

Maria Ogrodowczyk

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Poznaniu

Adres do korespondencji: mogrod@nico.ihar.poznan.pl

Skuteczność oceny plonowania na podstawie doświadczeń polowych z rzepakiem ozimym o różnej liczbie powtórzeń

The efficiency of yield estimation on the basis of field trials with winter rapeseed of different number of replications

Słowa kluczowe: doświadczenia polowe, liczba powtórzeń, ocena plonowania

Streszczenie

W sześciu miejscowościach w latach 2008/2009 i 2009/2010 przeprowadzono dwie serie doświadczeń polowych z rzepakiem ozimym, mających na celu ocenę nowych linii hodowlanych. W pierwszej serii oceniano plonowanie 23 linii rzepaku ozimego i dwóch odmian wzorcowych, w drugiej natomiast 22 zrestorowanych mieszańców F_1 rzepaku ozimego oraz trzech odmian wzorcowych. Każde z doświadczeń polowych było wykonane w czterech powtórzeniach w układzie bloków kompletnych. Do oceny badanych rodów posłużyło syntetyczne opracowanie wyników plonowania w oparciu o ogólną analizę wariancji, na podstawie której oceniono błąd doświadczenia, określono zmienność genotypów, zmienność środowisk oraz interakcję genotypów ze środowiskiem. Średni kwadrat dla błędu doświadczenia mieścił się w zakresie od 3,20 do 6,12.

Następnie ten sam zestaw danych poddano ponownie ogólnej analizie wariancji usuwając jedno powtórzenie (otrzymano w ten sposób cztery warianty doświadczeń 3-powtórzeniowych) oraz dwa powtórzenia (analizowano trzy warianty doświadczeń 2-powtórzeniowych). Otrzymano w ten sposób takie wyniki doświadczeń, jakie uzyskano by na podstawie tylko trzech lub dwóch powtórzeń. Średni kwadrat dla błędu doświadczenia dla czterech wariantów doświadczeń 3-powtórzeniowych mieścił się w zakresie od 4,10 do 8,65, natomiast dla trzech wariantów doświadczeń 2-powtórzeniowych wahał się w zakresie od 5,22 do 12,79.

Dla zbadania zgodności wyników średnich plonów uzyskanych na podstawie doświadczeń 4-, 3- i 2-powtórzeniowych policzono współczynniki korelacji. Stwierdzono wysoce istotną zgodność między wynikami uzyskanymi w doświadczeniach 4- i 3-powtórzeniowych – współczynniki korelacji wahały się w zakresie od 0,92 do 0,98. Natomiast wyniki uzyskane w doświadczeniach 2-powtórzeniowych nie w każdym przypadku były zgodne z wynikami otrzymanymi dla doświadczeń 4- i 3-powtórzeniowych.

W pracy sprawdzano również, czy w przypadku selekcji dokonanej na podstawie serii 6 doświadczeń 3- lub 2-powtórzeniowych wybierze się te same rody, jak w wyniku doświadczeń 4-powtórzeniowych. Uzyskano dużą zgodność w przypadku doświadczeń 3-powtórzeniowych.

Key words: effectiveness of selection, field trials, number of replications

Abstract

In 2008/2009 and 2009/2010, two series of field experiments with winter rapeseed were carried out in six environments to assess new breeding lines. In the first series the yielding of 23 winter rapeseed lines and two standard varieties were evaluated; in the second series the focus was on the yielding of 22 restored F₁ hybrids of winter rapeseed and three standard varieties. Each field experiment was replicated four times in complete block designs. The evaluation of the examined strains was performed using synthetic elaboration of yielding results based on the general variance analysis which allowed to assess experimental error, determine genotype variability, environment variability and the interaction of genotypes with the environment. Mean square for experimental error ranged from 3.20 to 6.12.

Subsequently, the same data set was used in repeated general variance analysis with one replication removed (thus, four variants of experiments with 3 replications have been obtained) and with two replications removed (three variants of experiments with 2 replications have been analysed). In this way the results obtained from the experiments were like the results that could be obtained from three or two replications. Mean square for experimental error for four variants of experiments with three replications ranged from 4.10 to 8.65, for three variants with two replications ranged from 5.22 to 12.79.

To evaluate compatibility of the results of mean yields obtained on the basis of experiments with four, three and two replications correlation coefficients have been calculated. Highly significant compatibility was revealed for the results from the experiments with four and three replications – the coefficients ranged from 0.92 to 0.98. Yet, the results obtained from the experiments of two replications were not always compatible.

Also it has been examined whether in case of the selection performed on the basis of three or two replications the same strains will be chosen as in case of the experiments with four replications. Great compatibility has been obtained in case of experiments with four and three replications.

Wstęp

Ważnym etapem w programach hodowli rzepaku ozimego jest poprawna ocena nowych genotypów w doświadczeniach polowych. Od dokładności oceny plonowania zależy efektywność i szybkość postępu hodowlanego. Stąd bardzo ważne jest poprawne założenie doświadczeń i, w końcowym etapie, dobrze przeprowadzona statystyczna analiza wyników. Ważną rolę w ocenie ścisłości doświadczenia odgrywa liczba powtórzeń (Węgrzyn 2001). Jednak nakłady pracy oraz koszty związane z prowadzeniem doświadczeń są duże i dlatego określenie minimalnej liczby powtórzeń niezbędnych dla efektywnej oceny materiałów hodowlanych danego gatunku ma duże znaczenie dla doświadczalnictwa. Mniejsza liczba powtórzeń pozwoli, przy takim samym nakładzie pracy i podobnych kosztach, na przebadanie większej liczby nowych linii hodowlanych (Krzymański i in. 1990, Ogrodowczyk i Krzymbański 1992). Dla zoptymalizowania metody oceny plonowania nowych linii i rodów hodowlanych oraz mieszańców F₁ rzepaku ozimego, biorąc pod uwagę także koszt prowadzenia doświadczeń, wykonano analizy statystyczne serii doświadczeń rozpatrując różną liczbę powtórzeń.

Celem badań było pokazanie, jak na ostateczne wyniki selekcji wpłynie zastąpienie 4-powtórzeniowych doświadczeń polowych 3- i 2-powtórzeniowymi przy utrzymaniu tej samej liczby 6 miejscowości.

Material i metody

Do badań wykorzystano wyniki plonowania w czterech seriach doświadczeń polowych z rzepakiem ozimym założonych w układzie bloków losowanych kompletnych w latach 2008/2009 (doświadczenie DW1 i DW2) i 2009/2010 (doświadczenie DW3 i DW4) w czterech stacjach doświadczalnych Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Grupa IHAR oraz w dwóch stacjach Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o. Grupa IHAR. W doświadczeniach DW1 i DW3 oceniano 23 linie rzepaku ozimego i dwie odmiany wzorcowe (DW1 — Castille i Californium, DW3 — Castille i Chagall), natomiast w doświadczeniach DW2 i DW4 – 22 zrestorowane mieszańce F_1 i trzy odmiany wzorcowe (DW2 — Castille, Californium i Herkules, DW4 — Castille, Chagall i Visby).

Każdą z czterech serii doświadczeń poddano analizie statystycznej za pomocą programu Sergen 4.02, wykonując ogólną analizę wariancji oraz indywidualne testowanie poszczególnych genotypów.

Następnie przygotowane do obliczeń cztery zestawy danych, zawierające wyniki plonowania z sześciu stacji doświadczalnych, poddano modyfikacjom:

wariant 1 — w każdej stacji usunięto pierwsze powtórzenie,

wariant 2 — w każdej stacji usunięto drugie powtórzenie,

wariant 3 — w każdej stacji usunięto trzecie powtórzenie,

wariant 4 — w każdej stacji usunięto czwarte powtórzenie,

uzyskując w ten sposób szesnaście zestawów danych doświadczeń 3-powtórzeniowych oraz:

wariant 5 — w każdej stacji usunięto pierwsze dwa powtórzenia,

wariant 6 — w każdej stacji usunięto drugie i trzecie powtórzenie,

wariant 7 — w każdej stacji usunięto trzecie i czwarte powtórzenie,

uzyskując w ten sposób dwanaście zestawów danych doświadczeń 2-powtórzeniowych. Każdy z tak zmodyfikowanych zestawów danych poddano analizom statystycznym analogicznym do przeprowadzonych dla badanych serii doświadczeń polowych 4-powtórzeniowych.

Uzyskano w ten sposób możliwość porównania, jak zmieni się wnioskowanie statystyczne odnośnie tych samych genotypów, badanych w tych samych warunkach środowiskowych i klimatycznych, ale przy różnej liczbie powtórzeń.

Wyniki

Wyniki ogólnej analizy wariancji wykonanej dla 32 zestawów danych przedstawia tabela 1. We wszystkich wariantach stwierdza się istotne zróżnicowanie badanych genotypów między sobą na poziomie $\alpha = 0,01$. Wysoce istotną interakcję genotypów ze środowiskiem obserwuje się tylko w drugim roku badań (dla wszystkich wariantów). Natomiast w pierwszym roku badań w doświadczeniach 4-powtórzeniowych interakcja genotypów ze środowiskiem była istotna na poziomie $\alpha = 0,05$; w doświadczeniach 3-powtórzeniowych interakcja istotna na poziomie $\alpha = 0,01$ była w jednym zestawie danych, na poziomie $\alpha = 0,05$ w trzech zestawach, a w pozostałych czterech zestawach interakcja była nieistotna. W doświadczeniach 2-powtórzeniowych obserwowano brak istotności interakcji genotypów ze środowiskiem, poza wariantem 7 dla doświadczenia DW1.

Błąd doświadczenia wyraźnie różnił się w zależności od roku badań. Dla doświadczeń 4-powtórzeniowych w pierwszym roku badań średni kwadrat błędu wynosił 6,12 i 6,08, natomiast w drugim roku badań dla doświadczenia z mieszańcami zrestorowanymi F_1 był znacznie niższy i wynosił 4,09 oraz 3,20. W doświadczeniach 3-powtórzeniowych w pierwszym roku badań średni kwadrat błędu wahał się od 7,68 do 8,65, w drugim roku badań od 4,10 do 6,58. W doświadczeniach 2-powtórzeniowych w pierwszym roku badań średni kwadrat błędu wahał się od 10,41 do 13,29, natomiast w drugim roku badań od 5,22 do 6,91 i tylko w wariancie 5 w doświadczeniu DW3 wynosił 11,20 — podobnie jak w pierwszym roku badań.

Ogólna analiza wariancji nie daje odpowiedzi na pytania dotyczące różnic między badanymi genotypami pod względem plonowania. Dopiero wykonane analizy indywidualne poszczególnych genotypów dla wszystkich 32 zestawów danych pozwoliły na porównanie wyników uzyskanych w doświadczeniach 4-, 3- i 2-powtórzeniowych (tab. 2a–2d).

W 4-powtórzeniowym doświadczeniu DW1 (tab. 2a) trzy linie: BOI2389/05, BO 1216/04 i BKH 1/08 plonowały wysoce istotnie lepiej w porównaniu do średniej doświadczenia, wynik ten powtarzał się we wszystkich wariantach doświadczeń 3-powtórzeniowych i dwóch wariantach 2-powtórzeniowych. W każdym z trzech wariantów 3-powtórzeniowych pojawiał się jednak dodatkowo genotyp istotnie lepszy od wzorca (za każdym razem inny), który w doświadczeniu 4-powtórzeniowym nie był istotny. W doświadczeniach w wariantach 2-powtórzeniowych wystąpiło więcej takich genotypów. Oznacza to, że selekcja na podstawie doświadczeń 2-powtórzeniowych mogłaby być obciążona dużym błędem.

Analiza wyników pod kątem wyboru linii plonujących istotnie gorzej na poziomie $\alpha = 0,01$ pokazuje, że w doświadczeniu DW1 było pięć takich linii: BKH 4/08, Californium, MA 208, BO DH 1719/07 i MA 205. Zostało to potwierdzone w wariancie 3 i 4 doświadczeń 3-powtórzeniowych i wariancie 6 doświadczenia 2-powtórzeniowego.

Tabela 1
 Ogólna analiza wariancji wykonana dla czterech serii doświadczeń (DW1, DW2, DW3, DW4) przeprowadzonych w sześciu środowiskach dla cechy plon nasion — *General analysis of variance for seed yield of four series of field experiments (DW1, DW2, DW3, DW4) in six environments*

Źródło zmienności <i>Source of variability</i>	Stopnie swobody <i>Degrees freedom</i>	2008/2009			2009/2010				
		DW1		DW2		DW3		DW4	
		średni kwadrat <i>mean square</i>	F obl. <i>F cal.</i>	średni kwadrat <i>mean square</i>	F obl. <i>F cal.</i>	średni kwadrat <i>mean square</i>	F obl. <i>F cal.</i>	średni kwadrat <i>mean square</i>	F obl. <i>F cal.</i>
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11
Doświadczenie 4-powtórzeniowe — Trial with 4 replications									
Genotyp — Genotype	24	63,12	10,3**	34,75	5,71**	19,95	4,88**	19,77	6,18**
Środowisko — Environment	5	1626	266**	2767	455**	3705	905**	3689	1153**
Genotyp × środowisko <i>Genotype × environment</i>	120	9,95	1,31*	9,42	1,32*	24,16	4,92**	18,94	5,17**
Błąd — Error	336	6,12		6,08		4,09		3,20	
Doświadczenie 3-powtórzeniowe — Trial with 3 replications									
Wariant 1 <i>Variant 1</i>	24	72,45	8,65**	38,04	4,74**	19,52	4,15**	18,76	4,51**
środowisko — environment	5	1784	213**	2634	328**	3631	773**	3628	873**
genotyp × środowisko <i>genotype × environment</i>	120	13,17	1,28	13,21	1,34*	26,22	4,85**	19,79	4,22**
błąd — error	216	8,38		8,03		4,70		4,16	
Wariant 2 <i>Variant 2</i>	24	62,32	7,78**	33,53	3,88**	23,15	4,66**	23,60	5,40**
środowisko — environment	5	1937	242**	3208	371**	3628	730**	3786	867**
genotyp × środowisko <i>genotype × environment</i>	120	14,23	1,42*	11,00	1,08	25,62	4,05**	21,36	4,10**
błąd — error	216	8,01		8,65		4,97		4,37	

Tabela 2a
 Porównanie testowania plonowania genotypów w serii DW1 sześciu doświadczeń 4-powtórzeń z wariantami 3- i 2-powtórzeń
 Comparison of the test of genotype yielding in six trials (series DW1) with 4 replications to variants of 3- and 2 replications [dt/ha]

Genotyp Genotype	Doświadczenie 4-powtórzeńowe Trial with 4 replications					Doświadczenie 3-powtórzeńowe Trial with 3 replications					Doświadczenie 2-powtórzeńowe Trial with 2 replications				
	średnia range	wariant 1 variant 1		wariant 2 variant 2		wariant 3 variant 3		wariant 4 variant 4		wariant 5 variant 5		wariant 6 variant 6		wariant 7 variant 7	
		średnia	ranga	średnia	ranga	średnia	ranga	średnia	ranga	średnia	ranga	średnia	ranga	średnia	ranga
BO12389/05	58,52**	1	60,35**	1	58,14**	1	57,37**	2	56,76**	3	59,71**	1	61,09**	1	
BO1216/04	57,44**	2	58,39**	2	56,11**	2	57,72**	1	58,24**	1	58,69**	2	57,06	4	
BKH1/08	56,62**	3	57,71**	3	55,71**	3	56,88**	3	56,19**	3	57,22**	3	57,30**	3	
BODH1	55,59	4	57,68	4	54,66	5	56,16**	4	53,86	6	54,07	7	57,54	2	
BO11897/05	54,68	5	54,70	6	54,87	4	53,83	7	55,32**	4	54,25**	6	54,88	5	
BKH3/08	54,02	6	55,12	5	53,37	6	54,05	6	53,54	8	53,07	10	54,41	6	
BO2624/05	53,64	7	53,87	8	53,30	7	53,47	10	53,93	5	53,93	8	53,58	8	
BO11844/05	53,53	8	54,12	7	52,22	10	54,14	5	53,65	7	54,49**	5	52,30	12	
CASTILLE	53,07	9	52,93	10	52,83	8	53,62	8	52,89	9	53,64**	9	52,52	11	
BO1117/04	52,52	10	52,47	13	51,44	12	53,54	9	52,62	10	54,51	4	51,12	14	
BKH5/08	52,28	11	52,47	12	52,82	9	52,07	12	51,78	11	51,25	11	53,39	9	
BOH3405-14	51,86	12	53,04	9	52,19	11	52,09	11	50,12	13	49,31	18	53,82	7	
BKH2/08	50,69	13	50,32	16	51,40	13	51,00	13	50,05	14	50,54	12	48,42**	24	
MA209	50,41	14	50,60	14	50,33	14	50,54	14	50,16	12	49,85	15	50,72	14	
BKH6/08	50,14	15	52,84	11	48,98	19	49,33	21	49,42	19	48,06	21	52,96	10	
BKH7/08	49,86	16	50,08	18	49,83	16	49,68	18	49,87	16	49,36	17	50,45	15	
MA207	49,85	17	49,90	19	50,15	15	49,44**	20	49,90	15	49,17	19	50,16	18	
MA196	49,77	18	50,17	17	49,39	17	49,76	16	49,78	17	49,70	16	50,41	17	
BKH4/08	49,27**	19	50,45**	15	49,17	18	49,01**	22	48,46**	21	47,65**	22	49,93**	19	
MA190	49,15	20	49,69	21	47,59	23	49,70	17	49,60	18	50,43	13	50,44	16	
HSP111	48,91	21	49,09	23	47,73**	22	49,51	19	49,34	20	50,41	14	49,62	20	
CALIFORNIUM	48,79**	22	49,59**	22	47,94	21	49,81**	15	47,83**	22	49,06**	20	48,59**	23	
MA208	48,44**	23	49,80	20	48,14**	20	48,41**	23	47,43**	24	46,21**	24	48,99**	21	
BODH1719/07	46,82**	24	47,73**	24	45,22**	25	46,69**	25	47,65**	23	47,56	23	49,49**	22	
MA205	46,16**	25	46,64**	25	46,96**	24	46,24**	25	44,79**	25	44,72**	25	44,25**	25	
Średnia — Mean	51,68		52,39		51,22		51,79		51,33		51,32		52,22		
Współ. zmienności Coefficient of variability	6,28		6,63		6,29		6,30		6,39		6,79		6,92		

*** — istotnie różniące się od średniej na poziomie $\alpha = 0,01$ — significantly different in comparison to mean value at $\alpha = 0,01$

Tabela 2b

Porównanie testowania plonowania genotypów w serii DW2 sześciu doświadczeń 4-powtórzonych z wariantami 3- i 2-powtórzonymi
Comparison of the test of genotype yielding in six trials (series DW2) with 4 replications to variants of 3- and 2 replications [dt/ha]

Genotyp <i>Genotype</i>	Doświadczenie 4-powtórzonowe <i>4 times replicated experiment</i>		Doświadczenie 3-powtórzonowe <i>3 times replicated experiment</i>				Doświadczenie 2-powtórzonowe <i>2 times replicated experiment</i>							
	średnia <i>mean</i>	ranga <i>rank</i>	wariant 1 <i>variant 1</i>	wariant 2 <i>variant 2</i>	wariant 3 <i>variant 3</i>	wariant 4 <i>variant 4</i>	wariant 5 <i>variant 5</i>	wariant 6 <i>variant 6</i>	wariant 7 <i>variant 7</i>	średnia <i>mean</i>	ranga <i>rank</i>			
HERKULES	62,09**	1	62,98**	1	61,26**	1	62,90**	1	61,19**	1	62,18**	1	61,81**	1
WH03-07,107	58,77**	2	58,74**	2	58,27**	2	58,89**	2	59,16**	2	59,15**	2	59,51**	2
WH03-06,130	56,75	3	57,04	4	56,21	5	57,39	3	56,36	3	57,4	3	56,35	6
WH04-07,119	56,07	4	57,07	3	56,23	4	55,43	7	55,55	6	54,34	11	56,53	5
WH01-07,184	55,85	5	55,53	7	56,36	3	56,77	4	54,74	7	55,81	4	53,74	15
SY10C95,15	55,6	6	56,88	5	55,07	8	54,84	9	55,61	5	54	13	57,83	4
WH03-06,133	55,09	7	55,85	6	55,73	6	55,19	8	53,57	13	53,41	14	57,63*	3
WH02-06,112	54,94	8	54,91	12	55,12	7	55,61	6	54,1	11	54,92	6	53,74	16
WH04-07,113	54,94	9	55	11	54,52	9	55,95	5	54,26	10	55,59	5	54,15	12
WH03-07,109	54,66	10	55,16	10	53,84	16	53,64	16	55,97	4	54,45	10	58,05*	3
WH03-06,129	54,07	11	53,88	17	53,92	14	54,09	13	54,37	8	54,53	9	54,22	11
WH01-06,122	53,98	12	55,21	8	54,06	12	53,45	17	53,2	15	52,04	20	55,03	8
WH03-06,131	53,8	13	53,7	18	53,24	18	54,22	12	54,02	12	54,67	7	54,67	9
WH05-07,096	53,77	14	53,96	15	53,93	13	54,62	10	52,55	21	53,25	16	52,08*	23
WH03-07,108	53,77	15	54,43	13	53,9	15	53,97	14	52,77	18	52,3	18	53,29	17
WH01-06,127	53,58	16	53,42	20	54,11	11	52,43*	21	54,33	9	53,31	15	54,42	10
WH02-06,117	53,55	17	54,34	14	52,3	22	54,38	11	53,15	16	54,14	12	53,99	13
WH03-06,135	53,46	18	53,52	19	54,18	10	53,27	18	52,87	17	52,09	19	52,38*	22
WH03-06,137	53,32	19	53,38	21	52,62	20	53,77	15	53,48	14	54,6	8	53,24	18
RY10C6314	53,3	20	55,2	9	53	19	52,71	19	52,25	23	50,92	24	55,09	7
WH02-06,114	52,79	21	52,84	22	53,44	17	52,26	22	52,6	20	51,43	23	53,11	19
CASTILLE	52,65	22	53,89	16	51,70*	23	52,66	20	52,32	22	52,83	17	53,1	20
WH02-07,146	52,29	23	52,58	23	52,31	21	51,52	24	52,73	19	51,82	21	52,99	21
WH01-06,128	50,98**	24	50,93**	24	50,36**	24	51,82	23	50,80*	24	51,78	22	50,55**	24
CALIFORNIUM	49,94**	25	50,33**	25	50,10**	25	49,76*	25	49,56*	25	49,65	25	49,72**	25
Średnia — <i>Mean</i>	54,4		54,83		54,23		54,46		54,06		54,0		54,55	
Współ. zmienności <i>Coefficient of variability</i>	4,42		4,59		4,36		4,84		4,46		4,80		4,96	

*** — istotnie różniące się od średniej na poziomie $\alpha = 0,01$ — *significantly different in comparison to mean value at $\alpha = 0,01$*

Tabela 2c
 Porównanie testowania plonowania genotypów w serii DW3 sześciu doświadczeń 4-powtórzonych z wariantami 3- i 2-powtórzonymi
 Comparison of the test of genotype yielding in six trials (series DW3) with 4 replications to variants of 3- and 2 replications [dt/ha]

Genotyp Genotype	Doświadczenie 4-powtórzonowe 4 times replicated experiment		Doświadczenie 3-powtórzonowe 3 times replicated experiment						Doświadczenie 2-powtórzonowe 2 times replicated experiment									
	średnia	ranga	wariant 1 variant 1	wariant 2 variant 2	wariant 3 variant 3	wariant 4 variant 4	wariant 5 variant 5	wariant 6 variant 6	wariant 7 variant 7	średnia	ranga	wariant 1 variant 1	wariant 2 variant 2	wariant 3 variant 3	wariant 4 variant 4	wariant 5 variant 5	wariant 6 variant 6	wariant 7 variant 7
MA_228	44,50**	1	43,42*	1	44,99*	1	45,07*	1	44,73	1	44	1	44	1	44,36	2	43,36	2
CHAGALL	42,88	2	42,70*	2	43,52	2	42,35	2	42,79	5	42,16	3	42,79	5	42,16	3	42,78	4
BO_1341/106	42,82	3	43,17	2	42,83	4	42,79	4	42,54	2	42,92	2	42,54	6	42,92	2	43,35	3
MA_225	42,39	4	41,42	7	42,95	3	42,81	3	42,37	3	41,11	8	43,02	3	41,11	8	41,87	8
BO_8-137	42,06	5	41,42	8	42,71	5	41,99	7	42,14	5	41,52	5	41,98	8	41,52	5	41,95	7
MA_222	42	6	42,08	4	42,05	7	42,58	6	41,3	9	41,63	10	41,63	10	41,29	7	42,08	5
BK_8/08	41,72	7	40,76	11	41,37	10	42,78	5	42,03	6	44,19	2	40,94	9	39,85	14	41,58	9
BK_26/08	41,66	8	41,68	6	41,68	8	41,35	8	41,35	8	41,32	11	41,86	4	41,58	9	41,58	9
BO_1552/7/06	41,29	9	41,81	5	41,26	12	41,27	9	40,85	12	40,61	15	41,37	6	41,95	6	41,95	6
BO_7-77	41,02	10	41,27	9	42,6	6	40,01	18	40,26	15	38,05	23	40,84	11	43,42	1	43,42	1
BK_23/08	40,9	11	39,99	14	41,29	11	41,22	10	41,17	11	42,16	7	39,66	16	40,22	12	40,22	12
BK_11/08	40,7	12	39,08	18	41,21	13	41,13	12	41,46	7	42,88	4	39,17	18	39,09	18	39,09	18
MA_224	40,66	13	40,64	13	41,16	14	40,5	16	40,39	14	40,35	13	41,01	11	41,01	11	41,01	11
BO_1341/3/06	40,64	14	40,87	10	40,99	15	40,76	13	39,88	18	39,79	14	41,53	10	41,53	10	41,53	10
MA_229	40,56	15	38,71	20	41,67	9	40,6	14	41,23	10	40,9	13	38,65	19	39,05	19	39,05	19
BK_25/08	40,2	16	40,7	12	39	20	41,16	11	40,04	16	41,91	9	40,84	12	39,48	17	39,48	17
MA_226	40,05	17	39,97	15	39,8	17	40,51	15	39,94	17	41,02	12	39,74	15	39,8	15	39,8	15
MA_227	39,62	18	38,88	19	39,57	18	39,51	20	40,51	13	40,39	16	39,61	17	38,2	24	38,2	24
BK_22/08	39,28	19	38,24	23	39,54	19	40,18	17	39,23	20	40,82	14	37,59	21	38,25	23	38,25	23
CASTILLE	39,26	20	39,87	16	38,38	24	38,97	24	39,84	19	39,39	21	40,9	10	38,57	20	38,57	20
MA_223	39,21	21	38,46	22	40,08	16	39,63	19	38,72	21	39,52	19	36,53	23	39,62	16	39,62	16
BO_1566/3/06	38,82	22	38,68	21	38,66	23	39,34	21	38,57	22	38,98	22	38,11	20	38,42	22	38,42	22
MA_221	38,66	23	39,33	17	38,88	21	38,97	23	37,45*	24	37,31*	24	37,36	22	40,06	13	40,06	13
BK_20/08	38,20*	24	37,44*	24	38,72	22	38,98	22	37,71	23	39,6	18	36,12*	24	38,51	21	38,51	21
BO_1899-1/08	35,65	25	36,18	25	35,88	25	35,9	25	34,61	25	34,21	25	34,59	25	36,78	25	36,78	25
Średnia — Mean	40,59		40,27		40,81		40,86		40,44		40,76		39,88		40,43		40,43	
Współ. zmienności Coefficient of variability	4,49		4,48		4,81		4,46		5,10		5,56		5,56		4,63		4,63	

Istotnie różniące się od średniej na poziomie * - $\alpha = 0,05$, ** - $\alpha = 0,01$ — Significantly different in comparison to mean value at * - $\alpha = 0,05$, ** - $\alpha = 0,01$

Tabela 2d

Porównanie testowania plonowania genotypów w serii DW4 sześciu doświadczeń 4-powtórzonych z wariantami 3- i 2-powtórzonymi
Comparison of the test of genotype yielding in six trials (series DW4) with 4 replications to variants of 3- and 2 replications [dt/ha]

Genotyp <i>Genotype</i>	Doświadczenie 4-powtórzonowe <i>4 times replicated experiment</i>		Doświadczenie 3-powtórzonowe <i>3 times replicated experiment</i>				Doświadczenie 2-powtórzonowe <i>2 times replicated experiment</i>			
	średnia <i>mean</i>	ranga <i>rank</i>	wariant 1 <i>variant 1</i>	wariant 2 <i>variant 2</i>	wariant 3 <i>variant 3</i>	wariant 4 <i>variant 4</i>	wariant 5 <i>variant 5</i>	wariant 6 <i>variant 6</i>	wariant 7 <i>variant 7</i>	średnia <i>mean</i>
2_08_DE00372	48,87**	1	48,09**	49,42**	49,16**	48,81*	49,16*	47,69*	48,49**	1
VISBY	47,59	2	47,91*	47,71	47,99	46,76	47,05	47,13	48,37	2
MR_2573	47,43	3	46,78	48,29	47,56	47,06	46,83	46,01	47,50	3
TY10C25.65	46,41	4	46,10	47,22	46,10	46,23	45,90	45,44	47,38	4
MR_2715	46,39	5	46,80	45,93	46,61	46,20	46,43	46,57	46,30	5
MR_2700	46,26	6	46,39	45,93	46,48	46,26	46,90	46,24	46,25	6
MR_2711	46,11	7	45,70	46,49	46,24	45,99	45,90	45,42	45,83	7
TY10C27.65	46,00	8	45,08	46,16	46,92	45,86	47,02	44,24	44,70	11
MR_2699	45,49	9	45,59	45,16	45,50	45,72	45,96	46,11	45,26	9
CASTILLE	45,11	10	44,52	45,56	45,36	44,99	45,62	43,85	45,21	10
MR_2719	44,55	11	43,97	44,76	44,34	45,12	44,77	44,95	43,67	13
MR_2556	44,50	12	44,56	43,84	45,10	44,48	45,25	45,09	43,48	16
MR_2555	44,32	13	44,27	43,93	44,30	44,78	45,00	44,77	43,65	14
CHAGALL	44,29	14	44,26	44,11	44,40	44,38	44,94	44,27	44,34	12
MR_2698	44,23	15	44,22	45,13	44,27	43,31	43,17	42,57	45,82	8
MR_2662	43,91	16	43,60	43,21	44,34	44,49	45,37	44,29	42,33	23
MR_2737	43,73	17	42,93	44,06	43,64	44,31	43,99	43,50	42,54	22
MR_2688	43,62	18	42,87	43,26	44,05	44,28	45,95	42,76	42,64	20
MR_2692	43,59	19	43,97	42,96	43,60	43,84	43,51	44,99	42,74	19
MR_2652	43,49	20	43,41	43,64	43,05	43,86	43,34	43,82	43,53	15
MR_2526	43,27	21	42,98	43,58	42,64	43,89	43,16	43,89	43,20	17
2_08_DE00370	43,20	22	43,12	42,90	44,45	42,32	44,03	41,27	42,89	18
MR_2742	42,30	23	42,34	42,46	41,96	42,43	41,95	42,76	42,56	21
MR_2729	42,26	24	42,42	42,23*	42,14	42,24	41,91	42,48	42,30	24
MR_2560	41,34**	25	41,35*	41,81*	41,58	40,63**	40,39*	40,65	41,80	25
Średnia — Mean	44,73		44,53	44,79	44,87	44,73	44,94	44,43	44,51	
Współ zmienności Coefficient of variability	4,06		3,97	4,43	4,31	3,98	4,36	3,93	4,53	

Istotnie różniące się od średniej na poziomie * - $\alpha = 0,05$, ** - $\alpha = 0,01$ — Significantly different in comparison to mean value at * - $\alpha = 0,05$, ** - $\alpha = 0,01$

W doświadczeniu DW2 (tab. 2b) odmiana mieszańcowa Herkules i mieszańiec F₁ WH03-07.107 plonowały wysoce istotnie lepiej w porównaniu do średniej doświadczenia we wszystkich zestawach danych. Istotnie gorzej od średniej doświadczenia plonowała odmiana Californium i mieszańiec F₁ WH01-06.128, w prawie wszystkich zestawach danych (poza wariantem 3 i 5).

W drugim roku badań tylko jeden genotyp w doświadczeniu był istotnie lepszy od średniej – w doświadczeniu DW3 była to linia MA 228, a w DW4 mieszańiec F₁ 2-08-DE00372. W 2-powtórzeniowych modyfikacjach doświadczenia DW3 żaden genotyp nie był istotnie lepszy od średniej.

Obliczone współczynniki zmienności dla każdej z czterech serii w doświadczeniach 4- i 3-powtórzeniowych są bardzo zbliżone i wahają się od 6,28 do 6,63 w doświadczeniu DW1, od 4,36 do 4,84 w doświadczeniu DW2, od 4,46 do 5,10 w doświadczeniu DW3 i od 3,97 do 4,43 w doświadczeniu DW4. Natomiast w wariantach 2-powtórzeniowych współczynniki zmienności są nieco wyższe (tab. 2a–2d). Zdaniem Wricke i Webera (1986) mniejsza wartość współczynnika zmienności jest związana z liczbą powtórzeń.

Innym parametrem oceny plonowania genotypów, ze względu na zmniejszającą się liczbę powtórzeń, są współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy średnimi plonami z czterech powtórzeń a średnimi plonami obliczonymi przy zredukowanej liczbie powtórzeń.

Dla zbadania zgodności wyników plonowania uzyskanych na podstawie doświadczeń 4-, 3- i 2-powtórzeniowych obliczono współczynniki korelacji między wartościami uzyskanymi w czterech seriach dla kolejnych wariantów (tab. 3). Stwierdzono wysoce istotną zgodność między wynikami uzyskanymi w doświadczeniach 4- i 3-powtórzeniowych – współczynnik korelacji wahał się od 0,96 do 0,99 (wyjątkowo 0,92 w wariantcie 1 doświadczenia DW3). Natomiast wyniki uzyskane w doświadczeniach 2-powtórzeniowych nie w każdym przypadku były zgodne z wynikami doświadczeń 4-powtórzeniowych – współczynniki korelacji wahały się w zakresie od 0,84 do 0,95. Obserwowano również brak zgodności między wynikami wariantów 2-powtórzeniowych (tab. 3).

Porównywano również wyniki plonowania uzyskane w czterech wariantach 3-powtórzeniowych oraz w trzech wariantach 2-powtórzeniowych. Współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy plonowaniem w wariantach 3-powtórzeniowych wahały się od 0,82 do 0,96 (współczynniki determinacji od 0,81 do 0,92), natomiast pomiędzy plonowaniem w wariantach 2-powtórzeniowych – od 0,46 do 0,90 (współczynniki determinacji od 0,21 do 0,81) (tab. 3).

Policzone współczynniki korelacji rang Spearmana również potwierdziły dużą zgodność w uszeregowaniu średnich serii doświadczeń 4-powtórzeniowych z doświadczeniami o zredukowanej liczbie powtórzeń (tab. 4). Redukcja z czterech do trzech powtórzeń w serii doświadczeń w 6 środowiskach praktycznie nie powodowała zmian w uszeregowaniu genotypów – współczynniki korelacji rang wahały

Tabela 3
 Współczynniki korelacji Pearsona i współczynnik determinacji pomiędzy plonem wylicznym na podstawie serii sześciu doświadczeń 4-powtórzonych z wynikami uzyskanymi na podstawie wariantów 3- i 2-powtórzonych — *Pearson's correlation and determination coefficients between the seed yield calculated on the basis of field trials with 4 replications and results of trials with 3- and 2 replications*

Wariant Variant	2008/2009				2009/2010			
	DW1		DW2		DW3		DW4	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Wyniki w doświadczeniu 4-powtórzonym a warianty 3-powtórzonowe Results on the basis of trial with 4 replications and with 3 replications								
Wariant — Variant 1	0,98	0,96	0,97	0,94	0,92	0,85	0,98	0,96
Wariant — Variant 2	0,98	0,96	0,97	0,94	0,96	0,92	0,97	0,94
Wariant — Variant 3	0,99	0,98	0,97	0,94	0,97	0,94	0,98	0,96
Wariant — Variant 4	0,98	0,96	0,96	0,92	0,97	0,94	0,97	0,94
Wyniki w doświadczeniu 4-powtórzonym a warianty 2-powtórzonowe Results on the basis of trial with 4 replications and with 2 replications								
Wariant — Variant 5	0,94	0,88	0,92	0,85	0,84	0,71	0,92	0,85
Wariant — Variant 6	0,95	0,90	0,89	0,79	0,91	0,83	0,87	0,76
Wariant — Variant 7	0,94	0,88	0,90	0,81	0,85	0,72	0,93	0,86
Pomiędzy plonowaniem w wariantach 3-powtórzonych Among variants with 3 replications								
Warianty — Variants 1–4	0,93–0,96	0,86–0,92	0,90–0,93	0,81–0,86	0,82–0,94	0,67–0,88	0,92–0,95	0,85–0,90
Pomiędzy plonowaniem w wariantach 2-powtórzonych Among variants with 2 replications								
Warianty — Variants 5–7	0,76–0,90	0,58–0,81	0,67–0,79	0,45–0,62	0,46–0,79	0,21–0,62	0,75–0,81	0,56–0,66

A – współczynnik korelacji Pearsona — *Pearson's correlation coefficients* B – współczynnik determinacji — *determination coefficients*
 Wartości krytyczne dla $\alpha = 0,05$ — 0,38 $\alpha = 0,01$ — 0,49

się od 0,91 do 0,98. Natomiast redukcja z czterech do dwóch powtórzeń powodowała większe zmiany w uszeregowaniu – współczynniki korelacji rang wahały się od 0,41 do 0,86.

Tabela 4

Współczynniki korelacji rang Spearmana pomiędzy plonem wyliczonym na podstawie serii sześciu doświadczeń 4-powtórzeniowych z wynikami uzyskanymi na podstawie wariantów 3- i 2-powtórzeniowych — *Spearman's coefficients of correlation (rank) between the seed yield calculated on the basis of the trials with 4 replications and results of trials with 3- and 2 replications*

Wariant Variant	2008/2009		2009/2010	
	DW1	DW2	DW3	DW4
Wyniki doświadczenia 4-powtórzeniowego a warianty 3-powtórzeniowe <i>Results on the basis of trial with 4 replications and with 3 replications</i>				
Wariant — Variant 1	0,97	0,89	0,91	0,96
Wariant — Variant 2	0,98	0,91	0,95	0,96
Wariant — Variant 3	0,94	0,92	0,94	0,93
Wariant — Variant 4	0,98	0,90	0,94	0,97
Wyniki doświadczenia 4-powtórzeniowego a warianty 2-powtórzeniowe <i>Results on the basis of trial with 4 replications and with 2 replications</i>				
Wariant — Variant 5	0,89	0,81	0,78	0,89
Wariant — Variant 6	0,93	0,75	0,90	0,87
Wariant — Variant 7	0,94	0,80	0,83	0,91
Pomiędzy plonowaniem w wariantach 3-powtórzeniowych <i>Differences in yield among variants with 3 replications</i>				
Warianty — Variants 1–4	0,89–0,96	0,71–0,82	0,81–0,91	0,88–0,93
Pomiędzy plonowaniem w wariantach 2-powtórzeniowych <i>Differences in yield among variants with 2 replications</i>				
Warianty — Variants 5–7	0,71–0,86	0,43–0,61	0,41–0,80	0,75–0,78

Wartości krytyczne dla $\alpha = 0,05$ — 0,38, $\alpha = 0,01$ — 0,49

Wnioski

1. Otrzymane wyniki wskazują na możliwość prowadzenia skutecznej oceny plonowania linii i mieszańców F₁ rzepaku ozimego na podstawie serii doświadczeń polowych 3-powtórzeniowych prowadzonych w sześciu środowiskach.
2. Doświadczenia 2-powtórzeniowe nie zapewniają równie skutecznej oceny plonowania.

Literatura

- Krzymański J., Ogrodowczyk M., Spasibionek S. 1990. Próba optymalizacji doświadczeń wstępnych z rzepakiem ozimym. *Rośliny Oleiste. Wyniki Badań* 1989, t. 12/1: 50-53.
- Ogrodowczyk M., Krzymański J. 1992. Optymalizacja układu doświadczeń wstępnych. *Rośliny Oleiste*, t. 14/1: 104-110.
- Węgrzyn S. 2001. Wpływ zmniejszonej liczby powtórzeń na skuteczność oceny plonowania rodów pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.). *Biuletyn IHAR*, 218/219: 103-110.
- Wricke G., Weber W.E. 1986. *Quantitative genetics and selection in plant breeding*. Walter de Gruyter, Berlin, New York. 406 pp.