roślin, Stacja Hodowli Roślin Nagradowice (NAG) oraz 1114 linii pszenicy ozimej ze Stacji Hodowli Roślin Polanowice (POL). Liczba odmian wzorcowych

w poszczególnych doświadczeniach była różna. Charakterystyka powyższych zbiorów danych przedstawiona została w tabeli 1. Obserwowaną cechą był plon ziarna w kg z poletka. Powierzchnia poletek była różna w różnych doświadczeniach (tab. 1). Wszystkie doświadczenia przeprowadzono w sezonie 2005/2006.

Tabela 1

Zestawienie podstawowych parametrów doświadczeń z pszenicą i jęczmieniem przeprowadzanych w pięciu miejscowościach

Basic parameters of wheat and barley trials performed at five different locations

Gatunek Species	CHO	KOB	MOD	NAG	POL
	pszenica jara spring wheat	pszenica jara spring wheat	jęczmień jary spring barley	pszenica ozima winter wheat	pszenica ozima winter wheat
Liczba badanych linii Number of studied lines	231	997	410	386	1114
Liczba obiektów wzorcowych Number of standard objects	1	2	1	5	1
Liczba obiektów dodatkowych Number of additional objects	8	11	0	0	0
Liczba obiektów pomiędzy wzorcami Number of tested plots between standards	5	7	5	9	10
Liczba wierszy Number of rows	37	97	127	46 ^a	67
Liczba kolumn Number of columns	8	12	9	10	17
Powierzchnia poletka Plot size	5 m ²	7 m ²	10 m ²	5 m ²	10 m ²

CHO — Choryń

KOB — Kobierzycy

MOD — Modzurów

NAG — Nagradowice,

POL — Polanowice

^a – w kolumnach od I – IV było 39 wierszy, od V – IX – 46, a w X – 42 wiersze

^a – there were 39 rows in columns I – IV, 46 in columns V – IX and 42 in column X

W każdym z pięciu zbiorów danych oceniono efekty główne linii stosując siedem metod, oznaczanych skrótowo M1, M2, ..., M7, przedstawionych w pierwszej części pracy (Ambroży i in., 2008). Wyniki uzyskane tymi metodami porównywano z „nieprzekształconymi wynikami pomiarów” (metoda M0), czyli obserwacjami nie poprawianymi. Zastosowano dwa kryteria:

- 1 — kryterium równomierności rozkładu wybranych obiektów w przestrzeni pola doświadczalnego,
- 2 — kryterium minimalizacji różnic między ocenami efektów obiektowych w doświadczeniu jednopowtórzeniowym i wielopowtórzeniowym.

Metody M4, czyli ważonego indeksu środowiskowego, nie można było zastosować dla danych uzyskanych z doświadczenia przeprowadzonego w Nagradowicach, z powodu specyficznego rozmieszczenia obiektów wzorcowych na polu doświadczalnym. Oceny efektów linii metodami M6 i M7 otrzymano stosując wersje tych metod zaimplementowane w programie PLABSTAT (Utz, 1997), metodą M5 używając procedury LVARMODEL w pakiecie statystycznym Genstat (Genstat 5 Committee, 1993). Obliczenia dla pozostałych

metod wykonano za pomocą własnych programów napisanych w języku Turbo Pascal. W implementacji metody M7 zastosowanej w programie PLABSTAT (wykorzystanym do obliczenia efektów obiektowych) uwzględniono cztery poletka poprzedzające i cztery następujące po rozważanym poletku oraz dwa poletka sąsiadujące z rozważanym leżące w tym samym wierszu. Obliczono wartość średnią z tych dziesięciu poletek i zastosowano jako zmienną towarzyszącą w analizie kowariancji. W specjalny sposób potraktowano poletka na obrzeżu analizowanego obszaru.

Dodatkowo w trzech stacjach hodowlanych przeprowadzono doświadczenia wielopowtórzeniowe z wylosowanym podzbiorem genotypów ze zbioru badanego w doświadczeniach jednopowtórzeniowych:

- w Choryni — doświadczenie dwupowtórzeniowe z 37 obiektami założone w układzie bloków losowanych kompletnych,
- w Kobierzycach — doświadczenie z 49 obiektami założone w układzie 21 bloków niekompletnych,
- w Modzurowie — doświadczenie trzypowtórzeniowe z 30 obiektami założone w dziewięciu blokach niekompletnych.

Do dalszych badań wybierano 30% najlepszych linii (jedynie przy analizie doświadczenia przeprowadzonego w Kobierzycach wybrano 20% linii o największych efektach).

W celu porównania zgodności decyzji dotyczących wyboru „najlepszych” genotypów, za pomocą różnych metod opracowania danych (metod estymacji efektów genotypowych), obliczono korelacje rang między wszystkimi porównywanymi metodami. Ponadto dla każdej pary zastosowanych metod obliczono jaki procent tych samych linii zostało wybranych do dalszych badań przez obie metody.

WYNIKI

Wykryto duże różnice w wariancjach błędu doświadczalnego między miejscowościami (tab. 2). Uderzająco mała jest wariancja błędu w doświadczeniu w CHO. Analizując małe wartości średnich kwadratów z analizy wariancji wzorców i z analizy wariancji doświadczeń wielopowtórzeniowych można mówić o specyfice eksperymentów w CHO. Pole doświadczalne dla eksperymentu jednopowtórzeniowego miało wymiary 37m×40m. Natomiast pole dla eksperymentu wielopowtórzeniowego miało wymiary 37m×10m (cały pas był traktowany jak jeden blok). Ponieważ blok był długi, trudno było zachować jednorodność poletek, tym bardziej, że analiza regresji wykazała istnienie trendu kolumnowego na tym polu. Z kolei największą wariancję błędu doświadczalnego obliczonego przy wykorzystaniu wyników dla obiektów wzorcowych otrzymano w POL.

Estymatory wariancji błędu przy różnych metodach analizy wyników uzyskane w poszczególnych miejscowościach
Estimates of error variances provided by different methods of analysis of data obtained in particular locations

Miejsce Location	Średnia wariancja obliczana z pomiarów dla obiektów wzorcowych Average variance obtained from measurement for standards	Średni kwadrat z analizy wariancji wzorców Mean square for error from analysis of variance of standards	Średni kwadrat z analizy wariancji doświadczenia wielopowtórzeniowego Mean square for error from analysis of variance of replicated trial
CHO	0,038	0,038	0,083
KOB	0,361	0,357	0,115
MOD	0,577	0,619	0,173
NAG	0,867	0,864	x
POL	0,914	0,815	x

x — W NAG i POL nie założono doświadczenia wielopowtórzeniowego

x — There were no replicated trials performed at NAG and POL

Dla każdej z siedmiu metod poprawiania obserwacji oraz dla „nieprzekształconych wyników pomiarów” (metoda M0) obliczono wariancje efektów genotypowych s_g^2 (tab. 3). Wartości s_g^2 w CHO wahały się od 0,070 dla metody M7 do 0,099 dla M1, w KOB od 0,108 (dla M7) do 0,312 (dla M2 i M3), w MOD — od 0,528 (dla M4) do 0,774 (dla M2), w POL — od 0,370 (dla M7) do 0,879 (dla M3). W NAG zaobserwowano duże różnice w oszacowanym s_g^2 dla poszczególnych metod; najmniejszą wartość otrzymano przy zastosowaniu metody M7 poprawiania obserwacji (0,340), a największą dla metody M1 (3,916). Wartość największa jest ponad 11,5 razy większa od wartości najmniejszej. Świadczyć to może o tym, że niektóre z porównywanych metod dają wyniki obciążone. Ponieważ uzyskane wyniki z doświadczenia wielopowtórzeniowego nie są obciążone, w takim razie metoda dająca wyniki bliskie tym z doświadczenia wielopowtórzeniowego jest metodą lepszą.

Jako kryterium oceny różnych metod estymacji efektów genotypowych w doświadczeniach jednopowtórzeniowych zastosowano wskaźnik równomierności rozkładu linii wybranych do dalszych badań na polu doświadczalnym. Pola doświadczalne podzielono na podobszary (poprzez grupowanie wierszy i kolumn) w taki sposób, aby liczba poletek w każdym podobszarze była w przybliżeniu jednakowa. W KOB, MOD, NAG i POL utworzono w ten sposób 9 podobszarów, natomiast w CHO 12. Następnie określono liczbę genotypów, które zostały wyselekcjonowane do dalszych badań, z każdego obszaru. Otrzymano w ten sposób dwuwymiarową tablicę kontyngencji. W tym opracowaniu jako główne kryterium „dobroci” metod zastosowano wartość prawdopodobieństwa w teście niezależności w tablicy kontyngencji. Wskaźnik ten przyjmuje wartość jeden, gdy z każdego podobszaru „wybierana” jest taka sama frakcja badanych tam genotypów oraz, z drugiej strony, przyjmuje wartość zero przy maksymalnie nierównomiernym wyborze genotypów z podobszarów.

Tabela 3

Oceny wariancji efektów genotypowych (s_g^2), wartości prawdopodobieństwa (p) w teście niezależności w tablicy kontyngencji oraz sumy kwadratów różnic między efektami z doświadczeń jedno- i wielopowtórzeniowych (d) dla zastosowanych metod poprawiania obserwacji w poszczególnych miejscowościach

Estimates of variances of genotypic effects (s_g^2), probabilities (p) in test of independence in contingency tables and sums of squares of differences between effects in non-replicated and replicated trials (d) depending on the method of analysis

Metody Methods	CHO			KOB			MOD			NAG ^a		POL ^a	
	s_g^2	wartość p <i>p</i> -value	d	s_g^2	wartość p <i>p</i> -value	d	s_g^2	wartość p <i>p</i> -value	d	s_g^2	wartość p <i>p</i> -value	s_g^2	wartość p <i>p</i> -value
M0	0,086	0,093	3,660	0,311	0	24,850	0,679	0	18,408	0,845	0,009	0,617	0,0001
M1	0,099	0,728	4,593	0,190	0,076	9,100	0,588	0,394	10,229	3,916	0,220	0,658	0,0003
M2	0,086	0,261	3,365	0,312	0	23,560	0,774	0	19,749	0,732	0,179	0,478	0,0699
M3	0,093	0,364	3,754	0,312	0	23,560	0,627	0	14,247	1,191	0,408	0,879	0,1204
M4	0,095	0,609	4,000	0,159	0,001	8,789	0,528	0,058	10,815	x	x	0,598	0,0430
M5	0,093	0,364	3,754	0,191	0,076	9,145	0,588	0,361	10,084	1,112	0,275	0,658	0,0003
M6	0,087	0,345	3,655	0,175	0	9,284	0,548	0,202	11,065	0,450	0,440	0,569	0,0083
M7	0,070	0,211	2,808	0,108	0,839	9,424	0,545	0,966	10,468	0,340	0,930	0,370	0,0289

^a — W NAG i POL nie przeprowadzono doświadczenia wielopowtórzeniowego

^a — There were no replicated trials performed at NAG and POL

x — Nie można było zastosować metody M4 w doświadczeniu przeprowadzonym w NAG ze względu na jego specyfikę

x — Method M4 was unapplicable in trial performed at NAG

Wyniki otrzymane w poszczególnych doświadczeniach przedstawiono w tabeli 3. Z pięciu rozważanych doświadczeń jedynie w CHO nie otrzymano żadnej wartości p mniejszej od 0,05. W CHO najgorzej zaprezentowała się metoda M0 (wartość $p = 0,093$), a najlepiej metoda M1 (wartość tego wskaźnika wyniosła 0,728). W przypadku doświadczenia przeprowadzonego w KOB dla metod M0, M2, M3, M6 i M4 zaobserwowano statystycznie istotne nierównomierne wybieranie linii z pola doświadczalnego. Najrównomierniej wybierała genotypy metoda M7 (0,839). W MOD dla metod M0, M2 i M3 obserwujemy wpływ wydajności rejonu pola na plon linii. Najlepszą metodą była ponownie M7 (0,966). W NAG jedynie metoda M0 dała istotny statystycznie wpływ rejonu pola na wybór linii do dalszych badań. W przypadku metody M7 otrzymano najbardziej równomierne rozmieszczenie wybranych linii na polu doświadczalnym (0,930). W eksperymencie przeprowadzonym w POL jedynie dla metody M3 nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o braku równomierności rozmieszczenia linii na polu doświadczalnym. Warto tu zwrócić uwagę na fakt, że dla porównania metod nie jest ważna istotność (nieistotność) statystyczna. Ważne jest względne zachowanie się metod, czyli porównanie wartości p niezależnie od istotności statystycznej.

W celu sprawdzenia, która z metod analizy doświadczenia jednopowtórzeniowego dostarcza ocen estymatorów efektów obiektowych najbliższych ocenom estymatorów z doświadczenia wielopowtórzeniowego, obliczono sumę kwadratów różnic między tymi efektami, d (Ambroży i in., 2008), a szczegółowe wyniki zestawiono w tabeli 3. W CHO najmniejszą wartość parametru d otrzymano przy zastosowaniu metody M7 (2,808), a największą dla metody M1 (4,593). W KOB najmniejsze różnice w ocenach efektów plonu

linii w doświadczeniach jedno- i wielopowtórzeniowych otrzymano dla metody M4. Natomiast zdecydowanie duże dla metod M0, M2 oraz M3 (znacznie przewyższające wartości parametru d dla pozostałych metod). W MOD wartości parametru d wynosiły od 10,084 (dla M5) do 19,749 (dla M2). W NAG i POL nie przeprowadzono doświadczeń wielopowtórzeniowych. Porównanie ocen parametru d pomiędzy miejscowościami jest możliwe dopiero po podzieleniu poszczególnych wartości przez odpowiednią liczbę linii obserwowanych w doświadczeniach wielopowtórzeniowych.

Korelacje rang między ocenami efektów obiektowych rozpatrywanych genotypów uzyskanych za pomocą różnych metod przedstawiono w tabeli 4. Metody dostarczające silnie skorelowanych ocen efektów obiektowych (np. współczynniki korelacji większe od 0,9) dają podobne uporządkowanie obiektów. Zatem przy wyborze określonej frakcji najlepszych genotypów wskazują często na te same obiekty. W każdym analizowanym doświadczeniu wszystkie wartości współczynników korelacji rang między ocenami efektów obiektowych, uzyskanych za pomocą różnych metod, były istotne statystycznie na poziomie $\alpha = 0,001$. Na szczególną uwagę zasługuje fakt identycznego uporządkowania linii (współczynniki korelacji rang równe 1) przez oceny efektów obiektowych uzyskanych metodami M3 i M5 w CHO, M2 i M3 w KOB oraz M1 i M5 w POL. Ponadto w KOB i MOD dla ocen efektów obiektowych uzyskanych za pomocą metod M1 i M5 otrzymano dużą zgodność rang (wartości współczynników korelacji rang równe 0,99).

Do dalszych etapów badań wybiera się jedynie pewną frakcję linii (w naszych rozważaniach było to 20% albo 30%). Zastosowanie różnych metod poprawiania obserwacji powoduje, iż do podzbioru linii przeznaczonych do dalszych badań wybierane mogą być różne genotypy. W celu zaobserwowania, jak różnią się zestawy genotypów wybranych przez różne metody, dla każdej pary metod policzono jaki jest procent linii wskazanych przez obie porównywane metody (tab. 4). Najwięcej tych samych genotypów wybieranych do dalszych badań było w POL, gdzie w najgorszym przypadku obserwowano 74% linii wspólnych (pomiędzy metodami M1 — M2, M1 — M3 oraz M3 — M5). Metody M1 i M5 pozwoliły w POL wybrać dokładnie te same obiekty. Również z CHO i KOB uzyskano wyniki wskazujące na wybieranie dokładnie tych samych linii (w CHO dla M3 i M5, w KOB dla M1 i M5 oraz M2 i M3). W CHO, MOD i NAG najgorszym wynikiem było około 50% wspólnych linii (szczegóły patrz tabela 4, odpowiednio, a, c i d). Przy porównaniu metod M0 z M2 i M0 z M3 w KOB obserwujemy jedynie 16,5% wspólnych linii. Linie wybierane na podstawie wyników uzyskanych przy zastosowaniu metody M7 w największym stopniu pokrywały się z liniami wybranymi przy zastosowaniu metody M6 (w czterech doświadczeniach) i M4 (w dwu miejscowościach).

Tabela 4

Korelacje rang (powyżej przekątnej) między ocenami efektów obiektowych uzyskanych ośmioma metodami oraz procent linii wspólnych (poniżej przekątnej) wśród najlepszych genotypów w poszczególnych miejscowościach (a — CHO, b — KOB, c — MOD, d — NAG, e — POL)
Rank correlations (above the main diagonal) among estimates of genotypic effects obtained with eight methods and percentages (below the main diagonal) of the best common lines, among the best genotypes in particular locations (a — CHO, b — KOB, c — MOD, d — NAG, e — POL)

a — CHO

CHO	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
M0		0,87	0,97	0,96	0,94	0,96	0,99	0,91
M1	48,6		0,84	0,89	0,94	0,89	0,89	0,85
M2	82,9	45,7		0,94	0,93	0,94	0,97	0,89
M3	68,6	57,1	62,9		0,95	1,00	0,97	0,89
M4	68,6	68,6	71,4	62,9		0,95	0,97	0,90
M5	68,6	57,1	62,9	100,0	62,9		0,97	0,89
M6	91,4	91,4	77,1	71,4	77,1	71,4		0,92
M7	65,7	65,7	62,9	57,1	68,6	57,1	71,4	

b — KOB

KOB	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
M0		0,53	0,90	0,90	0,63	0,54	0,55	0,66
M1	19,5		0,60	0,60	0,90	0,99	0,80	0,77
M2	16,5	52,5		1,00	0,67	0,60	0,61	0,63
M3	16,5	52,5	100,0		0,67	0,60	0,61	0,63
M4	19,4	75,0	55,5	55,0		0,90	0,93	0,83
M5	19,5	100,0	52,5	52,5	75,0		0,79	0,77
M6	21,5	60,0	44,5	44,5	73,0	60,0		0,78
M7	22,5	58,5	56,0	56,0	63,0	58,5	57,5	

c — MOD

MOD	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
M0		0,56	0,84	0,95	0,61	0,55	0,62	0,78
M1	59,2		0,51	0,62	0,94	0,99	0,91	0,81
M2	75,0	55,8		0,84	0,58	0,50	0,59	0,73
M3	91,7	60,8	71,7		0,65	0,62	0,64	0,80
M4	60,0	83,3	55,8	63,3		0,93	0,98	0,86
M5	58,3	99,2	55,0	60,0	82,5		0,91	0,81
M6	59,2	81,7	55,0	60,8	91,7	80,8		0,85
M7	70,8	75,0	66,7	72,5	78,3	75,8	78,3	

d — NAG

NAG	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
M0		0,54	0,91	0,87	x	0,50	0,70	0,58
M1	55,7		0,54	0,54	x	0,78	0,65	0,66
M2	83,5	60,0		0,89	x	0,54	0,70	0,63
M3	83,5	57,4	80,9		x	0,56	0,72	0,59
M4	x	x	x	x		x	x	x
M5	52,2	74,8	58,3	56,5	x		0,80	0,79
M6	62,5	63,5	69,6	66,1	x	70,4		0,86
M7	51,3	62,6	59,1	52,2	x	69,6	75,7	

e — POL

POL	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
M0		0,57	0,87	0,71	0,80	0,57	0,96	0,78
M1	75,0		0,63	0,57	0,73	1,00	0,65	0,71
M2	88,0	74,0		0,77	0,80	0,63	0,87	0,81
M3	81,0	74,0	89,0		0,71	0,57	0,75	0,65
M4	83,0	79,0	84,0	81,0		0,73	0,90	0,78
M5	75,0	100,0	74,0	74,0	79,0		0,65	0,71
M6	94,0	75,0	88,0	84,0	88,0	75,0		0,82
M7	84,0	76,0	83,0	79,0	83,0	76,0	85,0	

O potrzebie poprawiania efektów obiektowych wyraźnie świadczą wyniki otrzymane w KOB. W tej miejscowości metody M1, M2,..., M7 w porównaniu z metodą M0 wskazywały różne zestawy linii jako najlepsze. Metoda M0 „wybierała” w najlepszym razie 22,5% tych samych linii co pozostałe metody. Metody M1, M2,..., M7 „wybierały” dużo większe frakcje tych samych linii, osiągając np. 100% wspólnych wskazań dla metody M1 i M5 oraz M2 i M3.

DYSKUSJA

Stosuje się wiele metod oceny efektów obiektowych w doświadczeniach jednopowtórzeniowych z wzorcami. Wybór określonej metody ma duży wpływ na podzbiór linii wybieranych do dalszych badań. Zatem bardzo wskazana powinna być duża ostrożność w podejmowaniu decyzji o wyborze metody. Decyzja ta powinna być wsparta znajomością charakteru zmienności występującej na polu doświadczalnym.

W analizowanych doświadczeniach statystycznie istotny (na poziomie istotności $\alpha = 0,05$) trend na polu doświadczalnym (względem wierszy i/lub kolumn) wykryto we wszystkich doświadczeniach oprócz POL (mimo występowania istotnych różnic między wierszami i kolumnami). Zatem w tych doświadczeniach skuteczniejsze powinny być metody, w których trend jest eliminowany. Do takich metod należą metody M2, M5 i M7. Zgodnie z oczekiwaniem najlepszą okazała się metoda M7, a najgorszą metoda M0. Metoda M7 okazała się być najlepsza wg kryterium równomierności wyboru linii z całego pola doświadczalnego w KOB, MOD i NAG, metodą średnio skuteczną w doświadczeniu w POL i prawie najgorszą w CHO. W CHO najskuteczniejszą okazała się pod tym względem metoda M1. Świadczyć to może o specyficznym typie zmienności glebowej w CHO. Według kryterium zgodności ocen z doświadczenia jednopowtórzeniowego z wynikami doświadczenia wielopowtórzeniowego, metoda M7 jest godna polecenia, bo dała najmniejszą wartość zastosowanego kryterium w CHO, a bardzo bliskie wartościom najmniejszym w KOB i MOD. Interesujące jest, że we wszystkich rozważanych doświadczeniach dla metody M7 otrzymano najmniejsze wartości wariancji efektów genotypowych, czyli metoda ta w najmniejszym stopniu różnicuje oszacowane efekty badanych linii, co nie ułatwia wyboru najlepszych genotypów.

Praktycznie, skuteczną może zatem być metoda, polegająca na wstępnej analizie trendu na polu doświadczalnym przy użyciu wyników dla obiektów wzorcowych, a następnie wybór metody w zależności od sytuacji. W przypadku wykrycia istotnego trendu wzdłuż

wierszy należy stosować metody, które ten fakt uwzględniają. Wśród takich metod rozważanych w tym opracowaniu godną polecenia wydaje się być metoda M7, czyli metoda średniej ruchomej.

W ogólności, zaobserwowano silny związek pomiędzy wartościami współczynników korelacji rang, a procentem wspólnie wybieranych najlepszych linii. Wskazuje to na podobne uporządkowanie całego zbioru badanych linii przy poszczególnych metodach oceny efektów obiektowych, a nie tylko podzbioru kwalifikowanego do dalszych badań.

WNIOSKI

1. Należy unikać wnioskowania na podstawie nieprzekształconych wyników pomiarów, ponieważ metoda ta była w każdym z analizowanych doświadczeń metodą najgorszą wśród wszystkich uwzględnionych w rozważaniach.
2. Wśród porównywanych metod analizy wyników skuteczniejszymi były metody eliminujące trendy zmienności glebowej (metody M2, M5 oraz M7).
3. Metoda M7 — średniej ruchomej (moving average method) była metodą najskuteczniejszą. Jednakże przy tej metodzie średni kwadrat zmienności linii (wariancja genotypowa) często był mały, co może świadczyć o tym, że inne metody mogą dawać obciążone estymatory wartości przeciętnych badanych cech.

LITERATURA

- Ambroży K., Bakinowska E., Bocianowski J., Budka A., Pilarczyk W., Zawieja B. 2008. Statystyczne wspomaganie decyzji selekcyjnych na wczesnych etapach hodowli zbóż. I. Metody oceny efektów obiektowych. *Biul. IHAR* 250: 21 — 28.
- Ceranka B., Chudzik H. 1977. Doświadczenia jednopowtórzeniowe z wzorcem. Siódme Colloquium Metodologiczne z Agro-Biometrii, PAN, Warszawa: 318 — 331.
- Cullis B. R., Warwick J. L., Fisher J. A., Read B. J., Gleeson A. C. 1989. A new procedure for the analysis of early generation variety trials. *Applied Statistics* 38: 361 — 375.
- Dobek A., Kaczmarek Z., Kielczewska H., Łuczkiwicz T. 1987. Analiza krzyżówek typu linia × tester porównywanych w doświadczeniach jednopowtórzeniowych. *Algorytmy biometryczne i statystyczne ABS-122*: 29 — 46.
- Dobek A., Kala R. 1995. On the analysis of experiments with unreplicated varieties. *Biuletyn Oceny Odmian* 26—27: 73—82.
- Genstat 5 Committee. 1993. *Genstat 5 Release 3 Reference Manual*. Clarendon Press, Oxford.
- Kaczmarek Z., Kielczewska H., Łuczkiwicz T. 1984. Analiza potomstwa otrzymanego z krzyżówek typu linia × tester porównywanego w doświadczeniu jednopowtórzeniowym z wzorcami. *Listy Biometryczne* 31 (2): 35 — 55.
- Kempton R. A. 1982. Adjustment for competition between varieties in plant breeding trials. *Journal of Agricultural Science* 98: 599 — 611.
- Kempton R. A. 1984. The design and analysis of unreplicated field trials. *Vorträge für Pflanzenzüchtung* 7: 219 — 242.
- Kempton R. A., Talbot M. 1988. The development of new crop varieties. *Journal Of The Royal Statistical Society. Series A (Statistics In Society)* 151: 327 — 341.
- Lin C. S., Poushinsky G. 1983. A modified augmented design for an early stage of plant selection involving a large number of test lines without replication. *Biometrics* 39: 553 — 561.

McClelland C. K. 1926. New methods with check plots. *Journal of the American Society of Agronomy* 18: 566 — 575.

Utz H. F. 1997. PLABSTAT. A computer program for statistical analysis of plant breeding experiments. Version 2N. Institute of Plant Breeding, Seed Science and Population Genetics, University of Hohenheim, Germany.