

Franciszek Wielebski, Marek Wójtowicz

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Zakład Roślin Oleistych w Poznaniu

Wpływ podstawowych czynników agrotechnicznych na plonowanie i strukturę plonu mieszańców złożonych rzepaku ozimego*

I. Wpływ gęstości siewu i procentowego udziału roślin zapylacza na plon i strukturę plonu mieszańca złożonego rzepaku ozimego POH 595

Effect of main agrotechnical factors on yield and yield structure of oilseed rape composite hybrids*

I. Effect of sowing density and percentage of pollinator plants on yield and yield structure of oilseed rape composite hybrids POH 595

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, mieszańce złożone, gęstość siewu, struktura plonu

Key words: winter oilseed rape, composite hybrids, density of sowing, yield structure

Badano wpływ gęstości siewu (70, 140, 230 nasion/m²) i procentowego udziału nasion zapylacza (5, 10, 20, 30, 40, 50%) na przeżywalność i rozwój roślin męskopłodnych w łanie roślin mieszańcowych pokolenia F₁. Wyniki stanowią syntezę z dwóch serii doświadczeń polowych prowadzonych w latach 1997/98 i 1998/99 w trzech Zakładach Doświadczalnych Hodowli i Aklimatyzacji Roślin: Borowo, Łągiewniki i Oleśnica Mała. Obiektem badań był mieszaniec złożony POH 595, którego komponentami były: niezrestorowany mieszaniec pokolenia F₁ — FP01 i odmiana Bor jako zapylacz. Najwyższe plony uzyskano wysiewając 70 nasion/m², w których 20–40% stanowiły nasiona

The effect of sowing rate (70, 140, 230 seeds per sq. m.) and percentage of pollinator seeds in sowing mixture (5, 10, 20, 30, 40, 50%) on survival rate and development of pollinator plants in a canopy of F₁ hybrid plants was evaluated. Synthesis of two series of field experiments carried out in 1997/98 and 1998/99 in three experimental stations of Plant Breeding and Acclimatization Institute: Borowo, Łągiewniki, Oleśnica Mała is presented. The subject of this study was non-restored hybrid POH 595 composed of hybrid FP01 and pollinator variety — Bor. The highest yield was achieved at the sowing rate of 70 seeds per sq. m. and 20–40 per cent of pollinator seeds in sowing mixture. The

* Prace realizowano w ramach projektu badawczego nr 5PO6B03513 w Zakładzie Roślin Oleistych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Poznaniu w latach 1997–2000

* The investigation was a part of the research project work no 5PO6B03513 in Oil Crop Department of Plant Breeding and Acclimatization Institute in Poznań in years 1997–2000

zapylacza. Różnice w plonach wynikały bezpośrednio z wpływu badanych czynników na elementy struktury plonu komponentów mieszańca złożonego. Obsada roślin najbardziej wpływała na liczbę łuszczyń pełnych na roślinie. Przy najmniejszej gęstości (70 nasion/m²) zarówno rośliny niepyłące jak i pyłące wiązały najwięcej łuszczyń i o najkorzystniejszym stosunku łuszczyń pełnych do płonych. Łuszczyzny wypełnione były większą liczbą nasion i charakteryzowały się najwyższą masą 1000 nasion. Ilość wysiewu nie miała wpływu na jakość zebranych nasion. Skład mieszańców złożonych: 70% nasion roślin nieplodnych pokolenia F₁ i 30% nasion zapylacza zapewniał w okresie kwitnienia dostateczną ilość pyłku, niezbędną do dobrego zapylenia roślin oraz gwarantował otrzymanie dużej liczby łuszczyń wypełnionych nasionami, które cechowała wysoka zawartość tłuszczu i niska zawartość glikozynolanów. Istotne różnicowanie wartości elementów struktury plonu wystąpiło między roślinami pyłącymi i niepyłącymi. Rośliny mieszańcowe tworzyły więcej łuszczyń wypełnionych mniejszą liczbą nasion, ale o większej masie. Ponadto rośliny te charakteryzowały się większym udziałem łuszczyń pełnych, były wyższe i lepiej się rozgałęziały. Ilość wysiewu wpływała istotnie na cechy morfologiczne roślin przed zimą, a wiosną na liczbę rozgałęzień oraz wysokość roślin, zarówno niepyłących jak i pyłących. Wraz ze zwiększeniem ilości wysiewu nasion, rośliny mniej się rozgałęziały i były niższe. Zdolność do przetrwania roślin zapylacza zależała głównie od gęstości siewu. Jej zwiększenie przyczyniało się do zmniejszenia procentu roślin pyłących, które były silniej zagłuszone przez wyróżniające się większym wigorem rośliny mieszańcowe.

difference in yields resulted from the influence of investigated factors on yield structure of non-restored hybrid components. Plant density mostly affected the number of properly developed pods. Both male sterile plants and pollinator plants at the sowing rate of 70 seeds per sq. m. produced the greatest amount of pods and were characterized by the highest percentage of properly developed pods. These pods produced more seeds and were characterized by the highest weight of 1000 seeds. Sowing rate had not significant effect on quality of harvested seeds. Hybrid composition: 70 per cent of seeds of male sterile F₁ hybrid plants and 30 per cent of seeds of pollinator plants ensured adequate amount of pollen to plant pollination during flowering and warranted high pod production with high quality seeds characterized by high content of oil and low content of glucosinolates. Significant difference between yield components of pollinator and male sterile plants was noticed. Male sterile plants produced more pods with fewer but bigger seeds. Moreover these plants were characterized by higher percentage of properly developed pods, were higher and had more branches. Sowing rate significantly affected the morphological character of plants before winter and the number of branches and height of both pollinator and male sterile plants in spring. With the increase of sowing rate plants had fewer branches and were smaller. Survival of pollinator plants mainly depended on sowing rate. The increase of sowing rate caused the decrease of pollinator plant percentage because pollinator plants were more suppressed by more competitive male sterile plants.

Wstęp i cel badań

Rzepak ozimy jest główną rośliną oleistą uprawianą w Polsce i jedynym krajowym surowcem dla przemysłu tłuszczowego. Od szeregu lat prowadzone są prace nad polepszeniem plenności rzepaku, jednak uzyskanie znaczącego postępu w plonowaniu przy pomocy tradycyjnych metod hodowli jest trudne. Jedną z możliwości zwiększenia poziomu plonowania rzepaku jest hodowla odmian

mieszańcowych wykorzystujących efekt heterozji. Aby w pełni uzyskać efekt heterozji konieczne jest wprowadzenie do hodowli systemu kontrolowanego zapylenia krzyżowego. W świecie najbardziej zaawansowane są badania nad systemem genowo-cytoplazmatycznej męskiej sterility CMS *ogura*. Dla uzyskania płodnego mieszańca pokolenia F_1 jako komponentu do krzyżowania oprócz linii męskoniepłodnych niezbędne są linie restorery. Trudności z uzyskaniem linii restorerów podwójnie ulepszonych skłoniły hodowców do tworzenia odmian mieszańcowych złożonych, składających się z nasion męskoniepłodnego pokolenia mieszańcowego F_1 oraz jednej lub kilku form zapyłających, którymi mogą być rody lub odmiany populacyjne (Bartkowiak-Broda 1995; Bartkowiak-Broda i in. 1993, 1997). Tego typu odmiany w krajach Unii Europejskiej (głównie we Francji, Niemczech, Anglii i Danii) uprawia się na około 24% powierzchni zasiewów rzepaku. Jak podają Bartkowiak-Broda (1998), Möhring i in. (1999) plonują one lepiej o około 10–20% od najlepszych odmian populacyjnych. Lepszego plonowania odmian mieszańcowych złożonych dowiodły także badania Wielebskiego i Wójtowicza (1998, 1999) oraz Champoliviera i Merriena (1999). W Polsce podjęto również hodowlę odmian mieszańcowych rzepaku ozimego. W 2001 roku zostały zarejestrowane dwie odmiany mieszańcowe złożone, wyhodowane we współpracy pomiędzy Zakładem Roślin Oleistych IHAR w Poznaniu oraz Spółką Hodowla Roślin Strzelce. Kilka innych odmian mieszańcowych znajduje się w badaniach COBORU.

Pojawienie się w 1995 r. w doświadczeniach państwowych pierwszych mieszańców złożonych rzepaku skłoniło do podjęcia badań dotyczących techniki uprawy takich odmian. Prace te przebiegały równolegle z pracami hodowlanymi. Przed rozpoczęciem wdrażania tych odmian do uprawy konieczne było poznanie ich wymagań i opracowanie odpowiedniej agrotechniki.

Celem badań było zatem poznanie wpływu podstawowych czynników agrotechnicznych na plon i strukturę plonu odmian mieszańcowych złożonych rzepaku ozimego. W pierwszej kolejności należało zbadać wpływ gęstości siewu i procentowego udziału nasion zapylacza na przeżywalność i rozwój roślin męskopłodnych w łanie roślin mieszańcowych pokolenia F_1 . Na obiektach obsianych nasionami mieszańca złożonego począwszy od wschodów obok siebie rosną rośliny rzepaku o zróżnicowanym tempie rozwoju. Rośliny mieszańcowe charakteryzujące się większym wigorem mogą zagłuszać wolniej rosnące i cechujące się mniejszym wigorem rośliny zapylacza, którymi zazwyczaj są linie, rody lub odmiany populacyjne. Dlatego ważne było poznanie jak różna ilość wysiewu oraz procentowy udział nasion zapylacza wpływa na wzrost, rozwój i przeżywalność roślin męskopłodnych. Rośliny te powinny bowiem wiosną dostarczyć ilości pyłku niezbędne do wydania wysokiego plonu, a jednocześnie nie obniżać efektu heterozji. Należało więc określić również niezbędny udział nasion roślin męskopłodnych gwarantujących uzyskanie wysokiego plonu.

Material i metodyka

W latach 1997/98 i 1998/99 przeprowadzono dwie serie doświadczeń polowych w trzech Zakładach Doświadczalnych Hodowli i Aklimatyzacji Roślin: w Borowie, Łagiewnikach i Oleśnicy Małej. W Borowie zakładano je na glebie płowej, kompleksie żytnim dobrym (klasy IVa), w Łagiewnikach na glebie brunatnej, kompleksie pszennym dobrym (klasy IIIa), zaś w Oleśnicy Małej na glebie płowej, kompleksie pszennym wadliwym (klasy II). Przedplonem we wszystkich doświadczeniach były zboża. Przedsiwne nawożenie na hektar wynosiło: w Borowie i Oleśnicy Małej 80 kg P₂O₅ i 120 kg K₂O oraz 20 kg N, zaś w Łagiewnikach 90 kg P₂O₅ i 130 kg K₂O oraz 20 kg N. Na wiosnę stosowano nawożenie azotem w łącznej dawce 160 kg/ha w saetrze amonowej, po połowie przed ruszeniem wegetacji i w fazie pąkowania.

W doświadczeniach oceniono wpływ gęstości siewu (70, 140, 230 nasion/m²) i procentowego udziału roślin zapylacza (5, 10, 20, 30, 40, 50%) na plon i strukturę plonu. Badania prowadzono na jednopowtórzeniowych izolowanych poletkach o powierzchni 86 m². Przedmiotem oceny był mieszaniec złożony POH 595, którego komponentami były: niezrestorowany mieszaniec pokolenia F₁ — FP01 i odmiana Bor jako zapylacz.

Przed zimą, na wiosnę i przed zbiorem określono liczbę roślin na jednostce powierzchni. W czasie kwitnienia na każdym poletku w trzech losowo wyznaczonych miejscach oceniono po 50 roślin, a w ich obrębie policzono i odpowiednio oznakowano rośliny pyłące i niepyłące. Przed zbiorem z tych miejsc pobrano po 5 roślin pyłących i niepyłących w celu dokładnego określenia podstawowych i szczegółowych elementów struktury plonu: liczby łuszczyń (pełnych i płonnych) na roślinie, liczby nasion w łuszczyńce, masy nasion w łuszczyńce i masy 1000 nasion. Zawartość glukozyolanów oznaczono metodą silylowych pochodnych glukozyolanów za pomocą chromatografu firmy Perkin Elmer (Michalski i in. 1995). Zawartość oleju w nasionach określono przy pomocy analizatora NMR firmy Newport. Dokonano syntezy zebranych wyników i poddano je analizie wariancji za pomocą programu STATISTICA. Istotne różnice określono na poziomie ufności $P \leq 0,05$. Symbolem „ni” oznaczono brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej.

Wyniki i dyskusja

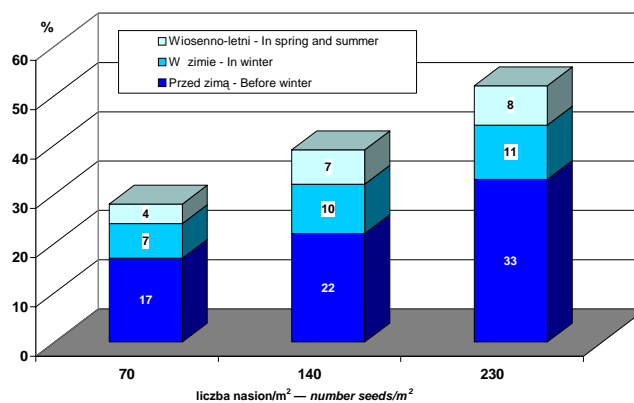
W pracy przedstawiono syntezę dwuletnich badań. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji stwierdzono, że ilość wysiewu istotnie determinowała obsadę roślin (tab. 1). Wartości określające liczbę roślin przed zimą znacznie odbiegały od liczby wysianych nasion.

Tabela 1

Wpływ gęstości siewu i procentowego udziału nasion zapylacza na zagęszczenie roślin
Influence of sowing density and percentage of pollinator seeds on the plant population

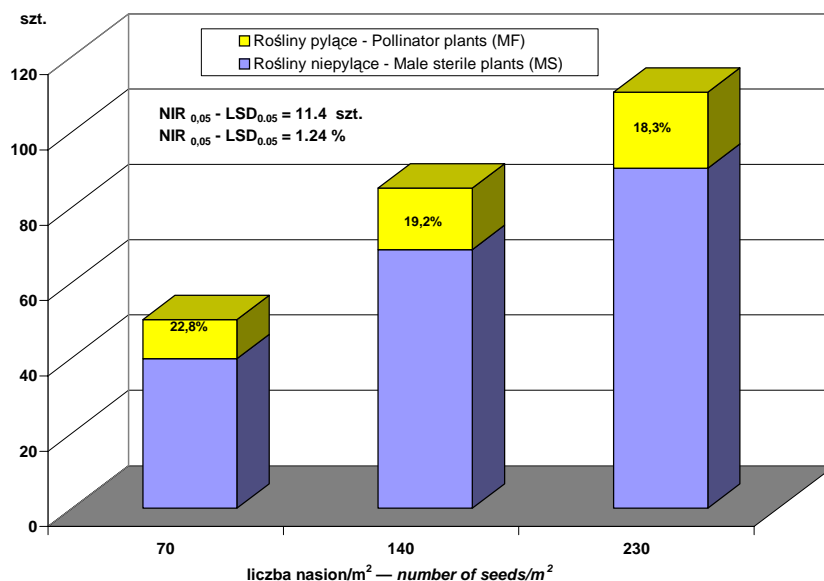
Czynnik <i>Factor</i>	Liczba roślin na m ² — <i>Number of plants per m²</i>			Przezimowanie <i>Overwintering</i> [%]
	przed zimą <i>before winter</i>	wiosną <i>in spring</i>	przed zbiorem <i>before harvest</i>	
Gęstość siewu [nasion/m ²] — <i>Density of sowing [seeds/m²]</i>				
70	57,6	52,8	50,1	90,2
140	108,7	94,2	85,0	86,3
230	153,2	129,7	110,5	84,8
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	7,13	11,4	21,4	ni — ns
Udział nasion zapylacza [%] — <i>Percentage of pollinator seeds</i>				
5	109,1	92,3	83,8	86,4
10	112,1	97,0	84,4	88,0
20	106,1	91,4	80,8	86,1
30	107,7	95,7	84,1	88,8
40	106,0	91,7	81,9	87,2
50	103,0	91,3	80,0	87,4
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	ni — ns	ni — ns	ni — ns	ni — ns

Zasadnicza redukcja w obsadzie roślin nastąpiła już w okresie jesiennej wegetacji rzepaku (rys. 1). Zmiany podczas zimy i na wiosnę były niewielkie. W sumie największe ubytki roślin (ponad 50%) wystąpiły w kombinacji z największą ilością wysiewu (230 nasion/m²). Przy wysiewie 140 i 70 nasion/m² ubytki roślin wynosiły odpowiednio 38 i 28%.



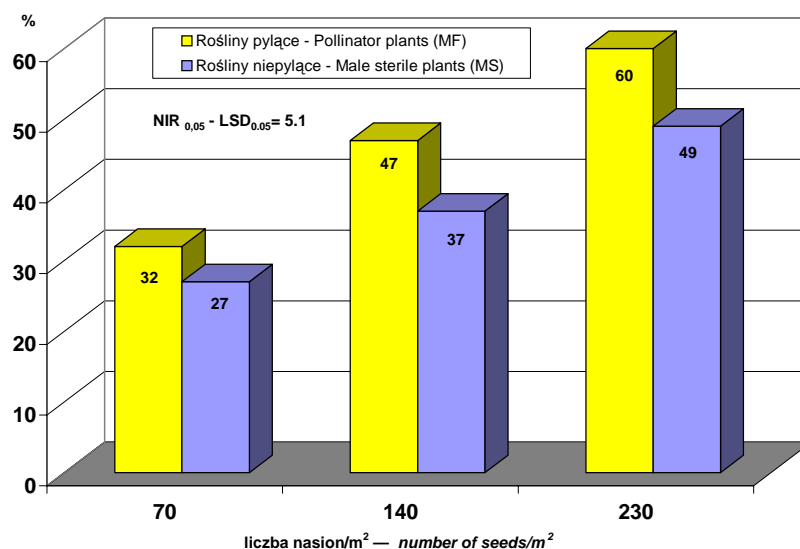
Rys. 1. Ubytek roślin (%) w poszczególnych okresach wegetacji w zależności od gęstości siewu
Loss of plants (%) in particular vegetation periods according to sowing density

Ilość wysiewu w dużym stopniu decydowała o przeżywalności roślin zapylacza do wiosny. Wraz ze zwiększeniem gęstości siewu istotnie spadał procent roślin formy zapylającej (rys. 2). Rośliny te były zagłuszane przez szybciej rosnące niepylące rośliny mieszańcowe. Przy małym zagęszczeniu ubytki roślin pylących i niepylących były zbliżone. Natomiast wraz ze wzrostem ilości wysiewu zwiększał się ubytek roślin pylących w stosunku do męskosterylnych roślin pokolenia mieszańcowego F₁. Optymalne warunki do rozwoju roślin zapylacza zapewniał wysiew 70 nasion/m² (rys. 3).

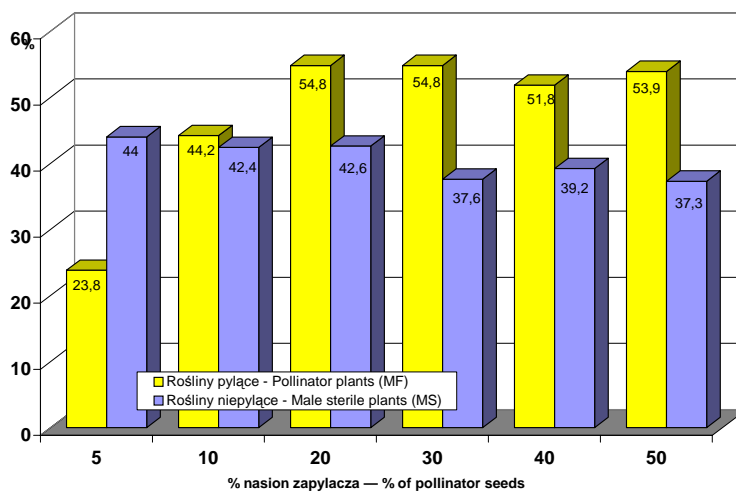


Rys. 2. Liczba roślin na wiosnę (szt./m²) oraz procentowy udział roślin zapylacza w zależności od gęstości siewu — *Number of plants in spring and percentage of pollinator plants according to sowing density*

Przeżywalność zapylacza była zależna także od procentowego jego udziału w mieszańcu złożonym. Przy zwiększeniu udziału nasion zapylacza z 5 do 20% odnotowano istotne ubytki roślin pylących. Dalsze zwiększanie udziału zapylacza nie powodowało istotnych różnic w przeżywalności roślin pylących (rys. 4).

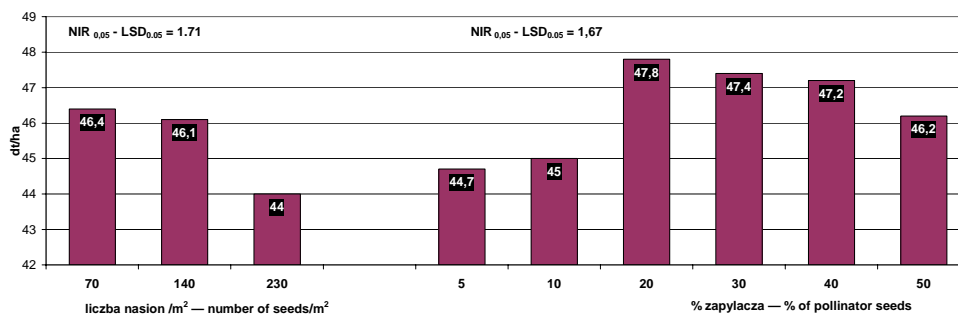


Rys. 3. Ubytek roślin pyłących (MF) i niepyłących (MS) w okresie od wschodów do kwitnienia w zależności od gęstości siewu — *Loss of pollinator (MF) and male sterile (MS) plants from emergence to flowering according to sowing density*



Rys. 4. Ubytek roślin pyłących i niepyłących w zależności od procentowego udziału nasion zapylacza w mieszańcu złożonym POH 595 — *Loss of pollinator and male sterile plants according to percentage of pollinator seeds in composite hybrid POH 595*

Zarówno ilość wysiewu nasion na jednostkę powierzchni jak i procentowy udział w nich roślin zapylacza miały istotny wpływ na plon nasion mieszańca złożonego POH 595. Najwyższe plony uzyskano przy wysiewie 70 nasion/m², nieistotnie mniejsze przy wysiewie 140 nasion/m². Zwiększenie ilości wysiewu do 230 nasion/m² przyczyniło się do istotnego obniżenia plonu (rys. 5). Wcześniejsze badania wykonane na odmianach populacyjnych rzepaku również wykazały spadek plonu nasion przy zwiększaniu ilości wysiewu (Muśnicki i in. 1991; Wielebski, Wójtowicz 1998).



Rys. 5. Plon nasion mieszańca złożonego POH 595 w zależności od gęstości siewu i procentowego udziału nasion zapylacza — *Seed yield of composite hybrid POH 595 according to sowing density and percentage of pollinator seeds*

Istotny wpływ na plon nasion miał również procentowy udział nasion zapylacza. Najniższe plony nasion uzyskano przy 5–10% udziału nasion roślin zapylających, a istotny ich wzrost nastąpił przy 20% udziału zapylacza. Zwiększenie udziału zapylacza do 50% nie spowodowało już istotnych zmian w plonach nasion. Mogło to mieć związek ze słoneczną i suchą pogodą w okresie kwitnienia rzepaku, która sprzyjała przenoszeniu pyłku. Warunki takie wystąpiły we wszystkich miejscowościach i latach prowadzenia doświadczeń.

Różnice w wielkości plonu nasion pomiędzy kombinacjami doświadczenia wynikały bezpośrednio z wpływu badanych czynników na kształtowanie elementów struktury plonu komponentów mieszańca złożonego, roślin pyłących i niepyłących (tab. 2).

Obsada roślin wpływała w największym stopniu na liczbę łuszczyń pełnych na roślinie. Zmiany liczby nasion w łuszczyńce, masy 1000 nasion, masy nasion w łuszczyńce oraz procentowego udziału łuszczyń pełnych były znacznie mniejsze, ale istotne. Niższa obsada roślin była kompensowana przez zwiększenie pozostałych składników plonu.

Tabela 2

Wpływ ilości wysiewu na elementy struktury plonu niepylących (MS) i pylących (MF) roślin mieszańca złożonego
Influence of sowing density on the structure of yield elements of male sterile (MS) and pollinator plants (MF) of composite hybrid

Gęstość siewu [nasion/m ²] <i>Density of sowing [seeds/m²]</i>	Liczba roślin/m ² przed zbiorem <i>Number of harvested plants per m²</i>	Liczba łuszczyń pełnych na roślinie <i>Number of properly developed pods per plant</i>	Udział łuszczyń pełnych na roślinie <i>Properly developed pods per plant [%]</i>	Liczba nasion w łuszczyńce <i>Number of seeds per pod</i>	Masa 1000 nasion <i>Weight of 1000 seeds [g]</i>	Masa nasion w łuszczyńce <i>Weight of seeds per pod [mg]</i>
Rośliny niepylące — <i>Male sterile hybrid plants [MS]</i>						
70	39,7	207,7	64,6	15,7	5,89	82,7
140	68,7	129,4	64,5	14,0	5,79	73,2
230	90,3	104,8	66,8	13,4	5,45	65,9
NIR _{0,05} — <i>LSD_{0,05}</i>	21,4	9,95	1,82	1,11	0,40	5,43
Współczynnik zmienności <i>Variation coefficient [%]</i>	31,3	54,8	1,45	6,7	3,3	9,3
Rośliny pyłące — <i>Pollinator plants [MF]</i>						
70	10,4	118,3	65,0	20,5	4,03	81,4
140	16,3	69,8	60,8	20,9	3,96	82,2
230	20,2	58,7	65,1	18,7	3,97	73,6
NIR _{0,05} — <i>LSD_{0,05}</i>	3,4	6,01	1,90	1,15	ni — <i>ns</i>	5,74
Współczynnik zmienności <i>Variation coefficient [%]</i>	25,8	31,5	4,90	4,7	0,8	4,9

U roślin niepylących wraz ze wzrostem ilości wysiewu spadała istotnie liczba łuszczyń na roślinie, liczba nasion w łuszczyńce, masa 1000 nasion oraz masa nasion w łuszczyńce. W przypadku roślin pylących podobna zależność dotyczyła liczby łuszczyń na roślinie, natomiast istotne obniżenie liczby i masy nasion w łuszczyńce wystąpiło tylko przy wysiewie 230 nasion/m².

Udział zapylacza decydował w różnym stopniu o strukturze elementów plonu (tab. 3). W przypadku roślin pylących i niepylących stwierdzono istotne zwiększenie liczby łuszczyń pełnych na roślinie i liczby nasion w łuszczyńce, przede wszystkim przy zwiększeniu udziału zapylacza do 30%. Z kolei wraz ze wzrostem udziału zapylacza do 50% obniżała się masa 1000 nasion: istotnie u roślin niepylących, a nieistotnie u roślin pylących.

Masa 1000 nasion roślin niepylących ulegała większym zmianom niż liczba nasion w łuszczyńce. Mniejszą zmiennością charakteryzowały się udział i liczba łuszczyń pełnych na roślinie, a najniższą zmiennością masa nasion w łuszczyńce. U roślin pylących najmniejsza zmienność dotyczyła udziału łuszczyń pełnych i masy 1000 nasion, natomiast większa masy i liczby nasion w łuszczyńce oraz liczby łuszczyń pełnych na roślinie.

Procent roślin pylących determinował przede wszystkim wzajemny stosunek obu komponentów mieszańca złożonego POH 595: roślin niepełnego mieszańca FP01 i zapylacza — odmiany Bor. Wystąpiła istotna interakcja pomiędzy gęstością siewu i procentem roślin zapylacza (tab. 4). Udział procentowy roślin zapylacza wpływał istotnie na liczbę wiązanych łuszczyń, zwłaszcza u roślin rosnących w najniższym zagęszczeniu. Zwiększenie udziału zapylacza do 30% przy gęstości 70 nasion/m² powodowało istotny wzrost liczby łuszczyń pełnych na roślinach zapylacza oraz istotne zmniejszenie liczby łuszczyń płonych na roślinach mieszańcowych. Dalsze zwiększenie udziału roślin zapylacza (ponad 30%) nie powodowało już istotnych zmian, zarówno w liczbie łuszczyń pełnych jak i płonych. Przy gęstości 140 i 230 nasion/m² udział roślin pylących w mniejszym stopniu różnicował liczbę pełnych i płonych łuszczyń na roślinie.

Istotne zróżnicowanie wartości elementów struktury plonu wystąpiło między roślinami pylącymi i niepylącymi. Rośliny mieszańcowe pokolenia F₁ wiązały więcej łuszczyń wypełnionych mniejszą liczbą nasion, ale o większej masie 1000 nasion (tab. 5). Ponadto rośliny te charakteryzowały się większym udziałem łuszczyń pełnych, lepiej się rozgałęziały i były wyższe (tab. 6). Busch (1995) porównując 10 mieszańców złożonych rzepaku ozimego z formami rodzicielskimi również stwierdził, że mieszańce złożone były wyższe, miały większą liczbę pędów bocznych oraz łuszczyń.

Tabela 3

Wpływ procentowego udziału nasion zapylacza na elementy struktury plonu niepylących (MS) i pylących (MF) roślin mieszańca złożonego — *Influence of percentage of pollinator seed amount on the structure of yield elements of male sterile (MS) and pollinator (MF) plants of composite hybrid*

Procentowy udział nasion zapylacza <i>Percentage of pollinator seeds</i>	Liczba roślin/m ² przed zbiorem <i>Number of harvested plants per m²</i>	Liczba łuszczyń pełnych na roślinie <i>Number of properly developed pods per plant</i>	Udział łuszczyń pełnych na roślinie <i>Properly developed pods per plant</i> [%]	Liczba nasion w łuszczyńce <i>Number of seeds per pod</i>	Masa 1000 nasion <i>Weight of 1000 seeds</i> [g]	Masa nasion w łuszczyńce <i>Weight of seeds per pod</i> [mg]
Rośliny niepylące — <i>Male sterile hybrid plants (MS)</i>						
5	78,2	140,0	62,2	13,4	6,22	78,2
10	76,2	160,0	67,4	13,8	6,03	74,1
20	67,5	151,2	68,2	13,4	5,74	69,9
30	64,2	153,2	71,5	15,8	5,11	74,0
40	53,6	149,6	70,4	16,0	4,73	71,4
50	46,1	147,1	72,4	16,2	4,60	70,3
NIR _{0,05} — <i>LSD</i> _{0,05}	2,1	19,1	2,67	1,51	0,82	ni — <i>ns</i>
Współczynnik zmienności <i>Variation coefficient</i> [%]	18,7	6,7	7,9	11,1	17,9	5,2
Rośliny pylące — <i>Pollinator plants (MF)</i>						
5	5,6	64,8	64,5	16,9	4,22	71,0
10	8,2	80,2	68,2	19,7	3,90	75,5
20	13,3	74,3	63,0	18,5	4,09	74,3
30	19,9	90,6	63,4	21,0	3,85	81,6
40	28,3	90,5	64,3	22,1	4,07	88,8
50	33,9	93,3	65,2	22,1	3,78	83,1
NIR _{0,05} — <i>LSD</i> _{0,05}	1,82	12,15	3,11	1,89	ni — <i>ns</i>	9,11
Współczynnik zmienności <i>Variation coefficient</i> [%]	61,9	13,7	2,9	10,4	4,2	8,4

Tabela 4

Wpływ ilości wysiewu oraz procentowego udziału nasion zapylacza na elementy struktury plonu niepylących (MS) i pylących (MF) roślin mieszańca złożonego — *Influence of sowing density and percentage of pollinator seeds on the structure of yield elements of male sterile (MS) and pollinator (MF) plants of composite hybrid*

Gęstość siewu [nasion/m ²] <i>Density of sowing [seeds/m²]</i>	Udział nasion zapylacza [%] <i>Percentage of pollinator seeds</i>	Liczba łuszczyń pełnych na roślinie <i>Number of properly developed pods per plant</i>		Liczba łuszczyń płonych na roślinie <i>Number of empty pods per plant</i>		Suma łuszczyń na roślinie <i>Total pods per plant</i>	
		MS	MF	MS	MF	MS	MF
70	5	212,0	89,5 a	143,2 cd	38,9 a	355,1 b	128,4 a
	10	218,5	122,5 bc	107,0 b	52,7 b	325,6 b	175,2 b
	20	216,4	102,7 ab	139,2 c	68,1 c	355,7 b	170,9 b
	30	209,7	135,4 c	88,3 ab	74,8 c	298,0 a	210,2 c
	40	198,1	132,9 c	76,7 a	71,9 c	274,7 a	204,8 c
	50	208,4	126,7 c	81,8 a	76,4 c	290,2 a	203,1 c
140	5	113,3	45,8 a	69,8 a	34,0 a	183,1 a	79,8 a
	10	136,2	55,3 a	77,2 a	36,8 a	213,3 a	92,1 a
	20	134,1	61,1 a	60,5 a	38,6 a	194,6 a	99,7 a
	30	149,4	82,3 b	71,9 a	52,9 b	221,2 a	135,2 b
	40	140,1	83,1 b	76,9 a	53,9 b	217,1 a	137,0 b
	50	122,8	91,4 b	64,5 a	53,1 b	187,2 a	144,5 b
230	5	94,8	59,1 a	61,0 b	29,8 a	155,7 a	88,9 a
	10	125,4	62,7 a	59,2 b	27,8 a	184,6 a	90,5 a
	20	103,1	59,0 a	51,8 a	33,4 a	154,9 a	92,4 a
	30	100,6	53,9 a	37,3 a	33,6 a	137,8 a	87,5 a
	40	110,7	55,5 a	43,4 a	31,6 a	154,2 a	87,0 a
	50	110,0	61,8 a	34,8 a	32,9 a	144,9 a	94,8 a
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		ni — ns	21,4	21,18	12,35	49,82	29,46

Tabela 5

Porównanie wartości średnich poszczególnych elementów struktury niepylących (MS) i pyłących (MF) roślin mieszańca złożonego — *Comparison of the mean values of the yield structure elements of male sterile (MS) and pollinator (MF) plants of composite hybrid*

Cecha <i>Trait</i>	Rośliny — <i>Plants</i>		
	niepylące (MS) <i>male sterile (MS)</i>	pylące (MF) <i>pollinator (MF)</i>	NIR _{0,05} <i>LSD_{0,05}</i>
Liczba łuszczyń pełnych na roślinie <i>Number of properly developed pods per plant</i>	150,2	82,3	7,10
Suma łuszczyń na roślinie <i>Total pods per plant</i>	224,9	129,0	10,31
Udział łuszczyń pełnych <i>Properly developed pods [%]</i>	68,7	64,8	1,00
Liczba nasion w łuszczyńce <i>Number of seeds per pod</i>	14,8	20,0	0,66
Masa 1000 nasion <i>Weight of 1000 seeds [g]</i>	5,71	3,99	0,24

Tabela 6

Porównanie cech morfologicznych niepylących (MS) i pyłących (MF) roślin mieszańca złożonego — *Comparison of the morphological character of male sterile (MS) and pollinator (MF) plants of composite hybrid*

Cecha <i>Trait</i>	Rośliny — <i>Plants</i>		
	niepylące (MS) <i>male sterile (MS)</i>	pylące (MF) <i>pollinator (MF)</i>	NIR _{0,05} <i>LSD_{0,05}</i>
Liczba rozgałęzień <i>Number of branches per plant</i>	4,3	3,1	0,18
Wysokość roślin przed zbiorem <i>Plant height before harvest [cm]</i>	152,4	148,7	1,27

W badaniach własnych, podobnie jak w badaniach CETIOM we Francji (1994) oraz Piątek (1999) wykazano, że efekt heterozji wystąpił głównie w liczbie łuszczyń. Również liczni autorzy (Schrimpf 1954; Stolle 1954; Olsson 1960; Thurling 1974; Muśnicki 1989; Wójtowicz i Wielebski 1999) uważają liczbę łuszczyń za najistotniejszy komponent plonu. Nie stwierdzono natomiast większego efektu w liczbie i masie nasion w łuszczyńce.

Ilość wysiewu determinowała liczbę rozgałęzień oraz wysokość zarówno niepylących jak i pyłących roślin mieszańca. Wraz ze zwiększeniem ilości wysiewu rośliny mniej się rozgałęziały i były niższe (tab. 7).

Tabela 7

Wpływ ilości wysiewu na liczbę rozgałęzień i wysokość niepylących (MS) i pylących (MF) roślin mieszańca złożonego przed zbiorem — *Influence of sowing density on the number of branches and height of male sterile (MS) and pollinator (MF) plants of composite hybrid before harvest*

Gęstość siewu [nasion/m ²] <i>Density of sowing</i> [seeds/m ²]	Liczba rozgałęzień <i>Number of branches per plant</i>		Wysokość roślin przed zbiorem <i>Plant height before harvest [cm]</i>	
	MS	MF	MS	MF
70	5,6	4,1	158,9	155,5
140	4,1	2,8	153,3	150,8
230	3,3	2,2	146,0	139,9
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,21	0,19	1,95	2,66
Współczynnik zmienności <i>Variation coefficient [%]</i>	26,9	32,0	4,23	5,4

Z badanych czynników obsada roślin na jednostce powierzchni nie miała istotnego wpływu na jakość nasion badanego mieszańca POH 595. Natomiast wraz ze zwiększeniem procentowego udziału zapylacza istotnie wzrastała zawartość tłuszczu w nasionach i korzystnie malała zawartość glukozyolanów (tab. 8).

Spadek zawartości glukozyolanów wraz ze wzrostem udziału zapylacza był niewątpliwie związany z niższą ich zawartością w nasionach odmiany Bor będącej zapylaczem (8,6 μM/g nasion), w porównaniu do nasion niepylących roślin pokolenia mieszańcowego F₁ (21,2 μM/g nasion). Można też uznać, że optymalnymi parametrami pod względem zawartości tłuszczu i glukozyolanów (< 15 μM/g nasion) oraz udziału glukozyolanów alkenowych i indolowych charakteryzowały się nasiona z obiektów z 30% udziałem zapylacza.

Wnioski

1. Najwyższe plony uzyskano wysiewając 70 nasion/m², w których 20–40% stanowiły nasiona zapylacza. Różnice w plonach wynikały bezpośrednio z wpływu badanych czynników na elementy struktury plonu komponentów mieszańca złożonego.
2. Obsada roślin najbardziej wpływała na liczbę łuszczyń pełnych na roślinie. Przy najmniejszej gęstości (70 nasion/m²) zarówno rośliny niepylące jak i pyłące wiązały najwięcej łuszczyń i o najkorzystniejszym stosunku łuszczyń pełnych do płonych. Łuszczyzny wypełnione były większą liczbą nasion i odznaczały się najwyższą masą 1000 nasion. Ilość wysiewu nie miała istotnego wpływu na jakość zebranych nasion.

Tabela 8

Wpływ gęstości siewu i procentowego udziału nasion zapylacza na jakość nasion mieszańca złożonego POH 595
Influence of sowing density and percentage of pollinator seeds on seed quality features of composite hybrid POH 595

Czynnik <i>Factor</i>	Zawartość tłuszczu <i>Fat content</i> [%]	Zawartość sumy glukozynolanów [μM/g nasion] <i>Total glucosinolate content</i> [μM/g seeds]	Zawartość glukozynolanów alkenowych [μM/g nasion] <i>Alkenyl glucosinolate content</i> [μM/g seeds]	Udział glukozynolanów alkenowych <i>Share of alkenyl glucosinolate</i> [%]	Zawartość glukozynolanów indolowych [μM/g nasion] <i>Indol glucosinolate content</i> [μM/g seeds]
Gęstość siewu [nasion/m ²] — <i>Density of sowing [seeds/m²]</i>					
70	47,1	14,8	12,0	79,9	2,88
140	46,6	14,6	12,0	81,5	2,60
230	47,1	14,4	12,1	82,2	2,30
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	ni — ns	ni — ns	ni — ns	ni — ns	ni — ns
% udział nasion zapylacza — <i>Percentage of pollinator seeds</i>					
5	46,1	19,0	16,1	84,7	2,94
10	46,8	14,9	12,5	84,0	2,41
20	47,3	13,3	11,1	83,4	2,22
30	48,0	12,0	9,4	78,3	2,58
40	47,4	10,7	8,2	76,6	2,54
50	47,8	11,1	8,4	75,7	2,61
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	1,05	1,85	1,65	3,92	ni — ns

3. Skład mieszańców złożonych: 70% nasion roślin niepłodnych pokolenia F₁ i 30% nasion zapylacza zapewniał w okresie kwitnienia dostateczną ilość pyłku, niezbędną do dobrego zapylenia roślin oraz gwarantował otrzymanie dużej liczby łuszczyń wypełnionych nasionami charakteryzującymi się wysoką zawartością tłuszczu i niską zawartością glukozynolanów.
4. Istotne zróżnicowanie wartości elementów struktury plonu wystąpiło między roślinami pyłącymi i niepyłącymi. Rośliny mieszańcowe tworzyły więcej łuszczyń wypełnionych mniejszą liczbą nasion, ale o większej masie. Ponadto rośliny te charakteryzowały się większym udziałem łuszczyń pełnych, były wyższe i lepiej się rozgałęziały.
5. Ilość wysiewu wpływała istotnie na cechy morfologiczne roślin przed zimą, a wiosną na liczbę rozgałęzień oraz wysokość roślin, zarówno niepylących jak i pylących. Wraz ze zwiększeniem ilości wysiewu nasion rośliny mniej się rozgałęziały i były niższe.
6. Zdolność do przetrwania roślin zapylacza zależała głównie od gęstości siewu. Jej zwiększenie przyczyniało się do zmniejszenia procentu roślin pylących, które były silniej zagłuszane przez wyróżniające się większym wigorem rośliny mieszańcowe.

Conclusions

1. The highest yield was achieved at the sowing rate of 70 seeds per sq. m. and 20–40 per cent of pollinator seeds in sowing mixture. Difference in yield resulted from the influence of investigated factors on yield structure of non-restored hybrid components.
2. Plant density mostly affected the number of properly developed pods. Both male sterile plants and pollinator plants at the sowing rate of 70 seeds per sq. m. produced the greatest number of pods and were characterized by the highest percentage of properly developed pods. These pods produced more seeds and were characterized by the highest weight of 1000 seeds. Sowing rate had not significant effect on quality of harvested seeds.
3. Hybrid composition: 70 per cent of seeds of male sterile F₁ hybrid plants and 30 per cent of seeds of pollinator plants ensured adequate amount of pollen to plant pollination during flowering and warranted high pod production with high quality seeds characterized by high content of oil and low content of glucosinolates.

4. Significant difference between yield components of pollinator and male sterile plants was noticed. Male sterile plants produced more pods with fewer but bigger seeds. Moreover these plants were characterized by higher percentage of properly developed pods, were higher and had more branches.
5. Sowing rate significantly affected the morphological character of plants before winter and the number of branches and height of both pollinator and male sterile plants in spring. Plants had fewer branches and were smaller with the increase of sowing rate.
6. Survival of pollinator plants mainly depended on sowing rate. The increase of sowing rate caused the decrease of pollinator plant percentage because pollinator plants were more suppressed by more competitive male sterile plants.

Literatura

- Bartkowiak-Broda I. 1995. Hodowla odmian mieszańcowych. Top Agrar. nr specj.: 27.
- Bartkowiak-Broda I. 1998. Odmiany mieszańcowe rzepaku – osiągnięcia i perspektywy. Rośliny Oleiste XIX, 2: 359-370
- Bartkowiak-Broda I., Krzymański J., Liersch A., Ogrodowczyk M. 1997. Investigation on the possibility of cultivation of winter oilseed rape composite-hybrid varieties in Poland. Bulletin GCIRC 13: 26-30.
- Busch H. 1995. Higher yield with less expenses – investigation of heterosis – effect on own double zero winter rape. Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, UK, vol. 1: 125-127.
- CETIOM. 1994. Colza: Les composites hybrides lignées. Numéros spéciaux d'Oléoscope 17: 1-42.
- Champolivier L., Merrien A. 1999. Comparison of growth, yield components and seed quality of an „hybrid-line” composite versus a classical line. Proc. 10th Intern. Rapeseed Congress. C.D., Canberra.
- Michalski K., Kołodziej K., Krzymański J. 1995. Quantitative analysis of glucosinolates in seeds of oilseed rape. Effect of sample preparation on analytical results. Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, UK, vol. 1: 6-8.
- Möhring S., Esch E., Wricke G. 1999. Breeding hybrid varieties in winter rapeseed using recessive self-incompatibility. Proc. 10th Intern. Rapeseed Congress. C.D., Canberra.
- Muśnicki Cz. 1989. Charakterystyka botaniczno-rolnicza rzepaku ozimego i jego plonowanie w zmiennych warunkach środowiskowo-agrotechnicznych. Roczn. AR w Poznaniu. Rozprawy naukowe, 191: 154.
- Muśnicki Cz., Jasińska Z., Muśnicka B., Horodyski A. 1991. Reakcja podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego na zagęszczenie roślin w łanie. Rośliny Oleiste. Wyniki badań za rok 1990. Zesz. Probl. IHAR, 2: 5-16.
- Olsson G. 1960. Some relationships between number of seeds per pod, seed size, oil content and the effects of selection for these characters in *brassica* and *sinapis*. Hereditas 46: 29-70.
- Piątek B. 1999. Porównanie struktury plonu mieszańców heterozyjnych i rodów rzepaku jarego (*Brassica Napus* L. var. *Oleifera* F. *Annua* Thel.). Praca magisterska. AR Poznań.

- Schrimpf D. 1954. Untersuchungen über den Blüten und Schotenansatz bei Raps, Rübsen und Senf. Z. Acker. u. Pflanzenbau 97: 305-336.
- Stolle G. 1954. Ein Beitrag zur Ertragszüchtung beim Winterraps. Züchter 24: 202-215.
- Thurling N. 1974. Morphophysiological Determinates of Yield in Rapeseed (*Brassica campestris* and *Brassica napus*). II Yield Components. Aust. J. Agric. Res. 25: 711-721.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 1998. Zagęszczenie roślin w łanie jako istotny element kształtowania plonu nasion odmian populacyjnych i odmiany mieszańcowej rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste XIX (2): 645-651.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 1999. Wpływ zagęszczenia roślin i procentu zapylacza na elementy struktury plonu roślin pyłących i niepyłących mieszańca złożonego rzepaku ozimego POH 595. Rośliny Oleiste XX (1): 101-108.
- Wójtowicz M., Wielebski F. 1999. Przeżywalność roślin zapylacza mieszańców złożonych rzepaku ozimego w zależności od gęstości siewu, procentu zapylacza i terminu siewu. Rośliny Oleiste XX (1): 109-116.