

WPLYW GĘSTOŚCI WYSIEWU NASION I POZIOMU NAWOŻENIA AZOTEM NA ROZWÓJ I PLONOWANIE RZEPAKU OZIMEGO

MAREK WÓJTOWICZ¹, EWA JAJOR², ANDRZEJ WÓJTOWICZ²,
MAREK KORBAS², FRANCISZEK WIELEBSKI¹

¹*Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Poznaniu,
ul. Strzeszyńska 36, 60-479 Poznań*

²*Instytut Ochrony Roślin, Państwowy Instytut Badawczy, ul. Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań*

Synopsis. Dwuczynnikowe doświadczenie przeprowadzono w latach 2009–2011 na polach Gospodarstwa Łagiewniki należącego do spółki HR Strzelce (51°46' N, 17°14' E) w układzie podbloków w czterech powtórzeniach. Podmiotem badań była odmiana mieszańcowa zrestorowana Visby, czynnikiem pierwszego rzędu dwa poziomy nawożenia azotem (160 i 220 kg N·ha⁻¹), a drugiego dwie ilości wysiewu nasion (35 i 70 nasion·m⁻²). Przeprowadzone badania wykazały istotną zależność rozwoju i plonowania rzepaku ozimego od analizowanych czynników. Najsilniejszy wpływ na wysokość plonu wywierały warunki środowiskowe. Wzrost plonu będący następstwem wyższego poziomu nawożenia azotem był zróżnicowany w latach powadzenia badań. Natomiast wpływ ilości wysiewu na plon nie był istotnie zróżnicowany w wyniku oddziaływania warunków środowiskowych. Istotnie wyższe plony uzyskano przy większej ilości wysiewu nasion – 70 nasion·m⁻². Na tych obiektach plon nasion był wysoce istotnie skorelowany z liczbą roślin na jednostce powierzchni. Wyższa obsada roślin będąca następstwem wyższej ilości wysiewu nasion – 70 nasion·m⁻² nie przyczyniała się do gorszego zimowania, a wiosną nie ograniczała wytwarzania luszczyn.

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, odmiana mieszańcowa, gęstość siewu, nawożenie azotem, warunki środowiskowe, plon i komponenty plonu

WSTĘP

Gęstość wysiewu nasion oraz poziom wiosennego nawożenia azotem zaliczane są do najsilniej oddziałujących na rozwój i plonowanie rzepaku ozimego czynników agrotechnicznych. Pierwszy ze wspomnianych czynników decydując bezpośrednio o obsadzie roślin kształtuje ich pokrój i tym samym wpływa na przezimowanie oraz wysokość uzyskiwanych plonów. Natomiast oddziaływanie wiosennego nawożenia azotem na plony jest następstwem stymulującej roli tego składnika pokarmowego dla rozwoju rzepaku, co jednocześnie wywiera wpływ na konkurencyjne zdolności tej rośliny uprawnej w walce z chwastami o światło, wodę i pokarm. Zależność efektywności zastosowanych dawek nawożenia azotowego od warunków siedliskowych, a zwłaszcza uwilgotnienia gleby w czasie rozwoju wiosennego rzepaku [Wójtowicz 2013], utrudnia jednoznaczne określenie efektywnego poziomu nawożenia tym składnikiem [Aminpanah 2013, Bilsborrow i in. 1993, Budzyński 1986, Narits 2010, Özden 2010, Rathke i in. 2005, Sieling i in. 1998, 1999], co jednocześnie przyczynia się do kontynuowania badań poświęconych temu zagadnieniu. Znacząca rola azotu w kształtowaniu najistotniejszego kom-

¹ Adres do korespondencji – *corresponding address*: marek@nico.ihar.poznan.pl

ponentu plonu jakim jest liczba łuszczyn na jednostce powierzchni skłania do prowadzenia doświadczeń mających na celu określenie wpływu tego czynnika na rozwój i plonowanie roślin rzepaku wysianych w różnej ilości wysiewu.

Na przestrzeni ostatnich 50 lat zalecenia dotyczące ilości wysiewu nasion ulegały znacznym zmianom. Na początku lat 80-tych ubiegłego wieku Dembiński [1983] na 1 hektar zalecał wysiewać 6–8 kg nasion. Wprowadzenie do powszechnej uprawy herbicydów umożliwiło zmniejszenie ilości wysiewu, co ograniczyło konkurencję roślin uprawnych o światło i w konsekwencji pozwoliło na ograniczenie strat zimowych będących następstwem wybijania roślin jesienią. Dalszemu obniżaniu ilości wysiewu sprzyjało wprowadzanie do powszechnej uprawy odmian mieszańcowych odznaczających się większym wigorem, a także intensyfikacja produkcji rzepaku. Wysoki poziom nawożenia azotem stosowany w technologiach intensywnych pozwala roślinie uprawnej na wytworzenie większej masy i tym samym umożliwia skutecznie konkurować z chwastami oraz jest niezbędny do wyprodukowania dużej liczby łuszczyn – komponentu plonu o największym znaczeniu dla wysokości plonowania [Muśnicki 1989, Olsson 1960, Schrimpf 1954, Stolle 1954, Thurling 1974, Wójtowicz 2013]. Powyższe wskazuje, że zarówno postęp hodowlany jak i technologiczny przyczyniają się do obniżenia ilości wysiewu nasion co sprawia, że zagadnienie dotyczące ilości wysiewu jest stale aktualne w dyskusjach nad formułowaniem zaleceń dla praktyki rolniczej.

Badania przeprowadzone przez Jankowskiego i Budzyńskiego [2007] wykazały, że odmiany mieszańcowe plonują najwyżej przy wysiewie 60 i 120 nasion·m⁻². Budzyński [2010] przypominając, że połowa zdolność wschodów jest zmniejszona o 25–30% [Wielebski i Wójtowicz 2001, Wielebski 2007] zaleca w technologiach intensywnych wysiewanie takiej masy nasion odmian mieszańcowych, która po wschodach zapewni obsadę 45–50, a w średniointensywnych 50–55 roślin·m⁻². Jarecki i in. [2013] wykazał, że obniżenie ilości wysiewu z 60 do 40 nasion·m⁻² skutkowało istotnym obniżeniem plonu rzepaku odmian mieszańcowych. Tej zależności nie potwierdziły badania przeprowadzone przez Ratajczak i in. [2017]. Niemniej autorki te obserwowały istotnie niższe plony w wyniku zmniejszenia ilości wysiewu z 40 do 30 roślin·m⁻². Na znaczenie obsady roślin zwracają także uwagę Różyło i Pałys [2014], którzy prowadząc doświadczenia z różną rozstawą siewu (33, 44, 55 cm) wykazali tendencję do obniżenia plonowania odmian mieszańcowych wraz z zmniejszeniem obsady z 38 do 23 roślin·m⁻². Mimo tych przykładów nierzadko można spotkać się z opinią, że dla uzyskania wyższych plonów należy zmniejszyć obsadę roślin. Zwolennicy tego poglądu potrzebę obniżenia zagęszczenia ładu tłumaczą koniecznością zapewnienia roślinom niezbędnej przestrzeni, co ma ograniczyć niebezpieczeństwo wymarzania rzepaku. Pogląd ten nie jest zgodny z wcześniejszymi doniesieniami Muśnickiego i Budzyńskiego [2005], którzy za optymalne zwarcie ładu jesienią dla odmian mieszańcowych uznają 60 roślin·m⁻². Również jest sprzeczny z zaleceniami Budzyńskiego [2010], który w technologiach intensywnych za nadmierne zagęszczenie dla odmian mieszańcowych wiosną uznaje dopiero 60 roślin·m⁻². Według autorów prezentowanej publikacji, za obniżeniem obsady poniżej dotychczas zalecanej nie przemawia również to, że przy małej obsadzie roślin wzrasta ryzyko niskich plonów w przypadku niezaspokojenia potrzeb wodnych rzepaku na wiosnę. Przy małej obsadzie efektywność oddziaływania nawożenia azotem i tym samym możliwość kompensacji liczby roślin poprzez wzrost liczby łuszczyn w warunkach niedoboru opadów jest ograniczona. W takiej sytuacji uzyskanie wysokich plonów staje się problematyczne. Powyższe wnioskowanie jest zgodne z pracami opisującymi związek efektywności nawożenia azotowego od uwilgotnienia gleby [Arche i Vaidyanathan 1982, Budzyński 1986, Dawkins 1983, Muśnicki 1989, Wójtowicz 2004]. Częste występowanie niedoboru opadów w okresie wiosennego rozwoju rzepaku w warunkach klimatycznych Polski skłania do podejmowania badań nad wpływem obniżania ilości wysiewu na rozwój i plonowanie rzepaku.

Celem przeprowadzonych badań była ocena możliwości obniżenia ilości wysiewu nasion odmiany mieszańcowej rzepaku i określenie jej zdolności kompensacyjnych przy wysokim poziomie nawożenia azotem w zmiennych warunkach klimatycznych kolejnych lat badań.

MATERIAŁ I METODY

Dwuczynnikowe doświadczenie realizowano w latach 2009–2011 na polach Gospodarstwa Łągiewniki należącego do spółki HR Strzelce (51°46' N, 17°14' E) w układzie podbloków w czterech powtórzeniach. Czynnikiem pierwszego rzędu były dwa poziomy nawożenia azotem (160 i 220 kg N·ha⁻¹), a drugiego dwie ilości wysiewu nasion (35 i 70 nasion·m⁻²). Obiektem badawczym była odmiana mieszańcowa rzepaku ozimego – zrestorowana Visby.

Doświadczenie zlokalizowano na glebie brunatnej właściwej, kompleksu żytniego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa. Warstwa orna charakteryzowała się bardzo wysoką zasobnością przy-swajalnych form fosforu i potasu oraz wysoką magnezu. Przedplonem rzepaku była pszenica jara. W latach 2008, 2009 siew nasion wykonano odpowiednio 28 i 31 sierpnia a w roku 2010 – 4 września. Do zwalczania chwastów dwuliściennych zastosowano herbicyd Butisan StarTM w dawce 3,0 dm³·ha⁻¹, a samosiewów zbóż herbicyd Fokus UltraTM 100 EC w dawce 1,5 dm³·ha⁻¹. Nasilenie występowania szkodników ograniczano następującymi insektycydami: KarateTM 025 EC (0,25 dm³·ha⁻¹), ProteusTM 110 OD (0,6 dm³·ha⁻¹) oraz MospilanTM 20 SP (120 g·ha⁻¹). Tydzień przed zbiorem przeprowadzono desykację roślin preparatem RegloneTM 200 SL w dawce 3 dm³·ha⁻¹. Zbiór wykonano metodą jednofazową w dniach od 19–21 lipca kombajnem poletkowym Classic firmy Wintersteiger.

Zagęszczenie roślin rzepaku określono z każdego obiektu doświadczalnego jesienią przed zahamowaniem wegetacji, wiosną po ruszeniu wegetacji i bezpośrednio przed zbiorem.

Przed zbiorem dla każdego obiektu doświadczalnego określono liczbę łuszczyń na roślinie, liczbę nasion w łuszczyńce i masę 1000 nasion. Liczbę łuszczyń na roślinie policzono na 15 kolejnych roślinach, liczbę nasion w łuszczyńce na 25 losowo wybranych łuszczyńcach, a masę 1000 nasion w czterech próbach po 100 nasion pobranych z oczyszczonego plonu. Określono również liczbę łuszczyń zebranych z jednostki powierzchni i masę nasion w łuszczyńce. Plon nasion w t·ha⁻¹ analizowano przy 12% zawartości wody.

Warunki meteorologiczne w latach prowadzenia doświadczenia były bardzo zróżnicowane (tab. 1). Najkorzystniejsze dla wschodów i jesiennego rozwoju warunki wilgotnościowe i termiczne odnotowano w pierwszym sezonie prowadzenia doświadczenia. W sezonie 2008/2009 rzepak rozwijał się prawidłowo i przed zimą był dobrze wykształcony. W kolejnym w sezonie 2009/2010 niedobór opadów w pierwszej i drugiej dekadzie września przyczynił się do nierównomiernych wschodów, co wraz z poprawą warunków wilgotnościowych w trzeciej dekadzie sprzyjało zagłuszeniu słabiej rozwiniętych roślin przez bardziej zaawansowane w rozwoju i w konsekwencji doprowadziło do znacznego zmniejszenia liczby roślin. Najmniej korzystne warunki dla rozwoju roślin jesienią odnotowano w sezonie 2010/2011, gdy silne opady deszczu w trzeciej dekadzie sierpnia nie pozwoliły na przeprowadzenie siewu w zalecanym terminie agrotechnicznym. Opóźnienie siewu o 10 dni w stosunku do zalecanego oraz niskie temperatury i częste deszcze we wrześniu i październiku, a także wczesne zakończenie wegetacji – trzecia dekada listopada, uniemożliwiły roślinom osiągnięcie pokroju sprzyjającego zimowaniu. Rośliny przed zimą były niedostatecznie rozwinięte i w słabej kondycji – wytworzyły tylko 6–7 średniej wielkości liści. W czasie spoczynku zimowego warunki meteorologiczne w sezonach 2008/2009 i 2009/2010 były korzystne. Natomiast w sezonie 2010/11 sprzyjały wymarznieniu – ochłodzenie w drugiej dekadzie lutego po ociepleniu w pierwszej, i wymoknię-

Tabela 1. Warunki agroklimatyczne w trzech sezonach wegetacji rzepaku na tle wielolecia
 Table 1. Agro-climatic conditions in the three growing seasons of winter oilseed rape against the background of many years' data

Miesiąc Month	Opady – Rainfall (mm)				Temperatura – Temperature (°C)			
	2008/ 2009	2009/ 2010	2010/ 2011	1957– 2011	2008/ 2009	2009/ 2010	2010/ 2011	1957– 2011
VIII	60,4	42,3	88,0	68,7	18,9	19,7	19,4	17,8
IX	26,1	32,5	76,4	42,8	13,5	15,3	12,6	13,6
X	55,4	63,5	12,6	38,3	9,5	7,4	6,3	8,8
XI	24,8	35,8	85,8	41,4	5,5	6,1	5,6	3,9
XII	12,3	48,4	56,6	39,5	1,7	-0,8	-5,7	0,0
I	17,3	50,5	19,8	31,9	-3,1	-6,5	0,4	-1,5
II	40,1	15,6	13,5	32,1	0,1	-1,5	-2,4	-0,4
III	35,4	42,1	17,7	33,3	3,9	4,1	3,9	3,2
IV	19,2	29,2	12,3	31,6	11,2	9,4	11,4	8,3
V	67,5	148,5	20,9	54,8	13,8	12,7	14,5	13,6
VI	87,8	40,3	56,7	66,0	15,7	17,9	19,3	16,8
VII	115,2	63,7	94,2	82,4	19,5	22,0	18,3	18,5
Sezon Season	561,5	612,4	554,5	562,8	9,2	8,8	8,6	8,5

ciu rzepaku – intensywne opady deszczu w drugiej dekadzie marca na nierozmarzniętą glebę. Rozkład i ilość opadów na wiosnę we wszystkich ocenianych sezonach nie sprzyjał tworzeniu dużej liczby łuszczyń. W sezonie 2008/2009 – relatywnie najkorzystniejszym, kwitnienie trwało najkrócej. W drugim roku badań, w sezonie 2009/2010, znaczny nadmiar opadów w czasie kwitnienia ograniczał rozwój i zapylenie rzepaku, a w sezonie 2010/2011 niedobór opadów w tej fazie przyczynił się do bardzo słabego wiązania łuszczyń.

Otrzymane wyniki opracowano metodą analizy wariancji zgodnie ze sposobem założenia doświadczenia za pomocą pakietu statystycznego STATISTICA, a istotność różnic określono testem Tukeya na poziomie ufności $p \leq 0,05$ i wyrażono literowo.

WYNIKI BADAŃ

Liczba roślin na jednostce powierzchni była zależna od warunków meteorologicznych i ilości wysiewu nasion (tab. 2). Największe ubytki roślin obserwowano w sezonie 2010/2011. Każdego roku największe straty odnotowano jesienią (8,8–42,9%), a najmniejsze wiosną (2,4–7,1%). Także jesienią obserwowano znaczne zróżnicowanie strat roślin pomiędzy obiektami obsianymi różną ilością nasion. W tej fazie większe ubytki o około 14 punktów procentowych odnotowano na obiektach obsianych większą ilością nasion – 70 nasion·m⁻².

Warunki meteorologiczne wpływały również na kwitnienie oraz wysokość roślin, a także na liczbę rozgałęzień (tab. 3). Najwcześniej kwitnienie odnotowano w sezonie 2008/2009.

Tabela 2. Obsada i ubytki roślin w trakcie wegetacji
Table 2. Plant density and plant losses during vegetation period

Czynnik Factor	Liczba roślin·m ⁻² Number of plants·m ⁻²			Ubytki roślin (%) Plant losses (%)			
	przed zimą before winter	po zimie after winter	przed zbiorem before harvest	jesienią* in autumn	zimą in winter	wiosną in spring	w sezonie in season
Lata – Years							
2009	47,9 a	45,1 a	44,0 a	8,8	5,8	2,4	16,2
2010	33,0 b	32,0 b	32,0 b	37,1	3,0	0,0	30,0
2011	30,0 b	21,1 c	19,6 c	42,9	29,7	7,1	62,7
Gęstość siewu (nasion·m ⁻²) – Sowing density (seeds·m ⁻²)							
35	27,8 b	24,5 b	23,8 b	20,6	11,9	2,9	32,0
70	46,2 a	41,0 a	40,6 a	34,0	11,3	1,0	42,0

* w relacji do ilości wysiewu – in relation to sowing density

Średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie według testu Tukeya (p = 0,05)/Means in columns followed by the same letter are not significantly different according to Tukey's test (p = 0.05)

Tabela 3. Wpływ czynników doświadczenia na kwitnienie i cechy morfologiczne roślin
Table 3. Effect of experimental factors on flowering and morphological features of plants

Czynnik Factor	Kwitnienie – Flowering (dni – days)			Wysokość roślin Plant height (cm)	Liczba rozgałęzień·roślina ⁻¹ Number of branches·plant ⁻¹
	początek the beginning	koniec the end	długość duration		
Lata – Years					
2009	114 c	140 b	26 b	167 a	9,4 a
2010	120 a	151 a	31 a	141 b	8,3 b
2011	117 b	150 a	33 a	131 c	8,0 b
Dawka azotu – Nitrogen dose (kg N·ha ⁻¹)					
160	117 a	147 a	30 a	147 a	8,1 a
220	117 a	147 a	30 a	148 a	9,0 a
Gęstość siewu (nasion·m ⁻²) – Sowing density (seeds·m ⁻²)					
35	117 a	147 a	30 a	147 a	9,8 a
70	117 a	147 a	30 a	146 a	7,4 b

Średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie według testu Tukeya (p = 0,05)/Means in columns followed by the same letter are not significantly different according to Tukey's test (p = 0.05)

W tym sezonie kwitnienie trwało najkrócej – 26 dni, ale rośliny były najwyższe i najbardziej rozgałęzione. Natomiast najniższym wzrostem i najmniejszą liczbą rozgałęzień charakteryzowały się rośliny w sezonie 2010/2011. Wpływ czynników agrotechnicznych na wysokość roślin i liczbę rozgałęzień był mniej znaczący. Nawożenie azotowe nie wpływało istotnie na te cechy. Ilość wysiewu oddziaływała istotnie tylko na liczbę rozgałęzień. Wartość tej cechy była istotnie niższa przy wyższej ilości wysiewu nasion.

Warunki meteorologiczne wpływały także na komponenty plonu (tab. 4). Największą liczbą roślin na jednostce powierzchni, liczbą łuszczyń na roślinie i na jednostce powierzchni oraz liczbą nasion w łuszczyńce charakteryzował się rzepak w sezonie 2008/2009. Najniższe wartości wspomnianych cech odnotowano w sezonie 2010/2011. Natomiast w sezonie 1009/2010 rzepak charakteryzował się istotnie największą masą 1000 nasion. Komponenty plonu były również kształtowane przez czynniki agrotechniczne. Nawożenie azotowe istotnie wpływało na liczbę łuszczyń na roślinie oraz liczbę łuszczyń na jednostce powierzchni. Wyższe wartości tych komponentów obserwowano przy wyższym poziomie nawożenia. Natomiast ilość wysiewu nasion oddziaływała na liczbę roślin na jednostce powierzchni, liczbę łuszczyń na roślinie i na jednostce powierzchni oraz na masę 1000 nasion. Więcej roślin o mniejszej liczbie łuszczyń i mniejszej masie 1000 nasion odnotowano przy większej ilości wysiewu. Istotnie większą liczbę łuszczyń na jednostce powierzchni obserwowano na obiektach, na których wysiano więcej nasion na jednostce powierzchni.

Tabela 4. Wpływ czynników doświadczenia na komponenty plonu
Table 4. Effect of experimental factors on yield components

Czynnik Factor	Liczba roślin·m ⁻² Number of plants·m ⁻²	Liczba łuszczyń· roślina ⁻¹ Number of siliques· plant ⁻¹	Liczba łuszczyń·m ⁻² Number of siliques·m ⁻²	Liczba nasion· łuszczyzna ⁻¹ Number of seeds· silque ⁻¹	Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds (g)	Masa nasion· łuszczyzna ⁻¹ Weight of seeds·silque ⁻¹ (mg)	Plon Yield (t·ha ⁻¹)
Lata – Years							
2009	44,0 a	284 a	11908 a	25,2 a	4,75 c	120 a	6,57 a
2010	32,0 b	276 ab	8442 b	23,2 ab	5,51 a	128 a	4,81 b
2011	19,6 c	196 b	3982 c	21,6 b	5,26 b	114 a	3,19 c
Dawka azotu – Nitrogen dose (kg N·ha ⁻¹)							
160	32,8 a	231 b	7485 b	23,7 a	5,20 a	123 a	4,61 b
220	31,6 a	273 a	8735 a	23,0 a	5,14 a	118 a	5,10 a
Gęstość siewu (nasion·m ⁻²) – Sowing density (seeds·m ⁻²)							
35	23,8 b	278 a	6729 b	22,8 a	5,25 a	119 a	4,68 b
70	40,6 a	227 b	9492 a	23,9 a	5,09 b	122 a	5,03 a

Średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie według testu Tukeya (p = 0,05)/Means in columns followed by the same letter are not significantly different according to Tukey's test (p = 0.05)

Plon nasion był zależny od wszystkich analizowanych czynników (tab. 4). Zmienność plonowania była w większym stopniu następstwem zmiennych warunków meteorologicznych w latach prowadzenia badań niż poziomu zastosowanych czynników agrotechnicznych. Zwiększenie nawożenia azotowego jak i ilości wysiewu nasion przyczyniło się do istotnego wzrostu plonu. Wzrost plonu będący następstwem nawożenia azotem był różny w latach prowadzenia badań (tab. 5). W latach 2010 i 2011 zwiększenie poziomu nawożenia przyczyniło się do istotnego wzrostu plonu odpowiednio o 0,50 i 0,76 t·ha⁻¹. W 2010 odznaczającym się bardzo intensywnymi opadami w czasie kwitnienia nie odnotowano istotnego oddziaływania poziomu nawożenia na plon. Natomiast wpływ ilości wysiewu na plon nie był istotnie zróżnicowany w wyniku oddziaływania warunków środowiskowych. Czynniki doświadczenia kształtowały oddziaływanie komponentów na plon nasion. Wzrost poziomu nawożenia azotem przyczynił się do wzrostu wartości współczynników korelacji pomiędzy plonem a liczbą łuszczyń na roślinie, ale istotną zależność pomiędzy wspomnianymi cechami odnotowano tylko przy niższej ilości wysiewu nasion (35 nasion·m⁻²). Na obiektach rzadziej obsianych (35 nasion·m⁻²) i intensywniej nawo-

Tabela 5. Plon nasion w zależności od poziomu nawożenia azotem i roku badań
Table 5. Yield according to nitrogen dose and year of investigation

Dawka azotu – Nitrogen dose (kg N·ha ⁻¹)	Plon – Yield (t·ha ⁻¹)		
	2009	2010	2011
160	6,32 b	4,71 a	2,81 b
220	6,82 a	4,90 a	3,57 a

Średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie według testu Tukeya (p = 0,05)/Means in columns followed by the same letter are not significantly different according to Tukey's test (p = 0.05)

Tabela 6. Współczynniki korelacji plonu z jego komponentami w zależności od gęstości siewu i poziomu nawożenia azotem
Table 6. Correlation coefficients between yield and its components according to sowing density and nitrogen fertilization

Cechy – Traits	Gęstość siewu – Sowing density (nasion/seeds·m ⁻²)			
	35		70	
	Dawka azotu – Nitrogen dose (kg N·ha ⁻¹)			
	160	220	160	220
Liczba roślin·m ⁻² /Number of plants·m ⁻²	0,69*	0,57	0,83**	0,84**
Liczba łuszczyń·roślina ⁻¹ /Number of siliques·plant ⁻¹	0,61*	0,71**	0,34	0,54
Liczba łuszczyń·m ⁻² /Number of siliques·m ⁻²	0,77**	0,73**	0,78**	0,84**
Liczba nasion·łuszczyzna ⁻¹ /Number of seeds·silque ⁻¹	0,38	0,64*	0,36	0,44
Masa 1000 nasion/Weight of 1000 seeds (g)	-0,39	-0,47	-0,63*	-0,65*
Masa nasion·łuszczyzna ⁻¹ /Weight of seeds·silque ⁻¹ (mg)	0,10	0,54	-0,01	0,14

*Korelacja istotna na poziomie $\alpha=0,05$ – Significant correlation at $\alpha=0.05$

**Korelacja istotna na poziomie $\alpha=0,01$ – Significant correlation at $\alpha=0.01$

zonych ($220 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) plon był silniej skorelowany z liczbą łuszczyń na roślinie ($r^2 = 0,71$) niż z liczbą roślin na jednostce powierzchni ($r^2 = 0,51$). Odwrotną zależność obserwowano na obiektach obsianych rzadziej ($35 \text{ nasion}\cdot\text{m}^{-2}$) i nawożonych dawką $160 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, gdzie współczynniki korelacji z plonem liczby łuszczyń na roślinie i liczby roślin na jednostce powierzchni wynosiły odpowiednio: 0,61 i 0,69. Przy wyższej ilości wysiewu nasion ($70 \text{ nasion}\cdot\text{m}^{-2}$) bez względu na poziom nawożenia odnotowano wyższą korelację pomiędzy plonem a liczbą roślin na jednostce powierzchni ($r^2 = 0,83$; $r^2 = 0,83$), niż liczbą łuszczyń na roślinie ($r^2 = 0,34$; $r^2 = 0,54$).

DYSKUSJA

Silne zdolności kompensacyjne rzepaku przyczyniają się do ograniczenia zmienności plonowania i jednocześnie pozwalają na uzyskiwanie relatywnie wysokich plonów w warunkach odbiegających od optymalnych dla rozwoju tej rośliny uprawnej. Dzięki kompensacji liczby roślin na jednostce powierzchni liczbą łuszczyń można uzyskać wysokie plony nawet przy małej obsadzie. Należy jednak niezapominać, że zdolności kompensacyjne rzepaku umożliwiające równoważenie małej liczby roślin wzrostem liczby łuszczyń są uwarunkowane koniecznością zaspokojenia potrzeb wodnych i pokarmowych rzepaku. Czynnikiem mającym istotne znaczenie dla wytwarzania łuszczyń przez rośliny jest wiosenne nawożenie azotem [Budzyński i in. 1995, Jasińska i in. 1997, Wójtowicz i Wielebski 1995], którego efektywność zależy nie tylko od dobrego zaopatrzenia rzepaku w fosfor, magnez i potas [Grzebisz 2014], ale także od warunków wilgotnościowych siedliska [Arche i Vaidyanathan 1982, Budzyński 1986, Dawkins 1983, Muśnicki 1989, Wójtowicz 2004, 2013]. Warunki wilgotnościowe decydujące o najistotniejszym komponencie plonu jakim jest liczba łuszczyń na roślinie są w praktyce czynnikiem najsilniej limitującym wysokość produkcji rzepaku. Duża zmienność warunków wilgotnościowych w latach zmusza do uwzględnienia w technologii uprawy ryzyka niskiego plonowania będącego następstwem zbyt małej liczby roślin na jednostce powierzchni. Wyniki prezentowanego doświadczenia pokazują, że wystąpienie niekorzystnych warunków w czasie wschodów skutkujących mniejszą obsadą roślin od zaplanowanej jest wysoce prawdopodobne. W trzyletnim doświadczeniu niekorzystne warunki w czasie wczesnojesiennego rozwoju, które przyczyniły się do obniżenia liczby roślin w stosunku do ilości wysianych nasion o około 40% odnotowano w dwóch sezonach wegetacyjnych – 2009/2010 i 2010/2011. Również wyniki badań innych autorów [Wielebskiego i Wójtowicza 2001 oraz Wielebskiego 2007] wskazują na znacznie połowej zdolności wschodów dla obsady roślin jesienią. Połowa zdolność wschodów w badaniach zacytowanych autorów była zmniejszona o około 25–30%. Prezentowane doświadczenie wykazało także, że straty w czasie jesiennego rozwoju są zależne od ilości wysiewu nasion. Większe ubytki o około 14 punktów procentowych odnotowano na obiektach obsianych większą ilością nasion – $70 \text{ nasion}\cdot\text{m}^{-2}$. Wykazano również, że obniżenie ilości wysiewu nie zabezpiecza przed znacznymi stratami roślin w czasie wegetacji jesiennej. Średnie straty na obiektach obsianych mniejszą ilością wysiewu nasion – $35 \text{ nasion}\cdot\text{m}^{-2}$ wynosiły około 20%. Nierzadkie są także straty roślin powodowane niekorzystnymi warunkami pogody w czasie zimy. W prezentowanym doświadczeniu warunki sprzyjające złemu przezimowaniu obserwowano w sezonie 2010/2011, kiedy odnotowano prawie 30% strat roślin w czasie spoczynku zimowego. Nie wykazano natomiast zróżnicowania strat roślin w tej fazie w wyniku zróżnicowanej ilości wysiewu. Powyższe wskazuje, że większa obsada roślin będąca następstwem większej ilości wysiewu – $70 \text{ nasion}\cdot\text{m}^{-2}$ nie przyczyniła się do ich ubytków w czasie zimy. Straty roślin na wiosnę były znacznie mniejsze, co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami Wielebskie-

go [2007] oraz Wójtowicza [2013], którzy wykazali, że obsada najsilniej determinowana jest procentem wschodów, a następnie warunkami zimy. Tylko w sezonie 2010/2011 ubytki roślin w czasie wiosennej wegetacji przekroczyły 7%. W pozostałych dwóch sezonach były mniejsze od 3%. Znaczenie warunków meteorologicznych w czasie wiosennego rozwoju wynika z ich roli w kształtowaniu pokroju rośliny plonującej. Z tego względu planując ilość wysiewu nasion nie można nie brać pod uwagę prawdopodobieństwa wystąpienia niesprzyjających warunków wilgotnościowych w czasie wiosennego rozwoju, które będą ograniczały możliwości kompensacyjne rzepaku. W omawianym doświadczeniu w dwóch sezonach 2009/2010 i 2010/2011 warunki meteorologiczne nie sprzyjały rozwojowi roślin wiosną o czym świadczy ich niski wzrost – odpowiednio 141 i 131 cm, co znacznie ograniczało możliwość wytworzenia dużej liczby łuszczyń. We wszystkich sezonach rozkład i ilość opadów nie sprzyjał tworzeniu łuszczyń. W sezonie 2008/2009 kwitnienie trwało krótko, w 2009/2010 obserwowano znaczny nadmiar opadów w czasie kwitnienia, a w sezonie 2010/2011 odnotowano silny niedobór opadów w tej fazie. Ten komponent plonu był również istotnie kształtowany przez antropogeniczne czynniki doświadczenia. Większą ilość łuszczyń na roślinie obserwowano przy większym poziomie wiosennego nawożenia azotem oraz mniejszej ilości wysiewu nasion. Brak istotnej interakcji pomiędzy czynnikami doświadczenia odnośnie wspomnianej cechy świadczy o tym, że większa obsada będąca następstwem większej ilości wysiewu nie przyczyniała się do ograniczenia rozwoju roślin rzepaku na wiosnę. O braku ujemnego oddziaływania obsady roślin na wytwarzanie łuszczyń świadczy również dodatnia korelacja pomiędzy tymi cechami. Powyższe wpisuje się w pogląd prezentowany przez Budzyńskiego [2010], który za nadmierne zagęszczenie wiosną dla uprawianych intensywnie odmian mieszańcowych uznaje dopiero 60 roślin·m⁻². Pośrednim miernikiem odpowiedniej obsady roślin jest liczba łuszczyń na jednostce powierzchni. Prezentowane wyniki potwierdzają możliwość oddziaływania na wspomniany komponent plonu zabiegami agrotechnicznymi. Istotnie wyższe wartości tego komponentu uzyskano na obiektach obsianych większą ilością wysiewu nasion i intensywniej nawożonych azotem. Wspomniane zabiegi nie wpływały natomiast istotnie na drugi podstawowy komponent plonu jakim jest masa nasion w łuszczyń. Z kolei plon nasion był zależny od wszystkich czynników doświadczenia. Najsilniej oddziaływały na plon zmienne w latach warunki środowiskowe. Uzyskane wyniki są zgodne z wcześniejszymi [Wójtowicz 2013], które wskazują na nadrzędną rolę warunków środowiska w kształtowaniu cech biologicznych i użytkowych rzepaku. Warunki środowiskowe modyfikowały także istotnie efektywność nawożenia azotowego, co jest zgodne z wynikami prezentowanymi przez Arche i Vaidyanathan [1982], Budzyńskiego [1986], Dawkins [1983], Muśnickiego [1989], Wójtowicza [2004, 2013]. Bardzo intensywne opady w sezonie 2009/2010 ograniczyły znacząco efektywność nawożenia tym składnikiem. Natomiast wpływ ilości wysiewu na plon nie był istotnie zróżnicowany oddziaływaniem warunków środowiskowych. Najprawdopodobniej niezbyt korzystne warunki w czasie kwitnienia we wszystkich sezonach badań ograniczyły możliwość kompensacji rzepaku. Skutkiem czego każdego roku istotnie wyższe plony uzyskano przy większej ilości wysiewu nasion. Brak istotnej interakcji pomiędzy poziomem nawożenia azotem a ilością wysiewu nasion dowodzi, że większa obsada roślin nie ograniczała efektywności oddziaływania nawożenia azotem na rozwój roślin i tym samym na wysokość plonowania. Znaczenie ilości wysiewu nasion dla wysokości plonowania potwierdza wysoce istotny związek plonu z liczbą roślin na jednostce powierzchni na gęściej obsianych obiektach, z których zebrano wyższe plony nasion. Natomiast brak istotnej zależności plonu od liczby łuszczyń na roślinie na tych obiektach wskazuje na małe zdolności kompensacyjne rzepaku w warunkach prowadzenia doświadczenia. Znaczna zmienność liczby łuszczyń na roślinie będąca następstwem zależności rozwoju tego komponentu od warunków siedliskowych [Wójtowicz i Muśnicki 2001] skutkuje koniecznością wysiania odpowiedniej liczby roślin

na jednostce powierzchni, co w konsekwencji zmniejsza ryzyko uzyskania niższych plonów w niesprzyjających warunkach wilgotnościowych.

WNIOSKI

1. Plon był zależny od wszystkich ocenianych czynników doświadczenia. Najsilniejszy wpływ na wysokość plonu wywierały warunki środowiskowe, które oddziałując na efektywność nawożenia azotowego wpływały także pośrednio na rozwój roślin.
2. Wyższe plony nasion uzyskano przy wyższym poziomie nawożenia azotowego – 220 kg N·ha⁻¹ i ilości wysiewu – 70 nasion·m⁻².
3. Brak istotnej interakcji pomiędzy ilością wysiewu a pozostałymi czynnikami wskazuje, że obniżenie ilości wysiewu do 35 nasion·m⁻² obciążone jest dużym ryzykiem uzyskania niższych plonów.
4. Wyższa obsada roślin będąca następstwem ilości wysiewu nasion – 70 nasion·m⁻² nie przyczyniała się do gorszego zimowania, a wiosną nie ograniczała wytwarzania łuszczyń.

PIŚMIENNICTWO

- Aminpanah H. 2013. Effect of nitrogen rate on seed yield, protein and oil content of two canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Acta Agric. Slov.* 101(2): 183–190.
- Archer J.R., Vaidyanathan L.V. 1982. Fertilizer for winter oilseed rape. *J. Sci. Food Agric.* 33: 1262–1263.
- Bilsborrow P.E., Evans J., Zhao F. 1993. The influence of spring nitrogen on yield, yield components and glucosinolate concentration of autumn-sown oilseed rape (*Brassica napus*). *J. Agric. Sci.* 120: 219–224.
- Budzyński W. 1986. Studium nad wpływem niektórych czynników agrotechnicznych na zimowanie i plonowanie odmian podwójnie uszlachetnionego rzepaku ozimego. *Acta Acad. Agricult. Tech. Ols. Agricult.* 41 B: 3–54.
- Budzyński W. 2010. Kapusta rzepak. W: *Rośliny oleiste – uprawa i zastosowanie*. Budzyński W., Zając T. (red.). Wyd. PWRiL, Poznań, 15–107.
- Budzyński W., Ojczyk T., Tobała P., Malarz W. 1995. Porównanie doglebowego i dolistnego nawożenia rzepaku ozimego mocznikiem. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 16(1): 151–156.
- Dawkins T.C.K. 1983. Some factors in successful cropping. 2. Oilseed rape. *Span* 26(3): 116–117.
- Dembiński F. 1983. Jak uprawiać rzepak i rzepik. PWRiL, Warszawa.
- Grzebisz W. 2014. Racjonalne nawożenie rzepaku. W: *Rzepak integrowana produkcja, poradnik dla producentów*. Wydawnictwo Biznes-Press, Warszawa.
- Jankowski K., Budzyński W. 2007. Reakcja różnych form hodowlanych rzepaku ozimego na termin i gęstość siewu. II. Plon nasion i jego składowe. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 28(2): 195–207.
- Jarecki W., Bobrecka-Jamro D., Noworól M. 2013. Reakcja rzepaku ozimego na zróżnicowaną ilość wysiewu nasion w rejonie podkarpackim. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 34(1): 65–74.
- Jasińska Z., Kotecki A., Kozak M. 1997. Wpływ następczy roślin strączkowych i nawożenia azotem na rozwój i plon rzepaku ozimego. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 18(1):187–198.
- Muśnicki Cz. 1989. Charakterystyka botaniczno-rolnicza rzepaku ozimego i jego plonowanie w zmienionych warunkach środowiskowo-agrotechnicznych. *Rocz. AR Poznań, Rozpr. Nauk.* 191, ss. 154.
- Muśnicki Cz., Budzyński W. 2005. Uprawa roli i siew rzepaku. W: *Technologia produkcji rzepaku*. Muśnicki Cz., Bartkowiak-Broda I., Mrówczyński M. (red.). Wyd. Wieś Jutra: 90–96.
- Narits L. 2010. Effect of nitrogen rate and application time to yield and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) var. *oleifera* subvar. *biennis*. *Agron. Res.* 8: 671–686.

- 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.
- Özden Ö. 2010. Effects of source and rate of nitrogen fertilizer on yield, yield components and quality of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) Chilean J. Agric. Res. 70: 132–141.
- Ratajczak K., Sulewska H., Szymañska G. 2017. New winter oilseed rape varieties – seed quality and morphological traits depending on sowing date and rate. *Plant Prod. Sci.* 20: 262–272.
- Rathke G. W., Christen O., Diepenbrock W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crop Res.* 94: 103–113.
- Różyło K., Palys E. 2014. New oilseed rape (*Brassica napus* L.) varieties – canopy development, yield components, and plant density. *Acta Agric. Scand., Sect. B – Soil, Plant Sci.* 64: 260–266.
- Schrumpf D. 1954. Untersuchungen über den Blüten – und Schotenansatz bei Raps, Rübsen und Senf. *Z. Acker- u. Pflanzenbau* 97: 305–336.
- Sieling K., Günther-Borstel O., Teebken T., Hanus H. 1999. Soil mineral N and N net mineralization during autumn and winter under an oilseed rape-winter wheat-winter barley rotation in different crop management systems. *J. Agric. Sci.* 132: 127–137.
- Sieling K., Schröder H., Hanus H. 1998. Mineral and slurry nitrogen effects on yield, N uptake, and apparent N-use efficiency of oilseed rape (*Brassica napus*). *J. Agric. Sci.* 130: 165–172.
- 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. 2007. Reakcja różnych typów odmian rzepaku ozimego na zmienne zagęszczenie roślin w łanie. I. Plon nasion i jego składowe. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 28(2): 209–226.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 2001. Wpływ gęstości siewu na plon nasion oraz cechy morfologiczne i elementy struktury plonu odmian populacyjnych i mieszańcowych rzepaku ozimego. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 22(2): 349–362.
- Wójtowicz M. 2004. Wpływ nawożenia azotowego i warunków środowiskowych na cechy biologiczne i użytkowe złożonych odmian mieszańcowych rzepaku ozimego Kaszub i Mazur. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 16(1): 109–123.
- Wójtowicz M. 2013. Rola czynników środowiskowych i agrotechnicznych w kształtowaniu wielkości i jakości plonu rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.). Wyd. IHAR-PIB Radzików, Monogr. Rozpr. Nauk. 45, ss. 111.
- Wójtowicz M., Muśnicki Cz. 2001. Zmienność i współzależność pomiędzy plonem nasion podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego a komponentami jego struktury. *Rocz. AR Poznań* 335, Rol. 61: 123–137.
- Wójtowicz M., Wielebski F. 1995. Wpływ wiosennego nawożenia azotem przy różnym uwilgotnieniu gleby na plon, elementy plonotwórcze i zawartość glukozyolanów w nasionach trzech odmian rzepaku ozimego. *Rośl. Oleiste/Oilseed Crops* 16(1): 157–164.

M. WÓJTOWICZ , E. JAJOR , A. WÓJTOWICZ , M. KORBAS , F. WIELEBSKI

EFFECT OF SOWING DENSITY AND NITROGEN FERTILIZATION ON GROWTH AND YIELD OF WINTER OILSEED RAPE

Summary

Two-factor experiment was carried out in 2009–2011 on the field of Łagiewniki Station belonging to HR Strzelce company (51°46' N, 17°14' E) in the split-plot design with four replication. The subject of investigation was restored hybrid Visby, the main plots treatments were two nitrogen fertilization level (160, 220 kg N·ha⁻¹), the sub-plot treatments were two sowing density (35, 70 seeds·m⁻²). The experiment showed

significant effect of analyzed factors on growth and yield of winter oilseed rape. The highest effect on yield exerted environmental conditions. The increase of yield which was a consequence of a higher level of nitrogen fertilization was varied in the years of investigations. In contrast, the effect of sowing density on yield was not significantly varied due to the impact of environmental conditions. Significantly higher yields were obtained on objects where seeds were sown denser – 70 seeds·m⁻². On these objects yield was significantly positively correlated with the number of plants per area unit. Higher plant density which was a consequence of a higher quantity of sowing seeds – 70 seeds·m⁻² did not contribute to worse wintering and in spring did not restrict production of siliques.

Key words: winter oilseed rape, hybrid cultivar, sowing density, nitrogen fertilization, environment conditions, yield and yield components

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 22.06.2017

Do cytowania – *For citation*

Wójtowicz M., Jajor E., Wójtowicz A., Korbas M., Wielebski F. 2017. Wpływ gęstości wysiewu nasion i poziomu nawożenia azotem na rozwój i plonowanie rzepaku ozimego. *Fragm. Agron.* 34(3): 130–141.