

ANETA STAWIANA-KOSIOREK**JANUSZ GOŁASZEWSKI****DARIUSZ ZAŁUSKI**

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Konkurencyjność roślin w doświadczeniach hodowlanych z grochem siewnym (*Pisum sativum* L.)

Część I. Oddziaływania brzegowe

Plant competition in plant breeding trials with pea (*Pisum sativum* L.) Part I. Border interference

Podstawą badań nad występowaniem efektów brzegowych były trzy metodyczne doświadczenia polowe z grochem siewnym (*Pisum sativum* L. sensu lato), które miały na celu wykrycie i ocenę efektów konkurencyjności, w tym efektów oddziaływania brzegowego ścieżki między pasami doświadczenia i między poletkami oraz od przesiewki rozdzielającej poletka. Stwierdzono, że konkurencyjność roślin grochu zależy od metodyki doświadczenia, doboru genotypów i warunków siedliskowych. Rośliny grochu na obrzeżach poletka plonowały o 2–6% wyżej niż w centralnej części poletka, natomiast oddziaływanie brzegowe ścieżki między pasami doświadczalnymi i przesiewki sięgało 0,5 m.

Słowa kluczowe: doświadczenie polowe, efekt brzegowy, groch, konkurencyjność

The basis of the study were three experiments with pea (*Pisum sativum* L. sensu lato). The arrangement of the experiments enabled detection and estimation of competition effects as the interference effects of the paths between the experimental strips and plots as well as of the intercrop that separated the pea plots. It was stated that pea plant competition depended on the experimental method, genotypes selection and environmental conditions. Plants grown in border parts of the plots yielded 2–6% higher than plants in central parts of the plots, and the effects of the border interference spread up to 0.5 m.

Key words: border effect, field experiment, competition, pea

WSTĘP

Doświadczenie polowe stanowi podstawową metodę prowadzenia badań rolniczych, przy czym wyniki doświadczenia zależą w dużej mierze od losowych czynników środo-

wiskowych oraz efektów konkurencyjności roślin. Oba źródła zmienności danych doświadczalnych wpływają na wielkość błędu doświadczalnego oraz, co z tym się wiąże, na skuteczność doświadczenia w wykrywaniu faktycznych efektów obiektowych. Zmienność wynikająca ze zróżnicowanych warunków siedliskowych w doświadczeniu można w dużej mierze kontrolować przez ścisłe przestrzeganie założeń metodycznych, w tym wybór odpowiedniego układu doświadczenia w polu. Natomiast konkurencyjność roślin będzie zawsze atrybutem doświadczenia polowego; nie kontrolowana może zniekształcić faktyczne efekty obiektowe. Występowanie wśród roślin zjawiska konkurencyjności może wpływać na zmianę faktycznych właściwości użytkowych roślin a wśród przyczyn konkurencyjności należy wymienić źródła genetyczne, w tym morfotyp rośliny, rytm i siłę wzrostu rośliny, warunki środowiska jak również efekty interakcji między tymi czynnikami.

W doświadczeniu polowym efekty konkurencyjności mogą ujawnić się w wyniku oddziaływania brzegowego (czołowego) i oddziaływania sąsiedzkiego. Obecność efektów oddziaływania między roślinami w doświadczeniach polowych jest podstawową przesłanką do wydzielenia części poletka do zbioru, z pominięciem obrzeży poletek. Rośliny z brzegowych części poletka są z reguły lepiej rozwinięte i mogą stanowić od kilku do kilkudziesięciu procent całkowitej powierzchni poletka, gdy tymczasem na polu produkcyjnym oddziaływania brzegowe, jakkolwiek obecne, nie mają praktycznego znaczenia (Pacewicz, Stankowski, 1998).

Pierwsze udokumentowane dane na temat oddziaływań brzegowych oraz sposoby unikania obciążenia wyników efektami konkurencyjności podaje Arny (1922). Wysokie efekty oddziaływania brzegowego, które mogą istotnie zniekształcić faktyczne plony odmian, odnotowano w badaniach z soją (Probst, 1943; Monzon i in., 1972), fasolą (Costa, Zimmermann, 1998) oraz ryżem (Zimmermann, 1980).

Pacewicz i Stankowski (1998) w badaniach nad szerokością ścieżek technologicznych i gęstością wysiewu w doświadczeniach uprawowych z jęczmieniem stwierdzili, że efekt brzegowy, w tym przypadku średni plon z rzędów poletka graniczących ze ścieżką technologiczną, jest istotny tylko dla dwóch pierwszych rzędów.

W doświadczeniach hodowlanych z grochem powszechną praktyką jest stosowanie przesiewki ze zbóż rozdzielającej poletka, m.in. z uwagi na wiotkie łodygi roślin grochu, częste szczepianie się roślin z sąsiednich poletek i trudności podczas sprzętu roślin oraz ułatwienia w prowadzeniu obserwacji. Jednak, również i taka modyfikacja doświadczenia może być źródłem dodatkowej zmienności roślin bezpośrednio sąsiadujących z przesiewką. Punktem odniesienia dla możliwych relacji między roślinami grochu a rośliną zbożową przesiewki są liczne prace nad konkurencją roślin różnych gatunków uprawianych w mieszkankach. Gatunki roślin będące komponentami mieszanek różnią się zazwyczaj szybkością wzrostu, rytmem rozwojowym, zdolnością krzewienia, rozmiarami systemu korzeniowego, wymaganiami glebowymi, wodnymi, pokarmowymi i innymi cechami biologicznymi. Badania Rudnickiego i Wasilewskiego (1993) nad uprawą jarych mieszanek zbożowych jęczmienia, owsa i pszenicy dowodzą, że w rywalizacji o wodę rośliny jęczmienia i pszenicy są dla owsa słabszymi konkurentami niż rośliny własnego gatunku.

Niniejsze badania miały na celu ocenę efektów oddziaływania brzegowego: od nie obsianych ścieżek między pasami doświadczalnymi oraz od różnej szerokości ścieżki między poletkami i przesiewki rozdzielającej poletka.

MATERIAŁ I METODY

Podstawą badań nad efektami oddziaływań brzegowych były trzy metodyczne doświadczenia polowe z grochem siewnym (*Pisum sativum* L. sensu lato) (tab. 1). Doświadczenia prowadzono w latach 1984, 1987, 1995 na polu Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Warmińsko Mazurskiego w Tomaszku k. Olsztyna. Doświadczenia lokalizowano na glebie brunatnej właściwej wytworzonej z gliny lekkiej pylastej, kompleksu żytniego klasy bonitacyjnej IVa. Przedplonem w doświadczeniach była uprawa rzepaku ozimego (1984, 1987) oraz czarny ugór (1995). Należy zaznaczyć, że wyniki badań prowadzonych w latach 1984 i 1987 stanowiły podstawę publikacji naukowej (Gołaszewski, 1991), nie były jednak rozważane pod kątem konkurencyjności roślin.

Tabela 1

Charakterystyka doświadczeń Characterization of experiments

Symbol doświadczenia Symbol of experiment	Obiekty doświadczalne Treatments	Metodyka doświadczenia Methods of experiment	
		1.	Układ doświadczenia Experimental design
		2.	Powierzchnia poletka Plot size
		3.	Liczba rzędów na poletku Rows per plot
		4.	Jednostka podstawowa Experimental unit
Efekty oddziaływania brzegowego nie obsianej ścieżki między pasami doświadczalnymi i przesiewki między poletkami Border effect from non-sowed alley between experimental stripes and intercrop between plots			
	Odmiany Varieties		
B84	Sum (Nw)	1.	Losowane bloki w 6 powtórzeniach
B87	Hamil (Sw)	2.	15 m ²
	Legenda (Sw)	3.	10 rzędów o długości 5 m, rozstawa między rzędami 0,3 m
	Kaliski (W)	4.	Pojedyncza roślina z każdego punktu siewnego
	Karat (W)		
Efekty oddziaływania brzegowego różnej szerokości ścieżki i rodzaju przesiewki między poletkami Border effect from alleys between plots (differed in breadth) and a kind of intercrop between plots			
	Odmiana Ergo (S) Ergo (S) variety	1.	Losowane bloki w 8 powtórzeniach
B95	Rodzaj ścieżki między poletkami:	2.	10 m ²
	— przesiewka z owsa	3.	10 rzędów o długości 5 m, rozstawa między rzędami 0,2 m
	— szerokość ścieżki: 0.2; 0.4; 0.6; 0.8 m	4.	Pojedynczy rząd o długości 4 m

W — Wysoka; high

S — Średnio wysoka; medium high

N — Niska; small

w — Wąskolistna; narrow-leaved

Materiał badawczy stanowiły różne genotypy grochu siewnego reprezentujące szerokie spektrum zmienności morfologicznej i fizjologicznej roślin grochu, w tym odmiany niskie i wysokie, odmiany wąsolistne i o liściach tradycyjnych, odmiany wczesne i średnio wczesne (tab. 1). Do siewu użyto kwalifikowane nasiona odmian w stopniu superelity lub elity.

Doświadczenia B84 i B87 z pięcioma odmianami grochu; Hamil, Sum, Legenda, Kaliski i Karat założono metodą losowanych bloków w dwóch pasach doświadczalnych po trzy bloki w każdym. Przerwa między pasami doświadczalnymi wynosiła 1 m i była utrzymywana w czystości (systematycznie odchwaszczana). Oceniano wysokość rośliny i plon nasion z rośliny z każdego punktu siewnego poletka, łącznie 500 obserwacji dla każdej z cech. Można więc przyjąć, że każde poletko było pojedynczym doświadczeniem bezczynnikowym z 500 jednostkami podstawowymi wielkości 0,03 m² (0,1 x 0,3 m). W analizie statystycznej wyników doświadczeń B84 i B87 wyznaczono procentowe odchylenia skrajnych obserwacji w rzędzie oraz skrajnych rzędów poletka od średnich wyznaczonych odpowiednio dla obserwacji z centralnej części rzędów oraz centralnych rzędów poletka. Istotność zakresu oddziaływania sąsiedzkiego określono metodą analizy wariancji dla układu split-plot (czynnik I — odmiany, czynnik II — rzędy na poletku w obrębie sąsiadujących odmian) z kontrastami uwzględniającymi porównanie rzędów skrajnych poletka z pozostałymi. Układ split-plot wygenerowano z układu losowanych bloków.

Celem doświadczenia B95 było określenie relacji między efektami rzędów brzegowych poletka a rodzajem ścieżki rozgraniczającej poletka. Zastosowano dwie zwykle stosowane w doświadczeniach hodowlanych przesiewki: pszenicę jarą i owies, oraz ścieżki o szerokości 0,2, 0,4, 0,6, i 0,8 m. Układ doświadczenia w polu odpowiadał układowi losowanych bloków w ośmiu powtórzeniach. W całym doświadczeniu wysiano nasiona jednej odmiany — Ergo, a każde poletko zawierało 10 rzędów. Ostatecznie w analizie statystycznej wyników, podobnie jak w przypadku doświadczeń 1984 i 1987 przyjęto układ split-plot traktując rzędy dwu sąsiadujących poletek graniczące ze ścieżką jako czynnik II. W analizie statystycznej wyników doświadczenia B95 zastosowano analizę wariancji z kontrastami umożliwiającymi ocenę efektów oddziaływania ścieżki na sąsiednie rzędy.

Techniczna strona prowadzonych doświadczeń odpowiadała standardowemu podejściu przy zakładaniu wielu doświadczeń polowych, w tym doświadczeń hodowlanych. Nawożenie i uprawę gleby wykonano zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi dla uprawy grochu pastewnego. Nasiona wysiewano w sposób typowy dla doświadczeń hodowlanych, ręcznie w rzędy, po dwa nasiona w punkt, na głębokość 3–6 cm, co 0,1 m. Rozstawa między rzędami wynosiła 0,20 m (B95) lub 0,30 m (B84, B87). Po wysiewie nasion wykonano bronowanie.

W czasie wegetacji roślin doświadczenia odchwaszczano mechanicznie. Doraźnie, w miarę potrzeb, stosowano chemiczne zabiegi ochronne przeciwko szkodnikom (oprzędzik, pachówka strąkóweczka, mszyca), chorobom grzybowym (askochytoza i fuzarioza) i chwastom w formie oprysków.

Sprzęt roślin wykonano ręcznie. W trakcie zbioru wykonano pomiary wysokości roślin, po czym rośliny wymłócono i oznaczono plon nasion, w zależności od doświadczenia — z rośliny lub z rzędu.

Warunki meteorologiczne w latach badań 1984, 1987, 1995, były zróżnicowane i znacznie odbiegały od warunków optymalnych dla wzrostu i rozwoju roślin grochu (Jasińska i Kotecki, 1993) (tab. 2).

Tabela 2

Dane meteorologiczne w latach badań według Stacji Meteorologicznej w Tomaszkanie
Meteorological data in the years of study from Meteorological Station in Tomaszkanie

Lata badań Years of study	Miesiące Months				
	IV	V	VI	VII	VIII
Średnia temperatura powietrza (°C) Mean air temperature (°C)					
1984	8,8	14,4	14,4	15,9	18,8
1987	6,7	12,0	15,5	18,3	15,8
1995	7,7	12,5	17,4	20,2	19,0
Średnia 1971–2000 Mean 1971–2000	6,4	12,9	15,9	17,6	17,1
Suma opadów (mm) Monthly rainfall (mm)					
1984	29	48	133	95	31
1987	29	57	130	64	75
1995	19	16	28	41	16
Średnia 1971–2000 Mean 1971–2000	38	51	84	74	64

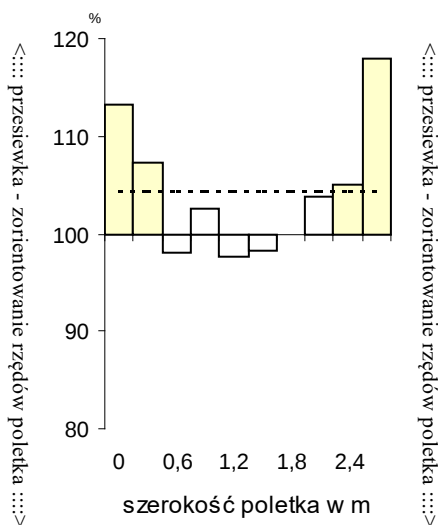
Przebieg pogody w roku 1984 i 1987 miał niekorzystny wpływ na wegetację roślin, co znalazło odzwierciedlenie w ocenach wartości badanych cech. Nadmierne opady w czerwcu i lipcu spowodowały wydłużenie okresu wegetacji, silny rozwój masy wegetatywnej, opóźnione dojrzewanie, generalnie słabo wykształcone nasiona i niskie plony nasion z rośliny. Z kolei, w 1995 roku dość wysokie temperatury powietrza w kwietniu i maju w powiązaniu z bardzo małą ilością opadów sprawiły, że wschody były opóźnione i nierównomierne. W czerwcu, lipcu i sierpniu pogłębiała się susza; temperatury powietrza były bardzo wysokie a opady były niedostateczne. Miało to niekorzystny wpływ na kwitnienie, zawiązywanie i wypełnianie strąków. Taki rozkład temperatur i opadów przyspieszył dojrzewanie i zbiór grochu.

WYNIKI

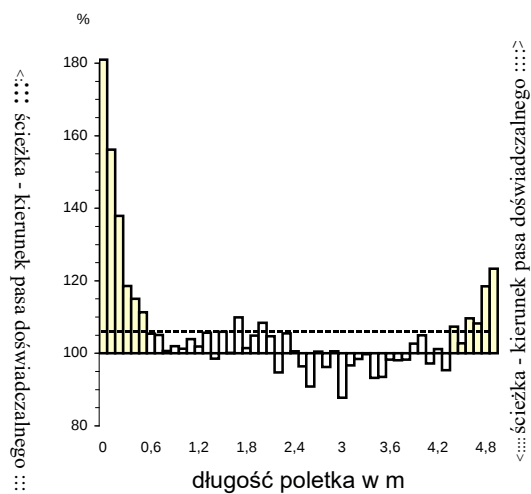
Oddziaływania ścieżki między pasami doświadczalnymi i przesiewki między poletkami

Wyniki doświadczeń B84 i B87 dowodzą obecności efektów oddziaływania brzegowego zarówno od nie obsianej części pola oddzielającej pasy doświadczalne, jak również od przesiewki między sąsiednimi poletkami.

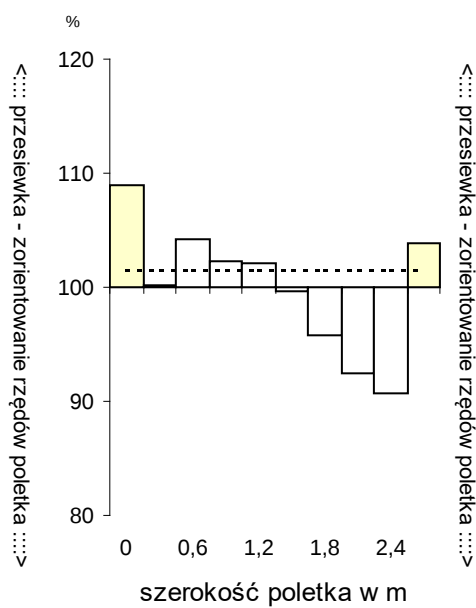
a) B84



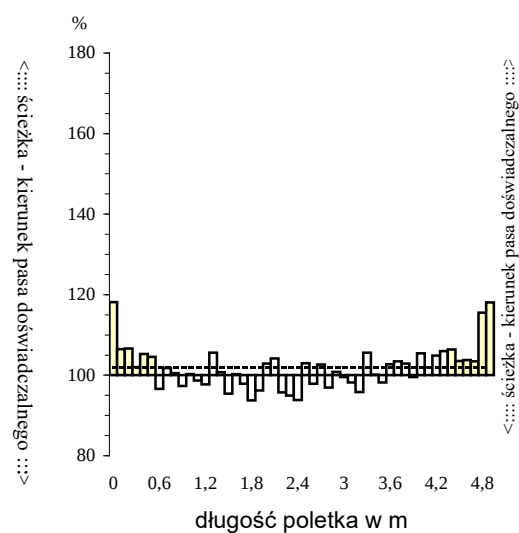
b) B84



c) B87



d) B87



(a, c — względem przesiewki, b, c — względem ścieżki wzdłuż pasa doświadczalnego, linia przerywana — średni efekt oddziaływania brzegowego)

(a, c — to the intercrop, b, d — to the alleys along experimental stripes, dashed line — mean border effect)

Rys. 1. Efekt oddziaływania brzegowego w doświadczeniach z grochem siewnym wyrażony w procentach średniej plonu z centralnych części rzędów poletka

Fig. 1. Border effect in pea experiments as a percentage of mean yield from central part of the plots

Efekt oddziaływania brzegowego (rys. 1) przedstawiono jako procentowy udział obserwacji ze skrajnych rzędów poletka względem średniej plonów z centralnych rzędów poletka (rys. 1 a w doświadczeniu B84, rys. 1 b w doświadczeniu B87) lub procentowy udział skrajnych obserwacji w rzędzie w stosunku do obserwacji notowanych z centralnej części rzędu (rys. 1 b w doświadczeniu B84, rys. 1 d w doświadczeniu B87). W jednym i drugim przypadku oddziaływania brzegowego efekty konkurencyjności, które mogą wypaczyć ocenę plonu nasion z poletka odnosiły się do jednego lub dwóch rzędów skrajnych poletka oraz 6 skrajnych obserwacji w rzędzie. Odpowiada do pasowi ochronnemu wokół poletka 0,6 m. Uwzględniając możliwe efekty konkurencji, teoretyczne wielkości poletka do zbioru w analizowanych doświadczeniach powinny wynosić (2,4 x 3,8m) oraz (2,7 x 3,8m).

W doświadczeniu B84 średnie efekty na rzędach skrajnych w porównaniu z efektami centralnej części poletka były wyższe o 13–17% dla rzędu skrajnego i o 5–7% dla rzędu drugiego od przesiewki między poletkami. Analogiczne efekty dla konkurencyjności w rzędzie zmniejszały się od 118% dla obserwacji skrajnych w rzędzie do 106% w przypadku szóstej obserwacji od ścieżki.

Efekty konkurencyjności w doświadczeniu B87 (rys. 1 c, 1 d) były odmienne od efektów odnotowanych w doświadczeniu B84. Średnie efekty od przesiewki były wyraźnie słabsze, ograniczone jedynie do skrajnych rzędów poletka, i wynosiły 103–108% względem plonów z rzędów centralnych poletka (100%). Z kolei, efekty w plonie nasion roślin skrajnych części rzędu były bardzo wysokie i wynosiły 123–180% dla obserwacji skrajnej rzędu i intensywnie malały do poziomu 105–107% dla obserwacji szóstej od ścieżki.

Porównując oceny plonu z całego poletka oraz oceny plonu z centralnej części poletka stwierdzono, że średni efekt konkurencyjności wynikający z oddziaływania przesiewki wynosił od 1,6 (B87) do 4,3% (B84), natomiast średni efekt konkurencyjności od ścieżki między pasami doświadczalnymi wynosił od 2 (B84) do 6% (B87).

W celu oceny istotności efektów oddziaływania rzędów na plon grochu w zależności od długości rzędów wykonano analizę wariancji. W tabeli 3 zestawiono średnie kwadraty z analiz wariancji plonu nasion z rośliny w doświadczeniach B84 i B87. Jednostkę doświadczalną w analizach stanowił plon nasion z pojedynczego rzędu o długości 3,8 m (pominięto skrajne 0,6 m z jednej i z drugiej strony rzędu) oraz 5 m (długość poletka/rzędów).

Wyniki analizy wariancji potwierdzają wcześniejsze spostrzeżenia. W obu doświadczeniach zróżnicowanie w plonach między rzędami poletka było istotne, aczkolwiek ograniczone do efektów oddziaływania między rzędem skrajnym poletka a rzędami w środku poletka. Efekty oddziaływania rzędów poletka 2 i 3 w stosunku do rzędów środkowych były zdecydowanie słabsze; istotne jedynie dla różnic między rzędem 2 a rzędami środkowymi, wtedy gdy analiza dotyczyła danych z rzędów o długości 5 m. Z tego wynika, że efekt rzędów skrajnych poletka może rozciągać się do rzędu drugiego, jeśli analiza odnosi się do danych rejestrowanych z całego poletka, czyli łącznie z częścią poletka bezpośrednio sąsiadującą ze ścieżkami między pasami doświadczenia.

Tabela 3

Średnie kwadraty z analiz wariancji wyników doświadczeń B84 i B87
Mean squares from analyses of variance for the results of experiments B84 and B87

Źródło zmienności Source of variation	B84		B87	
	Długość rzędu — Length of row			
	3,8 m	5 m	3,8 m	5 m
Odmiany — Cultivars	6,33	4,91	25,12*	28,89*
Błąd I — Residual	16,08	17,03	8,41	9,24
Rzędy poletka, w tym kontrasty:	6,51*	6,54**	6,13**	4,66**
#1: 1 rząd a pozostałe rzędy	47,42**	44,48**	25,92**	15,00**
#2: 2 rząd a pozostałe rzędy	4,85	7,84*	0,94	3,47*
#3: 3 rząd a pozostałe rzędy	0,26	0,32	0,33	0,51
pozostałe kontrasty	1,00	1,04	4,66*	3,83*
Odmiany x rzędy poletka	2,38	1,92	1,11	1,17
odmiany x #1	4,82*	4,90*	3,35*	2,64*
odmiany x #2	4,72*	3,41*	1,76	2,31*
odmiany x #3	1,64	1,67	2,41*	1,79
pozostałe kontrasty	1,71	1,22	0,41	0,63
Błąd II — Residual II	1,54	1,30	0,93	0,83

*, ** — Istotność funkcji testowej $F_{emp.}$, gdy $P < 0,05$ i $P < 0,01$

*, ** — Significance of $F_{emp.}$ at $P < 0,05$ and $P < 0,01$

Poziom plonowania odmian w doświadczeniu B84 był zbliżony; zróżnicowany natomiast w doświadczeniu B87. Można jednak przyjąć, że na wszystkich poletkach obu doświadczeń oddziaływania między rzędami poletka były podobne. Świadczy o tym brak interakcji odmiany x rzędy poletka.

Rodzaj ścieżki między poletkami a efekty konkurencyjności

Przeprowadzona analiza oraz wyznaczone efekty dla doświadczenia 1995 dotyczyły wysokości roślin i plonu nasion z pojedynczego rzędu poletka. Oszacowania wariancji oraz oceny istotności funkcji testowej $F_{emp.}$ dowodzą, że efekty konkurencyjności w wysokości roślin były słabsze niż w plonie nasion (tab. 4). Wśród istotnych kontrastów wymienić należy porównanie wysokości roślin między przesiewkami oraz między rzędem grochu bezpośrednio sąsiadującym z przesiewką a pozostałymi rzędami.

Na podstawie analizy plonu nasion stwierdzono nieistotną zmienność dla rodzaju ścieżki, istotną natomiast dla odległości rzędu od ścieżki i interakcji rodzaj ścieżki x odległość rzędu od ścieżki. Układ istotnych kontrastów w obrębie rodzaju ścieżki był inny niż dla wysokości roślin i dotyczył porównań przesiewka a szerokość ścieżki oraz szerokość ścieżki 0,2 m a ścieżki szersze. Istotna zmienność odległości rzędu od ścieżki wynikała z porównania plonów rzędu pierwszego i drugiego z pozostałymi rzędami.

W ocenie wysokości roślin grochu dominował średni efekt wynikający z porównania wysokości roślin znajdujących się w sąsiedztwie różnych przesiewek. Rośliny grochu na poletkach oddzielonych przesiewką z pszenicy jarej były o 8% wyższe niż rośliny rosnące w sąsiedztwie przesiewki z owsa. Jednocześnie, efekt tego kontrastu wynosił około 4% średniej wysokości roślin na poletkach oddzielonych przesiewką. Obserwowaną relację wyjaśniają właściwości fizjologiczne gatunków roślin stosowanych jako przesiewki oraz ich wymagania związane ze stanowiskiem (tab. 5).

Tabela 4

Średnie kwadraty błędów z analizy wariancji wysokości roślin i plonu nasion w doświadczeniu B95a
Mean square errors from analysis of variance for plant height and seed weight in experiment B95a

Rodzaj zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Wysokość roślin Plant height	Plon nasion z rzędu Seed yield per row
		średni kwadrat mean square	średni kwadrat mean square
Bloki Blocks	7	3437,00	193091,0
Rodzaj ścieżki (P), w tym:	5	187,94	14077,0
P#1 (przesiewka x szerokość ścieżki;	1	37,67	32016,6**
P#2 (pszenica jara x owies;)	1	696,53**	0,2
P#3 (0.2 x 0.4, 0.6, 0.8)	1	53,44	31634,3**
P#4 (0.4 x 0.6, 0.8)	1	0,28	3448,1
P#5 (0.6 x 0.8)	1	151,78	3287,9
Błąd I Residual I	35	174,31	8941,0
Rząd od ścieżki (R), w tym:	4	22,92	35810,0
R#1 (rząd 1 a rzędy 2, 3, 4, 5;)	1	50,97*	136535,7**
R#2 (rząd 2 a rzędy 3, 4, 5;)	1	20,63	6141,1**
R#3 (rząd 3 a rzędy 4, 5;)	1	2,97	9,8
R#4 (rząd 4 a rząd 5;)	1	17,12	553,2
P x R, w tym:	20	22,42	5407,0*
P#1 x R#1	1	0,33	28367,4**
P#1 x R#2	1	21,84	1469,8
P#1 x R#3	1	3,14	23,5
P#1 x R#4	1	0,25	1455,9
P#2 x R#1	1	36,50	12696,8**
P#2 x R#2	1	0,89	12,3
P#2 x R#3	1	14,36	533,3
P#2 x R#4	1	13,60	1079,1
P#3 x R#1	1	39,47	0,0
P#3 x R#2	1	19,63	464,2
P#3 x R#3	1	1,20	123,2
P#3 x R#4	1	0,03	107,0
P#4 x R#1	1	28,32	3854,8*
P#4 x R#2	1	0,74	1505,4
P#4 x R#3	1	10,79	6769,9**
P#4 x R#4	1	2,64	862,3
P#5 x R#1	1	141,41**	42212,6**
P#5 x R#2	1	73,06*	6,7
P#5 x R#3	1	12,76	585,6
P#5 x R#4	1	27,34	6004,3*
Błąd II Residual	408	23,18	1806,0

*, ** — Istotność funkcji testowej $F_{emp.}$, gdy $P < 0,05$ i $P < 0,01$

*, ** — Significance of $F_{emp.}$ at $P < 0.05$ and $P < 0.01$

Oceny różnic dla obu analizowanych cech zestawiono w tabeli 5. W ocenie wysokości roślin grochu dominował średni efekt wynikający z porównania wysokości roślin znajdujących się w sąsiedztwie różnych przesiewek. Rośliny grochu na poletkach oddzielonych przesiewką z pszenicy jarej były o 8% wyższe niż rośliny rosnące w sąsiedztwie przesiewki z owsa. Jednocześnie, efekt tego kontrastu wynosił około 4% średniej wysokości roślin na poletkach oddzielonych przesiewką.

Tabela 5

Efekty kontrastów między różnymi rodzajami ścieżki oddzielającej poletka, zakresem oddziaływania oraz interakcji rodzaj ścieżki × zakres oddziaływania ścieżki (wyróżniono efekty istotne)

Contrast effects between different kinds of the alley separating plots, range of interference and interaction kind of alley × range of interference (significant effects are underlined)

Wyszczególnienie Specification	R#1 rzząd 1 od ścieżki a dalsze rzędy row 1 from the alley and the next rows	R#2 rzząd 2 od ścieżki a dalsze rzędy row 2 from the alley and the next rows	R#3 rzząd 3 od ścieżki a dalsze rzędy row 3 from the alley and the next rows	R#4 rzząd 4 od ścieżki a rząd 5 row 5 from the alley and the next rows	Efekty dla rodzaju ścieżki Effects for kind of alley
wysokość roślin (cm) plant height (cm)					
P#1 przesiewka a szerokość ścieżki intercrop and broad of alley	-0,0093	-0,0974	0,0522	0,0267	-0,1967
P#2 owies a pszenica jara oats and spring wheat	-0,2395	0,0475	0,2750	0,4600	-2,0850
P#3 ścieżka 20 cm a ścieżki szersze 20 cm alley and broader ones	0,1013	-0,0926	-0,0322	-0,0083	0,2350
P#4 ścieżka 40 cm a ścieżki szersze 40 cm alley and broader ones	-0,1217	-0,0256	0,1372	-0,1167	0,0250
P#5 ścieżka 60 cm a 80 cm 60 cm alley and 80 cm alley	-0,4705	-0,4358	-0,2567	0,6550	0,9750
Efekty dla rzędu od ścieżki Effects for row from alley	-0,1620	-0,1333	0,0733	-0,3000	
plon nasion (g/rząd) seed yield (g/row)					
P#1 przesiewka a szerokość ścieżki intercrop and width of alley	-2,7180	-0,7991	-0,1428	1,9483	-5,7750
P#2 owies a pszenica jara oats and spring wheat	4,4543	-0,1796	-1,6667	-4,1050	0,0350
P#3 ścieżka 20 cm a ścieżki szersze 20 cm alley and broader ones	-0,0010	-0,4491	0,3272	0,5267	5,7400
P#4 ścieżka 40 cm a ścieżki szersze 40 cm alley and broader ones	1,4168	1,1431	-3,4281	-2,1192	2,6800
P#5 ścieżka 60 cm a 80 cm 60 cm alley and 80 cm alley	-8,1205	-0,1325	-1,7475	-9,6875	-4,5300
Efekty dla rzędu od ścieżki Effects for row from alley	8,4320	2,3100	0,1300	-1,7000	

Obserwowaną relację wyjaśniają właściwości fizjologiczne gatunków roślin stosowanych jako przesiewki oraz ich wymagania związane ze stanowiskiem. Owies jest gatunkiem niezbyt wymagającym odnośnie do stanowiska, dobrze wykorzystującym składniki mineralne nawet trudniej przyswajalne. Z kolei, pszenica jara wymaga stanowisk lepszych o glebie zasobnej w łatwo przyswajalne składniki mineralne. W niezbyt

korzystnych warunkach glebowych doświadczenia B95, (gleba brunatna właściwa) przy pewnym niedostatku opadów w czasie całego okresu wegetacji i wysokich temperaturach powietrza owies krzewił się intensywnie i dla wolniej rozwijających się roślin grochu mógł być gatunkiem konkurencyjnym.

Pozostałe średnie efekty kontrastów, jakkolwiek istotne, nie wskazywały na zbyt duże rozbieżności w wysokości roślin w zależności od odległości rzędu od ścieżki, -0,1620 cm) oraz dla interakcji rodzaj ścieżki $\times$ zakres oddziaływania ścieżki (-0,4705 cm i 0,4358 cm).

Istotne efekty kontrastów wyznaczanych dla plonu nasion zawierały się w szerokich granicach od 1,4168 g do -9,6875 g, co stanowi odpowiednio od 1% do 5% średniej plonu nasion. W ocenie rodzaju ścieżki dominowały dwa kontrasty. Pierwszy z nich wskazuje jednoznacznie na niższe wartości cechy na poletkach sąsiadujących z przesiewką aniżeli na poletkach sąsiadujących ze ścieżką utrzymywaną w czystości. Drugi z nich wskazuje na fakt, że plony z poletek graniczących ze ścieżką o szerokości większej niż 0,2 m plonują lepiej w porównaniu ze ścieżką o szerokości 0,2 m. Zakres oddziaływania ścieżki kończy się na drugim rzędzie poletka, przy czym efekt kontrastu dla rzędu bezpośrednio graniczącego ze ścieżką jest prawie czterokrotnie wyższy niż dla 2. rzędu od ścieżki.

Wśród istotnych efektów interakcyjnych, większość z nich dotyczy interakcji między przyjętymi kontrastami dla rodzaju ścieżki a kontrastem dla rzędu 1. z rzędami znajdującymi się w centralnej części poletka. Efekty kontrastów dla większych szerokości ścieżki i oddziaływania między rzędami centralnej części poletka nie znajdują odzwierciedlenia w efektach badanych czynników. Wysoki efekt interakcyjny -9,6875, wynika z dużo większej różnicy między plonami 4. i 5. rzędu, gdy szerokość ścieżki wynosiła 0,8 m, niż gdy szerokość ścieżki wynosiła 0,6 m.

PODSUMOWANIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

W doświadczeniach B84 i B87 odnotowano wyraźne efekty oddziaływania brzegowego roślin, zróżnicowane dla odmian wysokich o ulistnieniu normalnym oraz wąskolistnych (rośliny średniowysokie i niskie). Generalnie, oddziaływania od nie obsianej części ścieżki między pasami doświadczalnymi oraz od przesiewki rozdzielającej sąsiednie poletka były większe w przypadku odmian o roślinach wysokich o tradycyjnym ulistnieniu aniżeli odmian wąskolistnych. Większe plony notowano na obrzeżach poletka, po czym następował spadek plonu i jego stabilizacja w centralnej części poletka. Uogólniając to spostrzeżenie, stwierdzono, że istotny wpływ na zniekształcenie plonu z poletka mogą mieć efekty obserwacji skrajnych sięgających rzędu pierwszego lub drugiego (0,3–0,6 m) oraz 6 skrajnych obserwacji w danym rzędzie (0,5 m). Skala oddziaływania rzędów skrajnych była większa o około 15% dla rzędu graniczącego z przesiewką i około 6% dla rzędu drugiego od brzegu w stosunku do wartości plonu z rzędów centralnych poletka. Z kolei, skrajne obserwacje w rzędach (od ścieżki między pasami) stanowiły około 110% wartości z części centralnej rzędów, przy czym wielkości te były silnie zróżnicowane w doświadczeniach. Uwzględniając powyższe efekty konkurencyjności z faktycznych wielkości poletek 3,0 x 5,0 m, teoretyczna powierzchnia do zbioru w analizowanych

doświadczeniach powinna wynosić 2,5 x 3,8 m, a więc powinna być prawie o 1/3 mniejsza od faktycznej wielkości poletek.

Można przyjąć, że uzyskane wyniki związane z oddziaływaniem brzegowym są zgodne z ustaleniami Arny (1922), Niemczyk (1993), Niemczyk i Radeckiego (1993) oraz Pacewicza (2001), którzy stwierdzili, że największy efekt konkurencyjności jest związany ze skrajnymi rzędami poletka. Arny (1922) analizując rezultaty doświadczeń z pszenicą dowiódł, że efekty oddziaływania brzegowego jakkolwiek zdecydowanie silniejsze dla rzędów skrajnych poletka, mogą sięgać nawet do trzeciego rzędu.

W badaniach Niemczyk (1993), Niemczyk i Radeckiego (1993), Pacewicza i Stankowskiego (1998) oraz Pacewicza (2001) ze zbożami stosowano różnej szerokości ścieżki między poletkami, co powodowało występowanie różnic w plonie i jego komponentach. Różne warianty ścieżki oddziaływały przede wszystkim na zwiększenie plonu z pierwszego rzędu skrajnego poletka, w przypadku rzędu drugiego różnice w plonie były znacznie mniejsze, a od trzeciego rzędu stwierdzono już podobne wartości badanych w doświadczeniu komponentów plonu niezależnie od szerokości ścieżki.

LeClerc (1966) oraz Simmondsen (1979) podkreślają, że w celu eliminowania efektów oddziaływania brzegowego powszechną praktyką w badaniach polowych powinno być usuwanie lub pomijanie podczas sprzętu roślin ze skrajnych części poletka. Podobne wnioski formalizowali Gomez (1972) na podstawie doświadczeń z ryżem oraz Kempton i Lookwood (1984) na podstawie badań z bobikiem. Wymienieni autorzy podają, że dla wiarygodnej oceny plonu z tymi gatunkami roślin należy stosować przynajmniej dwa rzędy ochronne.

Brak jest w literaturze informacji związanych z wielkością pasów ochronnych dla poletek z grochem, które wynikałyby z badań metodycznych nad konkurencyjnością tego gatunku, niemniej jednak niektóre badania nad optymalizacją wielkości poletek odnoszą się do wielkości poletek chronionych (w sensie pasa buforowego) i nie chronionych. Gołaszewski (1996), na podstawie wyników z serii doświadczeń bezczynnikowych z różnymi gatunkami roślin strączkowych stwierdził, że optymalna wielkość poletek dla grochu wynosi 4,0 m². Przy zastosowaniu pasów ochronnych należałoby zwiększyć powierzchnię poletek o około 25% w stosunku do wielkości poletka optymalnego. W niniejszych badaniach teoretyczne wielkości poletek były nieznacznie większe.

Układ warunków klimatycznych w dużym stopniu determinował stopień konkurencyjności roślin w poszczególnych doświadczeniach.

Uprawa grochu w sąsiedztwie roślin zbożowych o innych wymaganiach aniżeli wymagania roślin strączkowych, modyfikowała ich wzrost oraz plon nasion. W doświadczeniu B95 badano wpływ rodzaju ścieżki (przesiewka z owsa i przesiewka z pszenicy) oddzielającej poletka (szerokość ścieżki 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 m) na wysokość i plon nasion roślin grochu odmiany Ergo. Rośliny na poletkach sąsiadujących z przesiewką z pszenicy były wyższe o 8% od roślin rosnących w sąsiedztwie przesiewki z owsa. Obserwowane zjawisko doskonale tłumaczy właściwości fizjologiczne i wymagania uprawowe owsa i pszenicy (Noworolnik i in., 1981; Sawicki, 1976; Stupnicka-Rodzyńkiewicz, 1980). Generalnie, rośliny grochu na poletkach sąsiadujących z przesiewką pszenicy korzystały z tego sąsiedztwa. Efekty kontrastów dla plonu nasion sięgały do 5% średniego plonu.

Deficyt opadów w 1995 roku mógł mieć wpływ na obserwowane relacje w plonach grochu na skrajnych rzędach poletka. W sąsiedztwie roślin zbożowych rośliny grochu znajdowały zacienienie, dłużej utrzymywały wilgoć i dzięki temu reagowały korzystniejszymi wartościami badanych cech. Dziamba (1978) oraz Dziamba i Rachoń (1994) na podstawie przeprowadzonych doświadczeń z żytem, pszenicą i pszenżytem stwierdzili, iż oprócz warunków siedliskowych wyższą konkurencyjność jednych roślin nad drugimi można tłumaczyć różnicami w osiąganiu przez rośliny kolejnych faz rozwojowych. Z kolei, Poniedziałek i Kunicki (1995) oraz Salter i Goode (1967) podają, że jednym z czynników niwelujących zmienność plonowania roślin uprawianych współrzędnie jest taki dobór gatunków, aby okresy zapotrzebowania na wodę i składniki pokarmowe nie pokrywały się.

W badaniach własnych rośliny na poletkach sąsiadujących z przesiewką ze zbóż plonowały niżej w porównaniu z roślinami na poletkach sąsiadujących ze ścieżką o różnej szerokości utrzymaną w czystości (bez roślin). Plony z poletek graniczących ze ścieżką o szerokości odpowiadającej rozstawie między rzędami były niższe w porównaniu z plonami poletek graniczących ze ścieżkami szerszymi, przy czym zakres oddziaływania kończył się praktycznie na drugim rzędzie. Reasumując, silny efekt współzawodnictwa roślin notowano tylko na rzędach skrajnych doświadczenia 1995, im dalej w głąb poletka tym efekt ten był coraz słabszy.

Powyższe rezultaty potwierdzają badania Pacewicz (2001) z pszenicą jarą i jęczmieciem jarym, w którym różnicowano szerokość ścieżki między poletkami. Zwiększenie plonu w rzędzie pierwszym przy ścieżkach szerszych w porównaniu ze ścieżkami węższymi było znacznie większe (52–83%) aniżeli w rzędzie drugim (7–14%). Autor uważa, że dodatkowy wpływ na wysokość plonu miała silna konkurencja roślin rosnących w rzędzie skrajnym poletka, które mając lepsze warunki do rozwoju oddziaływały na drugi rząd od brzegu poletka. Gomez i Gomez (1984), na podstawie badań nad efektami brzegowymi w doświadczeniu z trzema odmianami ryżu różniącymi się wysokością i zdolnością krzewienia, stwierdzili istotne dysproporcje między plonem roślin na obrzeżach poletka a plonami z centralnej części poletka.

WNIOSKI

1. Konkurencyjność roślin grochu w doświadczeniu polowym zależy od metodyki doświadczenia, doboru genotypów i warunków siedliskowych.
2. Rośliny grochu na obrzeżach poletka plonują wyżej niż w centralnej części poletka. Oddziaływanie brzegowe (czołowe) ścieżki między pasami doświadczalnymi sięga 0,5 m.
3. Stosowanie przesiewki z roślin zbożowych rozdzielającej poletka, będące powszechną praktyką w doświadczalnictwie hodowlanym z grochem, może być przyczyną wystąpienia efektów konkurencyjności, zróżnicowanych w zależności od morfotypu roślin i warunków pogodowych w okresie wegetacji grochu.
4. Przesiewka z owsa jest w większym stopniu konkurencyjna wobec grochu, aniżeli przesiewka z pszenicy jarej. Rodzaj przesiewki ma wpływ na wysokość roślin, natomiast nie wpływa na zróżnicowanie plonu nasion z rośliny.

5. Zwiększanie szerokości ścieżki poletka ponad wartość rozstawy między rzędami poletka jest niekorzystne, ponieważ sprzyja wystąpieniu silniejszych efektów konkurencyjności.

LITERATURA

- Army A. C. 1922. Border effects and ways of avoiding it. *Agron. J.* 14: 266 — 278.
- Costa J. G. C. S., Zimmermann F. J. P. 1998. Experimental plot border effect on yield and plant height of common bean. *Pesq. Agropec. Bras., Brasilia* 33 (8): 1297 — 1304.
- Dziamba Sz. 1978. Porównanie plonowania pszenżyta (Triticale) z żytem i pszenicą na lekkiej glinie pylastej. *Biul. IHAR* 133: 77 — 87.
- Dziamba Sz., Rachoń L. 1994. Plonowanie i konkurencyjność pszenżyta i żyta w siewach mieszanych. *Rocz. Nauk Rol.*, z. 3-4: 163 — 170.
- Gołaszewski J. 1991. Odpowiednia wielkość poletka w doświadczeniach hodowlanych z grochem siewnym. *Fragm. Agron.* 4: 5 — 15.
- Gołaszewski J. 1996. Optymalizacja metodyki eksperymentu polowego z roślinami strączkowymi w aspekcie zmienności przestrzennej pola doświadczalnego. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Supl.C., Agricultura* 62: 1 — 92.
- Gomez K. A. 1972. Border effects in rice experimental plots. *Varietal competition. Expl. Agric.* 8: 295 — 298.
- Gomez K. A., Gomez A. A. 1984. *Statistical procedures for agricultural research*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Jasińska Z., Kotecki A. 1993. *Rośliny strączkowe*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- Kempton R. A., Lockwood G. 1984. Inter-plot competition in variety trials of field beans (*Vicia faba* L.). *J. Agric. Sci.*, 103: 293 — 302.
- LeClerg E. L. 1966. Significance of experimental design in plant breeding. In: *Plant breeding*. Frey K. J. (Ed.). The Iowa State University Press, Ames, Iowa, 243 — 313.
- Monzon, D., Pacheco J. J., Martinez G. O. R. 1972. Efectos de competencia y de bordura en ensayos de variedades. I. Soja. *Agronomia Tropical*, 22: 67 — 74.
- Niemczyk H. 1993. Zdolność zbóż do wyrównywania plonu z nie obsianej powierzchni ścieżek przejazdowych. Cz. I. Pszenica ozima i jara, *Rocz. Nauk Rol.*, S.A, 109 (4): 9 — 19.
- Niemczyk H., Radecki A. 1993. Zdolność zbóż do wyrównania plonu z nie obsianej powierzchni ścieżek przejazdowych. Cz. II. Jęczmień ozimy i jary, *Rocz. Nauk Rol.* S.A, 109 (4): 21 — 30.
- Noworolnik K., Polak E., Ruszkowska B. 1981. Porównanie produktywności jęczmienia i owsa na glebach kompleksu żytanego słabego. *Pam. Puł.*, 74: 113 — 122.
- Pacewicz K. 2001. Efekt brzeżny w doświadczeniach z pszenicą jara i jęczmieniem jarym. Praca doktorska. Biblioteka Główna AR Szczecin.
- Pacewicz K., Stankowski S. 1998. Border effect in field experiments with spring wheat and spring barley. *Mat. Konf. Nauk., XXVIII International Biometrical Colloquium. Inowrocław*, 14-17.09.1998: 74 — 75.
- Poniedziałek M., Kunicki E. 1995. Przydatność kilku odmian fasoli karłowej szparagowej do uprawy współrzędnej z kapustą późną. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 302: 5 — 15.
- Probst A. H. 1943. Border effect in soybean nursery plots. *J. Amer. Soc. Agron.*, 35: 662 — 666.
- Rudnicki F., Wasilewski P. 1993. Badania nad uprawą jarych mieszanek zbożowych. Cz. II Reakcja jęczmienia, owsa i pszenicy na uprawę w mieszankach. *Rocz. AR w Poznaniu, CCXLIII*: 65 — 71.
- Salter P. J., Goode J. E. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. *Commonwealth Agr. Bureau England*: 53-57;: 87 — 89.
- Sawicki J. 1976. Uprawa jęczmienia jarego w zasiewach mieszanych z pszenicą jara i owsem. *Nowe Rol.* 5: 8 — 10.

- Simmonds N. W. 1979. Principles of crop improvement. Longman, London and New York.
- Strupnicka-Rodzyńkiewicz E. 1980. Badania nad wzajemnym oddziaływaniem pszenicy i jęczmienia. II. Efekty wzajemnego oddziaływania pszenicy ozimej i jęczmienia jarego w warunkach polowych. Wyd. AR Kraków. Rozprawy Naukowe 75.
- Zimmermann, F. J. P. 1980. Border effect in experimental plots of unirrigated rice. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 15 (3): 297 — 300.