

FRANCISZEK RUDNICKI**LECH GAŁĘZEWSKI**Katedra Podstaw Produkcji Roślinnej i Doświadczalnictwa
Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

Efekty oddziaływań brzegowych w doświadczeniach z owsem wysiewanym w różnych gęstościach

Border effect in experimental study with sowing rate of oat

W latach 2002–2004 badano efekty oddziaływań brzegowych na poletkach doświadczalnych z uprawą owsa w czterech gęstościach siewu (140, 280, 420 i 560 ziaren/m²). Poletka rozdzielone były ścieżkami o szerokości 30 cm. Wykazano, że rośliny owsa rosnące w skrajnych rzędach sąsiadujących z ścieżką rozdzielającą poletka doświadczalne wytwarzają większą biomasę, wyższe źdźbła, dorodniejsze wiechy, silniej się krzewią i lepiej plonują niż rośliny rosnące w zwartym łanie wnętrza poletek. Najsilniej efekt taki ujawnił się w świeżej masie pojedynczych roślin, plonie ziarna oraz krzewieniu produkcyjnym owsa. Na glebie kompleksu żytanego dobrego nasilenie oddziaływań brzegowych na poletkach doświadczalnych jest duże i zależy od warunków meteorologicznych w sezonie wegetacyjnym owsa, a największe wartości osiąga w warunkach posusznych. Wraz z zagęszczaniem siewu owsa od 140 do 420 ziaren·m⁻² zwiększały się efekty oddziaływań brzegowych na poletkach doświadczalnych, natomiast nie wzrastały one przy większej gęstości siewu (560 ziaren·m⁻²). Przy zbiorze plonu z całych poletek efekty oddziaływań brzegowych znacząco wpływały na ocenę rzeczywistego plonu ziarna owsa w doświadczeniach, powodując zawyżenie tej oceny średnio o 0,88 t·ha⁻¹ (o 20,5%). Zmniejszeniu błędu oceny plonu ziarna owsa w doświadczeniach sprzyja stosowanie możliwie dużych jednostek eksperymentalnych o kształcie zbliżonym do kwadratu lub zbieranie plonu z pominięciem rzędów skrajnych poletek przylegających do ścieżek.

Słowa kluczowe: efekty oddziaływań brzegowych, gęstość siewu, owies, plon

The experimental trials on the border effect occurring in oat plots were carried out in 2002–2004. Four various densities of oat: 140, 280, 420 and 560 seed per m² were investigated and the plots were separated with 30 cm wide paths. The oat individuals planted in the marginal rows adjacent to the path produced: greater biomass, longer stems, more abundant panicles, more productive tillers and they yielded higher than the oat in the center of the plots. The strongest response was noticed on the green biomass, grain yield and productive tillering. The border effects on the rye type good soil varied significantly in seasons with different rainfalls and were maximized in the drought. The increasing density from 140 to 420 of oat seed per m² favoured the border effect, but there was no further reaction when oat was planted as 560 seed per m². The assessment of yield on the harvested plots was overdone by the border effects giving 20.5% higher estimation (0.88 t·ha⁻¹) than the real yield. To minimize the

border effect in trials with oat experimental plots should be large and of square shape or the rows adjacent to the paths should stay not harvested.

Key words: border effect, sowing rate, oat, yield

WSTĘP

Zjawisko większej dorodności roślin sąsiadujących bezpośrednio ze ścieżką rozdzielającą poletka doświadczalne lub powstałą w łanie roślin na skutek przejazdów kół maszyn rolniczych, niż we wnętrzu łanu, znane jest jako efekt brzegowy (ang. border effect, nonplanted borders) i wskazuje na nie wielu autorów (Braun, 1978; Gomez i Gomez, 1984; Hulbert i Remsberg, 1927; Niemczyk i Radecki, 1993; Pacewicz, 2000; Stawiana-Kosiorek i in., 2003). Zjawisko to wynika z większej dostępności roślin do zasobów limitujących ich wzrost i mniejszej konkurencji roślin o te zasoby w sąsiedztwie ścieżek niż wewnątrz zwartego łanu. O ile efekty oddziaływań brzegowych nie mają znaczenia w praktyce produkcyjnej uprawy roślin, to w doświadczeniach wykonywanych na poletkach o małej powierzchni są one jednym ze źródeł zmienności mogących wpływać na wielkość błędu doświadczalnego, wiarygodność oceny efektów obiektowych i na ocenę cech roślin. Duże efekty oddziaływania brzegowego występują zwykle tylko na jednym lub dwóch rzędach przylegających do ścieżki, ale mogą istotnie zniekształcać ocenę faktycznego plonu roślin (Pacewicz, 2000; Stawiana-Kosiorek i in., 2003). Tendencja do zmniejszania wielkości poletek doświadczalnych skutkuje wzrostem udziału rzędu brzegowego poletka w całej jego powierzchni a tym samym wzrasta jego wpływ na zawyżenie plonu zbieranego z całego poletka (Filipiak i Krzymuski, 1996).

Zwiększanie gęstości siewu roślin zbożowych w zwartym łanie powoduje mniejszą dorodność roślin na skutek zmniejszania przestrzeni bytowej każdej pojedynczej rośliny i nasilającej się wskutek tego konkurencji międzyosobniczej o zasoby środowiskowe. Przejawia się to zwykle redukcją liczby ziaren w owocostanie i dorodności ziarna, lecz równocześnie zwiększa się liczba pędów produkcyjnych przypadających na jednostkę powierzchni. Stąd plon ziarna jest wypadkową tych reakcji roślin na gęstość siewu (Kozłowska-Ptaszyńska i in., 2001). W doświadczeniach rośliny sąsiadujące ze ścieżką nie mają konkurentów od strony ścieżki i korzystają z jej zasobów. Dlatego przyjęto hipotezę, że w doświadczeniach z uprawą owsa występują efekty brzeżne i zwiększają się one wraz ze wzrostem obsady roślin. Od tych efektów oraz od udziału powierzchni rzędów skrajnych poletka w całej jego powierzchni zależy stopień zawyżenia rzeczywistego plonu ziarna przy zbiorze z całego poletka. Przyjęto możliwość symulacji wpływu efektów brzegowych na wyniki doświadczeń wykonywanych na poletkach o różnej wielkości i kształcie.

Celem niniejszej pracy jest poznanie efektu brzegowego ujawniającego się w cechach roślin owsa oraz jego wpływu na ocenę plonu ziarna z poletek, przy różnej gęstości siewu owsa, po to aby móc uwzględniać efekty brzegowe w planowaniu i technice wykonania doświadczeń dotyczących tej rośliny.

MATERIAŁ I METODY

Materiał źródłowy do niniejszej pracy stanowią dane z doświadczenia polowego, wielokrotnego, wykonywanego w latach 2002–2004 w Stacji Badawczej Mochełek k/Bydgoszczy, na glebie lekkiej, kompleksu żytniego dobrego, klasy bonitacyjnej IVb. Czynnikiem doświadczalnym pierwszego rzędu (A) była gęstość siewu owsa na czterech poziomach (140, 280, 420 i 560 ziaren·m⁻²). Czynnikiem drugiego rzędu (B) była lokalizacja roślin owsa na poletku doświadczalnym (rzędy brzeżne i rzędy środkowe). Jako brzeżne traktowano rzędy roślin (z obu stron poletka) bezpośrednio sąsiadujące ze ścieżką rozdzielającą jednostki doświadczalne.

Przedplonem doświadczenia był jęczmień jary. Nawożenie fosforem i potasem stosowano przedsięwzięcie w dawkach 70 kg P₂O₅ i 80 kg K₂O, łącznie z pierwszą dawką azotu w ilości 30 kg·ha⁻¹. Pozostałą część azotu (30 kg·ha⁻¹) stosowano w fazie strzelania w źdźbło. Owies odmiany Hetman wysiewano w rzędach o rozstawie 12,5 cm, na poletkach o wymiarach 1,5 × 12 m (18 m²) w 4 powtórzeniach. Szerokość ścieżek między poletkami wynosiła 30 cm.

Warunki meteorologiczne w latach badań różniły się wyraźnie, zwłaszcza pod względem rozkładu opadów atmosferycznych w sezonach wegetacyjnych owsa (tab. 1).

Tabela 1

Sumy opadów (mm) w latach realizacji badań na tle wielolecia
Rainfalls (mm) in the vegetation periods

Miesiąc Month	Rok Year			Średnio Mean 2002–2004	Średnio Mean 1996–2004
	2002	2003	2004		
Kwiecień — April	17,7	18,5	32,1	22,8	26,1
Maj — May	111,5	18,1	54,4	61,3	65,8
Czerwiec — June	31,3	30,4	39,6	33,8	47,9
Lipiec — July	77,9	106,2	53,5	79,2	87,6
Razem — Total	238,4	173,2	179,6	197,1	227,4

W 2002 roku suma opadów w okresie kwiecień-lipiec była zbliżona do średniej wieloletniej, ale z dużą ich ilością w miesiącach maj i lipiec. W 2003 roku od kwietnia do końca czerwca trwała silna posucha, a duże ilości opadów wystąpiły dopiero w lipcu, zwłaszcza w ostatniej jego dekadzie. Rok 2004 cechował się umiarkowaną sumą opadów w okresie wegetacyjnym, ale ich rozkład w czasie był względnie równomierny.

Pomiary cech owsa wykonywano osobno na roślinach rosnących w rzędach brzeżnych oraz w rzędach środkowych poletek. Próby z rzędów brzeżnych pobierano z obu stron poletka, a próby z rzędów środkowych pobierano z 8 rzędów wykluczając cztery rzędy skrajne. W fazie dojrzałości mleczonej ziarna owsa wykonano pomiary świeżej masy pojedynczej rośliny, obsady pędów produkcyjnych i wysokości roślin, a w fazie dojrzałości pełnej dokonano pomiaru masy ziarna z wiechy oraz plonu ziarna. Na podstawie plonów z rzędów skrajnych oraz z rzędów środkowych poletek wyznaczano efekty oddziaływań brzegowych plonu ziarna. Dokonywano też ocen plonu ziarna z całych poletek, które posłużyły do przeliczenia plonów na tony z 1 ha i porównania plonów ocenianych na

podstawie zbioru z całych poletek oraz z pominięciem roślin rosnących na skraju poletek o szerokości 12,5 cm.

W opracowaniu danych dokonywano porównań wartości bezwzględnych i względnych cech owsa rosnącego w rzędach skrajnych oraz w rzędach środkowych. Do ocen istotności różnic zastosowano analizy wariancji właściwe dla układu losowanych podbloków z testem Tukeya. Analizy wariancji doświadczenia wielokrotnego wykonano w modelu mieszanym (lata losowe, czynniki stałe). Szacunku stopnia zawyżenia plonu ziarna, wynikającego z efektów oddziaływań brzegowych, dokonano uwzględniając różne wielkości i kształty poletek oraz gęstości siewu owsa. W wyliczeniach tych brano pod uwagę wielkości efektów brzegowych stwierdzone doświadczalnie oraz w każdym przypadku stosunek powierzchni zajmowanych przez rośliny z obwodu poletka podlegające efektowi brzegowemu (o szerokości 12,5 cm) do pozostałej (wewnętrznej) powierzchni poletka.

WYNIKI I DYSKUSJA

Rośliny owsa rosnące na obrzeżach poletek doświadczalnych, korzystając z większej przestrzeni i braku sąsiedztwa konkurentów na ścieżkach, okazały się znacznie dorodniejsze niż rośliny rosnące w zwartym łanie wnętrza poletek. Ten efekt oddziaływań brzegowych, ujawnił się w takich cechach jak: wysokość roślin, krzewistość produkcyjna, obsada pędów kłosonośnych, masa pojedynczej rośliny, masa ziarna z wiechy, plon ziarna. Wartości wszystkich tych cech roślin owsa rosnących w rzędach brzeżnych poletek doświadczalnych były istotnie większe niż wewnątrz poletek. Zagęszczanie siewu owsa zwiększało skutki oddziaływań brzegowych. Jednak udowodnione współdziałania gęstości siewu i usytuowania roślin na poletkach (brzeg, środek) wystąpiły tylko w przypadku wysokości roślin, masy ziarna z wiechy oraz plonu ziarna, a pozostałe cechy podlegały niezależnemu wpływowi tych czynników (tab. 2).

Tabela 2

Statystyczna istotność reakcji owsa na gęstość siewu (A), oddziaływania brzegowe (B) oraz lata badań (L)
Statistical significance of the oat response to sowing rate (A), border effect (B) and years (L)

Cecha — Characteristic	Czynnik — Factors					
	A	B	A × B	L × A	L × B	L × A × B
Masa rośliny Plant weight	**	**	—	*	—	—
Wysokość roślin Plant length	**	**	**	—	**	—
Rozkrzewienie produkcyjne, Productive tillering	**	**	—	—	**	—
Obsada wiech Panicle density	*	**	—	**	—	—
Masa ziarna z wiechy Weight of grain per panicle	**	**	**	—	—	—
Plon ziarna Grain yield	**	**	*	*	*	—

*, ** Istotność funkcji testowej $F_{emp.}$, gdy $P < 0,05$ i $P < 0,01$; Significance of the $F_{emp.}$ testing function at $P < 0,05$ and $P < 0,01$

Rośliny owsa w rzędach przylegających do ścieżek wykształcały zdecydowanie większą biomasa niż wewnątrz poletek. Świeża masa pojedynczych roślin okazała się średnio 2,3-krotnie większa w pierwszym przypadku niż w drugim (tab. 3). Wraz ze zwiększaniem gęstości siewu owsa wyraźnie zmniejszała się masa jego roślin, ale nie wpływało to w stopniu istotnym na skutki oddziaływań brzegowych, pomimo że wystąpiła tendencja tym większego efektu brzegowego im większa była gęstość siewu. Efekt ten pozostawał natomiast w związku z warunkami meteorologicznymi okresu wegetacyjnego lat badań. W roku 2003 cechującym się długim okresem posusznym nasilenie tego zjawiska było szczególnie duże. Wówczas rośliny mające do dyspozycji zasoby wody w glebie z powierzchni ścieżek wytworzyły aż 3,3-krotnie większą biomasa aniżeli rośliny konkurujące ze sobą o ten czynnik wewnątrz łanu. Natomiast w latach 2002 i 2004, o ilościach opadów zbliżonych do przeciętnych wieloletnich, dysproporcja ta była mniejsza i nie przekraczała 100%.

Tabela 3

Porównanie masy pojedynczej rośliny owsa rosnącego w rzędach brzeżnych i w rzędach środkowych poletek (g)
Comparison of oat plant weight between individuals growing in the border and in the central rows of plots (g)

Lokalizacja roślin Plant localization	Rok Year			Średnia Mean
	2002	2003	2004	
Brzeg poletka Plot border	24,7	28,8	23,3	25,6
Środek poletka Plot centre	12,5	8,8	12,9	11,4
Średnia Mean	18,6	18,8	18,1	18,5
NIR _(p = 0,05)				
LSD _(p = 0,05)	3,5	6,6	3,8	2,6
Efekt brzegowy Border effect	12,2 g 97,6%	20,0 g 227,3%	10,4 g 80,6%	14,2 g 124,6%

Masa pojedynczych roślin owsa wynika w znacznej części z liczby wytworzonych źdźbeł przez krzewiące się rośliny. W rzędach przylegających do ścieżek rozkrzewienie roślin było o 42,4–126% większe niż roślin w środkowych rzędach poletek (tab. 4). Takie różnice w krzewieniu się roślin, różnie zlokalizowanych na powierzchni poletek, stwierdzano w poszczególnych latach badań, przy czym wpływ warunków panujących w tych latach był podobny jak w przypadku masy pojedynczych roślin owsa. Toteż w 2003 roku efekt brzegowy krzewienia produkcyjnego roślin był około 3-krotnie większy niż w pozostałych latach. Zwiększenie intensywności krzewienia produkcyjnego w rzędach brzegowych dotyczy także innych gatunków zbóż, a u jęczmienia stwierdzili to Niemczyk i Radecki (1993).

Wraz z zagęszczaniem siewu od 140 do 560 ziaren·m⁻² następowało zmniejszanie się rozkrzewienia roślin, silnie zwłaszcza (o 59%) w przedziale 140–280 ziaren·m⁻². Jednak ta redukcja krzewistości następowała w podobnym stopniu u roślin w rzędach skrajnych

jak i rosnących wewnątrz poletek. Dlatego nie udowodniono wpływu gęstości siewu na efekt brzegowy krzewienia, a jedynie tendencję nasilania się tego zjawiska wraz z zagęszczaniem siewu.

Tabela 4

Porównanie współczynnika rozkrzewienia produkcyjnego roślin owsa rosnących w rzędach brzeżnych i w rzędach środkowych poletek (kłosów $\times$ roślina⁻¹)
Comparison of productive tillering coefficients between oat individuals growing in the border and in the central rows of plots (panicles $\times$ plant⁻¹)

Lokalizacja roślin Plant localization	Rok Year			Średnia Mean
	2002	2003	2004	
Brzeg poletka Plot border	1,89	2,78	1,68	2,12
Środek poletka Plot centre	1,31	1,23	1,18	1,24
Średnia Mean	1,60	2,00	1,43	1,68
NIR _(p = 0,05)				
LSD _(p = 0,05)	0,19	0,48	0,13	0,40
Efekt brzegowy Border effect	0,58 szt. 44,3%	1,55 szt. 126,0%	0,50 szt. 42,4%	0,88 szt. 71,0%

Gęstość siewu i krzewistość produkcyjna roślin decydują o obsadzie wiech owsa na jednostce powierzchni. Ta obsada wzrastała naturalnie wraz z gęstością siewu i była każdorazowo większa w rzędach skrajnych niż środkowych poletek, średnio o 44,7% (tab. 5).

Tabela 5

Obsada wiech owsa (szt. $\cdot$ m⁻²) w rzędach brzeżnych i w rzędach środkowych poletek doświadczalnych. Średnio z lat 2002–2004
Stand density (panicles $\cdot$ m⁻²) of oat in the border and in the central rows of plots. Mean of 2002–2004

Lokalizacja roślin Plant localization (B)	Gęstość siewu (szt. $\times$ m ⁻²) Sowing rate (seed $\times$ m ⁻²) (A)				Średnio Mean
	140	280	420	560	
Brzeg poletka Plot border	339	455	548	619	490
Środek poletka Plot centre	232	293	381	448	339
Średnio Mean	285	374	465	533	414
NIR _(p = 0,05) / LSD _(p = 0,05) dla / for : A = 137; B = 35; A $\times$ B = n.i.					
Efekt brzegowy Border effect	107 szt. 45,9%	162 szt. 55,1%	167 szt. 43,8%	171 szt. 38,1%	151 szt. 44,7%

Na poletkach doświadczalnych najbardziej widoczną cechą odzwierciedlającą efekt brzegowy jest wysokość roślin. W niniejszych doświadczeniach wysokość pędów owsa była wysoko istotnie zależna od gęstości siewu i umiejscowienia roślin na poletkach doświadczalnych oraz od współdziałania tych czynników (tab. 2 i 6). Wraz z zagęszczaniem siewu, i przez to obsady roślin owsa, następowało stopniowe zmniejszanie się

długości jego źdźbeł. Ta redukcja wysokości roślin miała większe nasilenie wewnątrz poletek niż na ich skraju. Toteż przy gęstości siewu 560 ziaren $\times$ m⁻² rośliny owsa w środkowych częściach poletek okazały się niższe o 16,8% niż przy gęstości 140 ziaren $\times$ m⁻², a na rzędach skrajnych odpowiednio o 7%. Przy wszystkich gęstościach siewu skrajne rzędy roślin owsa wyraźnie wyróżniały się większą wysokością w porównaniu z roślinami rosnącymi wewnątrz poletek, średnio o blisko 14 cm (tab. 6).

Tabela 6

Długość najwyższych pędów roślin owsa w rzędach brzeżnych i rzędach środkowych poletek doświadczalnych (cm), średnio z lat 2002–2004
Length of the tallest stem of oat growing in the border and in the central rows of plots (cm). Mean of 2002–2004

Lokalizacja roślin Plant localization (B)	Gęstość siewu (szt. $\times$ m ⁻²) Sowing rate (seed $\times$ m ⁻²) (A)				Średnio Mean
	140	280	420	560	
Brzeg poletka Plot border	85,2	83,7	80,9	79,2	82,2
Środek poletka Plot centre	74,4	71,7	65,2	61,9	68,3
Średnio Mean	79,8	77,7	73,1	70,5	75,3
NIR _(p=0,05) / LSD _(p=0,05) dla / for: A = 6,1; B = 4,6; B/A = 3,8; A/B = 7,1					
Efekt brzegowy Border effect	10,8 cm	12,0 cm	15,7 cm	17,3 cm	13,9 cm
	14,5%	16,7%	24,1%	27,9%	20,4%

Gęstość siewu wpływała istotnie na efekty oddziaływań brzegowych. Zarówno w wartościach bezwzględnych (cm), jak względnych (%) były one tym większe im większa była obsada roślin. Stąd przy gęstości siewu 140 ziaren $\cdot$ m⁻² efekt brzegowy wysokości roślin wyniósł 14,5%, a przy gęstości 560 ziaren $\times$ m⁻² — 27,9%. Skutki gęstości siewu i oddziaływań brzegowych wystąpiły we wszystkich latach badań, jednak w posuszonym 2003 roku były wyraźnie większe niż w pozostałych latach.

Wiechy owsa rosnącego w skrajnych rzędach były zdecydowanie dorodniejsze niż wiechy z wnętrza poletek. Różnica masy ziarna w wieszce między tymi lokalizacjami wyniosła 39,8%, a w posuszonym 2003 roku przekraczała 48%. Wynik taki jest zbliżony z badaniami Niemczyk i Radeckiego (1993). Zagęszczanie siewu nie sprzyjało dorodności wiech, gdyż zwiększenie obsady roślin prowadziło do redukcji masy ziarna z wiechy (tab. 7). Ten spadek dorodności wiech wraz z gęstością siewu był znacznie słabszy w rzędach brzegowych niż wewnątrz poletek. Dlatego istotny dla tej cechy okazał się efekt interakcyjny gęstości siewu z miejscem roślin na poletkach. Wraz z większą gęstością siewu od 140 do 420 ziaren $\cdot$ m⁻² zwiększały się skutki oddziaływań brzegowych z 16,6% do 66,5%. Dalsze zwiększanie gęstości siewu do 560 ziaren $\cdot$ m⁻² nie prowadziło już jednak do wzrostu efektu brzegowego, a nawet jego zmniejszenie, we wszystkich latach badań.

Tabela 7

Masa ziarna z wiechy owsa (g) w rzędach brzeżnych i w rzędach środkowych poletek doświadczalnych, średnio z lat 2002–2004

Grain weight of oat panicle (g) in the border and in the central rows of plots. Mean 2002–2004

Lokalizacja roślin Plant localization (B)	Gęstość siewu (szt.×m ⁻²) Sowing rate (seed×m ⁻²) (A)				Średnio Mean
	140	280	420	560	
Brzeg poletka Plot border	3,45	3,08	3,11	2,75	3,10
Środek poletka Plot centre	2,96	2,31	1,87	1,72	2,21
Średnio Mean	3,20	2,70	2,49	2,24	2,66
NIR _(p=0,05) / LSD _(p=0,05) dla / for: A = 0,52; B = 0,19; B/A = 0,39; A/B = 0,64					
Efekt brzegowy Border effect	0,49 g 16,6%	0,77 g 33,5%	1,24 g 66,5%	1,02 g 59,3%	0,88 g 39,8%

Plon ziarna owsa oceniany na jednometrowych odcinkach rzędów skrajnych oraz rzędów położonych wewnątrz poletek wykazał istotną zależność od gęstości siewu, położenia rzędu roślin, współdziałania tych czynników oraz ich interakcji z latami (tab. 2 i 8). We wszystkich jednak przypadkach wystąpiły silne efekty oddziaływań brzegowych, a jedynie ich nasilenie było różne zależnie od roku i gęstości siewu. Zdecydowanie duże były one w posusznym 2003 roku. Wówczas plon ziarna z roślin rosnących na skraju poletek i korzystających z zasobów wody w glebie z powierzchni ścieżek był 2,2–3,4-krotnie większy niż z roślin rosnących w zwartym łanie wewnątrz poletek. Z kolei w roku 2004 o równomiernie rozłożonych opadach w sezonie wegetacyjnym efekty oddziaływań brzegowych okazały się wyraźnie mniejsze niż w roku poprzednim i wyniosły średnio 78%. Niemczyk (1993) oraz Niemczyk i Radecki (1993 a i 1993 b) wykazali większe o 104% plonowanie pszenicy ozimej, o 95,6% jęczmienia ozimego, o 84% pszenicy jarej, o 83,6% żyta, o 64,3% owsa i o 61% jęczmienia jarego w rzędach brzegowych niż wewnątrz łanu.

Zagęszczanie siewu od 140 do 420 ziaren·m⁻² powodowało nasilanie się efektów brzegowych, natomiast nie wzrastały już one przy większej gęstości 560 ziaren·m⁻², a wręcz zmniejszały się (tab. 8). Przypuszczalnie przy dużej obsadzie roślin zasoby czynników życiowych ścieżki były już dla nich niewystarczające i nasilająca się konkurencja międzyosobnicza w rzędach przylegających do ścieżek limitowała dalszy wzrost ich plonowania.

Efekty oddziaływań brzegowych rzutują na dokładność oceny rzeczywistych plonów proporcjonalnie do udziału powierzchni skrajnej poletek (o szerokości 12,5 cm) w całkowitej powierzchni poletek. Dlatego dokonano porównania plonów ocenianych na podstawie zbioru z całych poletek o powierzchni 18 m² z plonami zwartego łanu o powierzchni 14,7 m² (bez zbioru z powierzchni skrajnych). W warunkach realizacji doświadczenia na wydłużonych poletkach (12 m × 1,5 m) efekty oddziaływań brzegowych znacząco wpływały na ocenę rzeczywistego plonu ziarna owsa (tab. 9).

Tabela 8

Plon ziarna owsa ($\text{g}\cdot\text{m}^{-1}$ rzędu) w rzędach brzeźnych i w rzędach środkowych poletek doświadczalnych oraz efekty oddziaływań brzegowych (%)
Oat grain yield ($\text{g}\cdot\text{per running meter of row}$) in the border and in the central rows of plots and the corresponding border effects (%)

Rok Year	Miejsce na poletkach Plant localization (B)	Gęstość siewu ($\text{ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$) Sowing rate ($\text{seed}\cdot\text{m}^{-2}$) (A)				Średnio Mean
		140	280	420	560	
2002	brzeg — plot border	156	190	316	317	245
	środek — plot centre	79	94	127	133	108
	efekt brzegowy — border effect (%)	98	103	148	139	126
2003	brzeg — plot border	93	120	90	88	98
	środek — plot centre	42	38	33	26	35
	efekt brzegowy — border effect (%)	120	219	174	233	181
2004	brzeg — plot border	168	196	269	258	223
	środek — plot centre	118	114	116	154	125
	efekt brzegowy — border effect (%)	43	72	132	68	78
Średnio Mean	brzeg — plot border	139	169	225	221	188
	środek — plot centre	80	82	92	104	89
	efekt brzegowy — border effect (%)	75	106	144	112	111

NIR_(p = 0,05) dla średnich / LSD for means: A – 30,2; B – 15,5; A/B – 42,7; B/C – 31,0

W przypadku zbioru plonu z całych poletek oddzielonych ścieżkami stwierdzono zawyżenie jego oceny o $0,37\text{--}1,45 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (o $8,0\text{--}43,5\%$), zależnie od roku i gęstości siewu, w porównaniu z plonem wewnętrznej części poletek (bez powierzchni skrajnych). Średnio w okresie 3-letnim ta różnica oceny plonu wyniosła $0,88 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($20,5\%$) i była większa przy dużym zagęszczeniu roślin niż przy małym (tab. 9).

Tabela 9

Porównanie plonów ziarna owsa ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) ocenianych na podstawie zbioru z całych poletek oraz zbioru z pominięciem rzędów skrajnych, przy różnej gęstości siewu
Comparison of oat grain yields ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) based on the estimation with whole harvested plots and with border rows omitted

Rok Year	Ocena plonu z poletek Yield estimation from plots	Gęstość siewu ($\text{szt.}\cdot\text{m}^{-2}$) — Sowing rate ($\text{seed}\cdot\text{m}^{-2}$)				Średnio Mean
		140	280	420	560	
2002	ZRS	6,36	6,69	6,75	5,28	6,27
	BRS	5,38	5,62	5,30	4,19	5,08
	różnica — difference $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	0,98	1,08	1,45	1,08	1,19
2003	ZRS	2,63	3,26	3,76	3,20	3,21
	BRS	2,15	2,32	2,84	2,23	2,40
	różnica — difference $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	0,48	0,94	0,92	0,97	0,81
2004	ZRS	5,01	5,87	6,58	6,48	5,99
	BRS	4,64	5,18	5,29	5,75	5,23
	różnica — difference $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	0,37	0,69	1,29	0,73	0,75
Średnio Mean	ZRS	4,67	5,27	5,69	4,99	5,15
	BRS	4,10	4,40	4,49	4,13	4,28
	różnica — difference $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	0,57	0,87	1,20	0,86	0,88
	%	13,9	19,7	26,7	20,8	20,5

ZRS — Z rzędami skrajnymi, With border rows

BRS — Bez rzędów skrajnych, Without border rows

Takie zawyżanie oceny rzeczywistego plonu w doświadczeniach jest zapewne jedną z przyczyn różnic w plonowaniu roślin uzyskiwanemu w eksperymentach i w praktyce produkcyjnej.

Wpływ oddziaływań brzegowych na dokładność oceny rzeczywistego plonu roślin w doświadczeniach zależy od wielkości poletek i ich kształtu, a błąd oceny wzrasta wraz ze zmniejszaniem powierzchni jednostek eksperymentalnych (Filipiak i Krzymuski, 1996). Dlatego, uwzględniając efekty tych oddziaływań stwierdzone w niniejszych badaniach, dokonano symulacji stopnia zawyżania rzeczywistego plonu owsa z tego tytułu przy różnych powierzchniach i kształtach poletek doświadczalnych. Przyjęto przy tym założenie, że każde poletko jest ze wszystkich stron otoczone ścieżkami o szerokości 30 cm, a ocena plonu jest dokonywana na podstawie zbioru z całych poletek. Otóż wraz ze wzrostem wielkości poletek doświadczalnych maleje udział powierzchni zajmowanej przez rośliny w części skrajnej i przez to maleje wpływ efektu oddziaływań brzegowych na ocenę plonu (tab. 10).

Tabela 10

Szacunkowe zawyżenie oceny rzeczywistego plonu ziarna owsa z poletek o różnej wielkości i kształcie wskutek występowania efektów oddziaływań brzegowych
Estimation of the oat grain yield from various size and shape plots influenced by the border effect

Wymiary poletka — Plot size			Plon z poletka Yield of plot* (kg)	Gęstość siewu (szt. · m ⁻²) — Sowing rate (seed · m ⁻²)			
szerokość width (m)	długość length (m)	powierzchnia area (m ²)		140		560	
				zawyżenie oceny plonu — overestimation of yield			
				kg	%	kg	%
1,5	6	9	4,5	0,56	14,1	0,88	24,2
	8	12	6,0	0,71	13,5	1,13	23,1
	12	18	9,0	1,03	12,9	1,63	22,1
	16	24	12,0	1,34	12,6	2,13	21,6
	20	30	15,0	1,66	12,4	2,63	21,3
3	3	9	4,5	0,45	11,2	0,72	19,2
	4	12	6,0	0,54	9,9	0,87	16,9
	6	18	9,0	0,71	8,5	1,15	14,6
	8	24	12,0	0,87	7,8	1,42	13,4
	10	30	15,0	1,04	7,4	1,70	12,8
	20	60	30,0	1,87	6,6	3,06	11,4

* Przyjęto plon: 5 t · ha⁻¹; Yield assumed: 5 t · ha⁻¹

Na przykład na poletkach o szerokości 1,5 m i powierzchni 9 m² oszacowane zawyżenie plonu wynosi 24,2%, natomiast na poletkach o powierzchni 30 m² wynosi 19,4%. Te oceny zmieniają się także wraz ze zmianą kształtu poletek. W tym przypadku dokładność oceny plonu rzeczywistego maleje wraz z wydłużaniem poletek, ponieważ wzrasta udział rzędów brzegowych w ogólnej powierzchni poletek. I tak, w przypadku poletek o powierzchni 18 m² i wymiarach 6 × 3 m zawyżenie oceny plonu wynosi 14,6%, a przy poletkach wydłużonych (12 × 1,5 m) 22,1% (tab. 10).

WNIOSKI

1. Rośliny owsa rosnące w skrajnych rzędach sąsiadujących z ścieżką rozdzielającą poletka doświadczalne wytwarzają większą biomasę, wyższe źdźbła, dorodniejsze wiechy, silniej się krzewią i lepiej plonują niż rośliny rosnące w zwartym łanie wnętrza poletek. Najsilniej efekt taki ujawnił się w świeżej masie pojedynczych roślin, plonie ziarna oraz krzewieniu produkcyjnym owsa.
2. Na glebie kompleksu żytniego dobrego nasilenie oddziaływań brzegowych na poletkach doświadczalnych jest duże i zależy od warunków meteorologicznych w sezonie wegetacyjnym owsa, a największe wartości osiąga w warunkach posusznych.
3. Wraz z zagęszczaniem siewu owsa od 140 do 420 ziaren·m⁻² zwiększały się efekty oddziaływań brzegowych na poletkach doświadczalnych, natomiast nie wzrastały one przy większej gęstości siewu (560 ziaren·m⁻²).
4. Przy zbiorze plonu z całych poletek efekty oddziaływań brzegowych znacząco wpływały na ocenę rzeczywistego plonu ziarna owsa w doświadczeniach, powodując zawyżenie tej oceny średnio o 0,88 t·ha⁻¹ (o 20,5%).
5. Zmniejszeniu błędu oceny plonu ziarna owsa w doświadczeniach sprzyja stosowanie możliwie dużych jednostek eksperymentalnych o kształcie zbliżonym do kwadratu lub zbieranie plonu z pominięciem rzędów skrajnych poletek przylegających do ścieżek.

LITERATURA

- Braun H. 1978. Tramlines in corn. *International Pest Control*. Sept-Oct: 16 — 18.
- Filipiak K., Krzymuski J. 1996. Substytucja i komplementarność eksperymentu w badaniach rolniczych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 447: 27 — 41.
- Gomez K. A., Gomez A. A. 1984. *Statistical procedures for agricultural research*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Hulbert H., Rensberg J. D. 1927. Influence of border rows in variety testes of small grains. *J. Am. Soc. Agron.* 19 (70): 585 — 589.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J., Woch J. 2001. Wpływ terminu i gęstości siewu na plonowanie nowych odmian owsa. *Biul. IHAR* 217: 121 — 126.
- Niemczyk H. 1993. Zdolność zbóż do wyrównania plonu z nie obsianej powierzchni ścieżek przejazdowych. Cz. I. Pszenica ozima i jara, *Rocz. Nauk Roln. A* 109, 4: 9 — 19.
- Niemczyk H., Radecki A. 1993 a. Zdolność zbóż do wyrównania plonu z nieobsianej powierzchni ścieżek przejazdowych. Cz. II Jęczmień ozimy i jary, *Rocz. Nauk Roln., A-109* (4): 21 — 30.
- Niemczyk H., Radecki A. 1993 b. Zdolność zbóż do wyrównania plonu z nie obsianej powierzchni ścieżek przejazdowych. Cz. III Żyto i owies, *Rocz. Nauk Roln. A* 109-4: 31 — 40.
- Pacewicz K. 2000. Efekt brzeżny w doświadczeniach z pszenicą jarą i jęczmieniem jarym. *Rozpr. dokt., AR Szczecin*.
- Stawiana-Kosiorek A., Gołaszewski J., Załuski D. 2003. Konkurencyjność roślin w doświadczeniach hodowlanych z grochem siewnym. I. Oddziaływania brzegowe. *Biul. IHAR* 226/227/2: 425 — 439.