

**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 II. Oddziaływania sąsiedzkie

#### **Plant competition in plant breeding trials with pea (*Pisum sativum* L.) Part II. Neighbour interference**

Celem badań była ocena efektów konkurencyjności, w tym efektów oddziaływania między roślinami na sąsiednich poletkach oraz oddziaływania roślin w obrębie poletka. Podstawą badań były cztery doświadczenia polowe ze zróżnicowanymi morfologicznie i fizjologicznie genotypami grochu siewnego (*Pisum sativum* L. sensu lato). W doświadczeniach stosowano różnej wielkości poletka. Analizowano dwie cechy: wysokość roślin i plon nasion. W każdym z doświadczeń dowiedziono występowanie mniejszych lub większych efektów konkurencyjności roślin w odniesieniu do obu z tych cech. Jednak, tylko na poletkach jednorzędowych efekty konkurencyjności roślin istotnie zmieniały oceny efektów obiektowych. Stwierdzono, że efekty konkurencyjności roślin w doświadczeniach hodowlanych z grochem rzutują na wiarygodność wyników doświadczenia. Dlatego też, na etapie planowania doświadczenia, niezbędne są rozważania na temat potencjalnych efektów konkurencyjności i ewentualne uwzględnienie metod technicznych i statystycznych, pozwalających na ograniczenie lub wyeliminowanie niekorzystnego wpływu konkurencyjności roślin na ocenę genotypów.

**Słowa kluczowe:** doświadczenie polowe, efekt sąsiedzki, groch, konkurencyjność roślin

The objective of the study was to estimate the competition effects as the interference between plants in adjacent plots and inside the plot. The study was based on the four field experiments with morphologically and physiologically differentiated genotypes of pea (*Pisum sativum* L. sensu lato). The experiments were performed in plots of different size. Two traits, plant height and seed yield, were analyzed. More or less pronounced competition effects upon each of the two traits were noticed in each experiment. However the effects were statistically significant only for the 1-row plot experiments. It was shown that competition effects in pea breeding field experiments could affect the reliability of experimental results. Thus, in a phase of planning the experiment, it is essential to consider all potential

competition effects and, if necessary, take into consideration available technical and statistical methods to reduce or eliminate a disadvantageous influence of plant competition on the estimation of genotypes.

**Key words:** experimental field, neighbour effect, pea, plant competition

#### WSTĘP

Już w pierwszych doświadczeniach polowych obserwowano, że ten sam genotyp w pozornie jednolitych warunkach glebowych charakteryzuje różna wysokość roślin oraz wyraźnie różny poziom plonów (Załęski, 1927; Trętowski i Wójcik, 1988; Rudnicki, 1992). Zauważono również, że różne genotypy wysiewane obok siebie mogą zmieniać charakterystyki swoich cech w zależności od rośliny sąsiedniej. Zróżnicowana ekspresja cechy w danych warunkach środowiska wynikająca z oddziaływania sąsiedzkiego między roślinami określa się mianem konkurencyjności w świecie roślin.

Konkurencyjność roślin o wodę, światło, składniki pokarmowe, przestrzeń, itp. wynika nie tylko z różnego sposobu przejawiania się zmienności osobniczej, ale także z niedoskonałości metodyki doświadczeń polowych, które są jedynie przybliżeniem warunków produkcyjnych. Szczególnie silnych efektów konkurencyjności należy oczekiwać w doświadczeniach hodowlanych, które z uwagi na swoją specyfikę (mała podaż nasion, mikropoletka, ograniczona liczba powtórzeń) są wyjątkowo predysponowane do ujawniania się konkurencyjności w postaci różnej agresywności roślin lub też zróżnicowanej adaptacji roślin do określonych warunków środowiska (Hayes i Arny, 1917; LeClerc i in., 1962; Gomez, 1972; Wilkinson i in., 1983; Kempton, Lockwood, 1984; Kempton i in., 1986; Clake i in., 1998 a i 1998 b).

Konkurencyjność roślin na sąsiednich poletkach jest potencjalnym źródłem zniekształconych ocen badanych obiektów doświadczalnych. Efektów oddziaływania sąsiedzkiego roślin nie można zredukować przez losowanie obiektów i stosowanie powtórzeń. Le Clerc i wsp. (1962) podają, że obciążenie średnich odmianowych efektami konkurencyjności może istotnie wpływać na błędne decyzje odnośnie selekcji pożądanych genotypów. Co więcej, w przeciwieństwie do efektów konkurencyjności roślin wynikających z trendów żyzności gleby, efekty konkurencyjności warunkowane genetycznie (wysokość, pokrój, rytm wzrostu rośliny) sprawiają, że obciążenie systematyczne odnosi się nie tylko do powtórzeń, ale także miejsc prowadzenia doświadczeń i lat badań. Wyeliminowanie tych obciążeń jest konieczne w celu uzyskania faktycznych efektów genotypowych, odpowiadających sytuacji, gdy każdy genotyp jest prowadzony we własnej konkurencji, tzn. w siewie czystym.

Problem konkurencyjności w doświadczeniach poletkowych doskonale ujął Van der Plank (1963), który stwierdził, że obciążenie wynikające z oddziaływania między roślinami prowadzi do tzw. błędu reprezentatywności, ponieważ warunki eksperymentalne, w których ocenia się genotypy, nie są reprezentatywne dla praktyki rolniczej.

Celem badań była ocena efektów oddziaływania sąsiedzkiego w doświadczeniach hodowlanych z grochem, w tym relacji między zróżnicowanymi genotypami w różnych wariantach wielkości poletka.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w Zakładzie Dydaktyczno-Doświadczalnym w Tomaszku k. Olsztyna w latach 1994, 1995 i 2000, na glebie brunatnej właściwej wytworzonej z glony lekkiej pylastej, lub piasku gliniastego, kompleksu pszennego dobrego, żytniego dobrego i żytniego słabego klasy bonitacyjnej IIIb, IVa, IVb. Przedplonem, było pszenżyto ozime, jęczmień jary i czarny ugór (tab. 1).

Tabela 1

**Charakterystyka warunków glebowo-agrotechnicznych w doświadczeniach z grochem**  
**Characteristics of soil and agro-technical conditions of pea experiments**

Rok badań Year of study	Gleba (typ, podtyp) Soil (soil taxonomy)	Klasa gleby, kompleks Soil class, complex	Przedplon Forecrop	Nawożenie NPK NPK fertilization
1994a		IIIb pszenny dobry wheat soil, good	pszenżyto ozime winter triticales	40-80-120
1994b	brunatna właściwa, typowa	IVa pszenny dobry wheat soil, good	pszenżyto ozime winter triticales	40-80-120
1995	brown soil, typical	IVa żytni dobry rye soil, good	czarny ugór fallow	20-60-80
2000		IVb żytni słaby rye soil, good	jęczmień jary spring barley	40-80-120

Materiałem badawczym były genotypy grochu siewnego zróżnicowane morfologicznie i fizjologicznie, w tym zrejonizowane odmiany powszechnie wykorzystywane w praktyce rolniczej oraz mieszańców Karo × Delfin w typie grochopeluszek będący w zasobach genowych grochu Katedry Hodowli Roślin i Nasiennictwa UWM w Olsztynie (hodowli M. Puzio-Idźkowskiej). Charakterystykę doświadczeń przedstawiono w tabeli 2.

Doświadczenie S95 założono w układzie losowanych bloków, przy czym obiekty rozlosowano w taki sposób, aby można było dokonać 9 porównań dla trzech odmian o różnej wysokości roślin: niskiej Pelikan (Pel), średnio-wysokiej Albatros (Alb) i wysokiej Turkan (Tur) w relacjach: niska — średnio wysoka (N-S), niska — wysoka (N-W), średnio wysoka — wysoka (S-W)

W ocenie wyników zastosowano analizę wariancji według modelu liniowego:

$$y_{ijkl} = \mu + \pi_i + \kappa_j + \kappa(v)_{jk} + \kappa(\zeta, v)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl},$$

gdzie:

$\pi_i$  — efekt  $i$ -tego powtórzenia,  $i = 1, 2, \dots, 11$ ,

$\kappa_j$  — wariant konkurencji (N-S, N-W, S-W),

$j = 1, 2, 3$ ;  $\kappa(v)_{jkl}$  — odmiany w obrębie danego wariantu konkurencji  $k = 1, 2$ ;

$\kappa(\zeta, v)_{jkl}$  — rzędy i odmiany w obrębie każdego wariantu konkurencji z dwoma połówkami poletka dla określenia efektów sąsiedzkich między odmianami o różnej wysokości  $l = 1, 2, \dots, 5$ . Oceny efektów sąsiedzkich w zależności od odległości kolejnego rzędu od sąsiedniej odmiany wyznaczono na podstawie kontrastów.

Doświadczenie S94a założono metodą losowanych bloków (6 odmian w 6 powtórzeniach), przyjmując schemat losowania gwarantujący zbalansowanie obiektów na wzajemne

ścisłość zaproponowany przez Finneya i Quthwaita (za Kemptonem i Lockwood, 1984). Następujący układ genotypów grochu w polu:

$$A|ABCDEF|FCEADB|BAFEDC|CAEBFD|DFACBE|ECFBDA|A$$

powtórzono dla wariantów wielkości poletka 1-, 2- i 3-rzędowego. Efekty główne i sąsiedzkie wyznaczono według modelu liniowego (Kempton i Lockwood, 1984).

$$y_{ij} = \mu + \pi_p + v_i + c_{i+1} + c_{i-1} + \varepsilon_{ij},$$

gdzie:

$\pi_p$  — efekt bloków,

$v_i$  — efekt główny odmiany  $i$ ,

$c_{i+1}$  i  $c_{i-1}$  — efekty oddziaływania sąsiedzkiego odmian na poletkach sąsiednich względem poletka z odmianą  $i$ . Efekty sąsiedzkie odmian po prawej i lewej stronie odmiany  $i$  nie są wzajemnie ortogonalne, dlatego w ocenie tych efektów wykorzystano podejście regresyjne. Ponadto przyjęto, że plon odmiany  $i$  na poletku  $p$  zależy od wysokości roślin na poletkach sąsiednich. W tym celu zastosowano alternatywny model analizy uwzględniający zmienną towarzyszącą — różnicę wysokości roślin na poletkach sąsiednich.

$$y_{ip} = \mu + \pi_p + v_i + b(w_{i+1} + w_{i-1} - 2w_i) + \varepsilon_{ip},$$

gdzie:  $\mu + v_i$  odpowiada wartości oczekiwanej plonu nasion na poletku z odmianą  $i$  w warunkach sąsiedztwa roślin o takiej samej wysokości,  $b$  — współczynnik regresji między różnicą wysokości a plonem,  $w_{i+1}$  i  $w_{i-1}$  wysokość roślin na poletkach sąsiednich względem poletka z odmianą  $i$ ,  $w$  — wysokość odmiany  $i$ . Średni efekt danej odmiany sąsiedniej odpowiada średniemu efektowi wysokości roślin odmiany na poletku i względem wysokości roślin na wszystkich poletkach sąsiednich:

$$\hat{c}_i = \hat{b}(\bar{w}_i - \bar{w}_i^*),$$

natomiast średni efekt odmiany  $i$  w sąsiedztwie roślin o takiej samej wysokości jest poprawiony na średni efekt odmiany  $i$  w całym doświadczeniu:

$$\hat{v}_i^* = \hat{v}_i + 2\hat{b}(\bar{w}_i - \bar{w}_i^*),$$

gdzie:

$\bar{w}_i$  — średnia wysokość  $i$ -tej odmiany,

$\bar{w}_i^*$  — średnia wysokość wszystkich roślin w sąsiedztwie odmiany  $i$  dla układu zbalansowanego na sąsiedztwo.

Doświadczenia S94b i S00 z poletkami 1- i 3-rzędowymi założono według układu kwadratu łacińskiego, przy czym w celu zbalansowania układu na sąsiedztwo obiektów zastosowano podwójne losowanie; najpierw losowo rozmieszczono obiekty na rzędach centralnych poletka a następnie, w drugim etapie losowania, obiekty na rzędach sąsiednich. Układ doświadczenia S00 z trzema centralnymi rzędami stanowił przedłużenie

doświadczenia z poletkami 1-rzędowymi z identycznym schematem rozlosowania obiektów.

Tabela 2

**Ogólna charakterystyka doświadczeń metodycznych z grochem siewnym**  
**Characteristics of experiments with pea**

Symbol doświadczenia Symbol of experiment	Obiekty doświadczalne Treatments	Metodyka doświadczenia Methods of experiment	
		1.	2.
		1.	Układ doświadczenia — Experimental design
		2.	Powierzchnia poletka — Plot size
		3.	Liczba rzędów na poletku — Number of rows per plot
		4.	Jednostka podstawowa — Experimental unit
efekty oddziaływań sąsiedzkich a wysokość roślin neighbour interference effect and plant height			
S95	Pelikan (N)	1.	losowane bloki, obiekty rozlosowano w taki sposób, aby zapewnić niezależne 9 porównań w obrębie par N-S, N-W, S-W randomized blocks,
	Albatros (S)	2.	
	Turkan (W)	3.	
		4.	
efekty oddziaływań sąsiedzkich a różnica wysokości roślin w zależności od wielkości poletka neighbour interference effect and the difference of plant height in relation to plot size			
S94a	Pelikan (N)	1.	losowane bloki, losowanie zgodnie ze schematem Finneya i Quthwaita (za Kempton i Lockwood, 1984) randomized blocks,
	Pegro (N)	2.	
	Albatros (S)	3.	
	Grapis (S)	4.	
	Karo × Delfin (S)	5.	
Turkan (W)	6.	pojedynczy rząd o długości 4 m	
efekty oddziaływań sąsiedzkich w diallelu na konkurencyjność a wielkość poletka neighbour interference effect in diallel design for competition and plot size			
S94b	Pelikan (N)	1.	kwadrat łaciński 5 x 5 (podwójne losowanie)
	Pegro (N)	2.	
	Albatros (S)	3.	
	Turkan (W)	4.	
S00	Pelikan (N)	1.	kwadrat łaciński 5 x 5 (podwójne losowanie)
	Mazurek (N)	2.	
	Albatros (S)	3.	
	Żuraw (S)	4.	
	Kormoran (W)	5.	pojedynczy rząd o długości 4 m

W — Wysoka; high

S — Średnio wysoka; medium high

N — Niska; small

w — Wąskolistna; narrow-leaved

W analizie wyników wykorzystano model dialleliczny analizy wariancji (Williams, 1962; McGilchrist, 1965; Brownie, 1993; Kempton, Fox, 1994), który umożliwia wyznaczenie efektów głównych odmian wysiewanych w centralnej części poletka ( $v_i$ ) oraz efektów oddziaływania odmian wysiewanych na zewnętrznych częściach poletka ( $c_j$ ):

$$y_{ij} = \mu + v_i + c_j + v_i c_j + \varepsilon_{ij},$$

gdzie:

$y_{ij}$  — wartość poletkowa z  $i$ -tego rzędu i  $j$ -tej kolumny,

$\mu$  — średnia ogólnodoświadczenia,  
 $v_i$  — efekt główny odmiany,  
 $c_j$  — efekt sąsiedztwa,  
 $v_i c_j$  — efekt interakcji  
 $\varepsilon_{ij}$  — błąd doświadczenia.

Ponadto, metodą regresji prostej określono zależność między wielkością efektów głównych i efektów sąsiedzkich.

## WYNIKI BADAŃ

### Warunki pogodowe w latach badań

Warunki atmosferyczne wiosną 1994 roku sprzyjały wschodom roślin (tab. 3). Średnia temperatura maja oraz poziom opadów były zbliżone do średniej z wielu lat. Rośliny rozwijały się intensywnie i były wyrównane. W fazę kwitnienia rośliny wchodziły przy umiarkowanej temperaturze powietrza 14°C i bardzo niskich opadach. Deficyt opadów w lipcu, przy jednocześnie wysokich temperaturach (do 38°C) spowodował wyraźne skrócenie fazy rozwoju generatywnego roślin. Na skutek panującej suszy glebowej i atmosferycznej rośliny wcześniej osiągnęły dojrzałość, strąki zawierały niewielką ilość drobnych nasion.

Tabela 3

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

Lata badań Years of study	Miesiące Months				
	IV	V	VI	VII	VIII
średnie miesięczne temperatury powietrza (°C) average monthly air temperatures (°C)					
1994	9,0	12,2	15,7	22,6	18,8
1995	7,7	12,5	17,4	20,2	19,0
2000	10,7	14,0	16,0	15,9	16,9
Średnia 1971–2000 Mean 1971–2000	6,4	12,9	15,9	17,6	17,1
suma opadów w miesiącu (mm) monthly rainfall (mm)					
1994	97	68	36	19	44
1995	19	16	28	41	16
2000	20	53	35	99	111
Średnia 1971–2000 Mean 1971–2000	38	51	84	74	64

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. Czerwiec był suchy, a temperatury powietrza były bardzo wysokie, co miało niekorzystny wpływ na kwitnienie, zawiązywanie strąków i wypełnianie strąków. Taki rozkład temperatur i opadów przyspieszył dojrzewanie i zbiór grochu.

Układ warunków pogodowych w roku 2000 wpłynął korzystnie na przebieg wegetacji roślin grochu. Porównując średnie temperatury i opady tego okresu z danymi odnoszącymi się do teoretycznego zapotrzebowania roślin grochu na wodę należy stwierdzić, że były one niemal optymalne (Jasińska i Kotecki, 1993). Według Paniny (1965) zapotrzebowanie na wodę wynosi: w kwietniu 40 mm przy średniej temperaturze powietrza 8°C, w maju 65 mm przy 13,5°C oraz w czerwcu 45 mm przy 16°C. Można więc przyjąć, że w okresie od siewu roślin w kwietniu do czerwca układ warunków termicznych był optymalny przy jednoczesnym niewielkim niedostatku opadów. Z kolei, obfite opady w lipcu i sierpniu wydłużyły dojrzewanie roślin i opóźniły zbiór, ale równocześnie sprzyjało to dobremu wypełnieniu strąków.

#### **Wysokość roślin a efekty konkurencyjności**

Jedną z przyczyn silnego oddziaływania między roślinami jest różnica w budowie morfologicznej roślin, w tym przede wszystkim różnica w wysokości roślin różnych obiektów doświadczalnych. Duże dysproporcje w wysokości roślin sąsiadujących na poletkach w doświadczeniu mogą być przyczyną pozytywnych i negatywnych efektów konkurencyjności.

W doświadczeniu S95b badano oddziaływania sąsiedzkie między roślinami trzech odmian grochu zróżnicowanych pod względem wysokości roślin. Morfotyp roślin niskich (N) reprezentowała odmiana Pelikan (Pel), średniowysokich (S) — odmiana Albatros (Alb) i wysokich (W) — odmiana Turkan (Tur).

Efekty konkurencyjności, stwierdzone dla obu badanych cech, zależały od porównywanej pary odmian oraz odległości rzędu od poletka z odmianą sąsiadującą, przy czym można przyjąć, że zakres oddziaływania sąsiedzkiego ograniczał się do skrajnego rzędu poletka.

Różnica między wysokością roślin na rzędach skrajnych a średnią wysokością roślin odnotowaną dla rzędów znajdujących się w centrum poletka wahała się od zera dla roślin odmiany Albatros w sąsiedztwie odmiany Pelikan do 30 cm dla roślin odmiany Albatros w sąsiedztwie odmiany Turkan (tab. 4).

Odmiany niższe Pelikan i Albatros znajdowały dobre warunki rozwoju wegetatywnego w sąsiedztwie odmiany wysokiej Turkan, której rośliny na rzędach skrajnych były niższe niż w centrum poletka, odpowiednio o 11 cm w sąsiedztwie odmiany Pelikan i 13 cm w sąsiedztwie odmiany Albatros. W tym przypadku istotne efekty konkurencyjności można tłumaczyć oddziaływaniem warunków środowiska związanych z niedostatkiem opadów w trakcie wegetacji roślin przy jednocześnie wysokich temperaturach powietrza. W takich warunkach rośliny odmian niższych w sąsiedztwie roślin odmiany Turkan znajdowały zacienienie i dłużej utrzymywały wilgoć.

Z analizy analogicznych różnic w plonie nasion wynika, że odmiany niższe Pelikan i Albatros we wzajemnym sąsiedztwie na rzędach skrajnych plonowały lepiej niż na rzędach w centralnej części poletka (tab. 4). W sąsiedztwie odmiany Turkan, o najwyższych roślinach w doświadczeniu, plony nasion notowane dla skrajnego rzędu poletka z odmianą Pelikan były niższe o 54 g, natomiast plon skrajnego rzędu odmiany Albatros był zbliżony do plonów uzyskanych z centralnej części poletka. Odmiana Turkan, pomimo

tęgo, że w sąsiedztwie odmian niższych charakteryzowała się niższymi roślinami, plonowała lepiej na skrajnych rzędach poletka, chociaż w przypadku sąsiedztwa z odmianą Albatros różnicę 71 g można uznać za istotną przy większej tolerancji dla błędów wnioskowania (7%).

Tabela 4

**Wysokość roślin oraz plony nasion z rzędu w doświadczeniu S95 (1995)**  
**Plant height and seed weight per row in experiment S95 (1995)**

Odmiana Variety	Odmiana na poletku sąsiednim Variety in a neighbour plot	Rząd poletka od poletka sąsiedniego Plot row from the neighbour plot					Rząd I minus średnia z rzędów II, III, IV, V Row I minus mean from rows II, III, IV, V
		I	II	III	IV	V	
wysokość rośliny (cm) plant height (cm)							
Pel	Alb	61	55	51	54	55	8
	Tur	66	55	56	54	55	11**
Alb	Pel	86	86	86	87	83	0
	Tur	115	83	83	87	87	30**
Tur	Pel	135	142	150	149	146	-11**
	Alb	133	143	145	147	148	-13**
masa nasion z rzędu (g) seed weight per row (g)							
Pel	Alb	261	190	171	165	178	85**
	Tur	88	106	146	173	143	-54*
Alb	Pel	348	273	254	224	200	110**
	Tur	257	235	229	197	227	35
Tur	Pel	248	209	193	146	160	71
	Alb	298	224	194	163	165	111**

\*, \*\* — Istotność różnic przy  $p < 0,05$  i  $p < 0,01$ ; Significant of differences at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ - respectively

**Różnica wysokości roślin na poletkach sąsiednich a efekty konkurencyjności w zależności od wielkości poletka**

Schemat rozlosowania sześciu genotypów grochu w doświadczeniu S94a zakładał, że każdy z tych obiektów sąsiaduje ze wszystkimi pozostałymi obiektami, łącznie z nim samym. W takim układzie doświadczalnym efekt danego obiektu jest wypadkową dodatniego i ujemnego oddziaływania wszystkich obiektów danego doświadczenia.

Średnie plony z poletka oraz plony poprawione ze względu na różnicę wysokości między danym genotypem a wysokością roślin na poletkach sąsiednich w trzech wariantach wielkości poletka zestawiono w tabeli 5. Analizując różnice w wysokości roślin danego obiektu i wysokości roślin na poletkach sąsiednich w trzech doświadczeniach można przyjąć, że odmiany niskie Pelikan i Pegro na poletkach 1-rzędowych znajdowały korzystniejsze warunki rozwoju w sąsiedztwie odmian wyższych niż na poletkach o większej szerokości. Dokładnie odwrotną relację zanotowano w przypadku najwyższej w doświadczeniu odmiany Turkan, dla której różnica wysokości na poletkach jednorzędowych była niższa niż na poletkach 1- i 2-rzędowych. Pozostałe genotypy Albatros, Karo × Delfin oraz Grapis wykazywały mniejsze wahania różnic wysokości roślin w kolejnych doświadczeniach.



Analiza wariancji wykonana dla plonów nasion z poletka wykazała istotne zróżnicowanie w plonowaniu badanych genotypów, z prawdopodobieństwem  $P = 0,062$ ,  $P = 0,112$  oraz  $P < 0,001$  odpowiednio dla poletek 1-, 2- i 3-rzędowych. Plony nasion rejestrowane z poletka różniły się znacznie od plonów nasion poprawionych ze względu na różnicę wysokości jedynie w przypadku doświadczenia z poletkami 1-rzędowymi. Najwyższe średnie plony nasion z poletka notowano dla odmian o roślinach najwyższych: Grapis i Turkan, najniższe natomiast dla odmian niskich Pelikan i Pegro. Wymienione odmiany, najniższe i najwyższe w doświadczeniu zareagowały największymi zmianami plonu, gdy w analizach uwzględniono różnicę wysokości roślin jako zmienną towarzyszącą. W przypadku poletek 2- i 3-rzędowych, jakkolwiek odnotowano zmiany w kolejności plonów poszczególnych genotypów, to różnice między plonami oryginalnymi i poprawionymi u danego genotypu były minimalne.

Tabela 5

**Średnie plony z poletka oraz plony poprawione ze względu na różnicę wysokości roślin między danym genotypem a wysokością roślin odmian na poletkach sąsiednich**  
**Mean seed yield per plot and yield adjusted due to the difference in plant height between a given genotype and the plant height of varieties in neighbouring plots**

Odmiana (wysokość w cm) Variety (height in cm)	Poletka 1-rzędowe 1-row plot			Poletka 2-rzędowe 2-row plot			Poletka 3-rzędowe 3-row plot		
	średni plon mean	różnica wysokości height difference	plon poprawiony adjusted yield	średni plon mean	różnica wysokości height difference	plon poprawiony adjusted yield	średni plon mean	różnica wysokości height difference	plon poprawiony adjusted yield
Pelikan (44)	228 <sub>(6)</sub>	28	277 <sub>(6)</sub>	730 <sub>(5)</sub>	32	733 <sub>(4)</sub>	915 <sub>(6)</sub>	34	919 <sub>(5)</sub>
Pegro (50)	253 <sub>(5)</sub>	24	295 <sub>(5)</sub>	854 <sub>(1)</sub>	29	857 <sub>(1)</sub>	1145 <sub>(1)</sub>	28	1148 <sub>(1)</sub>
Albatros (70)	334 <sub>(3)</sub>	0	335 <sub>(1)</sub>	732 <sub>(4)</sub>	5	732 <sub>(5)</sub>	917 <sub>(5)</sub>	-1	917 <sub>(6)</sub>
Karo × Delfin (80)	321 <sub>(4)</sub>	-7	309 <sub>(3)</sub>	707 <sub>(6)</sub>	-9	706 <sub>(6)</sub>	1046 <sub>(4)</sub>	-3	1045 <sub>(3)</sub>
Grapis (81)	348 <sub>(2)</sub>	-8	333 <sub>(2)</sub>	769 <sub>(3)</sub>	-8	769 <sub>(3)</sub>	1055 <sub>(2)</sub>	-7	1054 <sub>(2)</sub>
Turkan (114)	372 <sub>(1)</sub>	-39	304 <sub>(4)</sub>	830 <sub>(2)</sub>	-53	824 <sub>(2)</sub>	1049 <sub>(3)</sub>	-54	1043 <sub>(4)</sub>
SE	18,1 <sup>1)</sup>		15,2	38,0		38,8	63,1		62,4
$\hat{b} \pm SD$ (g / cm)	-0,856±0,252			-0,058±0,613			-1,229±0,972		

$\hat{b} \pm SD$  (g / cm) — Współczynnik regresji plonu ze zmienną towarzyszącą; Coefficient of regression with concomitant variable

SE — Błąd standardowy; Standard error

### Wykrywanie efektów sąsiedzkich w układzie diallelicznym

Układ dialleliczny, jakkolwiek typowy w badaniach *stricte* hodowlanych, jest doskonałą techniką pozwalającą na wykrywanie efektów oddziaływania sąsiedzkiego w doświadczeniach polowych. W niniejszych badaniach, układ dialleliczny z pięcioma obiektami zastosowano w trzech doświadczeniach. W doświadczeniu S94b analizowano oddziaływania sąsiedzkie między roślinami pięciu odmian grochu Albatros, Grapis, Pegro, Pelikan i Turkan w warunkach poletek 1-rzędowych. W dwóch doświadczeniach S00, w których badano grupę odmian: Albatros, Kormoran, Mazurek, Pelikan i Żuraw stosowano poletka 1-rzędowe i 3-rzędowe. W celu zapewnienia porównywalności wyników z poletek 1- i 3-rzędowych analizę wyników z poletek 3-rzędowych wykonano na wartościach średnich z trzech rzędów.

W tabelach 6 a, 6 b i 6 c przedstawiono efekty konkurencyjności odmian grochu dla plonu nasion w różnych wariantach odmiany sąsiedzkiej. Dla ułatwienia interpretacji, w tabelach, odmiany uporządkowano według wzrastającej wysokości roślin. Efekty główne odmian (ostatnia kolumna tabeli) odpowiadają przeciętnemu efektowi danej odmiany w sąsiedztwie wszystkich badanych odmian. Z kolei, efekty oddziaływania sąsiedzkiego (ostatni wiersz tabeli) wskazują na przeciętny efekt oddziaływania odmiany na poletkach sąsiednich. Interpretacja danych wewnątrz tabeli pozwala na ocenę składowych efektu głównego i efektu oddziaływania oraz ich interakcji.

Generalnie, w doświadczeniach o poletkach 1-rzędowych efekty główne i efekty oddziaływania sąsiedzkiego były silniejsze niż w doświadczeniu o poletkach 3-rzędowych. W warunkach poletek 1-rzędowych efekty konkurencyjności wahały się od -95 g do 111,3 g w doświadczeniu S94b i od -82 g do 161 g w doświadczeniu S00. Procentowo wartości te odpowiadają zakresowi wahań od -25% do 29% (S94b) i od -21% do 42% (S00) średniego plonu odmian. Na poletkach 3-rzędowych (S00) wartości skrajne określały przedział od 31 g do 44 g, co odpowiada wahaniom w zakresie od -9% do 13% średniego plonu.

Zwykle, im wyższe były rośliny danej odmiany tym większy był efekt główny oraz niższy efekt oddziaływania. Oznacza to, że rośliny wyższe "korzystały" z sąsiedztwa roślin niższych (efekt główny) oraz były konkurencyjne jako odmiany sąsiednie (efekt oddziaływania).

W przypadku roślin niższych efekty konkurencyjności nie były tak jednoznaczne jak w przypadku odmian o roślinach wyższych. Zacienianie przez odmiany wyższe, lub wyleganie odmian wyższych może być główną przyczyną redukcji plonu sąsiadujących roślin, co ujawnia się szczególnie silnie przy niekorzystnym układzie warunków klimatycznych (Gomez i Gomez, 1984).

W doświadczeniu S00 z poletkami 1-rzędowymi ze względu na efekty konkurencyjności można wyróżnić dwie grupy odmian. Pierwszą z nich stanowiły odmiany Albatros, Pelikan i Mazurek, które wykazywały silne ujemne efekty w plonie nasion, natomiast drugą grupę stanowiły odmiany Kormoran i Żuraw odznaczające się silnymi dodatnimi efektami (tab. 6 b). Efekty główne odmian pokrywały się z przeciwnymi efektami oddziaływania sąsiedzkiego, chociaż zakres wahań efektów oddziaływania sąsiedzkiego był zdecydowanie mniejszy niż efektów głównych. Powyższe spostrzeżenia można odnieść również do wyników doświadczenia S00 z poletkami 3-rzędowymi, gdzie ogólna relacja między efektami konkurencyjności poszczególnych odmian została zachowana.

Odmiany Pelikan i Albatros, będące w tym czasie w doborze odmian zalecanych dla rejonu północno-wschodniej Polski, wysiewano w obu doświadczeniach S94b i S00. Efekty konkurencyjności odmiany Pelikan były podobne niezależnie od doświadczenia, podczas gdy efekty odmiany Albatros w analizowanych dwu doświadczeniach były zdecydowanie różne. Wskazuje to na fakt, że warunki siedliskowe, w tym głównie warunki klimatyczne mogą modyfikować sposób przejawiania się konkurencyjności międzyodmianowej.

W doświadczeniu S94b ujemnie na odmianę Albatros oddziaływała jedynie wysoka odmiana Turkan, natomiast dodatnio wszystkie pozostałe odmiany. Wysoki ujemny efekt główny odmiany Albatros (-102) w doświadczeniu S00 przy jednocześnie umiarkowanym dodatnim efekcie (22) tej odmiany jako sąsiedniej wskazuje na dużą wrażliwość tej odmiany wobec innych odmian w warunkach dostatecznej ilości opadów. Konkurencyjną wobec odmiany Albatros okazała się przede wszystkim niska odmiana Mazurek (-73) oraz w mniejszym stopniu odmiany wyższe Żuraw (-10) i Kormoran (-20). Jednocześnie odmiany Żuraw (-91) i Kormoran (-33) plonowały lepiej w sąsiedztwie odmiany Albatros. Podobne relacje dla odmiany Albatros (S00), chociaż w dużo mniejszej skali, dotyczyły analizy średniej z trzech rzędów (tab. 6 c) zarówno w odniesieniu do efektu głównego, jak i efektu oddziaływania.

Tabela 6

**Komponenty plonu nasion odmian grochu w układzie diallelicznym doświadczenia S94b (a) i doświadczenia S00 z poletkami 1-rzędowymi (b) i 3-rzędowymi (c)**  
**Yield components in diallel design for competition in experiments S94b (a) and S00 with 1-row plots (b) and 3-row plots (c)**

a) Poletko 1-rzędowe (SE = 21,6) — 1-row plot											
Odmiana Variety	Odmiana na rzędach sąsiednich Variety in neighbour rows										Efekt główny Main effect
	Pelikan (45)		Pegro (48)		Albatros (73)		Grapis (81)		Turkan (116)		
Pelikan	360	16,6	367	-17,3	241	-14,8	290	27,6	163	-12,1	-95,0
Pegro	394	8,3	480	52,9	324	25,4	239	-65,7	197	-20,9	-52,2
Albatros	482	0,9	545	23,5	378	-16,0	423	23,4	281	-31,8	42,7
Grapis	417	-14,6	436	-36,0	333	-11,5	372	21,4	304	40,7	-6,8
Turkan	538	-11,1	567	-23,1	479	16,9	462	-6,7	405	24,1	111,3
Efekt sąsiedzki Neighbour effect	59,1		100,0		-28,0		-21,9		-109,2		

b) Poletko 1-rzędowe (SE = 25,9) — 1-row plot											
Odmiana Variety	Odmiana na rzędach sąsiednich Variety in neighbour rows										Efekt główny Main effect
	Mazurek (70)		Pelikan(71)		Albatros (72)		Żuraw (75)		Kormoran (78)		
Mazurek	366	-19	311	-45	384	32	193	-50	400	82	-52
Pelikan	461	105	261	-65	351	28	171	-43	263	-26	-82
Albatros	263	-73	344	38	367	64	184	-10	249	-20	-102
Żuraw	619	21	517	-52	475	-91	565	109	543	12	161
Kormoran	478	-34	605	123	447	-33	364	-6	395	-49	75
Efekt sąsiedzki Neighbour effect	54		25		22		-88		-13		

c) Poletko 3-rzędowe; średnia z trzech rzędów (SE = 15,4) — 3-row plot; mean from three rows of the plot											
Odmiana Variety	Odmiana na rzędach sąsiednich Variety in neighbour rows										Efekt główny Main effect
	Mazurek (70)		Pelikan(71)		Albatros (72)		Żuraw (75)		Kormoran (78)		
Mazurek	311	-17	359	-7	293	-29	332	38	317	15	-4
Pelikan	306	/5	393	53	226	-69	342	74	212	-63	-30
Albatros	173	-128	464	124	280	-15	291	23	270	-5	-31
Żuraw	486	110	285	-130	421	51	251	-92	412	61	44
Kormoran	383	30	352	-40	408	62	276	-43	317	-9	21
Efekt sąsiedzki Neighbour effect	6		44		-1		-28		-21		

Wyniki doświadczenia S00 z poletek 1- i 3-rzędowych ujęto we wspólnej analizie, aby określić relację między efektem danej odmiany w sąsiedztwie pozostałych odmian a siewem czystym odmiany, rozumianym jako siew odmiany we własnym sąsiedztwie. Można więc przyjąć, że rozważa się tutaj efekty sąsiedzkie na poletkach 1-rzędowych. Procentowo wyrażoną relację między efektem danej odmiany w sąsiedztwie pozostałych odmian a sąsiedztwem „własnym” dla wysokości roślin i plonu nasion przedstawiają dane zamieszczone w tabeli 7.

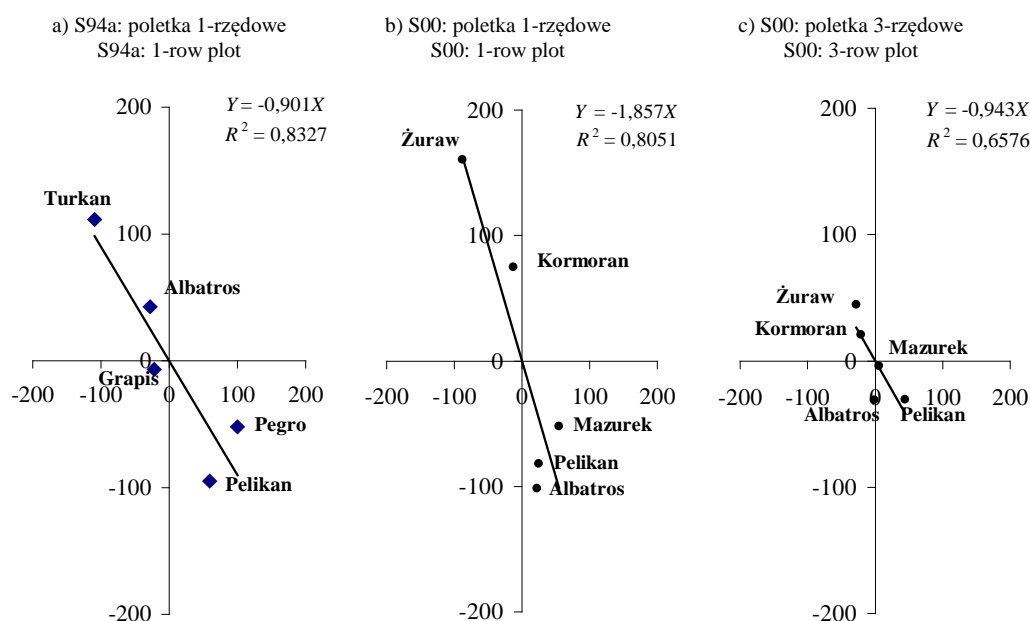
Tabela 7

Średni efekt wysokości roślin i plonu nasion odmian grochu w sąsiedztwie pozostałych odmian w relacji do siewu czystego (w procentach)

Average effect of plant height and seed yield of pea varieties in the neighbourhood of varieties, in relation to the pure sowing (in %)

Cechy Traits	Odmiany Varieties				
	Mazurek	Pelikan	Albatros	Żuraw	Kormoran
Wysokość rośliny (cm) Plant height (cm)	0	0	1	1	-6*
Plon nasion (g/rząd) Seed weight (g/row)	-10	-7	15	41*	53*

\* Istotne przy  $\alpha = 0,05$ ; Significant at  $\alpha = 0.05$



Rys. 1. Relacja między efektem oddziaływania sąsiedzkiego (X) a efektem głównym (Y) w doświadczeniach S94a (a) i S00 (b, c)

Fig. 1. The relationship between of neighbour effect (X) and main effect (Y) in experiments S94a (a) and S00 (b, c)

Wysokość roślin jako relacja między obydwoma efektami była praktycznie taka sama, z wyjątkiem odmiany Kormoran, której rośliny w sąsiedztwie pozostałych odmian były istotnie niższe niż w sąsiedztwie roślin tej samej odmiany. W przypadku plonu nasion istotnie wyżej w otoczeniu pozostałych odmian plonowały dwie odmiany o roślinach wyższych — Żuraw i Kormoran.

Efekty konkurencyjności obliczone według układu diallelicznego wykorzystano w analizie regresji (rys. 1). Proste regresji między efektami oddziaływania sąsiedzkiego a efektami głównymi badanych odmian wyznaczone dla poletek 1-rzędowych dowodzą, że im większy był efekt oddziaływania sąsiedzkiego tym mniejszy był efekt główny. Interpretacja tego stwierdzenia w kategoriach konkurencyjności międzyodmianowej oznacza, że im większa jest konkurencyjność odmiany wysiewanej na poletkach sąsiednich, tym większy jest jej efekt główny i odwrotnie.

#### PODSUMOWANIE I Dyskusja Wyników

W doświadczeniu S95b badano efekty sąsiedzkie między trzema morfotypami roślin grochu: niskich, średnio-wysokich i wysokich. Odmiany niższe znajdowały dobre warunki rozwoju w sąsiedztwie odmiany wysokiej, co jak można przypuszczać miało związek z układem warunków klimatycznych (wysokie temperatury powietrza i niedobór opadów). Zakres oddziaływania sąsiedzkiego ograniczał się do skrajnego rzędu poletka.

Jensen i Federer (1964) analizując dane ze szkółek hodowlanych z pszenicą, stwierdzili pewien typ konkurencyjności związany z wysokością roślin. Odmiana kontrolna w sąsiedztwie pozostałych rodów reagowała silnym spadkiem plonu wraz ze wzrostem wysokości roślin testowanych rodów. W konkluzji wymienieni autorzy stwierdzili, że efekty konkurencyjności między rodami o różnej wysokości nie są kompensowane ekwiwalentnie, to znaczy tak, że odmiana wysoka korzysta z sąsiedztwa odmiany niskiej w takim samym stopniu jak odmiana niska traci w stosunku do odmiany wyższej, co sprawia, że ostatecznie średni efekt jest taki sam. Dlatego też, w praktyce wymienieni autorzy zalecają wysiewanie przemienne wysokich i niskich rodów pszenicy. Podkreślają ponadto, że ten typ konkurencyjnej współzależności może mieć duże znaczenie w prowadzeniu odmian wieloliniowych.

Według Clarka i wsp. (1998), plon roślin z poletek sąsiadujących z genotypami wyższymi będzie zwykle mniejszy niż plon roślin z poletka, które sąsiaduje z poletkiem o takich samych roślinach, i odwrotnie, plon roślin wyższych w sąsiedztwie roślin niższych będzie większy. W niniejszych badaniach wymienione relacje nie były tak jednoznaczne, a główną przyczyną tych rozbieżności mogła być panująca susza. Analizując różnicę wysokości roślin na poletkach sąsiednich i efekt konkurencyjności w plonie w zależności od wielkości poletka (poletka 1-, 2- i 3-rzędowe) w doświadczeniu S94a zbalansowanym na sąsiedztwo stwierdzono, że odmiany niskie na poletkach 1-rzędowych znajdowały dogodne warunki do rozwoju w sąsiedztwie odmian wyższych. Z kolei, najwyższa w doświadczeniu odmiana Turkan zareagowała odwrotnie, że wzrostem wielkości poletka plony tej odmiany malały. W doświadczeniu o poletkach jednorzędowych największe

średnie plony z poletka odnotowano dla odmian o najwyższych roślinach, najmniejsze natomiast dla odmian o roślinach niskich.

W celu wykrycia efektów oddziaływania sąsiedzkiego w doświadczeniach S94b i S00 rozlosowanie obiektów w kwadracie łacińskim 5 x 5 pozwoliło na otrzymanie układu diallelicznego, w których dany obiekt otaczały wszystkie badane obiekty, łącznie z nim samym. W doświadczeniach o poletkach 1-rzędowych efekty główne odzwierciedlające przeciętny efekt odmiany w sąsiedztwie badanych odmian i efekty oddziaływania sąsiedzkiego odzwierciedlające przeciętny efekt odmiany na poletku sąsiednim były silniejsze niż w doświadczeniu o poletkach 3-rzędowych. Procentowo efekty konkurencyjności na poletkach 1-rzędowych wahały się od -25% do 29% (S94b) i od -21% do 42% (S00) w stosunku do średniego plonu odmian. Rośliny wyższe "korzystały" z sąsiedztwa roślin niższych (efekt główny) oraz były zwykle konkurencyjne jako odmiany sąsiednie (efekt oddziaływania sąsiedzkiego).

Wyniki doświadczeń Clarka i wsp. (1998 a) z genotypami pszenicy prowadzonymi w diallelu na konkurencyjność wskazują, że gdy genotypy różniły się wysokością, oddziaływania międzypoletkowe stawały się istotnym źródłem błędu. Potwierdzeniem powyższego spostrzeżenia są także badania Kiesselbacha (1923), Stadlera (1921) oraz Hartwiga i in. (za Gomezem, 1972), którzy na podstawie doświadczeń z soją wysiewaną na poletkach 1-rzędowych stwierdzili, że porównanie odmian soi na podstawie analizy plonów z poletek jednorzędowych nie było wystarczająco dokładne.

Reasumując wyniki badań własnych i ich dyskusję należy stwierdzić, że doświadczenie polowe sprzyja występowaniu efektów konkurencyjności. Wynikają one z układu polowego doświadczenia, wielkości poletek, zróżnicowania morfologicznego i fizjologicznego badanych obiektów oraz wpływu czynników siedliskowych.

#### WNIOSKI

1. Konkurencyjność roślin jest faktem praktyki doświadczeń polowych z grochem i na etapie planowania doświadczeń powinna być zawsze rozważana.
  2. Wielkość oddziaływań sąsiedzkich między poletkami, na których wysiano genotypy grochu o różnej wysokości roślin, zależy od wielkości poletka. Im większe są poletka tym mniejsze jest obciążenie wyników efektami konkurencyjności.
  3. W warunkach doświadczeń hodowlanych, w tym szczególnie doświadczeń o poletkach 1-rzędowych, efekt konkurencyjności danego genotypu w określonym układzie czynników siedliskowych może się zmieniać, przez co zmianie ulegają wzajemne relacje w zespole badanych genotypów analizowanych z punktu widzenia badanych cech.
- W warunkach wysokich temperatur i deficytu opadów genotypy o roślinach niższych mogą korzystać z sąsiedztwa roślin wysokich.
  - Efekty różnej agresywności genotypów ujawniają się wtedy, gdy rośliny nie tylko korzystają z sąsiedztwa innych genotypów, ale także są dla nich konkurencyjne jako rośliny sąsiedzkie.

4. W doświadczalnictwie hodowlanym z grochem efekty konkurencyjności roślin mogą rzutować na ostateczne oceny obiektowe. Z tego powodu, na etapie planowania doświadczenia, niezbędne są rozważania na temat potencjalnych efektów konkurencyjności i ewentualne uwzględnienie metod technicznych i/lub statystycznych, pozwalających na ograniczenie lub wyeliminowanie niekorzystnego wpływu konkurencyjności roślin na wyniki doświadczenia.

#### LITERATURA

- Brownie C., Bowman D. T., Burton J. 1993. Estimating spatial variation in analysis of data from field trials: a comparison of methods. *Agron. J.*, 85: 1244 — 1523.
- Clarke F. R., Baker R. J., DePauw R. M. 1998 a. Interplot interference distorts yield estimates in spring wheat. *Crop Sci.*, 38: 62 — 66.
- Clarke F. R., Baker R. J., DePauw R. M. 1998 b. Using height to adjust for interplot interference in spring wheat yield trials. *Canadian J. Plant Sci.*, 169 — 174.
- 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.
- Hayes H. K., Arny A. C. 1917. Experiments in field technique in rod row tests. *J. Agr. Res.*, 11: 399 — 419.
- Jensen N. F., Federer W. T. 1964. Adjacent row competition in wheat. *Crop Sci.* 4: 641 — 645.
- Kempton R. A., Fox P. 1994. *Statistical methods for plant variety evaluation*. Chapman and Hall, London.
- Kempton R. A., Gregory R. S., Hughes W. G., Stoehr P. J. 1986. The effect of interplot competition on yield assessment in triticales trials. *Euphytica*, 5: 257 — 265.
- 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., Leonard W. H., Clark A. G. 1962. *Field plot technique*. Bungess Publishing Co. Minneapolis, Minn., 105 — 128.
- Rudnicki F. 1992. *Doświadczalnictwo rolnicze*. Wyd. ATR Bydgoszcz, 16 — 189.
- Trętowski J., Wójcik A. R. 1988. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. WSRP Siedlce.
- Van der Plank J. E. 1963. *Plant diseases in biological warfare. Epidemics and control*. Academic Press. New York and London.
- Wilkinson G. N., Eckert S. R., Hancock T. W., Mayo O. 1983. Nearest neighbour (NN) analysis of field experiments. *J. R. Statist. Soc.*, B 45: 151 — 211.
- Williams E. J. 1962. The analysis of competition experiments. *Australian J. Biol. Sci.*, 15: 509 — 25.
- Załęski E. 1927. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Wyd. Rozp. Biol., 1. Lwów.