

WPLYW DOLISTNEGO NAWOŻENIA MIKRO- I MAKROELEMENTOWEGO NA PLONOWANIE ORAZ ZAWARTOŚĆ TŁUSZCZU W NASIONACH RZEPAKU

ANDRZEJ OLEKSY¹, JAN STAROŃ², MAREK KOŁODZIEJCZYK¹, BOGDAN KULIG¹,
TOMASZ BRODOWICZ¹

¹*Instytut Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków,*

²*Zakład Nasiennno-Rolny Modzurów, DANKO Hodowla Roślin Sp. z o.o., ul. Słowackiego 9,
47-411 Rudnik*

Synopsis. Celem badań realizowanych w latach 2007–2010 w Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Głubczycach oraz w Stacji Doświadczalnej w Prusach należącej do Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie było określenie wpływu dolistnych nawozów zawierających siarkę, bor i inne mikroelementy na wielkość i strukturę plonu oraz zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego. W badaniach zastosowano następujące warianty nawozowe: NPKS – kontrola, NPKS + YaraVita Thiotrac, NPKS + YaraVita Bortrac, NPKS + YV Thiotrac + YV Bortrac, NPKS + YaraVita Photrel Pro oraz NPKS + YaraVita Brassitrel Pro. Ocenie poddano dwie odmiany rzepaku: Digger i Nelson F₁. Dolistne nawożenie rzepaku nie miało istotnego wpływu na poziom plonowania oraz wartość elementów składowych plonu nasion. Stwierdzono jedynie tendencję oddziaływania nawozów YV Thiotrac, YV Bortrac i YV Brassitrel Pro stosowanych indywidualnie na przyrost plonu nasion w zakresie od 3,4 do 4,1% oraz nawozów YV Brassitrel Pro i YV Photrel Pro na zwiększenie odpowiednio liczby łuszczyń na roślinie o 3,6% oraz ilości nasion w łuszczyńce o 7,6%. Oceniane odmiany rzepaku ozimego różniły się istotnie liczbą łuszczyń na roślinie oraz zawartością tłuszczu w nasionach. Większą wartością tych cech, odpowiednio o 31,7 i 0,9%, a także plonem nasion o 19,2% odznaczała się odmiana mieszańcowa Nelson. Liczba nasion w łuszczyńcach, masa 1000 nasion oraz zawartość tłuszczu były cechami podlegającymi dużej zmienności w miejscowościach. Korzystniejsze warunki siedliskowe dla plonowania oraz wykształcania łuszczyń panowały w Głubczycach, natomiast dla kształtowania się obsady roślin rzepaku w miejscowości Prusy.

Słowa kluczowe: rzepak, odmiana, warunki siedliskowe, nawożenie dolistne, plon i składowe plonu, zawartość tłuszczu

WSTĘP

Racjonalne nawożenie rzepaku powinno uwzględniać oprócz podstawowych makroelementów takich jak azot, fosfor, potas i magnez również niezwykle ważną, pozwalającą na uzyskiwanie wysokich plonów siarkę oraz niezbędny mikroelement – bor.

W przeszłości emisja siarki pochodzącej głównie ze spalania węgla nie tylko w pełni zaspokajała potrzeby pokarmowe roślin uprawnych ale stanowiła zagrożenie dla środowiska [Kaczor i Kozłowska 2000]. Obecnie ze względu na zmniejszenie depozycji atmosferycznej tego pierwiastka, intensyfikację upraw, ograniczone nawożenie organiczne oraz stosowanie skoncentrowanych nawozów mineralnych jak również straty w wyniku wymywania z gleby, siarka jest jednym z czynników minimum produkcji roślinnej w wielu regionach Świata [Grant i Haw-

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

kesford 2015, Till 2010]. Również w Polsce, w ostatnich latach przy średniej depozycji siarki na poziomie 12–14 kg·ha⁻¹ bilans tego składnika na przeważającym obszarze kraju jest ujemny, nawet w pobliżu dużych aglomeracji miejsko-przemysłowych [Grzebisz i Hardter 2006, Siebielec i in. 2012, GUS 2014].

Siarka odpowiada za syntezę chlorofilu i aminokwasów, aktywuje enzymy istotne w przemianach energii i kwasów tłuszczowych, zwiększa odporność roślin na choroby oraz szkodniki, korzystnie wpływa na efektywność pozostałych składników pokarmowych, głównie azotu, a także ogranicza wyleganie roślin [Cwalina-Ambroziak i Stępień 2012, Kotecki i in. 2005, Wielebski 2011]. Przenawożenie rzepaku siarką sprzyja natomiast gromadzeniu w nasionach szkodliwych glukozyzolanów zwłaszcza alkenowych oraz modyfikuje skład kwasów tłuszczowych [Halkier i Gerschenzen 2006, McGrath i Zhao 1996, Wielebski 2011]. Na wytworzenie 1 t nasion i odpowiednią masę słomy rzepak pobiera 0,15–0,20 kg siarki, najintensywniej od fazy rozwoju pędów bocznych do początku kwitnienia, a dawka nawozów siarkowych powinna wynosić 1/3–1/4 dawki azotu tj. 30–50 kg S·ha⁻¹ [Budzyński i Zajac 2010, Grzebisz i Gaj 2000].

W strategii nawożenia rzepaku najistotniejszym mikroelementem jest bor, którego rzepak potrzebuje 10-krotnie więcej niż zboża. Składnik ten warunkuje prawidłowy rozwój generatywny roślin, wykształcanie kwiatów, nasion i tłuszczyn oraz zapobiega pękaniu łodyg w czasie ich szybkiego wzrostu. Średnie pobranie boru wynosi ok. 150 g·ha⁻¹, ale przy wysokich plonach może sięgać 500 g z ha [Wróbel i Sienkiewicz-Cholewa 2003]. Badania stanu zasobności gleb Polski w składniki pokarmowe wykazały niedobory boru w 79% gleb kraju [Dębowski i Kucharzewski 2000].

Celem badań było określenie wpływu nawozów dolistnych zawierających siarkę, bor i inne mikroelementy na wielkość i strukturę plonu oraz zawartość tłuszczu w nasionach dwóch morfotypów rzepaku ozimego uprawianego w zróżnicowanych warunkach siedliskowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania realizowano w latach 2007–2010 w Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Głubczycach (17°50' E, 50°12' N, H = 280 m n.p.m.) oraz w Stacji Doświadczalnej w Prusach należącej do Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (20°05' E, 50°07' N, H = 272 m n.p.m.). Trójczynnikowy eksperyment polowy założono w układzie split-plot-plot w 3 powtórzeniach.

Czynnikami doświadczenia były:

- miejscowości: Głubczyce i Prusy,
- odmiany: Digger (odmiana populacyjna) i Nelson F₁ (mieszaniec zrestorowany),
- nawożenie: NPKS,
NPKS + YaraVita Thiotrac (300 g S, 200 g N·l⁻¹); 5 l·ha⁻¹,
NPKS + YaraVita Bortrac (150 g B·l⁻¹); 3 l·ha⁻¹,
NPKS + YV Thiotrac; 5 l·ha⁻¹ + YV Bortrac; 3 l·ha⁻¹,
NPKS + YaraVita Photrel Pro (50 g Mg, 115 g S, 80 g B, 70 g Mn, 4 g Mo·kg⁻¹); 3 kg·ha⁻¹,
NPKS + YaraVita Brassitrel (69 g N, 89 g Ca, 71 Mg, 60 g B, 70 g Mn, 4 g Mo·l⁻¹); 3 l·ha⁻¹.

Nawożenie fosforem i potasem stosowano na podstawie zasobności gleby (dla szacowanego plonu nasion na poziomie 5 t·ha⁻¹), natomiast azot i siarkę zastosowano w obu miejscowościach na jednakowym poziomie w ilości odpowiednio 215 kg N i 50 kg S·ha⁻¹. Nawozy dolistne aplikowano w dwóch terminach jesienią (BBCH 14–16) i wiosną (BBCH 30–32).

Doświadczenie w Głubczycach założono na glebie brunatnej eutroficznej typowej (BEt), zaliczanej do kompleksu pszennego bardzo dobrego i II klasy bonitacyjnej. Gleba ta charakte-

ryzowała się odczynem lekko kwaśnym do obojętnego, bardzo wysoką zasobnością w fosfor, średnią do bardzo wysokiej zasobnością w potas oraz wysoką do bardzo wysokiej zasobnością w magnez. W miejscowości Prusy badania polowe realizowano na czarnoziemiu typowym (*CWt*) zaliczanym do kompleksu pszennego bardzo dobrego i I klasy bonitacyjnej, charakteryzującym się odczynem lekko kwaśnym, wysoką zasobnością fosforu, średnią do wysokiej zasobnością potasu oraz wysoką zasobnością magnezu.

W obu miejscowościach przedplonem dla rzepaku była pszenica ozima. Uprawa roli po zbiorze przedplonu obejmowała: talerzowanie, bronowanie + wał kruszący, orkę siewną oraz agregat uprawowo siewny. Nasiona rzepaku wysiewano w 3 dekadzie sierpnia na poletkach o powierzchni do zbioru 10 m² w Prusach i 16 m² w Głubczycach, w rozstawie rzędów 28 cm i ilości 60 szt.·m⁻² – odmiana Digger oraz 50 szt.·m⁻² – odmiana Nelson F₁.

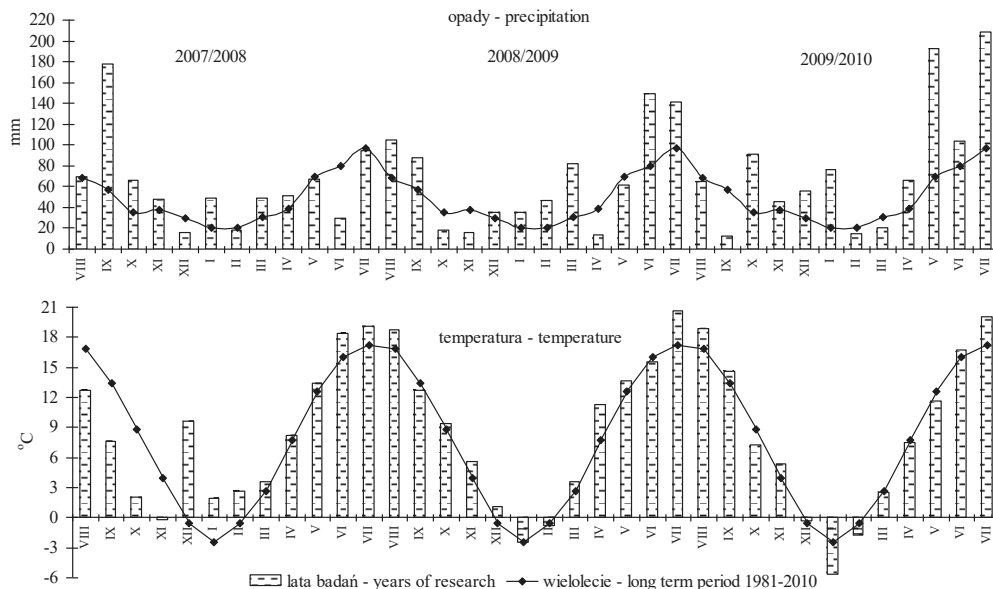
Zachwaszczenie regulowano herbicydami: Butisan Star 480 SC (2,5 l·ha⁻¹) oraz Pantera 040 EC (1 l·ha⁻¹), przeciwko chorobom stosowano fungicydy Horizon 250 EW (0,5 l·ha⁻¹), Sparta 250 EW (0,6 l·ha⁻¹) oraz Caramba 60 SL (1,25 l·ha⁻¹). Straty powodowane przez szkodniki ograniczono stosując 4–5 zabiegów insektycydowych: Danadim 400 EC (0,5 l·ha⁻¹), Nurelle D 550 EC (0,5 l·ha⁻¹), Rapid 060 CS (1,25 l·ha⁻¹), Karate Zeon 050 CS (0,125 l·ha⁻¹), Mospilan 20 SP (0,1 kg·ha⁻¹) oraz Pyrinex 480 EC (0,6 l·ha⁻¹).

Rzepak zbierano jednoetapowo kombajnem w I dekadzie sierpnia. Plony nasion sprowadzono do stałej wilgotności wynoszącej 9%. Przed zbiorem z każdego poletka pobierano próby 10 roślin w celu określenia liczby łuszczyń na roślinie. Liczbę nasion w łuszczyńce oznaczono na 25 losowo wybranych owocach z górnej, środkowej i dolnej części rośliny. Masę 1000 nasion określono w 4 próbach po 100 nasion i przeliczono na stałą wilgotność. Zagęszczenie roślin rzepaku przed zbiorem określono na 2 mb losowo wybranego rzędu poletka. Uzyskane wyniki przeliczono na 1 m². Zawartość tłuszczu surowego określono metodą ekstrakcyjną, stosując eter naftowy i ekstrahując nim tłuszcz w aparacie Soxhleta dwuetapowo zgodnie z PN-73/R-66164. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej za pomocą pakietu Statistica, a istotność różnic weryfikowano testem Tukeya na poziomie istotności p=0,05.

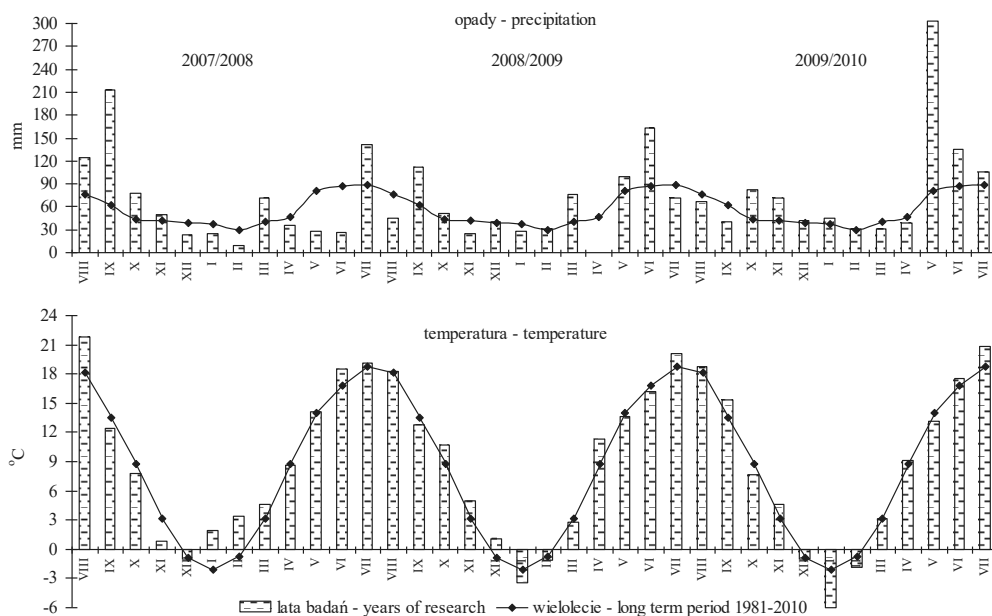
Suma opadów w Głubczycach w poszczególnych okresach wegetacji rzepaku (sierpień-lipiec) znacząco przewyższała ilość opadów w analogicznym okresie wielolecia (586 mm) i wynosiła odpowiednio 763, 793 oraz 954 mm (rys. 1). Również w Prusach odnotowano znacząco większą niż w ostatnim trzydziestoleciu (672 mm) ilość opadów we wszystkich okresach wegetacji rzepaku. W sezonie 2007/2008 suma opadów wynosiła 823 mm, w 2008/2009 – 742 mm, a w sezonie 2009/2010 aż 991 mm (rys. 2). Średnia wieloletnia temperatura powietrza w Głubczycach wynosi 8,0°C, natomiast w okresie badań była większa odpowiednio o 0,3; 1,1 i 0,1°C. W Prusach większą niż w wieloleciu 1981–2010 średnią temperaturę powietrza (8,4°C) odnotowano w dwóch pierwszych sezonach wegetacji rzepaku odpowiednio o 0,9 i 0,5°C.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wielkość plonu nasion rzepaku ozimego kształtowała się w szerokim zakresie od 3,08 do 6,25 t·ha⁻¹ w zależności od miejscowości, odmiany, nawożenia dolistnego oraz sezonu wegetacji (tab. 1). Rzepak uprawiany w Głubczycach plonował na większym poziomie niż w Prusach, średnio o 0,66 t·ha⁻¹, jednak statystycznie istotną różnicę stwierdzono tylko w sezonie wegetacyjnym 2008/2009. Ponieważ warunki glebowe w obu miejscowościach były porównywalne należy przypuszczać, że kreatorem zmienności plonowania były warunki pogodowe, zwłaszcza całkowity brak opadów w Prusach w kwietniu 2008 r. W opinii Weymann i in. [2015] około 40% plonu nasion rzepaku determinują warunki pogodowe panujące w czasie trwania faz rozwojowych, wiążących się z dojrzwaniem. Corocznie plony nasion porównywanych odmian



Rys. 1. Charakterystyka warunków pogodowych w Głubczycach w latach 2007–2010 na tle wielolecia
 Fig. 1. Characteristics of weather conditions in Głubczyce in the years 2007–2010 on the background of long-term period



Rys. 2. Charakterystyka warunków pogodowych w Prusach w latach 2007–2010 na tle wielolecia
 Fig. 2. Characteristics of weather conditions in Pruszy in the years 2007–2010 on the background of long-term period

Tabela 1. Plon nasion rzepaku w zależności od miejscowości, odmiany, wariantu nawozowego oraz sezonu wegetacji ($t \cdot ha^{-1}$)Table 1. Rapeseed yield depending on the locality, cultivar, fertilizer variant and vegetation season ($t \cdot ha^{-1}$)

Czynnik Factor	Poziom czynnika Level of factor	Sezon wegetacji/Growing season			Średnia Mean
		2007/2008	2008/2009	2009/2010	
Miejscowość Locality	Głubczyce	5,83	5,24	3,14	4,74
	Prusy	5,53	3,74	3,27	4,18
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	0,48	r.n.	r.n.
Odmiana Cultivar	Digger	5,10	4,13	2,97	4,07
	Nelson	6,25	4,85	3,44	4,85
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		0,15	0,19	0,26	r.n.
Wariant nawozowy Fertilization variant	NPKS	5,60	4,40	3,08	4,36
	NPKS + YaraVita Thiotrac	5,73	4,54	3,23	4,51
	NPKS + YaraVita Bortrac	5,78	4,55	3,29	4,54
	NPKS + YV Thiotrac + YV Bortrac	5,67	4,52	3,08	4,42
	NPKS + YaraVita Photrel Pro	5,66	4,49	3,18	4,44
	NPKS + YaraVita Brassitrel Pro	5,70	4,45	3,37	4,51
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna/not significant difference

różniły się na korzyść odmiany mieszańcowej Nelson, która plonowała średnio o 19% lepiej niż forma populacyjna. Większy potencjał plonotwórczy odmian mieszańcowych zrestorowanych zwłaszcza w korzystnych warunkach wilgotnościowych potwierdzają również Zhang i in. [2016]. Dolistne nawożenie siarką oraz borem nie miało wprawdzie istotnego wpływu na wielkość plonu nasion, stwierdzono jednak korzystne oddziaływanie tych składników na plonowanie rzepaku. Przyrost plonu nasion w analizowanych obiektach nawozowych wynosił od 1,4% po zastosowaniu łącznie nawozów YV Thiotrac + YV Bortrac do 4,1% na obiektach z indywidualną aplikacją nawozu YV Bortrac. Wielebski i Wójtowicz [2003] oraz Wielebski [2006] wykazali, że przyrost plonu nasion rzepaku pod wpływem nawożenia siarką występuje tylko w przypadku niedostatecznej ilości tego składnika w glebie, natomiast przy nadmiernym zaopatrzeniu roślin w siarkę następuje zwiększona kumulacja glukozyolanów. Mała efektywność synergicznego działania nawozów YV Thiotrac + YV Bortrac może wynikać z antagonizmu zachodzącego pomiędzy nawozami zastosowanymi nalistnie w formie mieszaniny. Zrozumiałym jest także fakt, że aplikacja dwóch nawozów nalistnych podnosi koszty uprawy rzepaku z jednej strony, a z drugiej nie przynosi zwiększonej efektywności produkcyjnej.

Zagęszczenie roślin rzepaku ozimego na jednostce powierzchni, należy ocenić jako duże i zarazem stabilne w latach (tab. 2). Jedynie w sezonie wegetacyjnym 2009/2010, w miejscowości Prusy odnotowano większą obsadę roślin rzepaku ozimego, w porównaniu do Głubczyc.

Tabela 2. Obsada roślin rzepaku w zależności miejscowości, odmiany, wariantu nawozowego oraz sezonu wegetacji (szt.·m⁻²)Table 2. The number of rapeseed plants depending on the locality, cultivar, fertilizer variant and vegetation season (pcs.·m⁻²)

Czynnik Factor	Poziom czynnika Level of factor	Sezon wegetacji/Growing season			Średnia Mean
		2007/2008	2008/2009	2009/2010	
Miejscowość Locality	Głubczyce	45,5	44,5	41,4	43,8
	Prusy	45,2	46,8	49,2	47,1
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	r.n.	7,1	r.n.
Odmiana Cultivar	Digger	46,2	44,6	49,2	46,7
	Nelson	44,5	46,8	41,5	44,3
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	r.n.	4,5	r.n.
Wariant nawozowy Fertilization variant	NPKS	47,4	46,1	43,5	45,7
	NPKS + YaraVita Thiotrac	45,4	44,8	46,5	45,6
	NPKS + YaraVita Bortrac	45,8	46,5	45,0	45,8
	NPKS + YV Thiotrac + YV Bortrac	44,7	46,1	44,8	45,2
	NPKS + YaraVita Photrel Pro	44,9	46,1	46,7	45,9
	NPKS + YaraVita Brassitrel Pro	43,8	44,6	45,7	44,7
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna/not significant difference

Mniejsze zagęszczenie roślin było prawdopodobnie efektem bardzo małej ilości opadów we wrześniu 2009 r., co szczególnie widoczne było u odmiany Nelson. O decydującej roli warunków pogodowych w kształtowaniu morfologii rzepaku jesienią oraz ich przezimowaniu donoszą m.in. Jankowski [2007], Velička i in. [2012] oraz Gugala i in. [2017].

Analizując obsadę roślin przed zbiorem stwierdzono u odmiany Gigger 22% ubytek roślin w porównaniu do założonej ilości wysiewu oraz o 11% mniejszą liczbę roślin w przypadku odmiany Nelson. Odmienne wyniki uzyskali Wielebski i Wójtowicz [2018], którzy wykazali gorsze wschody mieszańców niż odmiany populacyjnej oraz słabsze zimowanie bardziej zagęszczonych łąn rzepaku. Oceniane w badaniach warianty nawożenia dolistnego siarką oraz borem nie miały istotnego wpływu na kształtowanie się obsady roślin. Stwierdzono jednak negatywne oddziaływanie tych nawozów na liczbę roślin rzepaku w sezonach wegetacyjnych charakteryzujących się mniejszą ilością opadów.

Liczba łuszczyń na roślinie kształtowała się w szerokim zakresie od 125 do 219 szt. i zależała istotnie od warunków siedliskowych oraz właściwości odmianowych rzepaku (tab. 3). Corocznie w miejscowości Głubczyce rośliny wykazywały większą liczbę łuszczyń. Statystycznie udowodnione różnice w wartości tej cechy, stwierdzono w dwóch sezonach wegetacji rzepaku – 2008/2009 i 2009/2010, głównie w efekcie obniżonej obsady roślin, zwłaszcza w ostatnim roku badań. Zależność ta znajduje potwierdzenie również w badaniach Shahin i Valiollah [2009].

Tabela 3. Liczba łuszczyń na roślinie rzepaku w zależności od miejscowości, odmiany, wariantu nawozowego oraz sezonu wegetacji (szt.)

Table 3. The number of siliques on a rapeseed plant depending on the village, cultivar, fertilizer variant and vegetation season (pcs)

Czynnik Factor	Poziom czynnika Level of factor	Sezon wegetacji/Growing season			Średnia Mean
		2007/2008	2008/2009	2009/2010	
Miejscowość Locality	Głubczyce	194	174	219	196
	Prusy	165	125	130	140
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	14	32	27
Odmiana Cultivar	Digger	160	137	138	145
	Nelson	198	162	212	191
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		36	4	39	41
Wariant nawozowy Fertilization variant	NPKS	167	169	170	169
	NPKS + YaraVita Thiotrac	180	146	166	164
	NPKS + YaraVita Bortrac	175	147	177	166
	NPKS + YV Thiotrac + YV Bortrac	186	149	159	165
	NPKS + YaraVita Photrel Pro	178	132	197	169
	NPKS + YaraVita Brassitrel Pro	192	155	179	175
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna/not significant difference

Rośliny odmiany mieszańcowej Nelson wykazywały istotnie większą ilość łuszczyń niż odmiana liniowa Digger. Z badań Jankowskiego i Budzyńskiego [2007] oraz Zajęca i in. [2013] wynika, że mieszańcowe odmiany rzepaku w porównaniu do odmian populacyjnych wykazywały rośliny o większej liczbie rozgałęzień bocznych, a w konsekwencji również łuszczyń co znacząco zwiększa wielkość plonu z jednostki powierzchni. Wpływ dolistnego nawożenia siarką oraz borem na liczbę łuszczyń z rośliny nie został statystycznie potwierdzony. Spośród ocenianych wariantów nawozowych nieznaczny przyrost ilości wykształconych łuszczyń (3,5%) stwierdzono jedynie po zastosowaniu nawozu Brassitrel, ale oddziaływanie to było niestabilne w poszczególnych sezonach wegetacji rzepaku. W pozostałych obiektach odnotowano taką samą a nawet mniejszą wartość tej cechy niż na obiekcie kontrolnym (NPKS). Brak reakcji roślin rzepaku na mikroelementowe nawożenie dolistne w zakresie kształtowania się liczby odgałęzień bocznych wykazali także Jankowski i in. [2016].

Średnia liczba nasion w łuszczyńce była cechą podlegającą dużej zmienności w miejscowościach, ponieważ w sezonie wegetacji 2008/2009 istotnie więcej nasion miały owoce rzepaku w miejscowości Głubczyce, natomiast w kolejnym – 2009/2010 nastąpiło odwrócenie sytuacji na korzyść miejscowości Prusy (tab. 4). Generalnie, nieznacznie więcej nasion w łuszczyńcach wykazywały rośliny rzepaku uprawianego w warunkach siedliskowych Głubczyc. Oceniane w badaniach odmiany rzepaku charakteryzowały się taką samą liczbą nasion w łuszczyńcach,

Tabela 4. Liczba nasion w łuszczyńce w zależności od miejscowości, odmiany, wariantu nawozowego oraz sezonu wegetacji (szt.)

Table 4. The number of seeds in silique depending on the locality, cultivar, fertilizer variant and vegetation season (pcs)

Czynnik Factor	Poziom czynnika Level of factor	Sezon wegetacji/Growing season			Średnia Mean
		2007/2008	2008/2009	2009/2010	
Miejscowość Locality	Głubczyce	16,5	20,8	12,4	16,5
	Prusy	15,3	17,0	15,2	15,8
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	2,7	2,3	r.n.
Odmiana Cultivar	Digger	16,2	19,2	13,5	16,3
	Nelson	15,6	18,6	14,1	16,1
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Wariant nawozowy Fertilization variant	NPKS	15,8	18,1	13,5	15,8
	NPKS + YaraVita Thiotrac	15,6	18,5	13,3	15,8
	NPKS + YaraVita Bortrac	15,4	19,0	13,7	16,0
	NPKS + YV Thiotrac + YV Bortrac	16,1	18,9	13,4	16,1
	NPKS + YaraVita Photrel Pro	16,6	19,8	14,5	17,0
	NPKS + YaraVita Brassitrel Pro	15,8	19,0	14,4	16,4
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna/not significant difference

która u odmiany Digger wynosiła średnio 16,3 szt., natomiast u odmiany Nelson odpowiednio 16,1 szt. Również wariant nawozowy nie różnicował wartości tej cechy. Nieznacznie więcej nasion niż w obiekcie kontrolnym wykształcały rośliny rzepaku po zastosowaniu mikroelementowego nawozu Photrel. Doniesienia literaturowe na temat wpływu nawożenia dolistnego na ilość nasion w łuszczyńcach nie są jednoznaczne. Shoja i in. [2018] wykazali korzystny wpływ, natomiast Bdollah i in. [2014] oraz Jankowski i in. [2016] brak reakcji rzepaku na ten sposób aplikacji składników pokarmowych.

W przeprowadzonych badaniach rzepak ozimy wykształcał dorodne nasiona o wysokiej masie 1000 szt. kształtującej się w zakresie od 5,0 do 6,1 g (tab. 5). Wartość tej cechy najsilniej różnicowały warunki siedliskowe. W pierwszym sezonie wegetacji – 2007/2008 nasiona o istotnie większej masie uzyskano w miejscowości Głubczyce, a podobna tendencja utrzymała się także w kolejnym sezonie. Z kolei w ostatnim okresie badań rzepak w miejscowości Prusy wykształcał wyjątkowo okazałe nasiona, których masa 1000 szt. wynosiła ponad 6 g. Wartość tego elementu składowego plonu była prawdopodobnie efektem małej liczby łuszczyń na roślinie, przy jednocześnie dużej ilości nasion w owocach. Podobną zależność tj. dodatnią korelację między masą 1000 nasion a liczbą nasion w łuszczyńcach stwierdzili Sabaghnia i in. [2010] oraz Neshatirad i in. [2014]. Wyżej wymienieni autorzy wykazali także dodatnią korelację między masą 1000 nasion a liczbą łuszczyń na roślinie. Odmienne zależności między tymi składowymi plonu

Tabela 5. Masa 1000 nasion rzepaku w zależności od miejscowości, odmiany, wariantu nawozowego oraz sezonu wegetacji (g)

Table 5. Weight of 1000 rape seeds depending on the village, cultivar, fertilizer variant and vegetation season (g)

Czynnik Factor	Poziom czynnika Level of factor	Sezon wegetacji/Growing season			Średnia Mean
		2007/2008	2008/2009	2009/2010	
Miejscowość Locality	Głubczyce	5,9	5,3	5,5	5,6
	Prusy	5,3	5,0	6,1	5,5
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		0,2	r.n.	0,1	r.n.
Odmiana Cultivar	Digger	5,7	5,2	5,8	5,6
	Nelson	5,5	5,1	5,7	5,4
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Wariant nawozowy Fertilization variant	NPKS	5,5	5,3	5,8	5,5
	NPKS + YaraVita Thiotrac	5,6	5,2	5,8	5,5
	NPKS + YaraVita Bortrac	5,7	5,0	5,7	5,5
	NPKS + YV Thiotrac + YV Bortrac	5,4	5,2	5,7	5,5
	NPKS + YaraVita Photrel Pro	5,4	5,4	5,9	5,6
	NPKS + YaraVita Brassitrel Pro	5,8	5,0	5,8	5,5
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna/not significant difference

prezentują Ahmadi i Bahrani [2009]. W przeprowadzonych badaniach czynnik odmianowy nie różnicował masy 1000 nasion. Nieznacznie większą wartością tej cechy we wszystkich latach badań odznaczała się odmiana populacyjna. Czynnik nawozowy również nie miał wpływu na kształtowanie się masy 1000 nasion rzepaku ozimego. Istotny przyrost wartości tej cechy pod wpływem dolistnej aplikacji mikroelementów wykazali Bahrani i Pourreza [2014], Jankowski i in. [2016], natomiast negatywny wpływ boru stwierdził Yang [2009].

Większą zawartością tłuszczu w nasionach odznaczał się rzepak uprawiany w warunkach siedliskowych Głubczyc, szczególnie w sezonach 2008/2009 i 2009/2010 charakteryzujących się większą niż w Prusach ilością opadów i niższą temperaturą powietrza w okresie rozwoju łuszczyn oraz dojrzewania (tab. 6). W sezonie wegetacyjnym 2007/2008 korzystniejsze warunki pogodowe do gromadzenia tłuszczu występowały w Prusach. Większą zawartością tego składnika w nasionach odznaczała się odmiana mieszańcowa Nelson. Hoppe i Wenda-Piesik [2018] analizując zawartość tłuszczu w nasionach 72 mieszańcowych i populacyjnych odmian rzepaku stwierdzili, że jest to cecha o najmniejszym zróżnicowaniu między morfotypami i uzyskała status cechy o znaczeniu przeciętnym, jednakowo ważnej dla wszystkich odmian.

Przeprowadzone badania wykazały brak istotnego wpływu nawożenia dolistnego na zaolejenie nasion rzepaku. Jankowski i in. [2016] stwierdzili niekorzystny wpływ nawożenia mikroelementowego na wartość tej cechy, natomiast Sienkiewicz-Cholewa i Kieloch [2015] wykazały korzystne oddziaływanie siarki oraz brak reakcji na bor.

Tabela 6. Zawartość tłuszczu surowego w nasionach rzepaku w zależności od miejscowości, odmiany, wariantu nawozowego i sezonu wegetacji ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Table 6. The content of crude fat in rape seeds depending on the locality, cultivar, fertilizer variant and vegetation season ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Czynnik Factor	Poziom czynnika Level of factor	Sezon wegetacji/Growing season			Średnia Mean
		2007/2008	2008/2009	2009/2010	
Miejscowość Locality	Głubczyce	465	458	451	461
	Prusy	474	430	438	447
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		2	4	2	r.n.
Odmiana Cultivar	Digger	467	441	447	452
	Nelson	472	446	450	456
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		1	1	2	1
Wariant nawozowy Fertilization variant	NPKS	469	447	449	455
	NPKS + YaraVita Thiotrac	470	440	452	454
	NPKS + YaraVita Bortrac	469	445	447	454
	NPKS + YV Thiotrac + YV Bortrac	469	450	449	455
	NPKS + YaraVita Photrel Pro	469	442	448	453
	NPKS + YaraVita Brassitrel Pro	472	443	448	454
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna/not significant difference

WNIOSKI

1. Dolistne nawożenie rzepaku nie miało istotnego wpływu zarówno na poziom plonowania jak również wartość elementów składowych plonu nasion. Stwierdzono jedynie tendencję korzystnego oddziaływania nawozów Thiotrac, Bortrac i Brassitrel stosowanych indywidualnie na wielkość plonu nasion, nawozu Brassitrel na liczbę łuszczyń, natomiast nawozu Photrel na ilość nasion w łuszczyźnie.
2. Oceniane odmiany rzepaku ozimego różniły się istotnie liczbą łuszczyń na roślinie oraz zawartością tłuszczu w nasionach. Większą wartością tych cech, a także plonem nasion odznaczała się odmiana mieszańcowa Nelson.
3. Liczba nasion w łuszczyinach, masa 1000 nasion oraz zawartość tłuszczu były cechami podlegającymi dużej zmienności w miejscowościach. Korzystniejsze warunki siedliskowe dla plonowania oraz wykształcania łuszczyń panowały w Głubczycach, natomiast dla kształtowania się obsady roślin rzepaku w miejscowości Prusy.

PIŚMIENNICTWO

- Ahmadi M., Bahrani M.J. 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. *Am. Euras. J. Agric. Environ. Sci.* 5: 755–761.
- Bahrani A., Pourreza J. 2014. Effects of micronutrients on seed yield and oil content of *Brassica napus* L. cv. Talayeh. *Bang. J. Bot.* 43: 231–233.
- Cwalina-Ambroziak B., Stępień A. 2012. Nasilenie chorób rzepaku ozimego w krótkotrwałej monokulturze z uwzględnieniem różnych rodzajów technologii. *Prog. Plant Prot.* 52(3): 575–580.
- Dębowski M., Kucharzewski A. 2000. Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 471(1): 627–636.
- Grant C., Hawkesford M.J. 2015. Sulfur. W: *Handbook of plant nutrition*. Second edition. Barker A.V., Pilebeam D.J. (ed.) Wyd. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton–London–New York: 261–302.
- Grzebisz W., Gaj R. 2000. Zbilansowane nawożenie rzepaku ozimego. W: *Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy*. Grzebisz W. (red.) Wyd. AR Poznań, 83–98.
- Grzebisz W., Hardter R. 2006. ESTA® Kizeryt – naturalny siarczan magnezu. Wyd. K&S, ss. 126.
- Gugała M., Sikorska A., Zarzecka K., Kapela K., Mystkowska I. 2017. The effect of sowing method and biostimulators on autumn development and overwintering of winter rape. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 16(3): 111–120.
- GUS 2014. *Ochrona Środowiska 2014*. Wyd. Główny Urząd Statystyczny, ss. 541.
- Halkier B.A., Gershenzon J. 2006. Biology and biochemistry of glucosinolates. *Ann. Rev. Plant Biol.* 57: 303–333.
- Hoppe S., Wenda-Piesik A. 2018. Postęp hodowli w rzepaku ozimym w oparciu o analizę danych z doświadczeń porejestrowych. *Fragm. Agron.* 35(2): 37–53.
- Jankowski K. 2007. Siedliskowe i agrotechniczno-ekonomiczne uwarunkowania produkcji nasion rzepaku ozimego na cele spożywcze i energetyczne. *Rozpr. Monogr., Wyd. UWM Olsztyn* 131, ss. 174.
- 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.J., Hulanicki P.S., Krzbiec S., Żarczyński P., Hulanicki P., Sokółski M. 2016. Yield and quality of winter oilseed rape in response to different systems of foliar fertilization. *J. Elem.* 21: 1017–1027.
- Kaczor A., Kozłowska J. 2000. Wpływ kwaśnych opadów na agroekosystemy. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 204, *Agricultura* 81: 55–68.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W. 2005. Wpływ zróżnicowanej technologii uprawy na rozwój i plonowanie odmian rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 26: 111–124.
- McGrath S.P., Zhao F.J. 1996. Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *J. Agric. Sci.* 126: 53–62.
- PN–73/R–66164. Oznaczanie zawartości tłuszczu w nasionach, owocach oleistych i śrucie poekstrakcyjnej.
- Rad M.N., Besharat S., Majnooni-Heris A. 2014. The effect of water stress and salinity on the yield and yield components of canola in the west region of Urmia Lake Basin, Iran. *J. Appl. Biol. Sci.* 8(1): 49–56.
- Sabaghnia N., Dehghani H., Alizadeh B., Mohghaddam M. 2010. Interrelationships between seed yield and 20 related traits of 49 canola (*Brassica napus* L.) genotypes in non-stressed and water-stressed environments. *Span. J. Agric. Res.* 8: 356–370.
- Shahin Y., Valiollah R. 2009. Effects of row spacing and seeding rates on some agronomical traits of spring canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *J. Cent. Europ. Agric.* 10(1): 115–122.
- Shoja T., Majidian M., Rabiee M. 2018. Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Acta Agric. Slov.* 111(1): 73–84.
- Siebielec G., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A., Maliszewska-Kordybach B., Terelak H., Koza P., Łysiak M., Gałązka R., Pecio M., Suszek B., Miturski T., Hryńczuk B. 2012. Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010–2012. *Bibl. Monit. Środ.*, Warszawa, ss. 196.
- Sienkiewicz-Cholewa U., Kieloch R. 2015. Effect of sulphur and micronutrients fertilization on yield and fat content in winter rape seeds (*Brassica napus* L.). *Plant Soil Environ.* 61: 164–170.

- Till A.R. 2010. Sulfur and sustainable agriculture. International Fertilizer Industry Association. Paris, France.
- Velička R., Pupalienė R., Butkevičienė L.M., Kriauciūnienė Z. 2012. Peculiarities of overwintering of hybrid and conventional cultivars of winter rapeseed depending on the sowing date. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 11(1): 53–66.
- 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. 2011. Wpływ nawożenia siarką w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek azotu na skład chemiczny nasion różnych typów odmian rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 32: 79–95.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 2003. Wpływ wiosennego nawożenia siarką na plon i zawartość glukozydnianów w nasionach odmian mieszańcowych złożonych rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste/Oilseed Crops* 24(1): 109–119.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 2018. Wpływ terminu i gęstości siewu oraz warunków pogodowych na jesienno-wzrost i rozwój oraz przezimowanie morfotypów rzepaku ozimego o tradycyjnym i półkarlowym typie wzrostu. *Fragm. Agron.* 35(2): 133–145.
- Wróbel S., Sienkiewicz-Cholewa U. 2003. Potrzeby nawożenia borem roślin uprawnych w Polsce. *Post. Nauk Rol.* 1: 103–118.
- Yang M., Shi L., Xu F.S., Lu J.W., Wang Y.H. 2009. Effects of B, Mo, Zn and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pedosphere* 19: 53–59.
- Zajac T., Kulig B., Oleksy A., Stokłosa A., Styrc N., Pyziak K. 2013. Development and yield of morphologically different groups of winter oilseed rape canopy. I. Productivity and morphology of plants. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 12(1): 45–56.
- Zhang H., Berger J.D., Seymour M., Brill R., Hermann C., Quinlan R., Knell G. 2016. Relative yield and profit of Australian hybrid compared with open-pollinated canola is largely determined by growing-season rainfall. *Crop Pas. Sci.* 67: 323–332.

A. OLEKSY, J. STAROŃ, M. KOŁODZIEJCZYK, B. KULIG, T. BRODOWICZ

INFLUENCE OF FOLIAR FERTILIZATION WITH MICRO- AND MACROELEMENTS ON YIELDING AND FAT CONTENT IN SEEDS OF OILSEED RAPE

Summary

The aim of the research carried out in 2007–2010 at the Variety Testing Station in Głubczyce and in the Experimental Station in Prusy belonging to the University of Agriculture in Krakow was to determine the impact of foliar fertilizers containing sulfur, boron and other microelements on the size and structure of the crop and fat content in seeds of winter oilseed rape. The following fertilizing variants were used in the studies: NPKS – control, NPKS + YaraVita Thiotrac, NPKS + YaraVita Bortrac, NPKS + YV Thiotrac + YV Bortrac, NPKS + YaraVita Photrel Pro and NPKS + YaraVita Brassitrel Pro. Two cultivars of oilseed rape were assessed: Digger and Nelson F₁. The foliar fertilization of oilseed rape did not have a significant impact on the yield level and the value of yield components. Only the trend of YV Thiotrac, YV Bortrac and YV Brassitrel Pro fertilizers was found to increase in yield from 3.4 to 4.1% and YV Brassitrel Pro and YV Photrel Pro fertilizers to increase respectively the number of siliques on the plant by 3.6% and the amount of seeds in silique by 7.6%. The cultivars of oilseed rape assessed differed significantly in the number of siliques per plant and the fat content in the seeds. The greater value of these features, respectively, by 31.7 and 0.9%, as well as the 19.2% yield of seeds was characterized by the Nelson hybrid variety. The

number of seeds in siliaceae, the weight of 1000 seeds and the fat content were features subject to high variability in localities. More favorable habitat conditions for yielding and producing siliques prevailed in Głubczyce, while for the number of plants of oilseed rape in Prusy.

Key words: oilseed rape, cultivar, habitat conditions, foliar fertilization, yield and yield components, fat content

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 24.02.2019

Do cytowania – *For citation*

Oleksy A., Staroń J., Kołodziejczyk M., Kulig B., Brodowicz T. 2019. Wpływ dolistnego nawożenia mikro- i makroelementowego na plonowanie oraz zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku. *Fragm. Agron.* 36(1): 54–66.