

REAKCJA PRODUKCYJNO-ROZWOJOWA ODMIAN RZEPAKU OZIMEGO NA ZRÓŻNICOWANE DAWKI N I S*

ANDRZEJ OLEKSY¹

*Instytut Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
Al. A. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków*

Synopsis. W ścisłym doświadczeniu polowym prowadzonym w trzech sezonach wegetacyjnych 2010–2013 porównywano reakcję dwóch odmian mieszańcowych 'Adam' i 'Poznaniak' na nawożenie azotem (0–200 kg N·ha⁻¹) i siarką (0–70 kg S·ha⁻¹). Zmienne warunki agroklimatyczne w czasie jesiennej wegetacji spowodowały zróżnicowanie obsady roślin. Sprzyjające dla utrzymania obsady roślin rzepaku były sezony 2010/2011 oraz 2012/2013. Spadek zagęszczenia roślin spowodowany głównie bardzo małą ilością opadów we wrześniu i listopadzie, które najpierw ograniczyły wschody a następnie spowolniły wzrost roślin a w konsekwencji ich nieprzygotowanie do zimowania miał miejsce w sezonie 2011/2012. Ilość wykształcanych wiosną przez rzepak rozgałęzień bocznych była zróżnicowana w sezonach wegetacji i nawiązywała bezpośrednio do wiosennej obsady roślin na jednostce powierzchni. Wielkość dawki azotu zasadniczo nie wpłynęła na zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni. Rola wiosennego nawożenia azotowego uzewnętrzniła się poprzez zwiększenie liczby odgałęzień bocznych oraz liczby łuszczyń na roślinie. Rzepak ozimy dorodniejsze nasiona o większej masie wykształcał przy braku nawożenia (kontrola) oraz pod wpływem stosowania wysokich dawek (150 kg, 200 kg i Nmin) azotu. Dawki nawożenia azotowego liniowo zwiększały poziom plonowania rzepaku. Porównywane odmiany nie wykazały istotnych różnic w plonach nasion. Sezon wegetacji był kreatorem efektywności nawożenia azotem w oparciu o test azotu mineralnego (Nmin). Odmiana 'Adam' wykazała tendencję do lepszego wykorzystania azotu zastosowanego w oparciu o test azotu mineralnego (Nmin) w porównaniu z odm. 'Poznaniak'. Nawożenie siarką nie wpłynęło istotnie na kształtowanie się komponentów struktury plonu pojedynczej rośliny jak również na plon nasion z jednostki powierzchni.

Słowa kluczowe: odmiany, elementy składowe plonu, test azotu mineralnego (Nmin), efektywność nawożenia

WSTĘP

W strefie klimatu umiarkowanego Europy uprawiana jest wyłącznie forma ozima rzepaku, która obecnie uzyskała dominujące znaczenie gospodarcze. Z racji wysokiego plonowania, które systematycznie rośnie, uprawa rzepaku ozimego stała się atrakcyjną alternatywą dla rolników [Berry i Spink 2006, Diepenbrock 2000, Jankowski i in. 2015, Zając i in. 2016]. Inne gatunki roślin oleistych plonują znacznie niżej, a olej tych gatunków, zwłaszcza gorczycy białej, odznacza się gorszymi walorami żywymi [Jankowski i in. 2015, Zając i in. 2011]. Aktualnie podkreśla się wielorakość funkcji produkcyjnych rzepaku takich jak; produkcję żywności (tłuszcz roślinny do spożycia przez ludzi), paszę (poekstrakcyjna śruta) lub biomasę do innych zastosowań (bioenergia ze źródeł odnawialnych) [Nemecek i in. 2015]. Supremacja produkcyjna

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* rroleksy@cyf-kr.edu.pl

* Praca była finansowo wspierana przez grant krajowy nr NN 310 169139

rzepaku, w połączeniu z wysoką wartością spożywczą oleju są istotnymi przesłankami, co do wiodącego znaczenia gospodarczego tego taksonu w strefie klimatu umiarkowanego, co też znacząco dotyczy Polski. Coroczny przyrost plonu nasion rzepaku w Polsce kształtuje się na poziomie $29 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ i jest zbliżony do trendu światowego. Rosnący poziom plonowania w połączeniu ze zwiększeniem areалу uprawy sprawiają konieczność energetycznego zagospodarowania plonu nadziemnej biomasy. Mazhari-Mousavi i in. [2013] donoszą, że w krajach o aridowym lub semiaridowym klimacie, takich jak Iran, podejmuje się uprawę rzepaku jarego, który obok nasion, dostarcza słomy wykorzystywanej jako bezalternatywne źródło celulozy, służącej do produkcji papieru. Znaczenie gospodarcze rzepaku wydaje się być tam większe, niż w obszarze klimatu umiarkowanego, gdzie plonem użytecznym są wyłącznie nasiona, a słoma pozostaje plonem ubocznym, którą należy traktować jako źródło bioenergii.

Wprowadzenie do uprawy dwuzerowych odmian heterozyjnych spowodowało radykalne zwiększenie plonowania, a tym samym w skali globalnej olej rzepakowy o niskiej zawartości kwasu erukowego i glukozyzolanów stał się trzecim najczęściej spożywanym olejem, po oleju sojowym i palmowym [Liu i in. 2013, Seyis i in. 2006, Takashima i in. 2013, Weymann i in. 2015]. Czynnikiem zwiększającymi poziom plonowania jest wysoki i zarazem odpowiedni poziom nawożenia azotem [Justes i in. 2000, Rathke i in. 2005, Sieling i Kage 2010, Veromann i in. 2013]. Obecnie jako pewnik podkreśla się, że dostępność azotu jest kluczowym czynnikiem wpływającym na wydajność rzepaku [Veromann i in. 2013]. W klimacie umiarkowanym wzrost i rozwój rzepaku jest najczęściej ograniczany przez dostępność azotu, zwłaszcza na początku wegetatywnego wzrostu [Colnenne i in. 2002, Diepenbrock 2000, Rathke i in. 2006, Sieling i Kage 2010]. Nieodzwone do zadawalającego plonowania rzepaku, są wysokie nawożenie azotem i dostatek wody w fazie kwitnienia, które prowadzą do intensywnego wzrostu roślin, przekładającego się na dobre plonowanie. Weymann i in. [2015] wykazali, że w Niemczech około 40% zmienności plonów nasion można wytłumaczyć warunkami pogodowymi w określonych fazach rozwojowych. Jednak w latach wilgotniejszych kombinacja tych czynników, przeradza się w promotora silnego wylegania roślin i łanu, co w konsekwencji prowadzi do spadku plonu nasion o 16–50% [Baylis i Wright 1990]. Azot jest najważniejszym biogenem kreującym zieloną powierzchnię asymilacyjną łanu, a w konsekwencji plon nadziemnej biomasy i plon nasion. Rathke i in. [2005] podają, że maksymalne plony nasion rzepaku, w zakresie od $4,79$ do $4,90 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskali pod wpływem wysokiej dawki azotu, wynoszącej $240 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Behrens i Diepenbrock [2006] empirycznie oszacowali plon suchej masy na około $9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, jaką w suchszym roku (2003) nagromadził w 320 dniu ontogenezy, nawożony dawką $210 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Natomiast w kolejnym wilgotniejszym roku (2004) plon nadziemnej biomasy był znacząco wyższy i kształtował się na poziomie $21 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Justes i in. [2000] udowodnili, że wysokie nawożenie azotem jest ważnym imperatywem produktywności rzepaku, ponieważ przy bardzo wysokim nawożeniu $272 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, pod koniec wegetacji, uzyskano plon suchej masy w wysokości $2250 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, który był dwukrotnie wyższy niż przy braku nawożenia. Dla utrzymania wysokiego plonowania i efektywnego wykorzystania innych składników, w tym zwłaszcza azotu, wielu autorów [Bilborrow in. 1995, Budzyński i Ojczyk 1995, Haneklaus i in. 1999, Jankowski 2007, Jankowski i in. 2015, Podleśna 2003, Wielebski 2006, 2008, Zhao i in. 2003] wskazuje na konieczność nawożenia rzepaku siarką.

Celem pracy było określenie reakcji rozwojowo-produkcyjnej dwóch heterozyjnych odmian rzepaku ozimego na wielkości dawek nawożenia azotowego oraz siarki. Zasięg porównań w obrębie nawożenia azotowego poszerzono o dawkę azotu wyliczoną w oparciu o zawartość mineralnych form tego składnika, określonego w trzech warstwach profilu gleby.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2010–2013 w Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Rolniczego w Prusach (50°07' N, 20°05' E). Corocznie badania prowadzono na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu, klasy bonitacyjnej I, należącej do 1 kompleksu przydatności rolniczej gleb. Agrochemiczne parametry gleby z doświadczeń polowych przedstawiono w tabeli 1. Warstwa orna profilu gleby miała odczyn lekko kwaśny, w poszczególnych latach kształtował się w przedziale pH_{KCl} od 6,1 do 6,2. Zasobność w przyswajalne formy fosforu wahała się w zakresie od średniej do wysokiej, potasu była niska a magnezu wysoka lub bardzo wysoka. W warstwie gleby 0–30 cm zawartość przyswajalnej dla roślin formy siarki siarczanowej (S-SO₄), w zależności od roku wynosiła od 0,0012 do 0,0065 g·kg⁻¹ gleby, co według oceny zawartości siarki przyswajalnej w glebie na podstawie literatury klasyfikuje ją jako bardzo niską (lata 2010 i 2012) lub niską (rok 2011).

Tabela 1. Chemiczne parametry gleby z doświadczenia polowego w latach 2010–2012
Table 1. Chemical parameters of soil from a field experiment in the years 2010–2012

Jednostka – Unit	2010	2011	2012
pH_{KCl}	6,2	6,1	6,1
P mg·kg ⁻¹	64	60	75
K mg·kg ⁻¹	112	104	112
Mg mg·kg ⁻¹	142	138	142
N-og g·kg ⁻¹	1,61	1,54	1,47
C-org g·kg ⁻¹	12,7	10,3	11,0
S-og g·kg ⁻¹	0,160	0,184	0,164
S-SO ₄ g·kg ⁻¹	0,0012	0,0065	0,0022
C/N	7,94	6,87	7,33

Zawartość azotu mineralnego (NO₃-/NH₄-N) w warstwie gleby 0–90 cm wczesną wiosną w poszczególnych sezonach wegetacyjnych była zróżnicowana i wynosiła odpowiednio w latach prowadzenia doświadczeń: 92, 53 i 82 kg·ha⁻¹ (tab. 2). Najwięcej mineralnych form azotu znajdowało się w wierzchniej warstwie gleby w pierwszym sezonie prowadzenia badań a najmniej w drugim (2011/2012), w którym również warstwa gleby 60–90 cm była znacznie uboższa w azot. W ostatnim cyklu prowadzenia doświadczeń (sezon 2012/2013) w przeciwieństwie do poprzednich sezonów, mineralne formy azoty rozłożone były równomiernie w profilu glebowym. W kolejnych warstwach gleby 30–60 cm oraz 60–90 cm zawartość mineralnych form azotu kształtowała się na podobnym poziomie. Warto również zwrócić uwagę na równomierne rozłożenie w poszczególnych warstwach gleby formy azotanowej w ostatnim sezonie badań oraz na podobną zawartość obu form w warstwach gleby (tab. 2). W drugim sezonie badań (2011/2012) obserwowano natomiast wyraźny spadek zawartości formy azotanowej w poszczególnych warstwach profilu glebowego oraz najmniejszą w okresie badań i równomiernie rozłożoną w warstwach gleby zawartość formy amonowej.

Tabela 2. Nagromadzenie form azotu mineralnego ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) w warstwach profilu gleby w początku wznowienia wiosennej roślinności rzepak

Table 2. The accumulation of forms of mineral nitrogen ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) in the layers of the soil profile at the beginning of the resumption of oilseed rape spring vegetation

Głębokość warstwy (cm) Depth layer (cm)	2011		2012		2013	
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N
0–30	12,0	25,9	12,0	11,4	14,3	15,2
30–60	4,1	21,8	6,3	9,4	13,3	12,6
60–90	11,4	17,2	3,3	10,2	13,4	12,7
∑ 0–90	27,5 AB*	64,9 a	21,6 B	31,0 b	41,0 A	40,5 b
Nmin 0–90	92,4 a		52,6 b		81,5 a	

* średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie $\alpha=0,05$ /means with the same letters do not differ significantly at the level of $\alpha = 0.05$

Eksperyment polowy został założony w układzie split-plot w czterech powtórzeniach z trzema zmiennymi:

- czynnik I – wiosenna dawka azotu ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$): A – 0, B – 50, C – 100, D – 150, E – 200, F – dawka corocznie ustalana w oparciu o analizę zawartości Nmin;
- czynnik II – dawka siarki ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$): A – 0, B – 70,
- czynnik III – odmiany rzepaku: A – ‘Adam’, B – ‘Poznaniak’.

Wysokość całkowitej dawki azotu (przy nawożeniu wg metody Nmin) wyliczono na podstawie znajomości zawartości azotu mineralnego wiosną wg wzoru [Fotyma i Fotyma 2004]:

$$N_{opt.} = \frac{(Y_{max} * acrit) - (N_{min} * WP)}{Pini}$$

gdzie:

Y_{max} – przewidywany plon ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (w doświadczeniu założono plon $4500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

$acrit$ – krytyczna zawartość azotu w roślinie (0,039)

N_{min} – zawartość azotu mineralnego w glebie

WP – współczynnik wykorzystania azotu przez roślinę

$Pini$ – współczynnik wykorzystania azotu z nawozów

Wiosną azot stosowano w saetrze amonowej. Na obiektach nawożonych dawką N = 50 kg (B) azot wnoszono w jednej dawce na początku ruszenia roślinności (BBCH 20). Na pozostałych obiektach C-F w dwóch częściach;

C – N = 100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ BBCH 20 + 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ BBCH 50 początek pąkowania),

D – N = 150 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ BBCH 20 + 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ BBCH 50 początek pąkowania),

E – N = 200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ BBCH 20 + 100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ BBCH 50 początek pąkowania)

F – Nmin: 2010/2011 – 132 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; 2011/2012 – 184 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; 2012/2013 – 145 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ BBCH 20 + różnica Nmin-100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ BBCH 50 początek pąkowania)

Siarke aplikowano w postaci nawozu Vigor S w dwóch częściach 35 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ przedświecie oraz 35 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ pogłównie na początku ruszenia roślinności (BBCH 20).

Przedplonem dla rzepaku ozimego była pszenica ozima w sezonach 2010/2011 i 2012/2013 oraz owies w sezonie 2011/2012. Przedświecie zastosowano 50 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w formie mocznika,

35 kg P·ha⁻¹ w postaci superfosfatu potrójnego oraz 100 kg K·ha⁻¹ w wysokoprocentowej soli potasowej. Zaprawione nasiona (imidachlopyrd i beta-cyflutryna) rzepaku ozimego wysiewano na początku trzeciej dekady sierpnia w liczbie 60 kiełkujących sztuk na 1 m² poletka, w rozstawie 28 cm. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 11,4 m². Do posiewnego zwalczania chwastów dwuliściennych stosowano Butisan Star 3 l·ha⁻¹, a w pierwszym i trzecim roku badań dodatkowo wiosną zastosowano herbicyd Galera 334 SL 0,35 l·ha⁻¹. Jesienią do zwalczania chwastów jednoliściennych stosowano Fusilade Forte 150 EC (2010 r – 0,8 l·ha⁻¹) (2011 r. – 1,7 l·ha⁻¹) i Kerb 50 WP (2012 – 3 kg·ha⁻¹). W drugim sezonie badań wiosenne ograniczanie nasilenia występowania chwastów jednoliściennych przeprowadzono preparatem Targa Super 2 l·ha⁻¹. Przeciwno suchej zgniliznie kapustnych stosowano środek Caramba 60 SL 1,25 l·ha⁻¹ (2011 i 2012) oraz Horizon 250EW 1,0 l·ha⁻¹ (2013). Na zgniliznę twardzikowych i czerń krzyżowych stosowano Orius 250 EW 0,75 l·ha⁻¹ + Yamato 303 SE 1,75 l·ha⁻¹ (2011 r), Yamato 303 SE 1,75 l·ha⁻¹ (2012 r.) i Pictor 400S C 0,5 l·ha⁻¹ (2013 r.). Ograniczanie nasilenia występowania chowaczy łodygowych i słodyszka rzepakowego prowadzono preparatami Talstar 100 EC 0,1 l·ha⁻¹ (2011 r), Decis 2,5 EC 0,25 l·ha⁻¹ (2012 r.) i Decis Mega 50EW 0,1 l·ha⁻¹ (2013 r.), a chowacza podobnika i pryszczarka kapustnika środkiem Mospilan 0,12 kg·ha⁻¹. W pierwszym i trzecim roku badań w celu przyspieszenia dojrzewania dokonano desykcji preparatem Basta 150 SL 2,5 l·ha⁻¹ (BBCH 87). Zbiór w pierwszym i trzecim roku badań przeprowadzono kombajnem na przełomie lipca i sierpnia natomiast w drugim roku pod koniec drugiej dekady lipca.

Obsadę roślin rzepaku na jednostce powierzchni określono z każdego poletka w fazie dojrzałości technicznej (BBCH 86–87). Z poletek pobrano losowo po 10 roślin w celu określenia elementów składowych plonu i cech morfologicznych roślin takich jak; liczba rozgałęzień na roślinie, liczba łuszczyń na roślinie i liczba nasion w łuszczyńce. Liczbę łuszczyń i liczbę nasion na jednostkę powierzchni obliczono na podstawie obsady roślin, liczby łuszczyń z rośliny i liczby nasion w łuszczyńce. Masę 1000 nasion określono na próbkach ze zbioru kombajnowego i podano w przeliczeniu na 9% wilgotność. Plon nasion rzepaku z każdego poletka określono wagowo po omłocie, a następnie po skorygowaniu do wilgotności normatywnej (9%) przeliczono na powierzchnię 1 ha.

Wyniki pomiarów biometrycznych poddano analizie statystycznej za pomocą pakietu STATISTICA. Istotność różnic określono testem Tukeya na poziomie istotności $p = 0,05$.

WYNIKI BADAŃ

Jesienna wegetacja rzepaku ozimego w 2010 roku przebiegała w zmiennych warunkach wilgotnościowych. Okres wschodów oraz początkowego rozwoju rozet liściowych (sierpień, wrzesień) przebiegał w warunkach dobrego uwilgotnienia gleby, ponieważ obfite opady wystąpiły we wrześniu. Przeciwna sytuacja wystąpiła w październiku ponieważ w tym miesiącu opady wyniosły 21% normy miesięcznej. Z kolei w listopadzie opady nieznacznie przekraczały miesięczną sumę z wielolecia. Od siewu do jesiennego zahamowania wegetacji suma opadów ukształtowała się na poziomie 173 mm (tab. 3). Odmienna sytuacja, w odniesieniu do rozwoju roślin, wystąpiła w drugim (2011) roku badań. Wschody oraz początkowy rozwój rozet liściowych (sierpień, wrzesień) przebiegał w warunkach słabego uwilgotnienia gleby. Częściowa poprawa warunków wilgotnościowych nastąpiła w październiku, również listopad podobnie jak wrzesień był suchy. W drugim roku badań od siewu do jesiennego zahamowania wegetacji suma opadów ukształtowała się tylko na poziomie 53,3 mm co stanowiło około 50% opadów przeciętnych. Również w trzecim (2012) roku badań wschody oraz początkowy rozwój rozet liściowych przebiegały w warunkach słabego uwilgotnienia gleby. Małe opady deszczu wystąpiły w 3 dekadzie sierpnia. We wrześniu i listopadzie opady były zbyt niskie,

Tabela 3. Warunki agroklimatyczne w trzech sezonach wegetacji rzepaku na tle wielolecia
 Table 3. Agro-climatic conditions in the three growing seasons of winter oilseed rape as compared with long-term data

Miesiąc Month	Temperatura – Temperature (°C)				Opady – Rainfall (mm)			
	2010/2011	2011/2012	2012/2013	1980/2009	2010/2011	2011/2012	2012/2013	1980/2009
VIII	18,9	19,2	19,3	18,3	108,1	68,4	23,9	83,0
IX	12,5	15,4	15,4	17,1	97,1	8,0	34,6	70,8
X	6,2	8,4	9,2	8,9	10,0	45,1	122,8	45,1
XI	6,1	2,4	5,2	3,0	43,9	0,3	22,1	35,9
XII	-5,6	1,3	-2,9	-0,7	35,0	38,1	27,2	31,7
IX	-0,7	-1,3	-2,4	-2,2	26,8	51,9	62,0	29,0
II	-2,5	-6,5	-0,6	-0,9	6,9	22,1	22,1	23,5
III	4,0	5,0	-0,9	3,0	17,9	17,9	32,3	34,2
IV	10,7	10,1	8,8	8,4	77,9	64,7	20,1	45,2
V	13,7	15,0	14,2	13,3	60,7	22,8	98,8	59,7
VI	18,1	17,7	17,6	14,7	44,4	143,1	213,1	70,4
VII	17,7	20,5	19,2	17,0	194,4	68,7	27,2	83,3
Sezon Season	8,3	8,9	8,5	8,3	723,2	551,0	706,0	611,9

ponieważ kształtowały się na poziomie 54% normy (tab. 3). Październik natomiast był bardzo mokry. Łączna suma opadów okresu od siewu do jesienno-zimowego zahamowania wegetacji za sprawą wysokich opadów w październiku ukształtowała się na poziomie 181,5 mm, co podobnie jak w pierwszym roku badań odbiegało znacząco od średnich wieloletnich. W latach prowadzenia badań okres zimowego spoczynku trwał od 111 do 137 dni, a najchłodniejszy był grudzień (sezony wegetacyjne 2010/2011 i 2012/2013) bądź luty (sezon wegetacyjny 2011/2012). Od kwietnia do lipca w zależności od sezonu wegetacyjnego opady kształtowały się w zakresie od 299,3 do 377,4 mm (tab. 3). W poszczególnych miesiącach wiosenno-letniej wegetacji deficyt wody w trzecim sezonie badań (2012/2013) odnotowano w kwietniu. Również maj drugiego sezonu badań (2011/2012) był bardzo suchy oraz suchy czerwiec pierwszego sezonu badań (2010/2011). Do bardzo suchych należał również lipiec trzeciego sezonu badań. W analizowanym okresie wegetacji wiosenno-letniej nadmiar opadów w odniesieniu do potrzeb rzepaku odnotowano w czerwcu sezonów 2011/2012 oraz 2012/2013 i lipcu pierwszego sezonu badań (tab. 3).

Obsada roślin rzepaku ozimego była znacząco zróżnicowana w sezonach wegetacji. Na podstawie wyników przedstawionych w tabeli 4, można wyodrębnić dwa korzystne sezony 2010/2011 oraz 2012/2013 w których odnotowano wysoką obsadę roślin na jednostce powierzchni. Zagęszczenie roślin uległo silnemu zmniejszeniu się w sezonie 2011/2012, kiedy na jednostce powierzchni było średnio 25,3 rośliny. W warunkach tego sezonu wegetacyjnego odm. 'Adam' wykazała tendencję do utrzymywania wyższej obsady roślin. Dawki azotu nie wpłynęły znacząco na zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni. Można zauważyć że najwyższe dawki azotu w ilości 150 i 200 kg N·ha⁻¹ prowadziły do zmniejszenia obsady roślin, która była niższa niż w obiekcie kontrolnym bez nawożenia. Prawdopodobnie wynikało to ze zwiększonej konkurencji wewnątrz gatunkowej, powodowanej zwiększonym wykształcaniem

rozgałęzień bocznych. Korzystnie dla utrzymania właściwej obsady rzepaku ozimego na jednostce powierzchni wpłynęło nawożenie N w oparciu o test azotu mineralnego (N_{min}). Nawożenie siarką oraz czynnik odmianowy wykazywały zbliżoną obsadę roślin.

Liczba rozgałęzień bocznych wykształconych przez pojedynczą roślinę rzepaku była zróżnicowana w sezonach wegetacji i nawiązywała do obsady roślin na jednostce powierzchni, co przedstawiono wcześniej. Najwięcej, bo średnio 9,1 rozgałęzień bocznych wykształciły rośliny w drugim sezonie wegetacji 2011/2012. Taka reakcja roślin bezpośrednio nawiązuje do niskiej obsady roślin, a więc była to kompensacja zagęszczenia na poziomie rośliny i łąnu. W sezonach wegetacji w których odnotowano większe zagęszczenie roślin rozgałęzianie uległo istotnemu zmniejszeniu. Również zróżnicowane dawki azotu wpłynęły istotnie na zdolność roślin rzepaku do rozgałęziania się. Zgodnie z oczekiwaniem najmniej odgałęzień bocznych posiadały rośliny pod które nie zastosowano azotu. Przeciwna sytuacja ujawniła się po zastosowaniu najwyższych dawek azotu, czyli 150 i 200 kg N·ha⁻¹ gdzie rośliny wykształciły 8,1 i 8,2 odgałęzień bocznych. Nawożenie siarką nie miało żadnego wpływu na tę cechę. Spośród porównywanych odmian więcej odgałęzień bocznych wykształcały rośliny odm. 'Poznaniak' zarówno w poszczególnych sezonach wegetacyjnych jak i średnio za okres badań (tab. 4).

Rośliny rzepaku wykształciły istotnie różną liczbę owoców w poszczególnych sezonach wegetacji. Najwięcej łuszczyń na roślinie stwierdzono w ostatnim roku wegetacji. Jest interesującym faktem, że silnie rozgałęzione rośliny w sezonie 2011/2012 wytworzyły mniejszą liczbę łuszczyń, co wskazuje że rozgałęzianie się roślin i wykształcanie łuszczyń nie są ze sobą ściśle powiązane. Zróżnicowane dawki nawożenia azotowego skutecznie prowadziły do zwiększania liczby łuszczyń znajdujących się na pojedynczej roślinie. Zgodnie z oczekiwaniem najwięcej łuszczyń bo 204,9 szt. posiadały rośliny rzepaku nawożone dawką w ilości 200 kg N·ha⁻¹. Odmiana 'Poznaniak', która wykształciła więcej odgałęzień bocznych posiadała również więcej łuszczyń. Taki układ wyników wskazuje na znaczenie czynnika odmianowego w kreowaniu liczby łuszczyń. Stosowanie siarkę nie wywarło istotnego wpływu na tę cechę.

Liczba łuszczyń z jednostki powierzchni również była modyfikowana przez przebieg warunków pogodowych w latach badań. Najwięcej łuszczyń uzyskano w sezonie wegetacyjnym 2012/2013, która to wielkość była dwukrotnie większa niż we wcześniejszym sezonie (2011/2012). Wzrastające dawki azotu systematycznie zwiększały liczbę owoców na jednostce powierzchni. Jednak istotny wzrost liczby łuszczyń w stosunku do kontroli wykazano dla dawki wynoszącej 100 kg N·ha⁻¹. Analogiczną liczbę łuszczyń stwierdzono dla dawki 150 kg N·ha⁻¹ i dawki ustalonej w oparciu o test azotu mineralnego (N_{min}). Dawki te spowodowały istotny wzrost w porównaniu do nawożenia dawką 50 kg N·ha⁻¹. Oddziaływanie najwyższej dawki azotu na zwiększenie liczby łuszczyń w porównaniu do niższych dawek miało jedynie znamiona tendencji. W odniesieniu do reakcji odmian na wzrastające dawki azotu nie wykazano istotnej interakcji odmian z dawkami azotu. Nawożenie siarką nie wpłynęło istotnie na zwiększenie liczby łuszczyń. Więcej owoców na jednostce powierzchni wykształciła odm. 'Poznaniak' w porównaniu do odm. 'Adam'. Uwzględniając wszystkie czynniki należy stwierdzić że rośliny odm. 'Poznaniak' wytworzyły więcej łuszczyń (tab. 4).

Ilość nasion w pojedynczych łuszczyinach rzepaku ozimego była istotnie zróżnicowana w sezonach wegetacji. Mniej nasion zawierały łuszczyzny w sezonie 2010/2011 kiedy odnotowano najwyższą obsadę roślin. Z kolei najwięcej nasion wykształciły łuszczyzny w ostatnim sezonie wegetacji (2012/2013), w którym liczba łuszczyń na roślinie była najwyższa a zagęszczenie roślin wykazywało tendencję spadkową. Taki układ wyników wskazuje na duże możliwości rzepaku w kompensowaniu elementów struktury plonu nasion. Wszystkie dawki nawożenia azotowego spowodowały uzyskanie istotnie większej liczby nasion w łuszczyinach (tab. 5). Nie stwierdzono wpływu nawożenia siarką na ilość wykształcanych nasion w łuszczyinach rzepaku.

Tabela 4. Kształtowanie się obsady roślin, liczby rozgałęzień w roślinie, liczby łuszczyzn w roślinie oraz liczby łuszczyzn na jednostce powierzchni
 Table 4. The formation of the plant density, the number of branches in the plant, the number of siliques in the plant and the number of siliques per unit area

Czynniki Factors	Liczba roślin·m ⁻² Number of plants·m ⁻²			Liczba rozgałęzień·roślina ⁻¹ Number of branches·plant ⁻¹			Liczba łuszczyzn·roślina ⁻¹ Number of siliques·plant ⁻¹			Liczba łuszczyzn·m ⁻² (tys.) Number of siliques·m ⁻² (thou.)			
	Odmiana Cultivar		Średnio Average	Odmiana Cultivar		Średnio Average	Odmiana Cultivar		Średnio Average	Odmiana Cultivar		Średnio Average	
	A*	P**		A	P		A	P					
Lata Years	2010/11	46,6	49,3	48,0	4,6	5,5	5,1	134	153	143,5	6,28	7,53	6,90
	2011/12	26,8	23,7	25,3	8,5	9,6	9,1	146	169	157,8	3,92	3,98	3,95
	2012/13	38,6	40,9	39,8	7,6	9,1	8,4	191	221	206,1	7,28	8,80	8,04
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}		3,5		2,5	r.n.		0,4	r.n.		13,9	0,90		0,63
Dawka/Dose (kg N·ha ⁻¹)	0	36,9	37,3	37,1	6,3	7,6	6,9	112	138	124,9	4,10	5,26	4,68
	50	37,3	39,1	38,2	6,8	7,9	7,3	135	153	144,0	4,98	5,91	5,45
	100	37,5	36,4	37,0	7,1	8,3	7,7	159	193	176,0	5,96	6,86	6,41
	150	34,4	38,4	36,4	7,6	8,6	8,1	181	206	193,9	6,24	7,64	6,94
	N _{min}	37,6	37,0	37,3	7,4	8,6	8,0	175	194	184,8	6,65	7,22	6,94
200	35,1	33,4	34,3	7,7	8,7	8,2	192	218	204,9	6,76	7,31	7,03	
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}		r.n.		r.n.			0,7	r.n.		23,9	r.n.		1,09
Dawka/Dose (kg S·ha ⁻¹)	0	36,7	36,8	36,8	7,1	8,4	7,7	156	185	170,4	5,66	6,70	6,18
	70	36,3	37,0	36,7	7,2	8,2	7,7	162	183	172,4	5,90	6,70	6,30
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}		r.n.		r.n.			r.n.	r.n.		r.n.	r.n.		r.n.
Średnio dla odmian Average for cultivars		36,5	36,9	-	7,1	8,3	-	159	184	-	5,78	6,70	-
		r.n.		-	0,3		-	9		-	0,43		-

* A – odm. 'Adam' / cv. 'Adam'; ** P – odm. 'Poznaniak' / cv. 'Poznaniak'; r.n. – różnice nieistotne/no significant difference

Tabela 5. Porównanie liczby nasion w łuszczyźnie odmian rzepaku ozimego i na jednostce powierzchni, a także masy 1000 nasion oraz plonu w zależności od sezonu wegetacji, dawek N i S
 The comparison of the number of seeds in silique of winter oilseed rape cultivars and per unit area, as well as the weight of 1000 seeds and yield depending on the growing season, N and S doses

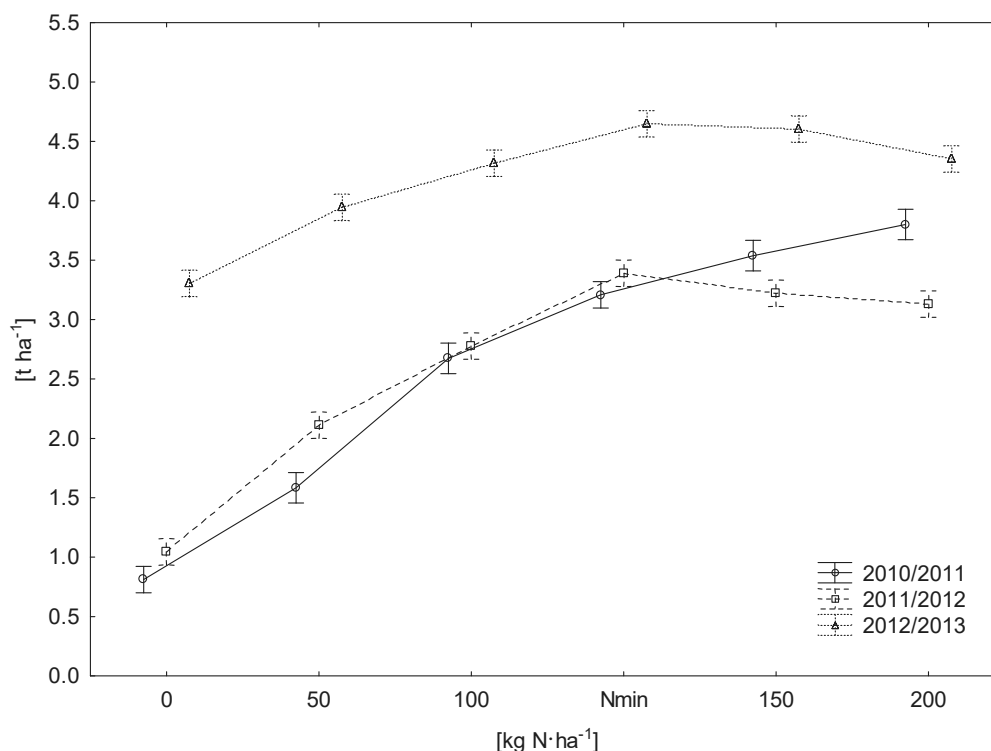
Czynniki Factors	Liczba nasion w łuszczyźnie (szk.) Number of seeds per silique (pcs.)			Liczba nasion na m ² (tys.) Number of seeds per m ² (thou.)			Masa 1000 nasion (g) Weight of 1000 seeds [g]			Plon nasion (t·ha ⁻¹) Seeds yield (t·ha ⁻¹)			
	Odmiana Cultivar		Średnio Average	Odmiana Cultivar		Średnio Average	Odmiana Cultivar		Średnio Average	Odmiana Cultivar		Średnio Average	
	A*	P**		A	P		A	P					
Lata Years	2010/11	18,3	16,6	17,4	117	125	121,0	6,01	5,94	5,97	2,47	2,62	2,54
	2011/12	21,4	20,7	21,0	86	83	84,5	5,19	5,34	5,26	2,75	2,47	2,61
	2012/13	22,4	21,2	21,8	161	186	173,5	4,92	4,90	4,91	4,17	4,22	4,19
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	r.n.			0,8	r.n.		13,5	0,12		0,08	0,22		0,15
Dawka/Dose (kg N·ha ⁻¹)	0	18,7	19,0	18,8	80	101	90,5	5,43	5,37	5,40	1,67	1,77	1,72
	50	21,9	20,1	21,0	111	118	114,5	5,22	5,33	5,28	2,73	2,54	2,63
	100	21,4	20,1	20,7	129	138	133,5	5,31	5,26	5,29	3,36	3,26	3,31
	150	21,1	19,3	20,2	130	147	138,5	5,30	5,25	5,28	3,77	3,85	3,81
	N _{min}	21,2	19,8	20,5	139	140	139,5	5,36	5,39	5,38	3,75	3,75	3,75
200	21,3	20,4	20,8	143	146	144,5	5,27	5,44	5,35	3,80	3,72	3,76	
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	r.n.		1,3		r.n.		13,4	r.n.		0,14	r.n.		0,26
Dawka/Dose (kg S·ha ⁻¹)	0	20,8	20,0	20,4	119	135	127,0	5,29	5,33	5,31	3,18	3,20	3,19
	70	21,1	19,5	20,3	125	129	127,0	5,34	5,35	5,34	3,15	3,07	3,11
NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	r.n.			r.n.	r.n.		r.n.	r.n.		r.n.	r.n.		r.n.
Średnio dla odmian Average for cultivars		20,9	19,8	-	122	132	-	5,31	5,34	-	3,17	3,13	-
	NIR _{0,05} -LSD _{0,05}	0,5		-	r.n.		-	r.n.		-	r.n.		-

* A – odm. 'Adam'; ** P – odm. 'Poznaniak'/cv. 'Poznaniak'; r.n. – różnice nieistotne/no significant difference

Więcej nasion w łuszczyźnie miała odm. ‘Adam’ w porównaniu z odm. ‘Poznaniak’. Wskazuje to, że w warunkach mniejszej liczby łuszczyzn wzrasta w nich liczba nasion.

Sezony wegetacji istotnie wpłynęły na liczbę nasion z jednostki powierzchni. Najwięcej nasion na m² rzepak ozimy wykształcił w sezonie 2012/2013. Liczba nasion w tym sezonie była przeszło dwukrotnie wyższa od stwierdzonej we wcześniejszym sezonie wegetacyjnym (2011/2012). Wykazany układ wyników ściśle nawiązuje do liczby łuszczyzn na jednostce powierzchni, co zostało przedstawione w tabeli 4. Wzrastające dawki azotu istotnie zwiększyły liczbę nasion w porównaniu do obiektu kontrolnego (0 kg N·ha⁻¹) oraz w odniesieniu do niskiej dawki (50 kg N·ha⁻¹). Najwyższy poziom nawożenia azotem – 200 kg umożliwił wykształcenie istotnie większej liczby nasion w porównaniu do dawki 100 kg N·ha⁻¹. Nawożenie siarką nie wpłynęło różnicująco na tą cechę. Zróżnicowanie między odmianowe w obrębie tej cechy było nieistotne, aczkolwiek odm. ‘Poznaniak’ charakteryzowała się tendencją do wykształcania większej liczby nasion na jednostce powierzchni (tab. 5).

W rozpatrywanych sezonach wegetacji masa 1000 nasion rzepaku wykazywała istotne zróżnicowanie. Szczególnie dorodne nasiona, o masie wynoszącej około 6 g wykształcił rzepak w pierwszym (2010/2011) sezonie wegetacji, w którym rośliny rzepaku słabo się rozgałęziały oraz zawiązywały mało nasion w łuszczyznach w porównaniu do pozostałych sezonów. W trzecim sezonie wegetacyjnym (2012/2013) masa 1000 nasion nie osiągnęła 5 gramów. Był to sezon wegetacji, w którym liczba nasion na jednostce powierzchni była bardzo wysoka, co w konsekwencji prowadziło do ich zdrobnienia. Dawki azotu nie spowodowały istotnego zróżnicowania

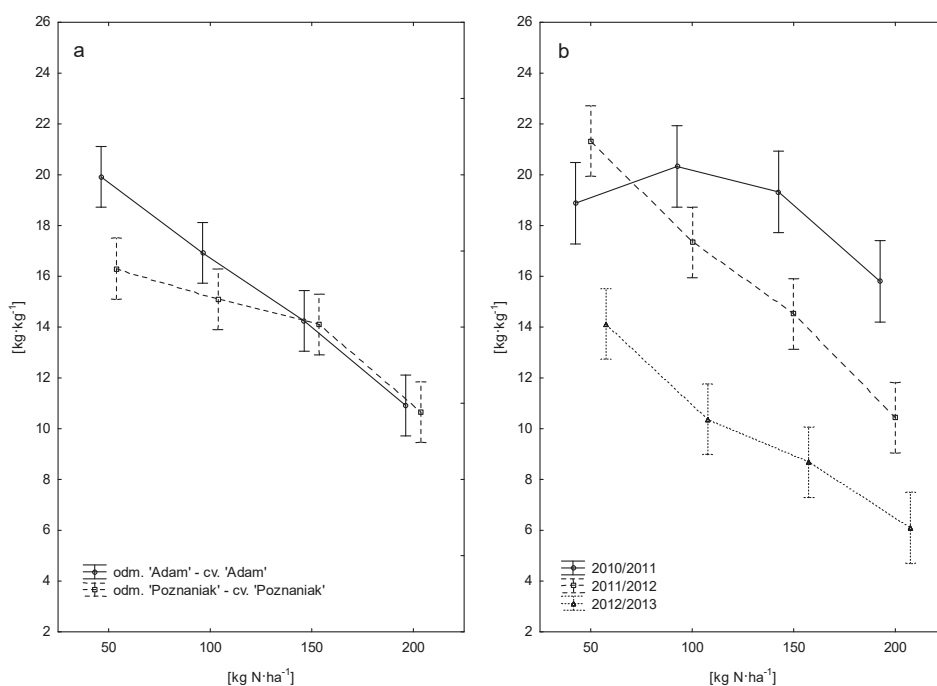


Rys. 1. Wpływ sezonów wegetacyjnych oraz dawek N na plon nasion rzepaku ozimego (pionowe słupki oznaczają SE)

Fig. 1. Influence of growing seasons and N doses on winter rapeseed yield (vertical bars are SE)

masy 1000 nasion. W obrębie analizowanych dawek N najkorzystniej na kształtowanie się masy 1000 nasion wpłynęło stosowanie azotu w oparciu o test azotu mineralnego (N_{min}). Stosowanie siarki oraz czynnik odmianowy nie spowodował istotnych statystycznie zmian w kształtowaniu się tej cech. Obserwowano jednak nieznaczną tendencję u obu odmian do wykształcania nasion o większej masie pod wpływem aplikacji siarki.

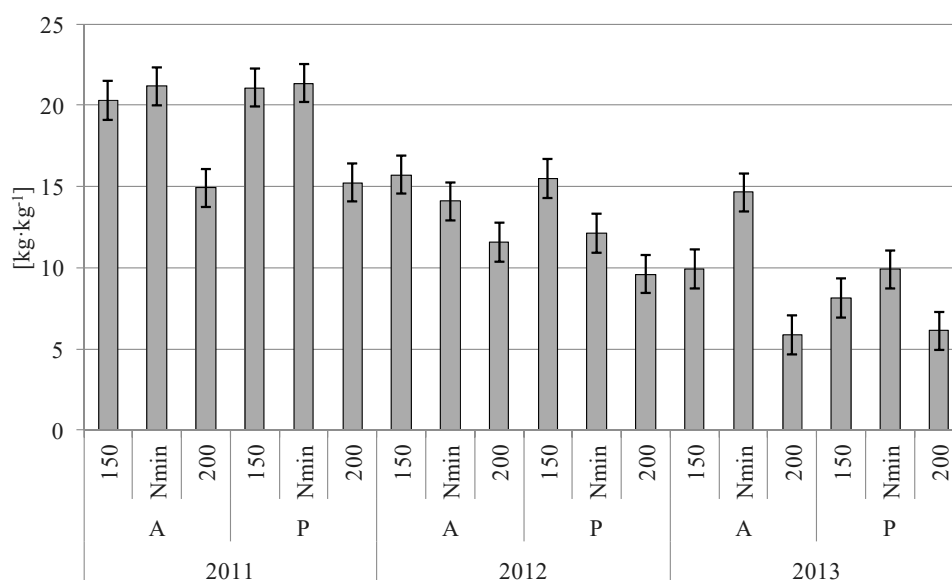
Poziom plonowania rzepaku ozimego uzależniony był od przebiegu warunków pogodowych w latach badań oraz od wielkości dawki nawożenia azotowego. Nawożenie siarką oraz odmiana nie spowodowały istotnych zmian w wielkości uzyskanych plonów nasion (tab. 5). Największe 4,19 t·ha⁻¹ plony nasion uzyskano w ostatnim sezonie wegetacyjnym do czego przyczynił się korzystny przebieg warunków pogodowych zapewniający utrzymanie zadawalającej obsady dobrze rozgałęzionych roślin, które wykształciły największą w cyklu badań liczbę łuszczyn z dużą ilością nasion. Stosowane dawki nawożenia azotowego liniowo zwiększały plon nasion. Istotny statystycznie przyrost plonu nasion następował do dawki 150 kg N·ha⁻¹. Większa dawka 200 kg N·ha⁻¹ oraz dawka ustalona na podstawie testu glebowego N_{min} nie powodowały znaczących zmian wielkości plonu nasion. Niezależnie od lat badań i aplikacji siarki reakcja odmian na wielkość dawek N była podobna aczkolwiek odmiana 'Adam' najlepiej (3,80 t·ha⁻¹) plonowała przy największej dawce 200 kg N·ha⁻¹ a odmiana 'Poznaniak' (3,80 t·ha⁻¹) przy dawce 150 kg N·ha⁻¹. Reakcja rzepaku na wielkość dawki N w lata badań była zbliżona. Podkreślić należy jednak, iż w drugim i trzecim sezonie badań największe plony nasion uzyskano nawożąc rośliny dawkami ustalonymi w oparciu o test N_{min}, których wielkość wynosiła odpowiednio 184 i 145 kg N·ha⁻¹ (rys. 1). Efektywność plonotwórcza azotu w niewielkim stopniu zależała od odmia-



Rys. 2. Efektywność plonotwórcza 1 kg N w zależności od odmiany – a i sezonu wegetacyjnego – b (pionowe słupki oznaczają błąd standardowy)

Fig. 2. The yielding effectiveness of 1 kg N depending on the cultivar and the growing season (vertical bars are SE)

ny. Większą produktywność azotu w obrębie mniejszych dawek, do $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ wykazywała odmiana ‘Adam’ (rys. 2a), przy większych dawkach 150 i $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ efektywność azotu była jednakowa. Sezony wegetacyjne wyraźnie modyfikowały efektywność porównywanych dawek nawożenia azotowego (rys. 2b). Najniższą efektywność dawek N obserwowano w ostatnim sezonie badań (2012/2013), który charakteryzował się największymi w trzyleciu opadami w maju i czerwcu oraz niewielką ich ilością w kwietniu. Efektywność nawożenia azotowego w obrębie wysokich dawek 150 i $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz dawki ustalonej na podstawie testu glebowego N_{min} przedstawiono na rysunku 3. Wyższą plonotwórczą efektywność azotu, uzyskano przy nawożeniu rzepaku ozimego w oparciu o test azotu mineralnego (N_{min}), a wartości dla dawek azotu 150 , 200 i $N_{\text{min}} = 154 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ wynosiły odpowiednio $13,7$, $10,3$ i $14,6 \text{ kg nasion na kg azotu}$.



Rys. 3. Porównanie efektów produkcyjnych $1 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ zastosowanego w wysokich dawkach oraz wyliczonego w dawce N_{min} w zależności od odmiany i sezonu wegetacji. Dla kolejnych sezonów wegetacji dawka N_{min} dla odm. ‘Adam’ (A) wyniosła: $131,4\pm 21,4$; $185,8\pm 10,8$; $137,5\pm 41,6$; natomiast dla odm. ‘Poznaniak’ (P): $131,5\pm 16,9$; $182,0\pm 7,4$; $152,5\pm 21,9$

Fig. 3. Comparison of the production effects of $1 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ used in high doses and calculated in a dose of N_{min} depending on the cultivar and the growing season. For subsequent seasons of vegetation, the dose of N_{min} for the cv. Adam was: 131.4 ± 21.4 , 185.8 ± 10.8 , 137.5 ± 41.6 , while for the cv. Poznaniak: 131.5 ± 16.9 , 182.0 ± 7.4 , 152.5 ± 21.9

DYSKUSJA

Wyniki badań wskazują, że głównymi czynnikami aktualnie kształtującymi plony nasion rzepaku w Polsce są: przebieg pogody, stanowisko w zmianowaniu, nawożenie azotem, intensywność ochrony roślin i dobór odmiany – najczęściej mieszańcowej lub półkarłowej [Jankowski i in. 2016, Kotecki i in. 2004, Zajac i in. 2016]. W przeprowadzonych badaniach najsilniej na plon nasion, elementy składowe plonu, cechy morfologiczne roślin i efektywność wykorzystania azotu oddziaływały warunki pogodowe w latach badań. Wpływ czynników doświadczalnych był słabszy, a w przypadku nawożenia siarką i czynnika odmianowego najczęściej nieistotny statystycznie. Nawożenie azotem istotnie wpływało na plon nasion i większość jego elementów składowych. Wysoki poziom nawożenia azotem oraz dostatek wody w fazie kwitnienia uznawane są za promotory zadawalającego plonowania rzepaku ozimego. Zdaniem Wójtowicza i in. [2017] warunki wilgotnościowe w okresie wegetacji decydują o najważniejszym komponencie plonu jakim jest liczba łuszczyń na roślinie, a w praktyce są czynnikiem najsilniej limitującym wysokość uzyskiwanych plonów nasion. W omawianych badaniach stwierdzono istotny wpływ warunków pogodowych na liczbę wykształconych łuszczyń na roślinie jak i na plon nasion rzepaku. Najwięcej łuszczyń rzepak wykształcił w ostatnim roku wegetacji, który w trzyletnim cyklu badań charakteryzował się największą sumą opadów w okresie kwitnienia rzepaku. Wójtowicz [2005] podkreśla, że brak opadów w fazie kwitnienia zmniejsza liczbę łuszczyń na roślinie, a niedobory wody w okresie dojrzewania ograniczają masę 1000 nasion. Konsekwencją tego jest zmniejszenie wydajności, co obserwowano w badaniach własnych. Suchy lipiec sezonu 2012/2013 spowodował istotny spadek masy 1000 nasion, a maj sezonu 2011/2012 ograniczył liczbę wykształconych łuszczyń na roślinie. Kotecki i in. [2004] podkreślają, że rzepak należy do gatunków silnie reagujących na zmieniające się warunki klimatyczne, o czym świadczą uzyskane różnice w plonach nasion w poszczególnych latach. Również Kulig i in. [2010, 2012] donoszą, że plonowanie rzepaku jest silnie uzależnione od warunków środowiskowych. Jankowski i Budzyński [2007] w latach o korzystnych warunkach dla zimowania rzepaku odnotowali wysoki poziom plonowania ($5,05\text{--}6,70\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), natomiast znacznie niższy gdy wystąpiły mało korzystne warunki do zimowania. Nadrzędny, bardzo silny wpływ warunków pogodowych na poziom plonowania oraz cechy biologiczne i użytkowe rzepaku potwierdzają Wielebski [2009], Liersch i in. [2000], Wójtowicza [2013] i Wójtowicza i in. [2017]. Warunki środowiskowe oddziałują na efektywność nawożenia azotowego, wpływają także pośrednio na rozwój roślin modyfikując tym samym elementy składowe plonu i cechy morfologiczne [Wójtowicz 2013, Wójtowicz i in. 2017]. W badaniach Wójtowicza i in. [2017] bardzo intensywne opady notowane w jednym sezonie trzyletniego cyklu badań ograniczyły znacząco efektywność nawożenia azotem. Znalazło to również potwierdzenie w niniejszych badaniach. Najniższą efektywność porównywanych dawek nawożenia azotowego obserwowano w ostatnim sezonie badań (2012/2013), który charakteryzował się największymi w trzyleciu opadami w maju i czerwcu a więc w okresie intensywnego wzrostu i rozwoju rzepaku. Na istotny wpływ warunków środowiskowych na efektywność nawożenia azotowego, zwracają również uwagę Arche i Vaidyanathan [1982], Budzyński [1986], Dawkins [1983], Muśnicki [1989], Wójtowicz [2004, 2013].

Istotne znaczenie dla wykształcania łuszczyń przez rośliny rzepaku ma wiosenne nawożenie azotem, którego efektywność zależy nie tylko od dobrego zaopatrzenia rzepaku w fosfor, magnez, potas i siarkę [Podleśna 2004, Wielebski 2008], ale także od warunków wilgotnościowych siedliska. W przeprowadzonych badaniach stosowane dawki nawożenia azotowego prowadziły do zwiększania liczby łuszczyń znajdujących się na pojedynczej roślinie oraz liczby łuszczyń na jednostce powierzchni. Wyższe wartości tych komponentów obserwowano przy wyższym

poziomie nawożenia. Najwięcej owoców wykształciły rośliny rzepaku nawożone największą ($200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) dawką azotu. Również Li i in. [2014] oraz Wójtowicz i in. [2017] donoszą, że większą ilość liści na roślinie uzyskuje się przy wysokim poziomie wiosennego nawożenia azotem. Podobną reakcję obserwowali Moradi-Telavat i in. [2008] oraz Fathi i in. [2002]. Jednak autorzy w analizie porównawczej z innymi składowymi plonu wykazali, że najważniejszą składową była masa 1000 nasion.

Wysoki i zarazem odpowiedni, dostosowany do potrzeb poziom nawożenia azotem jest czynnikiem zwiększającym poziom plonowania rzepaku [Hao i in 2004, Jackson, 2000, Justes i in. 2000, Moradi-Telavat i in. 2008, Rathke i in. 2005, Sieling i Kage 2010, Veromann i in. 2013]. W przeprowadzonych badaniach istotny statystycznie przyrost plonu nasion następował do dawki $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, większa dawka $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz dawka ustalona na podstawie testu glebowego N_{min} nie powodowały znaczących zmian wielkości plonu nasion. Opinie co do optymalnej wielkości dawki azotu są rozbieżne. Jackson [2000] zauważył, że optymalną wydajność uzyskuje się w zakresie od 180 do $220 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, w zależności od warunków siedliskowych. Wyniki Budzyńskiego [1986], Muśnickiego [1989] i Jankowskiego i in. [2005] wskazują, że rzepak uprawiany po zbożach reaguje korzystnie na wiosenne nawożenie azotem do wysokości $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Rathke i in. [2005] oraz Jankowski [2007] maksymalną wydajność uzyskali pod wpływem dawki wynoszącej $240 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Natomiast Özer [2003] stwierdził, że zmienność plonu nasion rzepaku pod wpływem zastosowania różnych dawek N była pochodną zmian w kształtowaniu się elementów składowych plonu. Tenże autor zasugerował również, że dawka $160 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ jest wystarczająca dla rzepaku i spełnia jego wymagania pokarmowe.

W omawianych badaniach zróżnicowane dawki azotu wpłynęły istotnie na zdolność roślin rzepaku do rozgałęziania się. Najmniej odgałęzień bocznych posiadały rośliny pod które nie zastosowano azotu. Pod wpływem stosowania najwyższych dawek azotu, 150 i $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz dawki ustalonej na podstawie testu N_{min} rośliny wykształciły przeciętnie $8,0$ – $8,2$ odgałęzień bocznych. Również Özer [2003], Öztürk [2010], Li i in. [2014] odnotowali wzrost liczby rozgałęzień bocznych na roślinach rzepaku pod wpływem rosnących dawek nawożenia azotowego. W badaniach własnych rozgałęzianie się roślin rzepaku różnicowały sezony wegetacyjne. Najwięcej rozgałęzień bocznych wykształciły rośliny w drugim sezonie wegetacji, na co wpłynęła zapewne niska obsady roślin, a więc była to kompensacja zagęszczenia na poziomie rośliny i lanu. Na istotny wpływ przebiegu warunków pogodowych w latach na liczbę wykształczanych przez rzepak ozimy rozgałęzień bocznych wskazują wyniki badań Öztürk [2010]. Kotecki i in. [2004] wykazali że rzepak w zależności od sezonu wegetacyjnego wykształcał mocno zróżnicowaną ($4,3$ i $7,9$ sztuk) liczbę odgałęzień bocznych z pojedynczej rośliny co wynikało głównie ze zróżnicowanej obsady roślin przed zbiorem. Jednak dobry rozwój roślin, a w konsekwencji wysoką produktywność uzyskuje się przy małej obsadzie, która jak podają Jankowski i in. [2016] kształtuje się na poziomie 29 sztuk na m^2 .

Przyrost plonu nasion pod wpływem nawożenia siarką w warunkach niedostatecznego zapotrzenia roślin w ten pierwiastek obserwowano wielu autorów [Bilsborrow i in. 1995, Budzyński i Ojczyk 1995, McGrath i Zhao 1996, Podleśna 2003, Tobała i Jakubus 2006, Walker i Both 1994, Wielebski 2006, Zhao i in. 2003]. Plonotwórcze działanie siarki wykazali również McGrath i in. [2003] oraz Krauze i Bowszys [2000]. Jankowski i in. [2005] w warunkach produkcyjnych wykazali niską efektywność siarki aplikowanej przedsięwnie. Natomiast aplikacja wiosenna powodowała wysoką efektywność nawożenia tym pierwiastkiem aż do najwyższej dawki ($90 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$). Jednak w wielu badaniach odnotowano brak lub mały efekt plonotwórczy tego pierwiastka [Bilsborrow i in. 1995, Fotyma 2003, Haneklaus i in. 1999, Jakubus i Tobała 2005, Podleśna 2004, Wielebski 2008, Wielebski i Wójtowicz 2003]. W przeprowadzonych badaniach nawożenie siarką nie wpłynęło istotnie na wartości komponentów struktury plonu nasion

pojedynczej rośliny rzepaku, jak również na plon z jednostki powierzchni. Reakcja w plonie porównywanych odmian rzepaku ozimego na nawożenie siarką była podobna, nie stwierdzono bowiem istotnej interakcji między odmianą a aplikacją siarki. Również badania Toboły i Jakubus [2006] oraz Wielebskiego [2008] nie wykazały współdziałania nawożenia siarką z odmianą. Wielebski [2006] wykazał, że z elementów struktury plonu pod wpływem nawożenia siarką zmieniała się istotnie liczba łuszczyń na roślinie, masa tysiąca nasion i masa nasion w łuszczyń, natomiast słabo różnicowała się liczba roślin plonujących, liczba łuszczyń na jednostce powierzchni, liczba nasion w łuszczyń i cechy charakteryzujące pokrój roślin. Wcześniejsze wyniki badań [Janzen i Betany 1984, Nyborg 1974,] wskazywały, że siarka silniej oddziałuje na plon nasion niż na rozwój wegetatywny.

WNIOSKI

1. W okresie trzylecia warunki jesiennej wegetacji oraz zimowania roślin rzepaku w czasie zimowego spoczynku były zmienne. Korzystne dla utrzymania obsady roślin rzepaku były sezony 2010/2011 oraz 2012/2013 w których uzyskano wysoką obsadę roślin na jednostce powierzchni. Spadek zagęszczenia roślin miał miejsce w sezonie 2011/2012 kiedy we wrześniu i listopadzie wystąpiły bardzo małe opady atmosferyczne, które najpierw ograniczyły wschody a następnie spowolniły wzrost roślin a w konsekwencji ich nieprzygotowanie do zimowania.
2. Liczba rozgałęzień bocznych wykształconych wiosną na pojedynczej roślinie rzepaku była zróżnicowana w sezonach wegetacji i determinowana obsadą roślin na jednostce powierzchni. Taka reakcja rozwojowa łanu roślin rzepaku silnie nawiązuje do wyjściowej obsady roślin i nosi znamiona kompensacji.
3. Dawki azotu generalnie nie wpłynęły na zagęszczenie roślin rzepaku na jednostce powierzchni. Rola wiosennego nawożenia azotowego uzewnętrzniała się w wykształcaniu odgałęzień bocznych oraz liczby łuszczyń na roślinie.
4. Masa 1000 nasion rzepaku miała wyższe wartości przy braku nawożenia (kontrola) oraz przy wysokich dawkach 150, 200 kg N·ha⁻¹ i dawce ustalonej w oparciu o test azotu mineralnego (Nmin).
5. Stosowane dawki nawożenia azotowego liniowo zwiększały plon nasion. Porównywane odmiany nie wykazały istotnych różnic w plonach nasion. Wyższą plonotwórczą efektywność azotu, uzyskano przy nawożeniu rzepaku ozimego w oparciu o test azotu mineralnego (Nmin), a wartości dla dawek azotu 150, 200 i Nmin = 154 kg N·ha⁻¹ wynosiły odpowiednio 13,7, 10,3 i 14,6 kg nasion na kg azotu.
6. Nawożenie siarką nie wpłynęło istotnie na wartości komponentów struktury plonu nasion pojedynczej rośliny rzepaku, jak również na plon z jednostki powierzchni.

PIŚMIENNICTWO

- Archer J.R., Vaidyanathan L.V. 1982. Fertilizer for winter oilseed rape. J. Sci. Food Agric. 33: 1262–1263.
- Baylis A.D., Wright I.T.J. 1990. The effects of lodging and a paclobutrazol–chlormequat chloride mixture on the yield and quality of oilseed rape. Ann. Appl. Biol. 116: 287–295.
- Behrens T., Diepenbrock W. 2006. Using hemispherical radiation measurements to predict weight-related growth traits in oilseed rape (*Brassica napus* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) canopies. J. Agron. Crop Sci. 192: 465–474.

- Berry P.M., Spink J.H. 2006. A physiological analysis of oilseed rape yields: Past and future. *J. Agric. Sci.* 144: 381–392.
- Bilsborrow P.E., Evans E.J., Milford G.F.J., Fieldsend J.K. 1995. The effects of S and N on the yield and quality of oilseed rape in the U.K. *Proceed. 9th Int. Rapeseed Congress, Cambridge University*, 1: 280–283.
- Budzyński W. 1986. Studium nad wpływem niektórych czynników agrotechnicznych na zimowanie i plonowanie odmian podwójnie uszlachetnionego rzepaku ozimego. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura* 41 B: 3–54.
- Budzyński W., Ojczyk T. 1995. Influence of sulphur fertilization on seed yield and seed quality of double low oilseed rape. *Proceed. 9th Int. Rapeseed Congress, Cambridge*, 1: 284–286
- Colenne C., Meynard J.M., Roche R., Reau R. 2002. Effects of nitrogen deficiencies on autumnal growth of oilseed rape. *Europ. J. Agron.* 17: 11–28.
- Dawkins T.C.K. 1983. Some factors in successful cropping. 2. Oilseed rape. *Span* 26(3): 116–117.
- Diepenbrock W. 2000. Yield analysis of winter rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crop. Res.* 67: 35–49.
- Fathi G., Banisaeidi A., Siadat S.A., Ebrahimpour F. 2002. The effect of different nitrogen levels and plant density on canola yield in climate conditions of Khouzestan province. *Iran Sci. J. Agric.* 25: 43–57.
- Fotyma E. 2003. Wpływ nawożenia siarką na wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez rośliny uprawy polowej. *Nawozy i Nawożenie/Fertilizer and Fertilization* 4: 117–136.
- Fotyma E., Fotyma M. 2004. Próba optymalizacji nawożenia azotem pszenicy ozimej z wykorzystaniem testu Nmin. *Nawozy i Nawożenie/Fertilizer and Fertilization* 3(20): 55–73.
- Haneklaus S., Paulsen H.M., Gupta A.K., Bloem E., Schnug E. 1999. Influence of sulfur fertilization on yield and quality of oilseed rape and mustard. *Proceed. 10th Int. Rapeseed Congress, Canberra. CD ROM*.
- Hao X., Chang C., Travis G.J. 2004. Short communication: effect of long-term cattle manure application on relations between nitrogen and oil content in canola seed. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 167: 214–215.
- Jackson G. 2000. Effect of nitrogen and sulphur on canola yield and nutrient uptake. *Agron. J.* 92: 644–649.
- Jakubus M., Toboła P. 2005. Zawartość siarki ogólnej i siarczanowej w rzepaku ozimym w zależności od nawożenia. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 26(1): 149–161.
- Jankowski K. 2007. Siedliskowe i agrotechniczno-ekonomiczne uwarunkowania produkcji nasion rzepaku ozimego na cele spożywcze i energetyczne. *Wyd. UWM Olsztyn, Rozpr. Monogr.*, 131: ss. 174.
- Jankowski K. J., Budzyński W. S., Kijewski Ł., Zajac T. 2015. Biomass quality of *Brassica* oilseed crops in response to sulfur fertilization. *Agron. J.* 107: 1377–1391.
- Jankowski K., Budzyński W. 2007. Reakcja różnych form hodowlanych rzepaku ozimego na termin i gęstość siewu II. Plon nasion i jego składowe. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 28(2): 195–207.
- Jankowski K., Budzyński W., Załuski D., Hulanicki P., Dubis B. 2016. Using a fractional factorial design to evaluate the effect of the intensity of agronomic practices on the yield of different winter oilseed rape morphotypes. *Field Crop. Res.* 188: 50–61.
- Jankowski K.J., Rybacki R., Budzyński W. 2005. Nawożenie a plon nasion rzepaku ozimego w gospodarstwach wielkoobszarowych. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 26(2): 437–450.
- Janzen H.H., Bettany J.R. 1984. Sulphur nutrition of rapeseed. II. Effect of time of sulphur application. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 107–112.
- Justes E., Denoroy P., Gabrielle B., Gosse G. 2000. Effect of crop nitrogen status and temperature on the radiation use efficiency of winter oilseed rape. *Europ. J. Agron.* 13:165–177.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W. 2004. Wpływ zróżnicowanego poziomu agrotechniki na rozwój i plonowanie odmian rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 25(1): 97–107.
- Krauze A., Bowszys T. 2000. Wpływ stosowania różnych technologii nawozów siarkowych na plonowanie i jakość rzepaku ozimego i jarego. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 204, *Agricultura* 81: 133–142.
- Kulig B., Oleksy A., Pyziak K., Styrc N., Staroń J. 2010. Wpływ warunków siedliskowych na plonowanie oraz zróżnicowanie wybranych wskaźników roślinnych populacyjnych odmian rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 31(1): 99–114.

- Kulig B., Oleksy A., Pyziak K., Styrc N., Staroń J. 2012. Wpływ warunków siedliskowych na plonowanie oraz wielkość wybranych wskaźników wegetacyjnych zrestorowanych odmian rzepaku ozimego. *Fragm. Agron.* 29(1): 83–92.
- Li Y.S., Yu C.B., Zhu S., Xie L.H., Hu X. J., Liao X., Liao X.S., Che Z. 2014. High planting density benefits to mechanized harvest and nitrogen application rates of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Soil Sci. Plant Nut.* 60: 384–392.
- Liersch A., Bartkowiak-Broda I., Ogrodowczyk M. 2000. Ocena plonowania i cech jakościowych różnego typu odmian mieszańcowych rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 21(2): 341–358.
- Liu J., Mei D.S., Li Y.C., Cui J.C., Wang H., Peng P.F., Fu L., Hu Q. 2013. Combining ability and breeding potential of rapeseed elite lines for pod shatter resistance. *J. Integr. Agric.* 12(3): 552–555.
- McGrath S.P., Zhao F.J. 1996. Sulphur uptake, yield responses and the interaction between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *J. Agric. Sci.* 126: 53–62.
- McGrath S.P., Zhao F.J., Blake-Kalff M.A. 2003. History and outlook for sulphur fertilizers in Europe. *Nawozy i Nawożenie/Fertilizer and Fertilization* 2: 81–103.
- Moradi-Telavat M.R., Siadat S.A., Nadian H., Fathi G. 2008. Effect of nitrogen and boron on canola yield and yield components in Ahwaz. *Iran Int. J. Agric. Res.* 3: 415–422.
- Muśnicki Cz. 1989. Charakterystyka botaniczno-rolnicza rzepaku ozimego i jego plonowanie w zmiennych warunkach środowiskowo-agrotechnicznych. *Rocz. AR Poznań, Rozpr. Nauk.* 191, ss. 154.
- Nemecek T., Hayer F., Bonnin E., Carrouee B., Schneider A., Vivier Ch. 2015. Designing eco-efficient crop rotations using life cycle assessment of crop combinations. *Europ. J. Agron.* 65: 40–51.
- Nyborg M., Bentlej C.F., Hoyt P.B. 1974. Effect of sulfur deficiency on seed yield of turnip rape. *Sulphur Inst. J.* 10(1): 14–15.
- Özer H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. *Europ. J. Agron.* 19: 453–463.
- Öztürk 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.
- Podleśna A. 2003. Wstępna ocena potrzeb nawożenia siarką rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 24(2): 641–649.
- Podleśna A. 2004. Wpływ nawożenia siarką na zawartość i pobieranie składników pokarmowych przez rzepak ozimy. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 25(2): 627–636.
- Rathke G. W., Behrens T., Diepenbrock W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Agric. Ecosyst. Environ.* 117: 80–108.
- 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.
- Seyis F., Friedt W., Luhs W. 2006. Yield of *Brassica napus* L. hybrids developed using resynthesized rapeseed material sown at different locations. *Field Crop. Res.* 96: 176–180.
- Sieling K., Kage H. 2010. Efficient N management using winter oilseed rape. A review. *Agron. Sustain. Develop.* 30: 271–279.
- Takashima N.E., Rondanini D.P., Puhl L.E., Miralles D.J. 2013. Environmental factors affecting yield variability in spring and winter rapeseed genotypes cultivated in the southeastern Argentine Pampas. *Europ. J. Agron.* 48: 88–100.
- Toboła P., Jakubus M. 2006. Wpływ nawożenia siarką na plonowanie rzepaku ozimego w zależności od poziomu zaopatrzenia roślin w siarkę. XXVIII Konferencja Naukowa Rośliny Oleiste, Streszczenia: 67–69.
- Veromann E., Toome M., Kännaste A., Kaasik R., Copolovici L., Flink J., Kovács G., Narits L., Luik A., Niinemets Ü. 2013. Effects of nitrogen fertilization on insect pests, their parasitoids, plant diseases and volatile organic compounds in *Brassica napus*. *Crop Prot.* 43: 79–88.
- Walker K.C. Booth E.J. 1994. Sulphur deficiency in Scotland and the effects of sulphur supplementation on yield and quality of oilseed rape. *Norw. J. Agric. Sci., Suppl.* 15: 97–104.
- Weymann W, Bottcher U, Sieling K, Kage H. 2015. Effects of weather conditions during different growth phases on yield formation of winter oilseed rape. *Field Crop. Res.* 173: 41–48.

- Wielebski F. 2006. Nawożenie różnych typów odmian rzepaku ozimego siarką w zróżnicowanych warunkach glebowych I. Wpływ na plon i elementy struktury plonu nasion. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 27(2): 265–282.
- Wielebski F. 2008. Efektywność nawożenia siarką różnych typów hodowlanych odmian rzepaku w świetle wyników wieloletnich doświadczeń polowych. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 29(1): 91–103.
- Wielebski F. 2009. Reakcja różnych typów hodowlanych odmian rzepaku ozimego na poziom stosowanej agrotechniki. I. Charakterystyka dojrzewających roślin rzepaku oraz jego plonowanie i układ elementów plonotwórczych. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 30(1): 75–90.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 2003. Wpływ wiosennego nawożenia siarką na plon i zawartość glukozydinolaminów w nasionach odmian mieszańcowych złożonych rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 24(1): 109–119.
- Wójtowicz M. 2004. Wpływ nawożenia azotowego i warunków środowiskowych na cechy biologiczne i użytkowe złożonych odmian mieszańcowych rzepaku ozimego Kaszub i Mazur. *Rośliny 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. 2005. Wpływ warunków środowiskowych na zmienność i współzależność pomiędzy plonem nasion rzepaku ozimego oraz komponentami jego struktury. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 26(1): 99–110.
- 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.
- Zajac T., Klimek-Kopyra A., Oleksy A., Lorenc-Kozik A., Ratajczak K. 2016. Analysis of yield and plant traits of oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivated in temperate region in light possibilities of sowing in arid areas. *Acta Agrobot.* 69(4): 1696–1709.
- Zajac T., Oleksy A., Stokłosa A., Klimek-Kopyra A. 2011. Comparison of morphological traits, productivity and canopy architecture of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) and white mustard (*Sinapis alba* L.). *J. Appl. Bot. Food Qual.* 84: 183–191.
- Zhao F.J., McGrath S.P., Blake-Kalff M.M.A., Link A., Tucker M. 2003. Crop responses to sulphur fertilization in Europe. *Nawozy i Nawożenie/Fertilizers and Fertilization* 3(16): 26–51.

A. OLEKSY

PRODUCTION AND DEVELOPMENT REACTION OF WINTER RAPE CULTIVARS FOR VARIOUS NITROGEN AND SULPHUR DOSES

Summary

In a strict field experiment conducted in three growing seasons 2010–2013, the reaction of two hybrid varieties ‘Adam’ and ‘Poznaniak’ was compared to nitrogen (0–200 kg N·ha⁻¹) and sulphur (0–70 kg S·ha⁻¹) fertilization. Variable agro-climatic conditions during the autumn vegetation resulted in diversification of plant density. Favourable for the maintenance of plant density were the 2010/2011 and 2012/2013 seasons. A decrease in plant density occurred in the 2011/2012 season. It was mainly caused by a very small amount of precipitation in September and November, which firstly limited the emergence, and then slowed down the growth of plants, and as a consequence caused them not to be ready for wintering. The number of side branches developed in spring by rapeseed was varied in the growing seasons and referred directly to the spring plant density per unit area. The dose of nitrogen does not substantially affected the density of plants per unit area. The role of spring nitrogen fertilization was demonstrated by increasing the number of side branches and the number of pods per plant. The winter oilseed rape developed more robust seeds of a higher weight in the absence of fertilization (control) and under the influence of high doses (150 kg, 200 kg and Nmin) of nitrogen. Nitrogen fertilization linearly increased the yield of oilseed rape. Compared

cultivars showed no significant differences in seed yields. The season of vegetation was the creator of the effectiveness of nitrogen fertilization based on the mineral nitrogen test (Nmin). 'Adam' cultivar showed a tendency to better use of nitrogen based on the mineral nitrogen test (Nmin) in comparison with the 'Poznaniak' cultivar. Sulphur fertilization did not affect significantly the development of the components of yield per plant as well as seed yield per unit area.

Key words: cultivars, yield components, Nmin method, efficiency of fertilization

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 16.06.2018

Do cytowania – *For citation*

Oleksy A. 2018. Reakcja produkcyjno-rozwojowa odmian rzepaku ozimego na zróżnicowane dawki N i S. *Fragm. Agron.* 35(2): 79–97.