

WPŁYW WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH NA ZAWARTOŚĆ TŁUSZCZU I BIAŁKA W NASIONACH RZEPAKU OZIMEGO

Kazimierz Chmura¹, Halina Dzieżyc², Maciej Piotrowski¹

²Katedra Gospodarki Przestrzennej, ¹Instytut Architektury Krajobrazu
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 55, 50-375 Wrocław
e-mail: kazimierz.chmura@up.wroc.pl

Streszczenie. W pracy wykorzystano wyniki Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego i Rolniczego prowadzonego w latach 2003-2011 na Dolnym Śląsku na glebach kompleksów pszennego bardzo dobrego, pszennego dobrego i żytniego bardzo dobrego. Utworzono modele regresji dla zawartości tłuszczu surowego i białka ogólnego w nasionach rzepaku ozimego, gdzie badanymi czynnikami były: suma opadów i średnia temperatura powietrza w okresach: wrzesień-listopad (od siewu do zahamowania wegetacji jesienią), grudzień-marzec (zahamowanie wegetacji – wznowienie wegetacji), kwiecień (wznowienie wegetacji – początek kwitnienia), maj (kwitnienie), czerwiec (koniec kwitnienia – dojrzałość techniczna) a także zawartość fosforu, potasu i pH gleby oraz nawożenie azotem, fosforem i potasem. Z badanych modeli wynika, że najsilniejszy wpływ na zawartość tłuszczu surowego i białka ogólnego w nasionach rzepaku ozimego mają warunki meteorologiczne w okresach grudzień-marzec i maj. Optymalne dla gromadzenia tłuszczu w nasionach są wysokie opady w okresach: grudzień-marzec, w kwietniu oraz maju i towarzyszące im wyższe temperatury. Z kolei wyższej zawartości białka sprzyjają w tych okresach niższe opady i niższa temperatura. W okresie od końca kwitnienia do dojrzałości technicznej najwyższą zawartość tłuszczu stwierdza się przy stosunkowo niskich opadach – 25 mm i wyższej temperaturze – 18,8°C, natomiast na zawartość białka negatywny wpływ ma temperatura.

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, tłuszcz, białko, opad, temperatura

WSTĘP

Rzepak ozimy jest rośliną silnie reagującą na zmienne warunki pogodowe (Koctecki i in. 2004, Wielebski 2009). Czynniki meteorologiczne modyfikują zarówno wielkość plonu, jak i zawartość w nim składników o podstawowym znaczeniu gospodarczym, tj. tłuszczu i białka (Bartkowiak-Broda 2005, Tańska i Rotkiewicz 2003). Muśnicki i in. (1999) stwierdzają, że skład chemiczny plonu rzepaku

znacznie silniej zmienia się pod wpływem warunków środowiskowych niż agrotechniki. O ile w literaturze można spotkać wyniki badań dotyczących wpływu warunków pogodowych w różnych okresach na plon rzepaku (Nowicka 1993, Nyc 2006, Dzieżyc i in. 2013), to podobne spostrzeżenia dotyczące zawartości tłuszczu i białka są formułowane zwykle przy okazji doświadczeń z innymi czynnikami i często dotyczą jednego wybranego miesiąca lub fazy fenologicznej (Skiba i in. 2006, Kotecki i in. 2004, Muśnicki in. 1999). W pracy podjęto zatem próbę określenia zależności zawartości tłuszczu i białka od średniej temperatury i sumy opadów w ustalonych przedziałach czasowych całego okresu wegetacyjnego.

Wielu autorów, m.in. Novickienė (2010), wskazuje na silną ujemną korelację pomiędzy zawartością tłuszczu i białka w nasionach rzepaku. Zebrany materiał pozwolił także na zbadanie relacji między tymi składnikami.

MATERIAŁ I METODY

W opracowaniu wykorzystano wyniki Porejstrowego Doświadczalnictwa Odmianowego i Rolniczego (dawniej Porejstrowego Doświadczalnictwa Odmianowego) prowadzonego w latach 2003-2011 na Dolnym Śląsku, w miejscowościach: Krościna Mała, Naroczyce, Pawłowice, Tarnów, Tomaszów Bolesławiecki, Zybyszów. Materiał badawczy obejmował 60 odmian (mieszkańców). Badania ograniczono do kompleksów pszennego bardzo dobrego i dobrego oraz żytniego bardzo dobrego. Czas wegetacji rzepaku podzielono, podobnie jak Dzieżyc i in. (2013), na 5 okresów odpowiadających w przybliżeniu fazom fenologicznym tej rośliny, mianowicie: a) wrzesień-listopad (siew – zahamowanie wegetacji jesienią; 00-19 wg skali BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie), b) grudzień-marzec (zahamowanie wegetacji – wznowienie wegetacji; 19-20), c) kwiecień (wznowienie wegetacji – początek kwitnienia; 20-59), d) maj (kwitnienie; 60-69), e) czerwiec (koniec kwitnienia – dojrzałość techniczna; 69-89). Zastosowano metodykę obliczeń podobną do opisanej w pracy Dzieżyc i in. (2013).

Metodą regresji zbadano zmienność zawartości tłuszczu surowego i białka ogólnego (wyrażoną w % s.m.) w nasionach rzepaku ozimego pod wpływem ilości opadu i średniej temperatury powietrza w wymienionych wyżej okresach. W utworzonych modelach uwzględniono ponadto: zasobność gleby w P_2O_5 i K_2O , pH gleby w KCl oraz nawożenie azotem, fosforem i potasem. Modele miały następującą postać:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^5 (b_i x_i + b_{ii} x_i^2 + b_{i+5} x_{i+5} + b_{i+5, i+5} x_{i+5}^2) + \sum_{i=11}^{16} (b_i x_i) \quad (1)$$

gdzie:

y – zawartość tłuszczu surowego / białka ogólnego w nasionach (% s.m.),

- x_1 / x_6 – opad (mm) / średnia temperatura ($^{\circ}\text{C}$) w okresie wrzesień-listopad,
 x_2 / x_7 – opad (mm) / średnia temperatura ($^{\circ}\text{C}$) w okresie grudzień-marzec,
 x_3 / x_8 – opad (mm) / średnia temperatura ($^{\circ}\text{C}$) w kwietniu,
 x_4 / x_9 – opad (mm) / średnia temperatura ($^{\circ}\text{C}$) w maju,
 x_5 / x_{10} – opad (mm) / średnia temperatura ($^{\circ}\text{C}$) w czerwcu,
 x_{11} – zawartość P_2O_5 ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby),
 x_{12} – zawartość K_2O ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ gleby),
 x_{13} – pH gleby,
 x_{14} – nawożenie azotem ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$),
 x_{15} – nawożenie fosforem ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$),
 x_{16} – nawożenie potasem ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Obliczenia przeprowadzono dla 689 przypadków, a po wyeliminowaniu obserwacji odstających, model zawartości tłuszczu uzyskano z 664 przypadków a białka z 655.

Na podstawie równania regresji, dla każdego z rozpatrywanych okresów ($i = 1 \dots 5$) wykreślono funkcje:

$$f_i(x_i, x_{i+5}) = b_i x_i + b_{ii} x_i^2 + b_{i+5} x_{i+5} + b_{i+5, i+5} x_{i+5}^2 + c_i \quad (2)$$

gdzie: c_i – stała dobrana tak, aby minimalna wartość funkcji $f_i(x_i, x_{i+5})$ w badanym zakresie zmiennych tj. $x_i \pm$ odchylenie standardowe i $x_{i+5} \pm$ odchylenie standardowe wynosiła 0. Funkcje te ilustrują zmienność zawartości tłuszczu oraz białka pod wpływem czynników meteorologicznych w wydzielonym okresie wegetacji rzepaku ozimego.

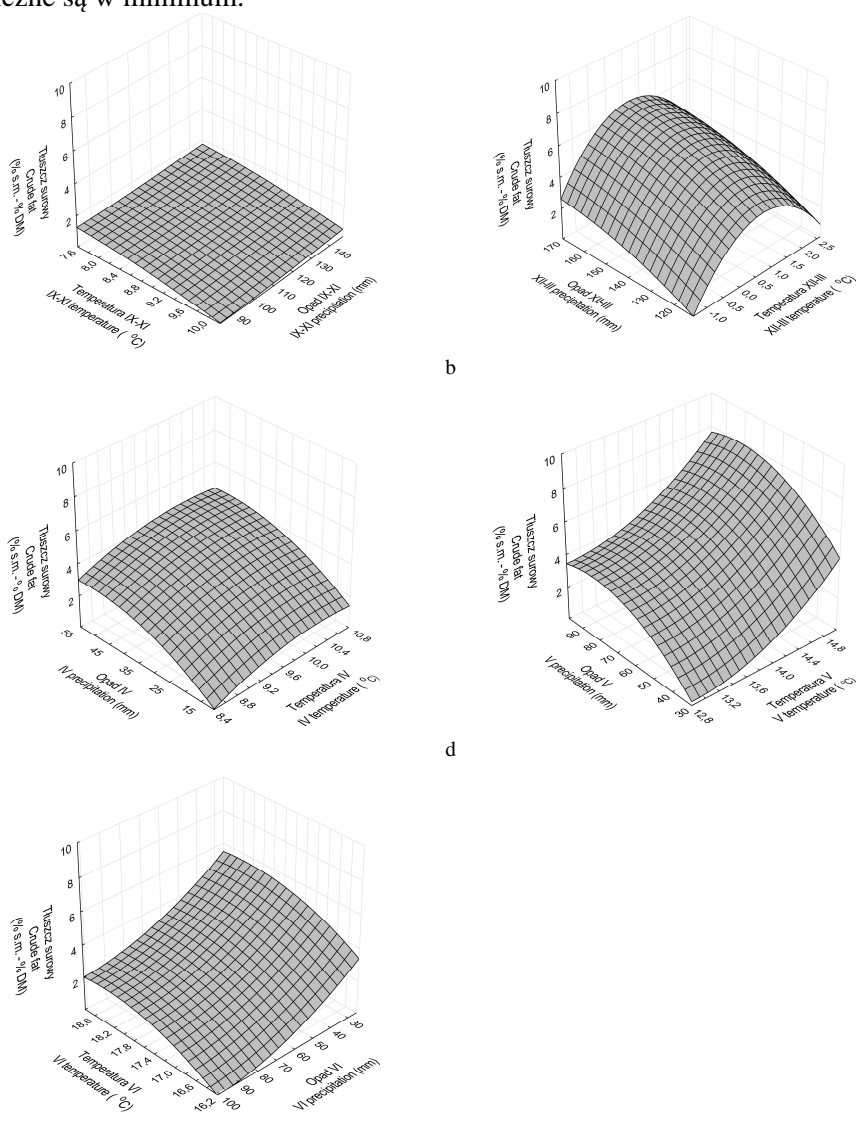
WYNIKI I DYSKUSJA

Z uzyskanego modelu wynika, że warunki meteorologiczne w okresie od siewu do jesienno-zahamowania wegetacji (wrzesień – listopad) nie mają znaczącego wpływu na zawartość tłuszczu surowego w nasionach rzepaku ozimego (rys. 1, tab. 1). Różnica jego zawartości w skrajnych warunkach (najbardziej i najmniej korzystnych) wynosi 1,7 p.p. i jest porównywalna z błędem modelu.

Kolejny okres tj. grudzień – marzec, wpływa na zawartość tłuszczu w znaczącym stopniu. Różnica między warunkami optymalnymi a najmniej korzystnymi wynosi 6,4 p.p. W badanym zakresie zmienności temperatury i opadów, tj. od $-1,4$ do $2,6^{\circ}\text{C}$ i od 112 do 170 mm, najbardziej korzystny jest układ: $1,4^{\circ}\text{C}$ i 170 mm, a najmniej korzystny gdy opad i temperatura przyjmują wartości najmniejsze.

W kwietniu, czyli w okresie między wiosennym ruszeniem wegetacji a porą kwitnienia, korzystne dla procentowej zawartości tłuszczu są wyższe temperatury

i większe ilości opadów (10,3°C i 52 mm). Najmniejszą zawartość tego składnika znajduje się, podobnie jak w okresie poprzednim, gdy badane parametry meteorologiczne są w minimum.



Rys. 1. Zmiany zawartości tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego pod wpływem średniej temperatury i sumy opadów okresu: a) wrzesień-listopad, b) grudzień-marzec, c) kwiecień, d) maj, e) czerwiec

Fig. 1. Changes of fat content of seed of winter oilseed rape under the influence of average temperature and precipitation during periods of: a) September-November, b) December-March, c) April, d) May, e) June

Maj (okres kwitnienia) to miesiąc, w którym warunki pogodowe kształtują zawartość tłuszczu najsilniej. W okresie tym korzystna jest zarówno wyższa temperatura, jak i odpowiednio duża ilość opadów (optimum dla 15°C i 83 mm). Zawartość tłuszczu znacząco spada (8,0 p.p.) dla najniższych wartości badanych czynników, tj.: temperatury – 12°C i opadu – 30 mm. Spadek zawartości tłuszczu przy niedoborze opadów w okresie pąkowania i kwitnienia roślin potwierdzają Muśnicki i in. (1999).

Tabela 1. Warunki pogodowe optymalne pod względem zawartości tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego i najmniej korzystne

Table 1. Optimal and least favourable weather conditions in terms of fat content in the seeds of oilseed rape

Okres Period	Badany zakres temperatury Range of temperature °C	Badany zakres opadu Range of precipitation mm	Optymalna temperatura / opad Optimal tem- perature and precipitation °C / mm	Najmniej korzystna temperatura / opad Least favora- ble tempera- ture and pre- cipitation °C / mm	Różnica zawartości tłuszczu dla skrajnych warunków The differ- ence in fat content for extreme conditions p.p.
Wrzesień- listopad September- November	7,6-10,2	83-147	7,6 / 147	10,2 / 83	1,7
Grudzień- marzec December- March	-1,4-2,6	112-170	1,4 / 170	-1,4 / 112	6,4
Kwiecień April	8,4-10,8	11-55	10,3 / 52	8,4 / 11	4,5
Maj May	12,8-15,0	30-98	15,0 / 83	12,8 / 30	8,0
Czerwiec June	16,2-18,8	25-101	18,4 / 25	16,2 / 94	5,6

Wysokie opady w czerwcu połączone ze stosunkowo niskimi temperaturami nie sprzyjają gromadzeniu się tłuszczu w nasionach (minimalna zawartość tego składnika przy 16,2°C i 94 mm). Optymalnymi warunkami okazują się: temperatura 18,4°C i 25 mm opadu. Różnica dla tych dwóch sytuacji wynosi 5,6 p.p. Trudno znaleźć jest potwierdzenie takich wyników w literaturze. Kotecki i in. (2004) stwierdzają, że wyższe temperatury w okresie wykształcania i dojrzewania nasion przy umiarkowanym niedoborze opadów sprzyjały większemu gromadzeniu

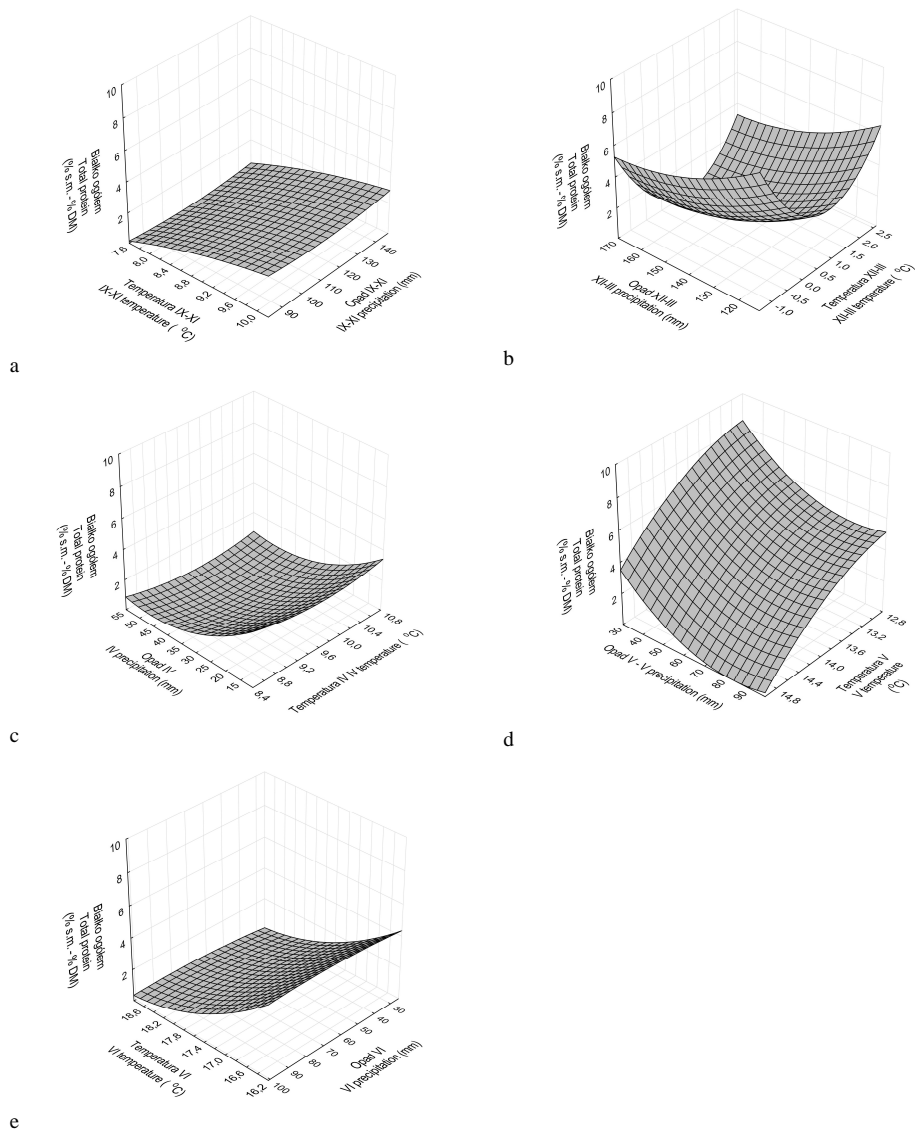
w nasionach białka ogółem i mniejszemu tłuszczu surowego. Skiba i in. (2006) zauważają, że największe nagromadzenie tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego wystąpiło w roku, w którym ostatni okres wegetacji charakteryzował się znacznym opadem (140 mm). Malarz (2008) badając formę jarą rzepaku, stwierdza, że przy niskich temperaturach i dostatecznej sumie opadów w czasie dojrzewania w nasionach gromadzi się więcej tłuszczu, a mniej białka, zaznacza jednak, że np. Adomas (2003) uzyskiwała najwyższe zawartości tłuszczu w roku odznaczającym się w okresie dojrzewania nasion niewielkimi opadami i wysoką temperaturą powietrza. Rozbieżności te mogą wynikać częściowo z różnego rozumienia pojęć „wyższe temperatury”, „dostateczna suma opadów” itp.

Badając zależność zawartości białka od warunków meteorologicznych, można stwierdzić, że nie jest ona związana z ilością opadu w okresie jesiennej wegetacji. Stosunkowo niewielki dodatni wpływ na ten składnik ma natomiast temperatura tego okresu (rys. 2, tab. 2).

Tabela 2. Warunki pogodowe optymalne pod względem zawartości białka w nasionach rzepaku ozimego i najmniej korzystne

Table 2. Optimal and least favourable weather conditions in terms of protein content in the seeds of oilseed rape

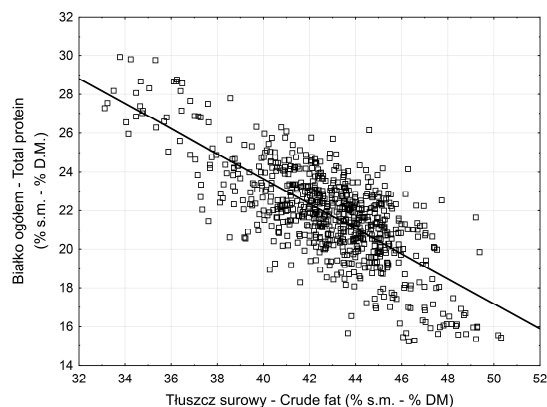
Okres Period	Badany zakres temperatury Range of temperature °C	Badany zakres opadu Range of precipitation mm	Optymalna temperatura / opad Optimal temperature and precipita- tion °C / mm	Najmniej korzystna temperatura / opad Least favorable temperature and precipita- tion °C / mm	Różnica zawartości białka dla skrajnych warunków The differ- ence in pro- tein content for extreme conditions p-p
Wrzesień- listopad September- November	7,6-10,2	83-147	10,2 / 147	7,6 / 108	2,8
Grudzień- marzec December- March	-1,4-2,6	112-170	-1,4 / 112	0,8 / 170	8,5
Kwiecień April	8,4-10,8	11-55	8,4 / 11	9,7 / 45	3,6
Maj May	12,8-15,0	30-98	12,8 / 30	15,0 / 83	8,4
Czerwiec June	16,2-18,8	25-101	16,2 / 79	18,8 / 25	4,7



Rys. 2. Zmiany zawartości białka w nasionach rzepaku ozimego pod wpływem średniej temperatury i sumy opadów okresu: a) wrzesień-listopad, b) grudzień-marzec, c) kwiecień, d) maj, e) czerwiec

Fig. 2. Changes of protein content in seed of winter oilseed rape under the influence of average temperature and precipitation during periods of: a) September-November, b) December-March, c) April, d) May, e) June

W związku ze stwierdzoną ujemną korelacją zawartości procentowej tłuszczu i białka w nasionach (rys. 3), warunki pogodowe dla zawartości tłuszczu okazują się niekorzystne, jeśli weźmiemy pod uwagę gromadzenie białka. W okresie zimowym optymalne są w tym przypadku najniższe opady i temperatura. Okres ten najsilniej wpływa na zawartość białka. Różnica między warunkami najlepszymi i najgorszymi (0,8°C, 170 mm) wynosi 8,5 p.p.



Rys. 3. Zależność zawartości tłuszczu i białka w nasionach rzepaku ozimego

Fig. 3. Relationship between fat and protein content in seeds of winter oilseed rape

Również w kwietniu wysokiej zawartości białka sprzyjają niskie opady i niska temperatura, a najmniej korzystne są warunki następujące: 9,7°C i 45 mm. Zmienność tych parametrów powoduje wahania zawartości białka do 3,6 p.p.

W maju (kwitnienie) wahania te są znacznie większe – 8,4 p.p. I w tym przypadku optymalne są: najniższa badana temperatura i najniższy opad, a najmniej korzystny układ to: 15°C, 83 mm opadu.

Negatywny wpływ opadów i wilgotności na zawartość białka potwierdza literatura (Skiba i in. 2006, Kotecki i in. 2004, Bartkowiak-Broda 2005).

W ostatnim okresie wegetacji rośliny opad nie wpływa znacząco na zawartość białka w nasionach, temperatura ma natomiast ujemny wpływ.

Spośród pozostałych czynników uwzględnionych w modelach tj. zawartości w glebie P_2O_5 i K_2O , pH gleby oraz nawożenia azotem, fosforem i potasem, największy wpływ na zawartość zarówno tłuszczu jak i białka w nasionach ma nawożenie potasem (badane w zakresie 53-95 $kg \cdot ha^{-1}$), przy czym, jest on dodatni w przypadku tłuszczu, a ujemny w przypadku białka (tab. 3).

W literaturze często opisywany jest pozytywny wpływ nawożenia azotem na zawartość w nasionach rzepaku białka (Bartkowiak-Broda i in. 2005, Tańska

i Rotkiewicz 2003), jednak w oparciu o opracowywane dane, w rozpatrywanym przedziale tj. 133-189 kg·ha⁻¹, nie stwierdzono takiego wpływu.

Tabela 3. Wpływ innych czynników na kształtowanie się zawartości tłuszczu i białka w nasionach rzepaku ozimego

Table 3. Effect of other factors on the fat and protein content in seed of oilseed rape

Czynnik Factor	Badany zakres Range	Zmiana zawartości tłuszczu w badanym zakresie Change of fat content in the tested range p.p.	Zmiana zawartości białka w badanym zakresie Change of protein content in the tested range p.p.
Zawartość P ₂ O ₅ (mg·100 g ⁻¹ gleby) P ₂ O ₅ content (mg 100 g ⁻¹ of soil)	9-41	1,3	-1,0
Zawartość K ₂ O (mg·100 g ⁻¹ gleby) K ₂ O content (mg 100 g ⁻¹ of soil)	14-23	0,8	-1,2
pH gleby pH of soil	5,7-6,7	0,1	-0,9
Nawożenie azotem (kg·ha ⁻¹) N fertilization (kg ha ⁻¹)	133-189	0,3	-0,3
Nawożenie fosforem (kg·ha ⁻¹) P ₂ O ₅ fertilization (kg ha ⁻¹)	53-95	2,6	-2,8
Nawożenie potasem (kg·ha ⁻¹) K ₂ O fertilization (kg ha ⁻¹)	96-148	-0,8	0,3

WNIOSKI

1. Najsilniejszy wpływ na zawartość tłuszczu surowego i białka ogólnego w nasionach rzepaku ozimego wywiera przebieg pogody w okresie grudzień-marzec (zahamowanie wegetacji – wznowienie wegetacji) i w maju (kwitnienie).

2. Optymalne z punktu widzenia zawartości tłuszczu są wysokie opady w następujących okresach: grudzień-marzec, w kwietniu oraz maju i towarzyszące im wyższe temperatury. Z kolei wyższej zawartości białka sprzyjają w tych okresach niższe opady i niższa temperatura.

3. W okresie od końca kwitnienia do dojrzałości technicznej najwyższą zawartość tłuszczu uzyskuje się przy stosunkowo niskich opadach (25 mm) i wysokiej temperaturze (18,8°C), a wysoką zawartość białka przy niskiej temperaturze (16,2°C), niezależnie od wysokości opadów.

PIŚMIENNICTWO

- Adomas B., 2003. Skład kwasów tłuszczowych w oleju nasion rzepaku jarego w zależności od stosowanych herbicydów. *Rośl. Oleiste*, XXIV(1), 209-222.
- Bartkowiak-Broda I., Włakowski T., Ogrodowczyk M., 2005. Przyrodnicze i agrotechniczne możliwości kształtowania jakości nasion rzepaku. *Pamiętnik Puławski*, 139, 7-24.
- Dzieżyc H., Chmura K., Piotrowski M., 2013. Influence of meteorological conditions on the yield of winter oilseed rape in Lower Silesia. *Ann. Warsaw Univ. of Life Sci. – SGGW, Land Reclam.*, 45(2), 235-242.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W., 2004. Wpływ zróżnicowanego poziomu agrotechniki na rozwój i plonowanie odmian rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste*, XXV, 97-107.
- Malarz W. 2008. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na rozwój i cechy jakościowe plonu odmian rzepaku jarego. *Zesz. Nauk. Uniw. Przyrodniczego we Wrocławiu*, nr 562, Rozprawy CCLI.
- Muśnicki C., Tobała P., Muśnicki B., 1999. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych i siedliskowych na jakość plonu rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste*, XX(2), 457-469.
- Novickienė L., Gavelienė V., Miliuvienė L., Kazlauskienė D., Pakalniškytė L., 2010. Comparison of winter oilseed rape varieties: cold acclimation, seed yield and quality. *Žemdirbystė-Agriculture*, 97(3), 77-86.
- Nowicka A., 1993. Temperatura. W: *Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin* (red. J. Dzieżyc). Wydawnictwo Naukowe PWN, 99-148.
- Nyc K. 2006. Wprowadzanie systemów nawadniających. W: *Potrzeby wodne roślin uprawnych* (red S. Karczmarczyk, L. Nowak). PWRiL, Poznań, 157-174.
- Skiba K., Kachel M., Tys J. Szpryngiel M., Rybacki R., Strobel W., 2006. Jakość technologiczna nasion rzepaku pochodzących z doświadczeń odmianowo-nawozowych. *Inżynieria Rolnicza*, 6, 265-273.
- Tańska M., Rotkiewicz D., 2003. Wpływ różnych czynników na jakość nasion rzepaku. *Rośliny Oleiste*, XXVI, 596-616.
- 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*, XXX, 75-90.

INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON THE FAT AND PROTEIN CONTENT IN SEED OF WINTER OILSEED RAPE

*Kazimierz Chmura*¹, *Halina Dzieżyc*,²*Maciej Piotrowski*¹

²Department of Spatial Economy, ¹Institute of Landscape Architecture
Wrocław University of Environmental and Life Sciences, ul. Grunwaldzka 55, 50-375 Wrocław
e-mail: kazimierz.chmura@up.wroc.pl

Abstract: This work uses the results of Post-registration Cultivar and Agricultural Experimentation conducted in 2003–2011 in Lower Silesia, on soils of very good and good wheat complex as well as very good rye complex. Regression models were created for crude fat and total protein contents in the seed of oilseed rape. The following factors were included: the average air temperature and total precipitation in the periods: September–November (from sowing to end of vegetation in the autumn),

December-March (stopped vegetation – renewal of vegetation), April (renewal of vegetation – beginning of flowering), May (flowering), June (end of flowering – technical maturity), the content of phosphorus, potassium and pH of soil, and fertilisation with nitrogen, phosphorus and potassium. The models show that the meteorological conditions from December to March and in May have the strongest influence on the content of crude fat and total protein in seeds of oilseed rape. Optimal for fat content is high rainfall in the periods of December-March, April and May, and the accompanying higher temperatures. In these periods a higher protein content is obtained in lower rainfall and lower temperature conditions. In the period from the end of flowering to technical maturity, the highest fat content is noted at relatively low rainfall – 25 mm and a higher temperature of 18.8°C. In this period the protein content is influenced only by the temperature, in this case, negatively.

Key words: winter oilseed rape, oil content, protein, precipitation, temperature