



¹ Zakład Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Rzeszowski,
ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów, Polska

² Zakład Gleboznawstwa, Chemii Środowiska i Hydrologii, Uniwersytet Rzeszowski,
ul. Zelwerowicza 8b, 35-601 Rzeszów, Polska
* e-mail: wjarecki@ur.edu.pl

WACŁAW JARECKI ^{1*}, KAROL SKROBACZ ²,
TOMASZ LACHOWSKI ¹

Wpływ nawożenia dolistnego na plonowanie i skład chemiczny nasion rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.)

Effect of foliar fertilization on the yield and chemical composition of winter
oilseed rape (*Brassica napus* L.) seeds

Streszczenie. Nawożenie dolistne jest skutecznym zabiegiem zwiększającym wielkość i jakość plonu roślin uprawnych. Ścisłe doświadczenie polowe przeprowadzono w sezonach 2019/2020–2020/2021 w stacji doświadczalnej Podkarpackiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Boguchwale. Celem badań było określenie reakcji rzepaku ozimego (odmiana DK Platinum F₁) na różnicowane wiosenne nawożenie dolistne (azot i bor). Jednoczynnikowy eksperyment założono w układzie losowych bloków w czterech powtórzeniach. Wykazano, że wielkość i jakość plonu nasion rzepaku ozimego była zmienna w latach badań. W 2021 r. średni plon był wyższy o 0,2 t·ha⁻¹ w porównaniu z 2020 r. Najwyższą zawartość białka i tłuszczu w nasionach uzyskano w 2021 r. Dwukrotne i trzykrotne nawożenie dolistne wpłynęło korzystnie na plon nasion w odniesieniu do kontroli. Uzyskana istotna różnica wyniosła odpowiednio 4,5 i 5,2%. Trzykrotne nawożenie dolistne zwiększyło koncentrację białka w nasionach o 8 g·kg⁻¹ w porównaniu z kontrolą, przy stabilnej zawartości tłuszczu. Wariant ten można zatem polecać dla praktyki rolniczej.

Słowa kluczowe: *Brassica napus*, nawożenie dolistne, azot, bor, plon nasion, skład chemiczny

WSTĘP

Rzepak ozimy należy do roślin uprawnych o dużym znaczeniu gospodarczym, uprawiany jest głównie na olej jadalny i biopaliwo. W Unii Europejskiej największe zbiory rzepaku notuje się we Francji, Niemczech i Polsce [Jarecki i Kipa 2019]. W agrotechnice tego gatunku szczególne znaczenie ma nawożenie makro- i mikroelementami [Wenda-Piesik i Hoppe 2018]. Dotyczy to zarówno optymalizacji nawożenia doglebowe-

go jak i dolistnego. W tym drugim przypadku połączenie oprysku z agrochemikaliami, np. insektycydem lub fungicydem zmniejszy koszty zabiegu [Fageria i in. 2009]. Efekty nawożenia dolistnego są zróżnicowane w zależności od terminu zastosowania i dawki oraz modyfikowane warunkami pogodowymi [Ganya i in. 2018, Amiri i in. 2020]. We współczesnym rolnictwie opryski dolistne są powszechnie stosowanym zabiegiem, ale zarówno preparaty nowe, jak i znane w praktyce rolniczej powinny być badane w doświadczeniach polowych [Beres i in. 2019, Rios i in. 2019]. W agrotechnice rzepaku korzystna jest aplikacja nawozów dolistnych już jesienią, a następnie wiosną. Przy czym zarówno dawki, jak i terminy powinny być dokładnie określone, zwłaszcza gdy będą łączone z agrochemikaliami [Gonzalez i in. 2010]. Kwiatkowski [2012] wykazał, że jesienne nawożenie dolistne (mocznik + siarczan-magnezu + chelat niklu) zwiększyło plon rzepaku ozimego o $0,54 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu z kontrolą. Rezultat taki uzyskał przy zmniejszonej o 25% dawce nawozów mineralnych NPK. Koohkan i Manouchehr [2016] donoszą, że nawożenie azotem rzepaku ozimego należy umiejętnie łączyć z nawożeniem borem, w zależności od dostępności tego pierwiastka w glebie. Jankowski i in. [2019] udowodnili, że nawożenie dolistne rzepaku ozimego zwiększyło zawartość tłuszczu w nasionach, średnio od 1,3 do $7,4 \text{ g kg}^{-1}$ s.m., w zależności od zastosowanego wariantu. Sikorska i in. [2020b] podają, że nawożenie dolistne rzepaku siarką i borem było skuteczniejsze w połączeniu z biostymulatorami. W efekcie takiego zabiegu istotnie zwiększyły się komponenty plonu nasion w porównaniu z kontrolą. Zdaniem Kocoń [2014] w uprawie rzepaku ważną rolę odgrywa azot. Zajmuje on czwarte miejsce w biomase roślin, po węglu, tlenie i wodorze. Azot jest podstawowym składnikiem budulcowym, bierze udział w wielu reakcjach biochemicznych zachodzących w roślinach. Natomiast z mikroelementów ważne znaczenie w odżywianiu roślin rzepaku ma bor. Jego niedobory są widoczne zwłaszcza na liściach młodych.

We współczesnym rolnictwie zabiegi agrotechniczne powinny korzystnie wpływać zarówno na plon, jak i jego jakość. Z uwagi na to celem doświadczenia było określenie reakcji rzepaku ozimego (DK Platinum F₁) na zróżnicowane nawożenie dolistne azotem i borem w porównaniu z obiektem kontrolnym. W hipotezie badawczej założono, że zmienna liczba oprysków dolistnych zmodyfikuje zarówno wielkość, jak i jakość uzyskanego plonu nasion.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenie przeprowadzono w sezonach 2019/2020–2020/2021 na polach Podkarpackiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Boguchwale (49°98'N, 21°95'E) koło Rzeszowa. Jednoczynnikowy eksperyment założono w układzie losowych bloków w czterech powtórzeniach. Do badań wybrano morfotyp mieszańcowy DK Platinum F₁. Badanym czynnikiem była zróżnicowana liczba wiosennych oprysków nawozem dolistnym (ADOB B) zawierającym 5,8 N i 11,1 B w procentach wagowych. W doświadczeniu zastosowano następujące warianty nawożenia: wariant I – obiekt kontrolny (bez wiosennego nawożenia dolistnego), wariant II – oprysk jednokrotny w fazie 31 BBCH, wariant III – oprysk dwukrotny w fazie 31 i 36 BBCH, wariant IV – oprysk trzykrotny w fazie 31, 36 i 52 BBCH.

Do oznaczenia faz rozwojowych roślin zastosowano skalę BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry) [Meier 2001]. Doświadczenie prze-

prowadzono na glebie brunatnej właściwej, należącej do kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa. Odczyn gleby był lekko kwaśny. Zasobność w przyswajalny fosfor (186–195 mg·kg⁻¹ gleby) i potas (208–214 mg·kg⁻¹ gleby) była wysoka, a w magnez (6–63 mg·kg⁻¹ gleby) średnia. Zawartość żelaza, cynku, manganu i miedzi była średnia, a boru niska (tab. 1). Analizę chemiczną gleby, zgodnie z polskimi normami, wykonano w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Rzeszowie.

Warunki pogodowe podano według zapisów Stacji Meteorologicznej Podkarpackiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Boguchwale.

Tabela 1. Analiza chemiczna gleby

Table 1. Chemical analysis of soil

Parametr/Parameter	Jednostka/Unit	2019	2020
pH w KCl/ pH in KCl	–	6,0	6,3
Próchnica/Humus	g·kg ⁻¹	12,0	13,0
N _{min}	kg·ha ⁻¹	54	56
P ₂ O ₅	mg·kg ⁻¹ gleby/soil	186	195
K ₂ O		208	214
Mg		63	61
Fe	mg·kg ⁻¹ gleby/soil	2152,6	2489,3
Zn		11,9	13,3
Mn		231,2	399,4
Cu		6,3	6,0
B		1,2	1,1

Siew nasion przeprowadzono w trzeciej dekadzie sierpnia. Materiał siewny pochodził od firmy nasiennej i był zaprawiony oryginalnie. Gęstość siewu wyniosła 45 nasion na m², rozstawa rzędów 20 cm, a głębokość siewu 2 cm. Powierzchnia poletek wynosiła 15 m². Przedplonem była pszenica ozima (słomy nie zbierano), po której wykonano orkę razówką, bronowanie, a przed siewem zastosowano agregat uprawowy. Zabiegi ochrony roślin przedstawiono w tabeli 2. Zabiegi wykonano opryskiwaczem ciągnikowym.

Jesienią do nawożenia azotowego użyto mocznika (46% N), a wiosną saletry amonowej (34% N). Dawki azotu podzielono na przedsiewna (30 kg·ha⁻¹) oraz dwie wiosenne, tj. przed ruszeniem wegetacji (29 BBCH) i w fazie początku pąkowania (50–51 BBCH), każda dawka po 75 kg·ha⁻¹. Nawożenie mineralne P, K i S zastosowano jesienią pod agregat uprawowy (tab. 3), a dodatkowe dolistne dokarmianie (ADOB B + siarczan magnezu) na całe doświadczenie wykonano w fazie 14 BBCH.

Wiosną rośliny na obiektach doświadczalnych nawożono dolistnie preparatem ADOB B w dawce 1,5 dm³·ha⁻¹ (I i II oprysk) oraz 1,0 dm³·ha⁻¹ (III oprysk), zgodnie z zaleceniami producenta i układem doświadczenia. Przypadło to odpowiednio na fazy BBCH: 30, 35 i 52. Do aplikacji nawozu użyto opryskiwacza ręcznego (Geko G73238 o pojemności 8 litrów, ciśnienie – 3,2 bar), a ilość cieczy roboczej wyniosła w przeliczeniu 300 dm³·ha⁻¹. Opryski wykonywano rano po obeschnięciu rosy.

Tabela 2. Zabiegi chemicznej ochrony roślin
Table 2. Chemical plant protection

Preparat/Preparation	Dawka/Dose (dm ³ ·ha ⁻¹)	Termin/Date	
		2019/2020	2020/2021
Kalif 480 EC	0,25	po siewie/ after sowing	
Metazanex 500 SC	2	BBCH 12–13	–
Caryx 240 SL	1	BBCH 14	
Lontrel 300 SL	0,35	–	BBCH 15
Toprex 375 SC	0,35	BBCH 16	
Karate Zeon 050 CS	0,12	po odnotowaniu szkodników/ after noticing pests	–
Decis Expert 100 EC	0,075	–	po odnotowaniu szkodników/ after noticing pests
Amistar 250 SC	0,8	BBCH 66	

Tabela 3. Nawożenie doglebowe
Table 3. Soil fertilization

Nawóz Fertilizer	Skład nawozu The composition of the fertilizer (%)	Dawka czystego składnika The dose of the pure component (kg·ha ⁻¹)
Polifoska 6	6 N, 20 P ₂ O ₅ , 30 K ₂ O, 7 SO ₃	24 N, 80 P ₂ O ₅ , 120 K ₂ O, 28 SO ₃

Obsadę roślin na 1 m² policzono przed zbiorem. W fazie dojrzałości technicznej (88 BBCH) z każdego poletka pobrano losowo 20 roślin i określono: liczbę łuszczyń na roślinie, liczbę nasion w łuszczyńce oraz masę tysiąca nasion (przy 9-procentowej wilgotności).

Zbiór rzepaku przeprowadzono kombajnem poletkowym (Seedmaster Wintersteiger Hydrostatic) w trzeciej dekadzie lipca oraz pobrano próbki nasion do analiz chemicznych (0,5 kg). Plon podano w przeliczeniu na 1 ha przy uwzględnieniu wilgotności 9%. Skład chemiczny nasion (białko, tłuszcz, popiół i włókno) oznaczono w laboratorium Zakładu Produkcji Roślinnej na spektrofotometrze MPA FT NIR Bruker (Billerica, MA, USA), dwukrotnie dla każdej próbki z poletka. Technologia FT-NIR pozwala szybko uzyskać pomiar w porównaniu z klasycznymi analizami chemicznymi, ponieważ mierzy absorpcję światła bliskiej podczerwieni analizowanego materiału przy różnych długościach fal.

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji. Istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami cech testowano na podstawie półprzedziałów ufności Tukeya, przy poziomie

istotności $\alpha = 0,05$. Do obliczeń wykorzystano program statystyczny ANAWAL-5FR. Program ten służy do wykonywania analiz wariancji lub wariancji z regresją danych źródłowych z doświadczeń rolniczych. Zawiera programy obliczeniowe danych ortogonalnych z pojedynczych oraz wielokrotnych doświadczeń jedno-, dwu- i trójczynnkowych. Z uwagi na brak interakcji pomiędzy nawożeniem a latami badań pominięto te wyniki w tabelach. Odchylenie standardowe obliczono w programie Excel 2019.

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki pogodowe były zmienne w latach i wywarły wpływ na komponenty plonu oraz wielkość i jakość plonu. Jesienią każdego roku układ warunków wilgotnościowo-termicznych sprzyjał wegetacji roślin. Zimy były łagodne i nie odnotowano większych ubytków roślin na wiosnę. Niskie opady deszczu wystąpiły w marcu każdego roku oraz kwietniu, lipcu i sierpniu 2020 r. Suma opadów w maju była zbliżona od średniej wieloletniej. Z kolei deszczowy był czerwiec w 2020 r. Chłodny był maj oraz kwiecień w 2021 r. Najcieplejszym miesiącem był lipiec w 2021 r., ze średnią temperaturą 21,6°C (tab. 4).

Rzepak ozimy jest wrażliwy na niekorzystny układ warunków pogodowych. W związku z tym różnego rodzaju stresy środowiskowe wpływają negatywnie na wzrost i rozwój roślin [Kalantar i in. 2017]. Szczególnie warunki termiczne mają duży wpływ na plonowanie rzepaku ozimego. W doświadczeniu Wielebskiego i Wójtowicza [2019] duże

Tabela 4. Warunki pogodowe panujące w latach badań
Table 4. Weather conditions in the years of research

Miesiąc Month	Sumy opadów Sum of precipitation (mm)				Średnie temperatury powietrza Mean temperature (°C)			
	2019	2020	2021	wielolecie multi-years (1980–2020)	2019	2020	2021	wielolecie multi-years (1980–2020)
I	–	11,8	48,8	30,9	–	1,4	–0,3	–2,4
II	–	53,3	48,1	28,1	–	3,8	–1,2	–1,1
III	–	19,8	17,5	36,9	–	5,1	3,2	2,9
IV	–	10,0	49,4	45,7	–	9,2	6,5	8,7
V	–	83,3	63,9	77,2	–	11,3	12,8	13,7
VI	–	162,9	47,3	78,8	–	18,1	18,8	17,2
VII	–	18,9	55,0	94,1	–	18,8	21,6	19,0
VIII	60,9	7,3	–	65,0	20,3	19,9	–	18,4
IX	32,1	43,5	–	62,1	14,7	15,0	–	13,6
X	23,3	54,3	–	46,4	11,3	11,1	–	8,8
XI	39,0	15,3	–	37,9	6,4	5,0	–	3,6
XII	41,6	34,2	–	37,5	3,2	1,5	–	–0,5
Suma/ Średnia Sum/ Mean	–	556,9	484,6	640,6	–	10,30	9,49	8,49

przemrożenie kwiatów, w symulowanych warunkach, wystąpiło w temperaturze do -7°C . Skutkowało to istotnym spadkiem wykształconych łuszczyń. Niekorzystny układ warunków pogodowych to jedna z przyczyn zmiennego plonowania rzepaku ozimego w latach czy rejonach uprawy [Jarecki i Bobrecka-Jamro 2019b]. Chmura i in. [2016] wykazali, że warunki pogodowe wywierają duży wpływ na zawartość tłuszczu i białka w nasionach rzepaku. Skład chemiczny nasion rzepaku zależy więc od siedliska, miejscowości, odmiany, a w mniejszym stopniu od poziomu agrotechniki [Wielebski 2009]. Potwierdza to również Kaczmarek i in. [2003], podając, że plonowanie rzepaku ozimego w większym stopniu zależy od warunków atmosferycznych niż od potencjalnej produktywności gleb. Ważne jest zatem prowadzenie doświadczeń w różnych rejonach w celu określenia interakcji badanych czynników ze środowiskiem. Poza tym eksperymenty polowe powinny być prowadzone co najmniej dwa lata, aby uzyskać rzetelne dane. Jednak i w kilkuletnich badaniach polowych nie zawsze udaje się udowodnić spójne wyniki statystyczne [Jo i in. 2022].

Obsada roślin przed zbiorem wynosiła średnio $35,44 \text{ szt.}\cdot\text{m}^{-2}$ i nie była uzależniona od zastosowanych wariantów nawożenia dolistnego oraz lat badań. Z komponentów plonu tylko liczba łuszczyń na roślinie była zmodyfikowana po aplikacji azotu z borem. Uzyskana istotna różnica po dwukrotnym i trzykrotnym nawożeniu dolistnym wyniosła odpowiednio 3,3 i 3,6% w porównaniu do obiektu kontrolnego. Udowodniono, że liczba łuszczyń na roślinie i MTN były większe w 2020 r. a liczba nasion w łuszczyńce w 2021 r. (tab. 5).

Najbardziej zmiennym i najsilniej korelującym z plonem nasion elementem plonotwórczym jest liczba łuszczyń na roślinie [Wielebski i Wójtowicz 2019]. Z doświadczenia przeprowadzonego przez Kocoń [2009] wynika, że przyrost plonu nasion po oprysku

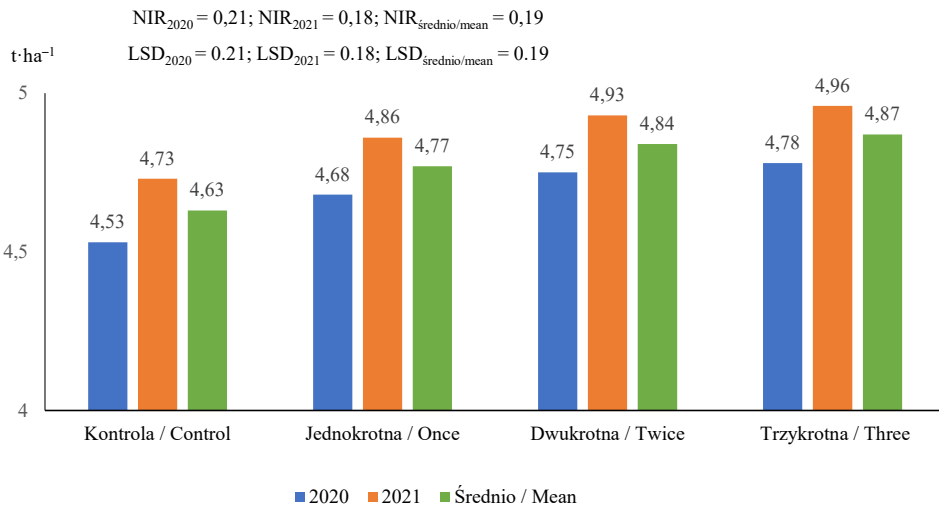
Tabela 5. Komponenty plonu (średnia z lat)
Table 5. Yield components (average over the years)

Wariant nawożenia Fertilization variant	Obsada roślin (szt. $\cdot\text{m}^{-2}$) Number of plants (pcs $\cdot\text{m}^{-2}$)	Liczba łuszczyń na roślinie Number of siligues per plant	Liczba nasion w łuszczyńce Number of seeds per siligue	MTN (g)
Obiekt kontrolny/ Control	35,52 \pm 3,2	102,82 \pm 15,3	22,91 \pm 2,3	5,53 \pm 0,6
Jednokrotne/ Once	35,29 \pm 3,0	105,77 \pm 18,3	23,08 \pm 2,8	5,54 \pm 0,5
Dwukrotne/ Twice	35,55 \pm 2,8	106,24 \pm 19,7	23,11 \pm 3,1	5,54 \pm 0,5
Trzykrotne/ Thrice	35,38 \pm 3,1	106,49 \pm 20,3	23,23 \pm 3,3	5,56 \pm 0,3
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	r.n.	3,36	r.n.	r.n.
Średnia w latach/ Average in the years				
2020	34,86 \pm 2,7	107,57 \pm 17,9	22,04 \pm 2,9	5,66 \pm 0,4
2021	36,02 \pm 3,5	103,09 \pm 16,7	24,13 \pm 3,3	5,42 \pm 0,3
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	r.n.	2,18	1,98	0,21
Średnia/ Mean	35,44	105,33	23,08	5,54

MTN – masa tysiąca nasion/ mass of thousand seeds;
r.n. – różnica nieistotna/ no significant difference.

dolistnym wynikał głównie ze zwiększenia liczby łuszczyń na roślinie. Z mikroelementów duże znaczenia w nawożeniu rzepaku ma bor. Pierwiastek ten korzystnie wpływa m.in. na liczbę nasion w łuszczyńce [Jankowski i in. 2016b]. Varga et al. [2010] udowodnili, że nawożenie azotem i borem nie zmodyfikowało MTN rzepaku ozimego, co potwierdzono także w doświadczeniu własnym.

Plon nasion rzepaku ozimego wahał się od 4,53 do 4,96 t·ha⁻¹. Wykazano, że średni plon był wyższy w 2021 r. w porównaniu z 2020 r. Interakcji nawożenia z latami badań nie udowodniono statystycznie. Nawożenie dolistne wpłynęło korzystnie na uzyskane plony, co było powtarzalne w latach badań. Istotnie wyższy plon nasion zebrano po dwukrotnym i trzykrotnym wiosennym oprysku dolistnym w porównaniu z kontrolą (rys. 1). Uzyskana średnia różnica wyniosła odpowiednio 0,21 i 0,24 t·ha⁻¹, tj. 4,5% i 5,2%.



Rys. 1. Plon nasion w zależności od aplikacji nawozu dolistnego
Fig. 1. Yield of seeds depending on the application of foliar fertilizer

Warunki pogodowe wywierają duży wpływ na plonowanie rzepaku ozimego. Zróżnicowanie plonu nasion pomiędzy latami może wynosić ponad 0,5 t·ha⁻¹ [Jarecki i Bobreczka-Jamro 2019a]. Z dotychczasowych doświadczeń [Wójtowicz i Jajor 2010, Sikorska i in. 2020a] wynika, że wiele czynników modyfikuje plon nasion rzepaku ozimego, w tym głównie warunki środowiskowe i odmiana. Nie mniej ważna jest również prawidłowa agrotechnika. Zdaniem Jareckiego i in. [2019] szczególną uwagę należy zwrócić na optymalne nawożenie. Autorzy wykazali, że kilkukrotny oprysk dolistny (jesienią i wiosną lub dwukrotnie wiosną) był najskuteczniejszy w porównaniu z kontrolą. Dużo mniejsze efekty uzyskali, po wykonaniu jednorazowo oprysku jesienią lub wiosną. Również Kocóń [2009] potwierdza, że jesienne i wiosenne (3-krotne) nawożenie dolistne daje najlepsze efekty. Należy zatem stwierdzić, że intensywne warianty nawożenia dolistnego rzepaku ozimego zwiększają plon nasion (0,43–0,69 t ha⁻¹) i słomy (0,59–1,69 t ha⁻¹) oraz modyfikują jakość nasion, nie zawsze korzystnie [Jankowski i in. 2016a].

Wiosenne nawożenie dolistne zmodyfikowało zawartość białka w nasionach rzepaku ozimego. Istotnie większą koncentrację białka oznaczono w nasionach zebranych po trzykrotnej aplikacji azotu z borem w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Pozostałe składniki nasion nie były istotnie zróżnicowane pod wpływem nawozu dolistnego. W 2020 r. w nasionach oznaczono więcej popiołu i włókna, natomiast w 2021 r. białka i tłuszczu (tab. 6).

Tabela 6. Zawartość składników chemicznych w nasionach (średnia z lat w g·kg⁻¹ s.m.)
Table 6. Content of chemical components in seeds (average over the years in g·kg⁻¹ DM)

Wariant nawożenia Fertilization variant	Białko Protein	Tłuszcz Fat	Popiół Ash	Włókno Fiber
Obiekt kontrolny/ Control	193 ±4,2	486 ±5,9	73 ±1,3	68 ±1,6
Jednokrotne/ Once	195 ±5,4	484 ±6,2	76 ±0,9	65 ±1,1
Dwukrotne/ Twice	198 ±3,3	481 ±5,7	74 ±0,7	63 ±0,8
Trzykrotne/ Thrice	201 ±4,4	482 ±4,3	72 ±0,5	63 ±0,6
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	7,2	r.n.	r.n.	r.n.
Średnia w latach/ Average in the years				
2020	190 ±4,2	471 ±3,8	76 ±0,6	67 ±1,2
2021	204 ±2,8	495 ±3,2	72 ±0,8	63 ±0,8
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	3,4	22,8	2,5	3,6
Średnia/ Mean	197	483	74	65

r.n. – różnica nieistotna/ no significant difference

Uzyskanie dobrych jakościowo nasion rzepaku ozimego zależy od wielu czynników, w tym pogody. Z zabiegów agrotechnicznych za jeden z ważniejszych w kształtowaniu jakości nasion wymienia się nawożenie [Podleśna 2014]. Przykładowo nawożenie dolistne borem zwiększa zawartość tłuszczu surowego w nasionach rzepaku ozimego, ale zmniejsza zawartość białka ogółem [Jankowski i in. 2016b]. Z doświadczenia Blecharczyka i in. [2020] wynika, że wzrastające nawożenie azotem skutkowało zwiększeniem zawartości białka w nasionach rzepaku ozimego, a obniżeniem tłuszczu. Z kolei Varga i in. [2010] wykazali, że łączne nawożenie azotem i borem podniosło zawartości białka w nasionach rzepaku ozimego, przy stabilnej zawartości tłuszczu, co znalazło potwierdzenie w badaniach własnych autorów.

WNIOSKI

1. Wielkość i jakość plonu nasion rzepaku ozimego była zróżnicowana w latach badań. W 2021 r. średni plon był wyższy o 0,2 t·ha⁻¹ w porównaniu z 2020 r. Udowodniono, że liczba łuszczyń na roślinie, MTN oraz zawartość popiołu i włókna w nasionach były wyższe w 2020 r., zaś liczba nasion w łuszczyńce, plon nasion, zawartość białka i tłuszczu w nasionach w 2021 r.

2. Liczba łuszczyń na roślinie była wyższa po dwukrotnym i trzykrotnym nawożeniu dolistnym w odniesieniu do kontroli. Uzyskana istotna różnica wyniosła odpowiednio 3,4 i 3,7 szt.

3. Dwukrotne i trzykrotne nawożenie dolistne zwiększyło plon nasion odpowiednio o 0,21 i 0,24 t·ha⁻¹ w porównaniu z kontrolą.

4. Trzykrotne nawożenie dolistne zwiększyło zawartość białka w nasionach o 8 g·kg⁻¹ s.m. w odniesieniu do kontroli. W przypadku pozostałych składników różnic nie potwierdzono statystycznie.

PIŚMIENNICTWO

- Amiri M., Shirani Rad A.H., Valadabadi A., Sayfzadeh S., Zakerin H., 2020. Response of rapeseed fatty acid composition to foliar application of humic acid under different plant densities. *Plant Soil Environ.* 66, 303–308. <https://doi.org/10.17221/220/2020-PSE>
- Beres J., Becka D., Tomasek J., Vasak J., 2019. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant Soil Environ.* 65, 435–441. <https://doi.org/10.17221/444/2019-PSE>
- Blecharczyk A., Paszkowski A., Dudzińska A., 2020. Plonowanie rzepaku ozimego uprawianego w II roku wpływu następczego roślin strączkowych w zależności od uprawy roli i nawożenia azotem. *Fragm. Agron.* 37(1), 38–46. <https://doi.org/10.26374/fa.2020.37.6>
- Chmura K., Dzieżyc H., Piotrowski M., 2016. Wpływ warunków meteorologicznych na zawartość tłuszczu i białka w nasionach rzepaku ozimego. *Acta Agrophys.* 23(2), 163–173.
- Fageria N.K., Barbosa Filho M.B., Moreira A., Guimarães C.M., 2009. Foliar fertilization of crop plants. *J. Plant Nutr.* 32, 1044–1066. <https://doi.org/10.1080/01904160902872826>
- Ganya S., Svtowa E., Katsaruware R.D., 2018. Performance of two rape (*Brassica napus*) cultivars under different fertilizer management levels in the smallholder sector of Zimbabwe. *Int. J. Agron.* 2351204, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2018/2351204>
- Gonzalez C., Zheng Y., Lovatt C.J., 2010. Properly timed foliar fertilization can and should result in a yield benefit and net increase in grower income. *Acta Hort.* 868, 273–286. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.868.36>
- Jankowski K.J., Hulanicki P.S., Krzebietke S., Żarczyński P., Hulanicki P., Sokólski M., 2016a. Yield and quality of winter oilseed rape in response to different systems of foliar fertilization. *J. Elem.* 21, 1017–1027. <https://doi.org/10.5601/jelem.2016.21.1.1108>
- Jankowski K.J., Sokólski M., Dubis B., Krzebietke S., Żarczyński P., Hulanicki P., Hulanicki P.S., 2016b. Yield and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) seeds in response to foliar application of boron. *Agr. Food Sci.* 25, 164–176. <https://doi.org/10.23986/afsci.57413>
- Jankowski K.J., Sokólski M., Szatkowski A., 2019. The effect of autumn foliar fertilization on the yield and quality of winter oilseed rape seeds. *Agronomy* 9, 849. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120849>
- Jarecki W., Kipa J., 2019. Produkcja rzepaku w UE, Polsce i województwie podkarpackim w aspekcie rozwoju odnawialnych źródeł energii. *Pol. J. Sustain. Develop.* 23(2), 9–16. <https://doi.org/10.15584/pjsd.2019.23.2.1>
- Jarecki W., Bobrecka-Jamro D., 2019a. Reakcja kłotolerancyjnych odmian rzepaku ozimego na zróżnicowaną ilość wysiewu nasion. *Agron. Sci.* 74(4), 73–82. <https://doi.org/10.24326/as.2019.4.5>
- Jarecki W., Bobrecka-Jamro D., 2019b. Yields of oilseed rape in habitat conditions of Podkarpackie Provence. *Acta Agrophys.* 26(3), 5–14. <https://doi.org/10.31545/aagr/113241>
- Jarecki W., Buczek J., Bobrecka-Jamro D., 2019. The response of winter oilseed rape to diverse foliar fertilization. *Plant Soil Environ.* 65, 125–130. <https://doi.org/10.17221/5/2019-PSE>
- Jo H., Asekova S., Bayat M.A., Ali L., Song J.T., Ha Y.-S., Hong D.-H., Lee J.-D., 2022. Comparison of yield and yield components of several crops grown under agro-photovoltaic system in Korea. *Agriculture* 12, 619. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050619>

- Kaczmarek J., Kotecki A., Kotowicz L., Weber R., 2003. Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania odmian rzepaku ozimego w doświadczeniach PDO. Biuletyn IHAR 226/227(2), 395–403.
- Kalantar Ahmadi S.A., Ebadi A., Daneshian J., Siadat S.A., Jahanbakhsh S., 2017. Effect of drought stress and foliar application of growth regulators on photosynthetic pigments and seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L. cv. Hyola 401). Iran. J. Crop Sci. 18, 196–217.
- Kocoń A., 2009. Efektywność dolistnego dokarmiania pszenicy i rzepaku ozimego wybranymi nawozami w warunkach optymalnego nawożenia i wilgotności gleby. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, E Agric. 64(2), 23–28. <https://doi.org/10.24326/as.2009.2.4>
- Kocoń A., 2014. Potrzeby pokarmowe roślin. Studia i Raporty IUNG–PIB Puławy 37(11), 19–31. <https://doi.org/10.26114/sir.iung.2014.37.02>
- Koohkan H., Manouchehr M., 2016. Effect of nitrogen – Boron interaction on plant growth and tissue nutrient concentration of canola (*Brassica napus* L.). J. Plant Nutr. 39, 922–931. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1143492>
- Kwiatkowski C.A., 2012. Response of winter rape (*Brassica napus* L. ssp. oleifera Metzg., Sinsk) to foliar fertilization and different seeding rates. Acta Agrobot. 65, 161–170. <https://doi.org/10.5586/aa.2012.070>
- Meier U. (ed.), 2001. Growth stages of mono-and dicotyledonous plants, 2nd ed. BBCH Monograph, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Bonn.
- Podleśna A., 2014. Potrzeby pokarmowe i nawożenie rzepaku ozimego. Studia i Raporty IUNG–PIB Puławy 37(11), 111–125.
- Rios J.J., Garcia-Ibañez P., Carvajal M., 2019. The use of biovesicles to improve the efficiency of Zn foliar fertilization. Colloid. Surf. B Biointerfaces 173, 899–905. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2018.10.057>
- Sikorska A., Gugala M., Zarzecka K., 2020a. Winter oilseed rape yield depending on foliar fertilization. Acta Sci. Pol. Agricultura 19(1), 11–20.
- Sikorska A., Gugala M., Zarzecka K., 2020b. The impact of foliar feeding on the yield components of three winter rape morphotypes (*Brassica napus* L.). Open Agric. 5, 107–116. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0011>
- Varga L., Ložek O., Ducsay L., Kováčik P., Lošák T., Hlušek J., 2010. Effect of topdressing with nitrogen and boron on the yield and quality of rapeseed. Acta Univ. Agric. Silv. Mendel. Brun. 58, 391–398. <https://doi.org/10.11118/actaun201058050391>
- Wenda-Piesik A., Hoppe S., 2018. Evaluation of hybrid and population cultivars on standard and high-input technology in winter oilseed rape. Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci. 68, 678–689. <https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1460864>
- Wielebski F., 2009. Reakcja różnych typów hodowlanych odmian rzepaku ozimego na poziom stosowanej agrotechniki. II. Jakość zbieranego plonu. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops 30(1), 91–101.
- Wielebski F., Wójtowicz M., 2019. Wpływ symulowanych przymrozków wiosennych na uszkodzenia kwitnących roślin rzepaku ozimego oraz straty w plonie nasion. Fragm. Agron. 36(2), 97–105. <https://doi.org/10.26374/fa.2019.36.19>
- Wójtowicz M., Jajor E., 2010. Wpływ wybranych czynników technologii produkcji na plony rzepaku ozimego. Prog. Plant Prot. 50(2), 565–569.

Źródło finansowania: Dotacja na utrzymanie potencjału badawczego MEiN.

Summary. Foliar fertilization is an effective treatment increasing the size and quality of crops. A strict field experiment was carried out in the 2019/2020–2020/2021 seasons at the experimental station of the Podkarpackie Agricultural Advisory Center in Boguchwała. The aim of the research was to determine the reaction of winter oilseed rape (cultivar DK Platinum F₁) to varied spring foliar fertilization (nitrogen and boron). The one-factor experiment was set up in a random block design

with four replications. It was shown that the yield and quality of winter rape seeds were variable in the years of the research. In 2021, the average yield was higher by $0.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ compared to 2020. The highest protein and fat content in seeds was obtained in 2021. Double and triple foliar fertilization had a positive effect on the seed yield in relation to control. The obtained significant difference was 0.21 and $0.24 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectively. Triple foliar fertilization increased the protein concentration in the seeds by $8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ compared to the control, with a stable fat content. Therefore, this variant can be recommended for agricultural practice.

Key words: *Brassica napus*, foliar fertilization, nitrogen, boron, yield, chemical composition

Otrzymano/ Received: 29.08.2022
Zaakceptowano/ Accepted: 17.11.202

