UNIWERSYTET WARMIŃSKO-MAZURSKI
W OLSZTYNIE
Wydział Rolnictwa i Leśnictwa

Dziedzina: nauki rolnicze
Dyscyplina: rolnictwo i ogrodnictwo

mgr inż. Artur Szatkowski

ROZPRAWA DOKTORSKA

Wpływ terminu i gęstości siewu na rozwój i plonowanie różnych typów odmian rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.)

The effect of sowing date and seeding rate on the development and yield of different winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars

Praca doktorska wykonana
w Katedrze Agrotechnologii i Agrobiznesu
Wydziału Rolnictwa i Leśnictwa
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie
pod kierunkiem
prof. dr hab. inż. Krzysztofa J. Jankowskiego

Olsztyn 2024

Wyniki przedstawione w niniejszej pracy zebrano w badaniach finansowanych przez Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w ramach tematu pt.:
Wydajność i efektywność produkcji roślinnych surowców strategicznych i biosurowców (30.610.013-110)

Spis treści

Spis tabel 4

Spis rysunków 7

Oświadczenie promotora rozprawy doktorskiej
załącznik nr 2 do Załącznika nr 1 do Uchwały Nr 362 Senatu Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie z dnia 27 czerwca 2023 roku wprowadzającej procedurę postępowania w sprawie nadania stopnia doktora 8

Oświadczenie o samodzielnym napisaniu rozprawy doktorskiej
załącznik nr 3 do Załącznika nr 1 do Uchwały Nr 362 Senatu Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie z dnia 27 czerwca 2023 roku wprowadzającej procedurę postępowania w sprawie nadania stopnia doktora 9

Streszczenie 10

Summary 11

1. Wstęp i cel pracy 12

2. Przegląd piśmiennictwa 17

2.1. Odmiana 17
2.2. Termin siewu 21
2.3. Gęstość siewu 24

3. MATERIAŁ I METODY BADAŃ 28

3.1. Opis eksperymentu i metody badań 28
3.2. Pomiary biometryczne 30
3.3. Dane meteorologiczne 31
3.4. Badania laboratoryjne 32
3.4.1. Gleba 32
3.4.2. Materiał roślinny 32
3.5. Analiza statystyczna 32

4. WYNIKI BADAŃ 35

4.1. Agrometeorologiczne uwarunkowania rozwoju roślin 35
4.2. Jesienny rozwój i przezimowanie roślin 40
4.3. Elementy architektury łanu 44
4.4. Elementy struktury plonu 47
4.5. Plon nasion 51
4.6. Plon słomy oraz indeks żniwny 53
4.7. Wartość użytkowa surowca olejarskiego 57

5. DYSKUSJA 63

5.1. Jesienny rozwój i przezimowanie roślin 63
5.2. Elementy architektury łanu 65
5.3. Elementy struktury plonu 68
5.4. Plon nasion 70
5.5. Plon słomy oraz indeks żniwny 72
5.6. Wartość użytkowa surowca olejarskiego 73

6. WNIOSKI 77

7. ANEKS 79

8. SPIS LITERATURY 122

Spis tabel

Tabela 1. Charakterystyka warunków glebowych (2020–2023) 28
Tabela 2. Przebieg procesu technologicznego produkcji nasion rzepaku ozimego (2020–2023) 29
Tabela 3. Wartość F dla badanych cech 33
Tabela 4. Dane meteorologiczne w okresie badań polowych ze stacji meteorologicznej w Bałcynach (2020–2023) 36
Tabela 5. Układ warunków termicznych i opadów atmosferycznych podczas jesiennej wegetacji roślin rzepaku ozimego 36
Tabela 6. Charakterystyka warunków termiczno-wilgotnościowych w okresie wegetacji roślin (współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa) 37
Tabela 7. Układ warunków wilgotnościowo-termicznych podczas zimowego spoczynku roślin rzepaku ozimego oraz przezimowanie roślin 38
Tabela 8. Cechy morfometryczne oraz masa rozet liściowych roślin rzepaku ozimego w latach badań 41
Tabela 9. Cechy morfometryczne, masa rozet liściowych oraz przezimowanie roślin różnych typów odmian rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań) 41
Tabela 10. Wybrane cechy morfometryczne oraz masa rozet różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań 42
Tabela 11. Cechy morfometryczne, masa rozet liściowych oraz przezimowanie roślin rzepaku ozimego w zależności od terminu siewu (średnia z 3 lat badań) 43
Tabela 12. Wpływ terminu siewu na wybrane cechy morfometryczne oraz masę rozet rzepaku ozimego w latach badań 43
Tabela 13. Cechy morfometryczne, masa rozet liściowych oraz przezimowanie roślin rzepaku ozimego w zależności od gęstości siewu (średnia z 3 lat badań) 44
Tabela 14. Elementy architektury łanu rzepaku ozimego w latach badań 45
Tabela 15. Elementy architektury łanu różnych typów odmian rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań) 45
Tabela 16. Ugięcie łanu (%) różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań 45
Tabela 17. Elementy architektury łanu rzepaku ozimego w zależności od terminu siewu (średnia z 3 lat badań) 46
Tabela 18. Wpływ terminu siewu na liczbę rozgałęzień produktywnych i długość pierwszego rozgałęzienia owoconośnego w latach badań 46
Tabela 19. Ugięcie łanu (%) różnych typów odmian rzepaku ozimego w zależności od terminu siewu (średnia z 3 lat badań) 47
Tabela 20. Elementy architektury łanu rzepaku ozimego w zależności od gęstości siewu (średnia z 3 lat badań) 47
Tabela 21. Elementy struktury plonu nasion rzepaku ozimego w latach badań 48
Tabela 22. Elementy struktury plonu nasion różnych typów odmian rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań) 48
Tabela 23. Liczba łuszczyn na roślinie (szt.) różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań 48
Tabela 24. Liczba nasion w łuszczynie (szt.) różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań 49
Tabela 25. Masa tysiąca nasion (g) różnych typów odmian rzepaku ozimego w lat badań 49
Tabela 26. Elementy struktury plonu nasion rzepaku ozimego w zależności od terminu siewu (średnia z 3 lat badań) 50
Tabela 27. Liczba nasion w łuszczynie (szt.) różnych typów odmian rzepaku ozimego w zależności od terminu siewu (średnia z 3 lat badań) 50

Tabela 28. Wpływ terminu siewu na masę tysiąca nasion rzepaku ozimego (g) w latach badań ... 50
Tabela 29. Elementy struktury plonu nasion rzepaku ozimego w zależności od gęstości siewu (średnia z 3 lat badań) ... 51
Tabela 30. Plon nasion (Mg ha^{-1}) różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań ... 52
Tabela 31. Plon nasion (Mg ha^{-1}) rzepaku ozimego w zależności od gęstości siewu w latach badań ... 53
Tabela 32. Plon słomy (Mg ha^{-1} s.m.) i indeks żniwny różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań ... 55
Tabela 33. Wpływ terminu siewu na plon słomy rzepaku ozimego (Mg ha^{-1} s.m.) w latach badań ... 56
Tabela 34. Plon słomy (Mg ha^{-1} s.m.) różnych typów odmian rzepaku ozimego w zależności od terminu siewu (średnia z 3 lat badań) ... 56
Tabela 35. Plon słomy (Mg ha^{-1}) różnych typów odmian rzepaku ozimego w zależności od gęstości siewu (średnia z 3 lat badań) ... 57
Tabela 36. Skład kwasów tłuszczowych (%) w oleju rzepaku ozimego w latach badań ... 58
Tabela 37. Zawartość glukozynolanów (μM g^{-1} s.m.) w nasionach rzepaku ozimego w latach badań ... 58
Tabela 38. Zawartość składników pokarmowych w nasionach rzepaku ozimego różnych typów odmian (średnia z 3 lat badań) ... 58
Tabela 39. Skład kwasów tłuszczowych (%) w oleju rzepaku ozimego różnych typów odmian (średnia z 3 lat badań) ... 59
Tabela 40. Zawartość jednonienasyconych i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w oleju różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań ... 59
Tabela 41. Zawartość glukozynolanów (μM g^{-1} s.m.) w nasionach różnych typów odmian rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań) ... 60
Tabela 42. Wpływ terminu siewu na zawartość tłuszczu surowego i białka ogólnego w nasionach rzepaku ozimego w latach badań ... 60
Tabela 43. Wpływ terminu siewu na skład kwasów tłuszczowych (%) w oleju rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań) ... 61
Tabela 44. Wpływ terminu siewu na zawartość glukozynolanów (μM g^{-1} s.m.) w nasionach rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań) ... 61
Tabela 45. Wpływ terminu siewu na zawartość glukozynolanów alkenowych (μM g^{-1} s.m.) w nasionach rzepaku ozimego w latach badań ... 62
Tabela A 1. Liczba wytworzonych liści rozetowych (szt.) ... 80
Tabela A 2. Średnica szyjki korzeniowej (mm) ... 81
Tabela A 3. Długość epikotylu (mm) ... 82
Tabela A 4. Świeża masa części nadziemnej (g rozeta^{-1}) ... 83
Tabela A 5. Sucha masa części nadziemnej (g rozeta^{-1}) ... 84
Tabela A 6. Długość korzenia palowego (cm) ... 85
Tabela A 7. Świeża masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$) ... 86
Tabela A 8. Sucha masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$) ... 87
Tabela A 9. Przezimowanie roślin (%) ... 88
Tabela A 10. Wysokość roślin przed zbiorem (cm) ... 89
Tabela A 11. Grubość łodyg u nasady (mm) ... 90
Tabela A 12. Liczba rozgałęzień produktywnych (szt.) ... 91
Tabela A 13. Wysokość do pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm) ... 92
Tabela A 14. Długość pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm) ... 93
Tabela A 15. Ugięcie łanu (%) ... 94
Tabela A 16. Obsada roślin przed zbiorem (szt. m^{-2}) ... 95

Tabela A 17. Liczba łuszczyn na roślinie (szt.) 96
Tabela A 18. Liczba nasion w łuszczynie (szt.) 97
Tabela A 19. Masa 1000 nasion (g) 98
Tabela A 20. Plon nasion (Mg ha^{-1}) 99
Tabela A 21. Plon słomy (Mg ha^{-1} s.m.) 100
Tabela A 22. Indeks żniwny 101
Tabela A 23. Zawartość tłuszczu surowego w nasionach (g kg^{-1} s.m.) 102
Tabela A 24. Zawartość białka ogólnego w nasionach (g kg^{-1} s.m.) 103
Tabela A 25. Udział kwasu palmitynowego w oleju (%.) 104
Tabela A 26. Udział kwasu stearynowego w oleju (%) 105
Tabela A 27. Udział kwasu oleinowego w oleju (%) 106
Tabela A 28. Udział kwasu linolowego w oleju (%) 107
Tabela A 29. Udział kwasu linolenowego w oleju (%) 108
Tabela A 30. Udział kwasu eikozenowego w oleju (%) 109
Tabela A 31. Udział kwasu erukowego w oleju (%) 110
Tabela A 32. Udział nasyconych kwasów tłuszczowych w oleju (%) 111
Tabela A 33. Udział jednonienasyconych kwasów tłuszczowych w oleju (%) 112
Tabela A 34. Udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w oleju (%) 113
Tabela A 35. Zawartość glukonapiny w nasionach (μM g^{-1} s.m.) 114
Tabela A 36. Zawartość glukobrassicanapiny w nasionach (μM g^{-1} s.m.) 115
Tabela A 37. Zawartość progoitryny w nasionach (μM g^{-1} s.m.) 116
Tabela A 38. Zawartość napoleiferyny w nasionach (μM g^{-1} s.m.) 117
Tabela A 39. Zawartość glukobrassycyny w nasionach (μM g^{-1}s.m.) 118
Tabela A 40. Zawartość 4-hydroksyglukobrassycyny w nasionach (μM g^{-1} s.m.) 119
Tabela A 41. Suma glukozynolanów alkenowych w nasionach (μM g^{-1} s.m.) 120
Tabela A 42. Całkowita zawartość glukozynolanów ogółem w nasionach (μM g^{-1}s.m.) 121

Spis rysunków

Rysunek 1. Plon nasion rzepaku ozimego w latach badań **51**
Rysunek 2. Wpływ terminu siewu na plon nasion rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań) **52**
Rysunek 3. Wpływ gęstości siewu na plon nasion rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań) **53**
Rysunek 4. Plon słomy oraz wartość indeksu żniwnego w latach badań **54**
Rysunek 5. Plon słomy oraz wartość indeksu żniwnego różnych typów odmian rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań) **54**
Rysunek 6. Wpływ terminu siewu na plon słomy i indeks żniwny rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań) **55**
Rysunek 7. Wpływ gęstości siewu na plon słomy i indeks żniwny rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań) **56**
Rysunek 8. Zawartość składników pokarmowych w nasionach rzepaku ozimego w latach badań **57**

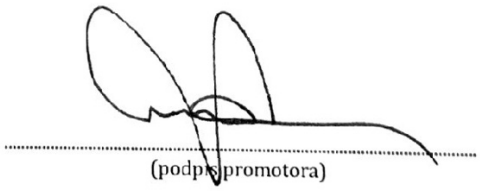
Olsztyn, 26.11.2024 r.
(miejscowość, data)

prof. dr. hab. inż. Krzysztof J. Jankowski
(stopień/tytuł naukowy, imię i nazwisko
promotora~~/promotora pomocniczego~~*)

Prof. dr hab. inż. Agnieszka Pszczółkowska
przewodnicząca Rady Naukowej
dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

OŚWIADCZENIE
promotora~~/promotora pomocniczego~~* rozprawy doktorskiej

Oświadczam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Artura Szatkowskiego pod tytułem **Wpływ terminu i gęstości siewu na rozwój i plonowanie różnych typów odmian rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.)** została przygotowana pod moim kierunkiem i stwierdzam, że spełnia ona warunki do przedstawienia jej w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego.



.....
(podpis promotora)

* niepotrzebne skreślić

Olsztyn, 26.11.2024 r.
(miejscowość, data)

Artur Szatkowski
(imię i nazwisko kandydata)

rolnictwo i ogrodnictwo
(dyscyplina naukowa)

Prof. dr hab. inż. Agnieszka Pszczółkowska
przewodnicząca Rady Naukowej
dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

OŚWIADCZENIE
o samodzielnym napisaniu rozprawy doktorskiej

Świadomy odpowiedzialności prawnej oświadczam, że rozprawa doktorska pod tytułem **Wpływ terminu i gęstości siewu na rozwój i plonowanie różnych typów odmian rzepaku ozimego (Brassica napus L.)** została napisana przeze mnie samodzielnie i nie zawiera treści uzyskanych w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami.

Oświadczam również, że przedstawiona rozprawa nie jest i nie była wcześniej podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora.

Ponadto oświadczam, że treść rozprawy doktorskiej przedstawionej przez mnie do obrony, zawarta na przekazywanym nośniku elektronicznym, jest identyczna z jej wersją drukowaną.

W związku z powyższym oświadczam, że wyrażam zgodę na poddanie rozprawy doktorskiej procedurze antyplagiatowej.

Artur Szatkowski
(podpis kandydata)

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań nad reakcją rzepaku ozimego odmiany populacyjnej (SY Ilona), mieszańcowej długołodygowej (Advocat) i mieszańcowej półkarłowej (PX131) na termin siewu (20 sierpnia, 27 sierpnia, 03 września) oraz gęstość siewu (30, 50, 70, 90 szt. m^{-2}). Badania polowe realizowane były w uniwersyteckiej stacji badawczej w Bałcynach (53°35'46.4'' N, 19°51'19.5'' E) położonej w północno-wschodniej Polsce, w trzech sezonach wegetacyjnych (2020/2021, 2021/2022, 2022/2023). Ścisłe doświadczenie polowe założono metodą w układzie split-split-plot, w trzech powtórzeniach. W badaniach określono wpływ sposobu siewu na wzrost i rozwój jesienny, zimowanie, a także na architekturę łanu, elementy struktury plonu, plon nasion i słomy różnych morfotypów rzepaku ozimego. Dodatkowym źródłem wyników były analizy laboratoryjne nasion, oleju i nietłuszczowej reszty nasion.

Odmiana populacyjna wykształcała rozety liściowe o większej świeżej i suchej masie niż odmiany mieszańcowe o tradycyjnym i półkarłowym morfotypie. Cechą wyróżniającą odmianę półkarłową była rozeta liściowa z krótkim epikotylem i o relatywnie dużej średnicy szyjki korzeniowej. Jesienny rozwój odmian rzepaku ozimego był determinowany przez układ warunków siedliskowo-klimatycznych. Rozety liściowe odmiany populacyjnej oraz mieszańcowej o tradycyjnym tempie wzrostu osiągały lepszy habitus przed zimowym spoczynkiem w latach o korzystniejszych warunkach wilgotnościowo-termicznych w październiku. Intensywność rozwoju rozet liściowych odmiany mieszańcowej półkarłowej nie była uzależniona od warunków pogodowych w okresie letnio-jesiennej wegetacji. Wysiew rzepaku ozimego w terminie optymalnym sprzyjał rozwojowi rozet liściowych rzepaku ozimego. Opóźnienie terminu siewu spowodowało obniżenie wartości liczbowych wszystkich parametrów morfometrycznych rozet (im większe opóźnienie terminu siewu, tym słabszy pokrój rozet przed zahamowaniem jesiennej wegetacji). Niska gęstość siewu (30 nasion m^2) sprzyjała wykształceniu rozet o największej liczbie liści, najgrubszej szyjce korzeniowej oraz korzeni palowych o największej świeżej i suchej masie. Obniżenie średnicy szyjki korzeniowej następowało już po zwiększeniu gęstości wysiewu do 50 nasion m^{-2}. Masa nadziemnej części rozety i korzenia palowego obniżała się po zwiększeniu gęstości siewu do 70 nasion m^{-2}. Z kolei zmniejszenie liczby liści rozetowych następowało dopiero po zwiększeniu gęstości siewu do 90 nasion m^{-2}.

Najwyższy plon nasion uzyskano z uprawy odmiany mieszańcowej długołodygowej. Plon nasion odmiany populacyjnej i mieszańcowej krótkołodygowej był niższy o 4–5%. Wydajność poszczególnych morfotypów odmian rzepaku ozimego była silnie różnicowana przez warunki klimatyczno-siedliskowe. W latach z bardzo wilgotnym marcem i kwietniem oraz suszą w czerwcu najwyższy plon nasion uzyskano z uprawy odmiany mieszańcowej długołodygowej. W latach o korzystnych warunkach wilgotnościowych w okresie wiosenno-letniej wegetacji najwyższy plon nasion uzyskano z uprawy obu typów odmian mieszańcowych. Z kolei w latach z suszą wczesnowiosenną (maj) najwyższy plon nasion uzyskano z uprawy odmiany populacyjnej. Najniższy plon nasion uzyskano w warunkach wysiewu rzepaku ozimego w terminie zalecanym dla Pojezierza Ostródzkiego (20 sierpnia). Opóźnienie terminu siewu o 7 dni spowodowało wzrost plonu nasion o 3%. Dalsze opóźnienie terminu siewu (początek września) nie spowodowało obniżenia plonu nasion w stosunku do siewów wykonanych pod koniec sierpnia i nadal było bardziej produktywne niż siew w terminie optymalnym. Reakcja rzepaku ozimego na termin siewu była niezależna od typu odmiany i warunków pogodowych panujących w latach badań. Efekt plonotwórczy doboru gęstości siewu w uprawie rzepaku ozimego był istotnie różnicowany przez warunki siedliskowo-klimatyczne. Wysoki plon nasion uzyskiwano przy szerokim zakresie gęstości wysiewu (50–90 nasion m^{-2}). Niemniej jednak tylko wysiew 70 nasion m^{-2} gwarantował uzyskanie plonu, który można było corocznie zakwalifikować do grupy plonów najwyższych. Nie udowodniono interakcji gęstości siewu z typem odmiany rzepaku ozimego, co oznacza, że zagęszczenie 70 nasion m^{-2} było optymalne do odmiany populacyjnej oraz mieszańcowej, niezależnie do jej morfotypu (półkarłowa, konwencjonalna). Odmiana populacyjna oraz mieszańcowa półkarłowa charakteryzowały się korzystniejszym indeksem żniwnym niż odmiana mieszańcowa o tradycyjnym tempie wzrostu. Opóźnienie terminu siewu o 7 i 14 dni korzystnie wpłynęło na udział nasion w masie pozbiorowej rzepaku ozimego, niezależnie od typu odmiany. Gęstość siewu nie różnicowała istotnie wartości indeksu żniwnego.

Najwięcej tłuszczu surowego zawierały nasiona odmiany mieszańcowej o zdeterminowanym tempie wzrostu. Zaolejenie nasion odmiany mieszańcowej długołodygowej i populacyjnej było o 3–5% niższe. Olej pozyskany z nasion odmiany mieszańcowej krótkołodygowej charakteryzował się również najwyższą zawartością jednonienasyconych kwasów tłuszczowych, głównie ze względu na zwiększoną biosyntezę kwasu oleinowego. Sposób siewu (termin i gęstość) nie różnicował istotnie zawartości tłuszczu surowego i białka ogólnego w nasionach rzepaku ozimego. Najwyższą zawartością glukozynolanów ogółem charakteryzowały się nasiona odmiany mieszańcowej krótkołodygowej. Z kolei najwięcej glukozynolanów alkenowych akumulowały nasiona odmiany populacyjnej, głównie na skutek zwiększonej biosyntezy progoitryny. Opóźnienie terminu siewu korzystnie wpłynęło na wartość paszową nasion. Spowodowało obniżenie zawartość frakcji alkenowej glukozynolanów (wysiew pod koniec sierpnia) lub ogólnej zawartości glukozynolanów (wysiew na początku września). Gęstość siewu nie różnicowała istotnie zawartości glukozynolanów w nasionach rzepaku ozimego.

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, odmiana, sposób siewu, plon nasion, jakość plonu.

Summary

This study investigated the response of open-pollinated (SY Ilona), long-stem hybrid (Advocat), and semi-dwarf hybrid (PX131) cultivars of winter oilseed rape to different sowing dates (20 August, 27 August, 3 September) and seeding rates (30, 50, 70, 90 seeds m^{-2}). A small-area field experiment was conducted during three growing seasons (2020/2021, 2021/2022, 2022/2023) in the Agricultural Experiment Station in Bałcyny (53°35'46.4'' N, 19°51'19.5'' E) owned by the University of Warmia and Mazury in Olsztyn, located in north-eastern Poland. The experiment had a split-split-plot design with three replications. The effect of different sowing strategies on the fall growth and development, overwintering success, stand architecture, yield components, seed yield, and straw yield of different winter oilseed rape morphotypes was determined in the study. The results of laboratory analyses of seeds, oil, and fat-free seed residues were also analyzed.

The open-pollinated cultivar was characterized by higher fresh and dry weight of rosette leaves than conventional and semi-dwarf hybrid cultivars. The semi-dwarf cultivar had leaf rosettes with short epicotyls and relatively large root collar diameters. The fall development of the analyzed winter oilseed rape cultivars was determined by environmental and climatic conditions. The leaf rosettes of the open-pollinated and conventional hybrid cultivars had a more desirable habit before winter dormancy in years with more favorable weather conditions in October. The growth rate of leaf rosettes in the semi-dwarf hybrid cultivar was not affected by weather conditions during the summer-fall growing season. The optimal sowing date of winter oilseed rape contributed to rosette development. Delayed sowing induced a decrease in the values of all morphometric parameters of leaf rosettes (the greater the delay in sowing, the weaker the rosette habit at the end of the fall growing season). A low seeding rate (30 seeds m^2) contributed to the development of rosettes with the highest number of leaves, the thickest root collars, and taproots with the highest fresh and dry weight. The root collar diameter decreased when the seeding rate was increased to 50 seeds m^{-2}. The weights of aerial leaf rosettes and taproots decreased when the seeding rate was increased to 70 seeds m^{-2}. In turn, the number of rosette leaves decreased only in response to the seeding rate of 90 seeds m^{-2}.

The long-stem hybrid cultivar was characterized by the highest seed yield. The seed yields of the open-pollinated and the semi-dwarf hybrid cultivars were lower by 4–5%. The seed yields of the studied winter oilseed morphotypes were strongly differentiated by environmental and climatic conditions. In years characterized by very wet March and April and dry June, seed yield was highest in the long-stem hybrid cultivar. In years characterized by favorable weather conditions during the spring-summer growing season, the seed yields of the hybrid cultivars were higher than that of the open-pollinated cultivar. Conversely, in years characterized by dry spells in early spring (May), seed yield was highest in the open-pollinated cultivar. Seed yields were lowest when winter oilseed rape was sown on the date recommended for the Ostróda Lakeland (20 August). Sowing delayed by 7 days contributed to a 3% increase in seed yield. A further delay in sowing (early September) did not reduce seed yield relative to sowing in late August and was still more productive than sowing on the optimal date. The response of winter oilseed rape to the sowing date was not influenced by cultivar or weather conditions across years of the study. In winter oilseed rape cultivation, the yield-forming effect of seeding rate was significantly determined by environmental and climatic conditions. High seed yields were obtained at seeding rates of 50 to 90 seeds m^{-2}. However, only the seeding rate of 70 seeds m^{-2} contributed to the highest seed yield in all years of the experiment. No interaction was found between seeding rate and winter oilseed cultivar, which implies than the seeding rate of 70 seeds m^{-2} was optimal for both open-pollinated and hybrid cultivars, regardless of morphotype (semi-dwarf, conventional). The open-pollinated and semi-dwarf hybrid cultivars of winter oilseed rape were characterized by higher values of the harvest index than the conventional hybrid cultivar. Sowing delayed by 7 and 14 days had a beneficial influence on the proportion of seeds in the harvested biomass of winter oilseed rape, regardless of cultivar. Seeding rate had no significant effect on the harvest index.

Seeds of the semi-dwarf hybrid cultivar had the highest crude fat content. The oil content of seeds was 3-5% lower in long-stem hybrid and open-pollinated cultivars. Oil extracted from seeds of the semi-dwarf hybrid cultivar had the highest content of monounsaturated fatty acids, mainly due to increased biosynthesis of oleic acid. The sowing strategy (sowing date and seeding rate) had no significant effect on the crude fat and total protein content of winter oilseed rape seeds. Seeds of the semi-dwarf hybrid cultivar were characterized by the highest concentrations of total glucosinolates. In turn, the concentrations of alkenyl glucosinolates were highest in seeds of the open-pollinated cultivar, mainly due to increased biosynthesis of progoitrin. Delayed sowing exerted a beneficial influence on the feed value of seeds by reducing the accumulation of alkenyl glucosinolates (sowing in late August) and total glucosinolates (sowing in early September). Seeding rate had no significant effect on the glucosinolate content of winter oilseed rape seeds.

Keywords: winter oilseed rape, cultivar, sowing strategy, seed yield, seed quality.

1. WSTĘP I CEL BADAŃ

W roku gospodarczym 2022/2023 światowe zbiory roślin oleistych wyniosły ok. 638 mln Mg, a prognozowane zbiory szacowane są na ok. 658 mln Mg. W sezonie 2022/2023 w światowej strukturze zbiorów roślin oleistych dominowała soja - *Glycine max* (L.) Merr. (59%), rzepak - *Brassica napus* L. (14%) oraz słonecznik - *Helianthus annuus* L. (8%). Z kolei na rynku unijnym (UE-27) dominował rzepak (61%) i słonecznik (29%), a w mniejszym stopniu soja (8%). Unia Europejska, z produkcją na poziomie 19,6 mln Mg w sezonie 2022/2023, była największym producentem nasion rzepaku na świecie (22% produkcji globalnej). Do czołowych producentów rzepaku w UE-27 należały: Francja (21% produkcji Wspólnotowej), Niemcy (21%) i Polska (18%) (USDA, 2024).

Najwyższy poziom plonowania rzepaku, spośród krajów unijnych, osiągany jest w Irlandii i Danii (średni plon nasion z ostatnich 6 lat wyniósł ok. 4,1–4,3 Mg ha^{-1}). Nieco niższe plony osiągane są w Belgii, Niderlandach, Niemczech i Francji (3,4–3,9 Mg ha^{-1}). Plonowanie rzepaku w Polsce jest relatywnie niskie (ok. 2,9 Mg ha^{-1}). Warto jednak podkreślić, iż w latach 2000–2022, średnioroczny przyrost plonu nasion rzepaku w Polsce wynosił ok. 45 kg ha^{-1}. W tym okresie zaobserwowano również podwojenie krajowej powierzchni uprawy rzepaku oraz jego zbiorów (Faostat, 2024). W Polsce, rzepak ozimy na największą skalę był uprawiany w latach 2022–2023 w województwie dolnośląskim (129 tys. ha), lubelskim (128 tys. ha), zachodniopomorskim (114 tys. ha), wielkopolskim (107 tys. ha), a także warmińsko-mazurskim i kujawsko-pomorskim (ok. 101 tys. ha) oraz opolskim i pomorskim (80–88 tys. ha). Średnie plony nasion z ostatnich 10 lat wskazują, że liderem pod względem plonowania jest województwo opolskie (3,4 Mg ha^{-1}), następnie małopolskie, podlaskie, pomorskie, śląskie i wielkopolskie (3,1 Mg ha^{-1}). Najniższy plon nasion uzyskiwano w województwie świętokrzyskim (2,7 Mg ha^{-1}) (Bełdycka-Bórawska, 2023; GUS, 2024).

Badania Banku Światowego wykazały, że do 2050 r. popyt na produkty roślinne niebędące zbożami, tj.: oleje roślinne, cukier, a także rośliny strączkowe, wzrośnie odpowiednio o: 79, 56 i 41%, w porównaniu do zbóż (Chengula, 2018; Jannat i in., 2022). Warto zaznaczyć, że wzrost powierzchni upraw odpowiada jedynie za 20% wzrostu globalnej produkcji roślinnej, natomiast głównym czynnikiem wzrostu plonów jest postęp hodowlany i produkcyjny, który odpowiada za pozostałe 80% wzrostu produkcji (Święcicki i in., 2011). Głównym celem wielu programów hodowlanych rzepaku jest uzyskanie wysokoplennych odmian, charakteryzujących się zadowalającą odpornością na stresy biotyczne i abiotyczne oraz pożądanymi cechami jakościowymi nasion, tj.: wysoką zawartością tłuszczu surowego i białka ogólnego oraz niską zawartością glukozynolanów i włókna (Körber i in., 2016; Bocianowski i Liersch, 2021). Doskonalenie odmian rzepaku ma bezpośredni wpływ na zainteresowanie uprawą tego gatunku, wartość rynkową, właściwości odżywcze i przydatność surowca w przemyśle (Gu i in., 2024; Sachan i in., 2024).

W obliczu zmian klimatycznych określone cechy fizjologiczne roślin (liczba nasion w łuszczynie, indeks żniwny, efektywność wykorzystania światła poprzez zmiany w architekturze roślin etc.) mogą stać się coraz ważniejsze w kształtowaniu produktywności rzepaku oraz ograniczeniu zmienności

plonowania (Gomez i Miralles, 2011; Rondanini i in., 2012; Böttcher i in., 2020; Pullens i in., 2021). Plony rzepaku ulegają wyraźnej poprawie począwszy od początku lat 90-tych XX wieku (Friedt i Snowdon, 2009), głównie dzięki poprawie plonów odmian mieszańcowych (Siger i in., 2015). Dzięki odkryciu i wdrożeniu systemów kontrolowania zapylenia krzyżowego, produkcja rzepaku została znacząco zintensyfikowana, co pozwala na wykorzystanie efektu heterozji (Pruvot i in., 1999; Rathke i in., 2006). W ostatnich latach badania nad formami mieszańcowymi rzepaku ozimego koncentrują się na zwiększeniu plenności, polepszeniu jakości nasion oraz poprawie odporności na choroby, mróz i susze (Xu i in., 2018; Bocianowski i Liersch, 2021; Ding i in., 2021; Shafigi i in., 2021). Wyższy plon odmian mieszańcowych związany jest głównie z większą liczbą łuszczyn na roślinie (Jankowski i Budzyński, 2007a). Plony odmian mieszańcowych uzyskane w 2023 roku w ramach Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego były wyższe, w porównaniu z odmianami populacyjnymi, o ok. 12% (Broniarz i Waszak, 2023). Rzepak to roślina wymagająca znaczącej ilości azotu i fosforu, charakteryzująca się silną zdolnością do pobierania azotu mineralnego, jednak efektywność wykorzystania składników pokarmowych nie jest optymalna i wymaga poprawy w procesie hodowli (Weiser i in., 2018; Stahl i in., 2019). Uważa się, że odmiany mieszańcowe efektywniej wykorzystują składniki pokarmowe (Gehringer i in., 2007; Kessel i in., 2012; Wang i in., 2016; Stahl i in., 2017), jednak brakuje szczegółowych podstaw fizjologicznych wyjaśniających to zjawisko (Stahl i in., 2019). Dlatego odkrycie mechanizmów molekularnych umożliwiających efektywne wykorzystanie składników pokarmowych przez rzepak jest ważne dla łagodzenia szkód w środowisku, obniżenia kosztów produkcji oraz poprawy wartości odżywczej surowca olejarskiego (Li i in., 2020; Gu i in., 2024).

Kluczową cechą agronomiczną jest również architektura łanu/rośliny, częściowo ze względu na jej wpływ na odporność na wyleganie. Niestety, istniejące odmiany rzepaku często są wysokie i podatne na wyleganie, co prowadzi do obniżenia plonów i pogorszenia ich jakości (Li i in., 2017). Z tego względu dąży się do uzyskania roślin rzepaku o optymalnej wysokości (ok. 150 cm), z nisko osadzonymi rozgałęzieniami bocznymi, ustawionymi pod kątem 30° (Fu i Zhou, 2013; Li i in., 2023). Zmniejszenie wysokości roślin jest ważną cechą w programach hodowlanych rzepaku, ponieważ odmiany niższe, mogą być korzystne w ograniczaniu uszkodzeń spowodowanych silnym wiatrem i wyleganiem w fazie dojrzewania, jednocześnie ułatwiając zbiór (Olejniczak i in., 2007; Miersch i in., 2016). Niestety niekorzystną cechą odmian półkarłowych są niższe od 1–7 do nawet 18% plony nasion w porównaniu do odmian o tradycyjnym typie wzrostu (Chiriac i in., 2013; Krček i in., 2014; Jankowski i in., 2016; Groth i in., 2020). Warto zaznaczyć, że w warunkach niedoboru azotu, plony obu typów odmian są zbliżone (Miersch i in., 2016). Dodatkowo, odmiany półkarłowe są rekomendowane do upraw w regionach o chłodnym klimacie z uwagi na lepszą mrozoodporność (Pinochet i in., 2012).

Plon i jego jakość są ściśle powiązane zarówno ze stresem biotycznym, jak i abiotycznym. Wśród iologicznych czynników stresowych, choroby mają znaczący wpływ na wysokość i stabilność plonowania (Gu i in., 2024). Kiła kapusty (*Plasmodiophora brassicae*), zgnilizna twardzikowa (*Sclerotinia sclerotiorum*) oraz wirus żółtaczki rzepy (TuYV – Turnip Yellows Virus), stanowią jedne

z najgroźniejszych chorób rzepaku, a hodowla i uprawa odmian wykazujących odporność to najskuteczniejsze i najtańsze metody ograniczania strat (Fredua-Agyeman i in., 2020; Ding i in., 2021; Macleod i in., 2023; Auer i in., 2024). Kolejnym ważnym aspektem w hodowli nowych odmian jest odporność rzepaku na herbicydy, co ma ogromne znaczenie w dalszym rozwoju produkcji rzepaku (Gu i in., 2024). Obecnie trwają prace hodowlane nad rzepakiem wykazującym odporność na herbicydy z grupy sulfonylomocznikόw oraz imidazoli (Guo i in., 2022).

Bardzo istotnym kierunkiem programów hodowlanych rzepaku jest hodowla jakościowa obejmująca doskonalenie składu chemicznego nasion pod potrzeby przemysłu spożywczego, petrochemicznego oraz oleochemicznego, a także ze względu na upodobania konsumentów. Olej rzepakowy o wysokiej zawartości kwasu oleinowego i niskiej zawartości kwasu linolenowego wykazuje wysoką odporność na utlenianie podczas przechowywania, smażenia i przetwarzania żywności, stanowiąc ważny element hodowli nowych odmian (Gu i in., 2024). Kolor nasion jest również istotną cechą jakościową rzepaku, na którą wpływają głównie metabolity flawonoidowe. Odmiany żółto-nasiennego rzepaku zazwyczaj wykazują wyższą zawartość tłuszczu surowego i białka ogólnego, niższą zawartość ligniny i wyższą odporność na pękanie nasion podczas omłotu, co prowadzi do wyższej jakości otrzymanego oleju (Łopatyńska in., 2023). Pomimo wielu pozytywnych cech, odmiany żółtonasienne nie są powszechnie uprawiane, ponieważ wykazują podatność na przedwczesne kiełkowanie w łuszczynach i samowyciskanie oleju podczas przechowywania nasion (Gawrysiak-Witulska i in., 2015; Łopatyńska in., 2023). Ponadto plon linii żółto-nasiennych jest zwykle niższy w stosunku do odmian tradycyjnych (Rakow i in., 2007). Jakość oleju w głównej mierze zależy od składu kwasów tłuszczowych (Vick i in., 2002). Głównym celem jakościowych programów hodowlanych rzepaku jest uzyskiwanie linii o wysokiej zawartości kwasu oleinowego (powyżej 75%) i niskiej zawartości kwasu linolenowego (poniżej 3%) (Barth i in., 2009; Spasibionek i in., 2020). Taki olej charakteryzuje się znacznie wyższą stabilnością oksydacyjną podczas głębokiego smażenia, dzięki silnemu ograniczeniu powstawania trans-kwasów tłuszczowych (Scarth i McVetty , 1999; Spasibionek i in., 2020). Wysoka zawartość kwasu erukowego w oleju i glukozynolanów, które są ze sobą dodatnio skorelowane oraz włókna w nasionach są głównymi czynnikami ograniczającymi wykorzystanie nasion rzepaku (Rathod i Solanki, 2020; Gacek i in., 2021). Dzięki hodowli udało się znacznie obniżyć zawartość kwasu erukowego, glukozynolanów oraz włókna surowego, jednak w dalszym ciągu jest to ważny aspekt hodowlany, ulegający ciągłemu doskonaleniu (Russo i in., 2021; Gacek i in., 2021). Dietetyczne oraz paszowe wykorzystanie beztłuszczowej reszty nasion, skłania hodowców do zwiększenia zawartości białka oraz polepszania jego jakości (Chmielewska i in., 2021; So i Duncan, 2021). Coraz szersze zastosowanie produktów z rzepaku, skłania również do zwiększania zawartości substancji prozdrowotnych, tj.: fitosteroli, tokoferoli oraz witamin (Gupta i Kaur, 2023).

Współczesne rolnictwo boryka się z wieloma kompleksowymi wyzwaniami i zagrożeniami, obejmującymi konieczność adaptacji do ekstremalnych zjawisk środowiskowych, takich jak upały, susze i powodzie (Hansen i in., 2019; Komarek i in., 2020). Dodatkowo, istnieje konieczność

zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych oraz dostosowania się do fluktuacji na międzynarodowych rynkach oraz zmian w polityce rolnej i środowiskowej, co stanowi kluczowy element zachowania równowagi w systemach żywnościowych i zapewnienia trwałego rozwoju rolnictwa (Nijs, 2014; Komarek i in., 2020; Andert i in., 2021). Ponadto przewiduje się, że rolnictwo w Europie Północnej będzie w dalszym ciągu narażone na wzrost temperatury, zwłaszcza w okresie zimowym oraz na wzrost poziomu opadów atmosferycznych, a także na częstsze występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych, tj.: fale upałów, ulewne deszcze, burze zimowe i susze (Bindi i Olesen, 2011; Olesen i in., 2012; Schaap i in., 2013; Trnka i in., 2014; Uleberg i in., 2014; Ceglar i in., 2018; Zhao i in., 2022). Globalny wzrost temperatury powietrza przyspieszy rozwój rzepaku ozimego, co może zwiększyć jego podatność na niskie temperatury wiosenne. Jednak wyższe temperatury mogą skrócić sezon wegetacyjny na północnych szerokościach geograficznych, co z kolei zwiększy potencjalny obszar upraw w Europie (Pullens i in., 2019, 2021). Z drugiej strony, wzrost temperatur, skraca okres wegetacji i zmniejsza potencjał plonowania w regionach z optymalnym rozkładzie temperatur (Liu i in., 2021; Jannat i in., 2022). Ekspansja uprawy rzepaku w Europie Środkowo-Wschodniej, w której obserwuje się zmiany w rozkładzie opadów i coraz wyższe temperatury powietrza i gleby (będącymi efektem zmian klimatu), powoduje problemy z odpowiednim doborem odmiany oraz terminu siewu, przystosowanego do takich warunków środowiskowych (Craufurd i in., 2009; Olesen i in., 2012; Chiriac i in., 2013; Tao i in., 2014; Jankovska-Bortkevič i in., 2019; Pullens i in., 2019; Drebenstedt i in., 2020; Pullens i in., 2021; Zhao i in., 2022). Szybciej postępujące stadia rozwojowe roślin związane z wyższymi temperaturami powietrza, są uważane za jeden z głównych mechanizmów wpływu zmian klimatycznych na plonowanie roślin uprawnych (Asseng i in., 2014; Zhao i in., 2017).

Zmiany klimatu mogą również wpływać na skład chemiczny nasion – zmniejszając zawartość kwasu linolenowego, prowadząc do obniżenia jakości oleju przeznaczonego do spożycia i stanowić poważne wyzwanie dla producentów oleju w przyszłości (Wójtowicz i Wójtowicz, 2020). W warunkach częstych niedoborów wody, rzepak będzie gromadził więcej metabolitów wtórnych, tj.: glukozynolany w dojrzałych nasionach, co będzie stwarzało problemy w paszowym wykorzystaniu beztłuszczowej reszty nasion (Drebenstedt i in., 2020). Oczekuje się, że konsekwencją wpływu zmian klimatycznych na fenologię i fizjologię roślin uprawnych będzie obniżenie plonowania roślin uprawnych, a co za tym idzie spadek rentowność/opłacalności produkcji roślinnej (Pullens i in., 2021; Cvejić i in., 2022).

Celem badań jest weryfikacja wpływu opóźnienia terminu siewu na rozwój i plonowanie różnych typów odmian rzepaku ozimego w warunkach zróżnicowanej ilości wysiewu. Postępujące zmiany klimatyczne oraz wprowadzanie do uprawy nowych typów odmian o wysokiej zdolności przystosowawczej do zmieniających się warunków środowiska wymusza weryfikację dotychczasowych terminów i gęstości siewu tej rośliny. Na drodze przeprowadzonych badań wyjaśni się, na ile przesunięcie terminu siewu ma wpływ na rozwój oraz wegetację rzepaku ozimego, a w konsekwencji na plon nasion. Pozwoli to na weryfikację obecnie zalecanych terminów siewu dla

nowych typów odmian rzepaku. Uzyskane wyniki badań pozwolą na ocenę możliwości przesunięcia terminu siewu w innych regionach Polski oraz w krajach o podobnych warunkach klimatycznych w okresie jesienno-zimowym (tj.: Litwa, Łotwa, Estonia, Obwód Królewiecki, północno-wschodnie regiony Niemiec).

W badaniach dotyczących wpływu terminu i gęstości siewu na rozwój i plonowanie różnych typów odmian rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) zrealizowano następujące cele szczegółowe:

- określono wpływ przesunięcia terminu siewu na jesienny wzrost i rozwój (liczba liści w rozecie, grubość szyjki korzeniowej, długość epikotylu, długość korzenia palowego, masa rozety) różnych typów odmian rzepaku ozimego w warunkach zróżnicowanej ilości wysiewu;
- określono wpływ przesunięcia terminu siewu na wiosenny wzrost i rozwój (długość i grubość łodyg, liczbę rozgałęzień produktywnych, wysokość osadzenia najniższego rozgałęzienia owoconośnego, wyleganie łanu różnych typów odmian rzepaku ozimego w warunkach zróżnicowanej ilości wysiewu;
- określono wpływ badanych czynników na elementy struktury plonu nasion rzepaku ozimego (zagęszczenie roślin przed zbiorem, liczbę łuszczyn na roślinie, liczbę nasion w łuszczynie, masę 1000 nasion);
- określono bezpośrednie efekty produkcyjne uzyskane w plonie nasion i słomy rzepaku ozimego oraz określono wskaźnik indeksu żniwnego dla różnych typów odmian rzepaku ozimego uprawianych w warunkach zmiennego terminu i gęstości siewu;
- określono wpływ badanych czynników agrotechnicznych na jakość nasion rzepaku ozimego (zawartość tłuszczu surowego, zawartość białka ogólnego, profil kwasów tłuszczowych, skład ilościowy i jakościowy glukozynolanów).

W hipotezach badawczych założono, iż:

- odmiany mieszańcowe charakteryzują się większą przydatnością do siewów w opóźnionym terminie (ze względu na szybszy wzrost i rozwój);
- odmiany populacyjne rozwijają się wolniej, co wskazuje na ich przydatność do siewów wczesnych;
- odmiany mieszańcowe półkarłowe charakteryzują się wyższą odpornością na wyleganie i bardziej równomiernym dojrzewaniem nasion niż odmiany populacyjne i mieszańcowe długołodygowe, co może prowadzić do zwiększenia plonów i ich jakości;
- opóźniony siew ograniczając nadmierny rozwój jesienny rozet rzepaku może zwiększyć przezimowanie roślin rzepaku;
- negatywne skutki opóźnienia terminu siewu można ograniczyć poprzez zwiększenie gęstości siewu;
- opóźniony siew wpłynie korzystnie na zawartość tłuszczu surowego, dzięki przesunięciu fazy dojrzewania na okres wyższych temperatur powietrza.

2. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA

2.1. Odmiana

Na plonowanie rzepaku wpływają złożone czynniki środowiskowe oraz genetycznie kontrolowane cechy odmian (Berry i Spink, 2006; Raboanatahiry i in., 2021; Liu i in., 2022). Uważa się, że plon nasion rzepaku uwarunkowany jest w 70–80% warunkami środowiskowymi, 7–13% genotypem odmiany oraz w 13–20% przez interakcje między tymi czynnikami (Marjanović-Jeromela i in., 2011; Nowosad i in., 2016; Zali i in., 2016; Agahi i in., 2020). Odmiany rzepaku reprezentują postęp hodowlany, będąc jednocześnie najważniejszym i najtańszym czynnikiem w technologii produkcji tego gatunku (Groth i in., 2020). Nowoczesne odmiany pozwalają na wysoki przyrost plonu, oceniany na 35 kg ha^{-1} rok przy niskiej intensywności produkcji oraz na 45 kg ha^{-1} rok w warunkach stosowania intensywnych technologii produkcji (Stahl i in., 2017).

Znaczenie gospodarcze rzepaku znacznie wzrosło, dzięki wykorzystaniu postępu biologicznego w hodowli nowych odmian (Hauska i in., 2007; Meena i Talekar, 2022). Do końca lat 80. XX wieku postęp biologiczny w hodowli rzepaku polegał głównie na zmianach jakościowych (Eskin, 2013). Odkrycie genetycznych źródeł zmienności głównych cech jakościowych nasion, czyli zawartości kwasu erukowego i glukozynolanów, było kamieniami milowymi, które przyczyniły się do postępu w produkcji rzepaku i zwiększenia powierzchni jego upraw (Groth i in., 2020; Ortega-Ramos i in., 2022). Redukcja, a następnie eliminacja kwasu erukowego z profilu kwasów tłuszczowych oraz 15–16-krotne obniżenie poziomu glukozynolanów w beztłuszczowej reszcie nasion zapoczątkowało nową erę w produkcji rzepaku (Przybylski, 2011; Tobiasz-Salach, 2021).

Pierwszą na świecie komercyjną odmianą jednozerową o obniżonej zawartości kwasu erukowego była odmiana Wipol, którą zarejestrowano w 1971 roku, a następnie bezerukowa odmiana Janpol. Obie odmiany zostały wyhodowane z niemieckiej odmiany pastewnej rzepaku jarego (Liho) (Stefansson i in., 1961; Bartkowiak-Broda 2000; Springer i in., 2007). Pod koniec lat pięćdziesiątych w polskiej jarej odmianie rzepaku (Bronowski) odkryto 10-krotnie mniejszą zawartość glukozynolanów w stosunku do innych odmian, co dało początek powstaniu odmian dwuzerowych (typu canola) (Krzymański, 1968). Dzięki tym odkryciom współczesne odmiany rzepaku uprawiane dla przemysłu spożywczego i paszowego praktycznie nie zawierają kwasu erukowego w oleju i charakteryzują się niskim poziomem glukozynolanów w masie beztłuszczowej nasion (Bocianowski i in., 2018; Negawoldes, 2018; Hansen i in., 2020). Postęp hodowlany spowodował, że olej rzepakowy typu canola został zaliczony do żywności wielofunkcyjnej dzięki wysokiej zawartość tłuszczu w nasionach, niskiej zawartości kwasów nasyconych, właściwej proporcji niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz wysokiej zawartości witamin (zwłaszcza tokoferolu o działaniu przeciwutleniającym) i fitosteroli redukujących poziom cholesterolu we krwi (Schierholt i in., 2000; Flakelar i in., 2022; Xiao i in., 2022). Generalnie produkty otrzymane z oleju rzepakowego są często stosowane w zdrowej diecie i należą do grupy produktów o najwyższych dynamikach sprzedaży detalicznej żywności (Abbadi i in., 2011; Svanes i in., 2020). Obecnie hodowla jakościowa rzepaku

nadal skupiona jest na uzyskaniu odmian o polepszonej wartości użytkowej nasion np.: podnoszenie zawartości tłuszczu w nasionach, obniżanie zawartości włókna, modyfikacja zawartości kwasów tłuszczowych (Guan i in., 2012; Przybylski i in., 2013; Szała i in., 2022; Wielebski i in., 2022; Lipsa i in., 2023). Aktualnie trwają prace hodowlane z wykorzystaniem mutagenezy indukowanej chemicznie nad rzepakiem wysokooleinowym (C18:1, 78%) oraz o podwyższonej zawartości kwasu oleinowego (C18:1, 75%) i obniżonej zawartości kwasu linolenowego (C18:3, 3%) - czego rezultatem są odmiany typu HOLL (*High Oleic Low Linolenic*) (Chang i in., 2022; Wielebski i in., 2022; Wang i in., 2023).

Wysoki i stabilny plon nasion uzyskiwany w różnorodnych warunkach środowiskowych to najważniejsze cechy w ilościowych programach hodowlanych rzepaku (Rajković i in., 2021; Alizadeh i in., 2022). Na początku lat 90. plonowanie odmian rzepaku uległo znacznej poprawie (Friedt i Snowdon, 2009; Wittkop i in., 2009) poprzez: (i) wprowadzenie do uprawy odmian mieszańcowych (Zand i Beckie, 2002; Brandt i in., 2007; Dolatabadian i in., 2022), (ii) rozwój/zwiększoną odporność na stres biotyczny i abiotyczny (Merkel i in., 2004; Schuster i Rathke., 2001; Waalen i in., 2013; Ding i in., 2021), (iii) zwiększoną zdolność pobierania azotu (Kessel i in., 2012; Miersch i in., 2016; Laidig i in., 2024) oraz (iv) zmiany fenotypu (odmiany karłowate i półkarłowate) w celu zmniejszenia podatności roślin na wyleganie oraz ułatwienie zbioru (Frick i in., 1994; Muangprom i Osborn, 2004; Muangprom i in., 2006; Zheng i in., 2022). Ważnym kierunkiem hodowli ilościowej jest również wytwarzanie odmian o odporność na wyleganie, pękanie łuszczyn, choroby oraz herbicydy (Yadava i in., 2012; Fu i in., 2016; Wang i in., 2023). Ponadto częstsze występowanie niekorzystnych warunków dla rozwoju roślin wymusza poszukiwanie genotypów o stabilnych plonach poprzez większą tolerancję na niskie i wysokie temperatury, niedobory wody i składników pokarmowych (Fu i in., 2016; Pullens i in., 2019; Chand i in., 2021; Wójtowicz i in., 2022).

Powszechnie uważa się, że wybór odmiany rzepaku jest jednym z istotnych czynników decydujących o wielkości plonu oraz jego jakości (Mikołajczak, 2018). Odmiany populacyjne rzepaku są często uprawiane przez producentów rolnych głównie za sprawą niższej ceny zakupu materiału siewnego, w porównaniu z odmianami mieszańcowymi (Kebede i in., 2010; French i in., 2016; French 2017; Mustafa i in., 2022). Odmiany te plonują niżej niż odmiany mieszańcowe i najczęściej zawierają więcej białka w nasionach (Bhattarai, 2023). Hodowla odmian populacyjnych polega na tradycyjnej metodzie hodowli linii, wybierając rośliny rodzicielskie o korzystnych, dziedzicznych cechach. Natomiast odmiany mieszańcowe tworzone są przez krzyżowanie roślin męsko-sterylnych (żeńskich) z roślinami płodnymi, produkującymi pyłek (męskimi), w celu uzyskania nasion zrestorowanych (o przywróconej płodności roślin) (Vollman i Rajcan, 2009). Odmiany hybrydowe mają wyższy i bardziej stabilny plon ze względu na wysoki efekt heterozji oraz mniejszą reakcję na zapylanie przez pszczoły, w porównaniu do odmian populacyjnych (Diepenbrock, 2000; Pokharel i in., 2020). Większa wrażliwość na zapylenie przez pszczoły odmian populacyjnych, może wynikać z większej różnorodności genetycznej odmian populacyjnych w porównaniu do odmian hybrydowych (Tommasini i in., 2003). Różnice w plonie na niekorzyść odmian populacyjnych, mogą być jeszcze

większe, w szczególności wśród odmian populacyjnych o małej ilości produkowanego pyłku (Lankinen i Larsson, 2007). Jest to szczególnie istotne w warunkach zmniejszania się populacji dzikiej pszczoły miodnej (Wood i in., 2020; Lima i in., 2022). Odmiany heterozyjne charakteryzują się przede wszystkim wyższym plonem nasion, szybszym rozwojem jesiennym, większą liczbą liści rozetowych oraz łuszczyn, które wypełnione są większą ilością nasion, w stosunku do odmian populacyjnych (Kole i in., 2002; Brandt i in., 2007; Jankowski i Budzyński, 2007a; Wielebski, 2007ab; Rahman, 2013; Kraling i in., 2011; Ratajczak i in., 2019; Wolko i in., 2019). W badaniach Wójtowicza i in. (2022) odmiana mieszańcowa plonowała średnio o 16% wyżej niż odmiana populacyjna. Było to głównie wynikiem, większej liczby nasion w łuszczynie oraz łuszczyn na jednostce powierzchni. Ponadto, odmiany mieszańcowe ze względu na większy wiosenny wigor są w stanie lepiej wykorzystać sprzyjające warunki wilgotnościowe panujące wczesną wiosną (Wójtowicz i in., 2022). Efekt heterozji obserwowany jest również w odniesieniu do cech jakościowych oraz lepszej odporności na środowiskowe czynniki stresowe (Rathke i in., 2006; Brandt i in., 2007; Faraji i in., 2008). Efektywność wykorzystania azotu jest wyższa o 10–24% wśród odmian mieszańcowych w porównaniu do odmian populacyjnych. Z kolei odmiany mieszańcowe długołodygowe odznaczają się 12% efektywniejszym wykorzystaniem azotu niż odmiany mieszańcowe półkarłowe (Groth i in., 2020). Odmiany mieszańcowe poprzez intensywniejszy wigor, większą produkcję biomasy oraz absorpcję promieniowania słonecznego, mogą skutecznie tłumić rozwój chwastów, co może być pośrednią metodą w walce z odpornością chwastów na herbicydy (Mwendwa i in., 2020). Według Pokharela i in. (2020) odmiany mieszańcowe wykazują znacznie wyższą tolerancję w stosunku do stresu cieplnego, co wskazuje na wzrost ich znaczenia w warunkach ocieplającego się klimatu. Popularność odmian mieszańcowych stale wzrasta we wszystkich regionach uprawy rzepaku (Wittkop i in., 2009; Jiang i in., 2022). W Niemczech, a także Kanadzie ponad połowa powierzchni uprawy rzepaku obsiewana jest odmianami mieszańcowymi, podobny trend utrzymuje się w pozostałych krajach ważnych dla produkcji rzepaku (Gehringer i in., 2007; Mahli i in., 2007; Brewing i in., 2012; Harker i in., 2012; Lindström i in., 2016; Jiang i in., 2022). Hodowla odmian hybrydowych, umożliwia uprawę rzepaku również na słabszych stanowiskach, co pozwala na dalszy wzrost produkcji rzepaku oraz zapewnienie rentowności na mniej produktywnych stanowiskach, a także pozwala wprowadzić roślinę dwuliścienną do ubogich płodozmianów zbożowych, które dominują na tych glebach (Gehringer i in., 2007; Le Roux, 2018).

Ważny kierunek w hodowli roślin oleistych stanowią półkarłowe odmiany rzepaku. Oferują one szereg korzyści agronomicznych i ekonomicznych dzięki swojej unikalnej charakterystyce wzrostu (Zając i in., 2016; Groth i in., 2020; Channaoui i in., 2022). Interesującym podejściem jest produkcja mieszańców półkarłowych z rodziców karłowatych i o tradycyjnym typie wzrostu, które mogą mieć zwiększony wskaźnik plonowania i wyższy plon nasion, zwłaszcza gdy dostępność azotu jest ograniczona (Miersch i in., 2016). Wprowadzenie odmian o półkarłowym pokroju wzrostu (głównie są to odmiany mieszańcowe), ułatwia zbiór, podnosi odporność na wyleganie, skutkuje uzyskaniem

wyższego indeksu żniwnego oraz zwiększa efektywność energetyczną ich uprawy (Jankowski i in., 2016; Miersch i in., 2016; Groth i in., 2020). Ze względu na wyższą zimotrwałość, w porównaniu do odmian długołodygowych, są one zalecane do uprawy w regionach o chłodniejszym klimacie (Pinochet i Renard, 2012; Secchi i in., 2021). Pierwsza półkarłowa odmiana hybrydowa Lutin, powstała ze skrzyżowania linii karłowatej i linii typu normalnego, została wprowadzona na rynek francuski w 1999 roku (Noel, 1999; Pinochet i Renard, 2012). Pomimo większej odporności na wyleganie, zwiększoną zimotrwałość, łatwiejszy zbiór oraz wyższą tolerancję na suszę, w porównaniu z mieszańcami typu tradycyjnego, odmiany półkarłowe nie zdobyły popularności w Europie Zachodniej, za sprawą niższego plonowania (Miersch i in., 2016; Brčić i in., 2023). Odmiany heterozyjne półkarłowe z reguły charakteryzują się niższym plonem niż odmiany mieszańcowe o tradycyjnym pokroju, głównie przez niższą masę tysiąca nasion (o 3–6%) oraz mniejszą ich liczbę w łuszczynie (o 6–18%) (Clarke i in., 2010; Bečka i in., 2014; Wielebski, 2014; Jankowski i in., 2016; Ghafoor i in., 2022). Różnice w plonie nasion pomiędzy morfotypami krótkołodygowymi a długołodygowymi wynoszą 0,52–0,84 Mg ha^{-1} w Wielkiej Brytanii, 0,21–0,44 Mg ha^{-1} w Niemczech, 0,84–1,51 Mg ha^{-1} w Chorwacji oraz 0,12–0,62 Mg ha^{-1} w Polsce (Sieling i Kage, 2008; Clarke i in., 2010; Jankowski i in., 2016; Brčić i in., 2023). Morfotypy półkarłowe w warunkach północno-wschodniej Polski mogą wydać wysoki plon nasion, jeśli zasiane są w terminie przyrodniczo-optymalnym, w ilości 80 nasion m^{-2}, a plantacja prowadzona jest w intensywnej technologii produkcji (Sokólski i in., 2020). Odmiany te są przydatne szczególnie w technologiach wysokonakładowych, ponieważ wykazują większą odporność na wyleganie, a ze względu na niższą biomasę są łatwiejsze do zbioru (Sokólski i in., 2020). Odmiany półkarłowe wytwarzają podobną masę liści do odmian o tradycyjnym typie wzrostu, jednocześnie dają niższe plony nasion, co prowadzi do niższej efektywności wykorzystania azotu (NUE - *Nitrogen Use Efficiency*) oraz niższej efektywności pobierania azotu (NUpE - *Nitrogen Uptake Efficiency*) (Dresbøll i in., 2016).

Zawartość tłuszczu i białka w nasionach, a także profil kwasów tłuszczowych w oleju rzepaku uważa się za podstawowe wskaźniki jakości nasion (Ghafoor i in., 2022). W badaniach Sikorskiej i in. (2021), odmiana półkarłowa rzepaku ozimego akumulowała w nasionach o 2% więcej tłuszczu surowego oraz włókna surowego niż odmiana mieszańcowa o tradycyjnym tempie wzrostu oraz populacyjna. W badaniach Grotha i in. (2020), najwyższą koncentrację tłuszczu surowego zaobserwowano w nasionach odmiany mieszańcowej półkarłowej i populacyjnej. Z kolei koncentracja białka ogólnego była najwyższa w nasionach odmiany populacyjnej oraz mieszańcowej długołodygowej. W badaniach przeprowadzonych w Czechach zawartość tłuszczu surowego w nasionach odmian półkarłowych rzepaku ozimego wynosiła 432–472 g kg^{-1} s.m. i była średnio o 1–2% wyższa niż w nasionach tradycyjnych odmian mieszańcowych i populacyjnych (Zukalova i in., 2014). Z kolei w środkowych Niemczech (Dolna Saksonia) nasiona odmian rzepaku ozimego typu półkarłowego i tradycyjnego gromadziły podobną ilość tłuszczu surowego (496–500 g kg^{-1} s.m.) i białka ogólnego (183–184 g kg^{-1} s.m.) (Miersch i in., 2016).

Poziom glukozynolanów jest ważnym parametrem w przetwórstwie rzepaku ozimego, w szczególności w produkcji pasz (Groth i in., 2020). W Polsce norma zawartości glukozynolanów odmian wpisywanych do Krajowego rejestru jest jedną z najniższych na świecie (15 μM g^{-1} nasion) i jest ciągle zmniejszana w wyniku hodowli nowych odmian (Sikorska i in., 2023a). Badania Różyło i Pałys (2014) oraz Sikorskiej i in. (2018a) wykazały, że zawartość glukozynolanów w nasionach odmian półkarłowych rzepaku ozimego jest wyższa o 2–3% niż u odmian mieszańcowych długołodygowych.

2.2. Termin siewu

Postęp w hodowli nowych odmian oraz mnogość ich wyboru sprawiły, że właściwy ich dobór jest jednym z istotnych elementów technologii produkcji nasion rzepaku (Al-Ahmad i Gressel, 2006). Wydajność oraz wielokierunkowość użytkowania odmian są powodami, dla których ciągłe badania nad dopracowaniem technologii ich uprawy są w pełni uzasadnione. Szczególnie ważna jest weryfikacja zaleceń dotyczących terminu i gęstości siewu dla nowych odmian zarówno populacyjnych, jak i mieszańcowych w typie długo- i krótkołodygowym (Berry i Spink, 2006; Ratajczak i in., 2017).

Termin siewu rzepaku ozimego jest jednym z ważnych czynników plonotwórczych technologii uprawy rzepaku ozimego (Ratajczak i in., 2017; Butkevičienė i in., 2021). Jednocześnie jest to element nie chemiczny oraz beznakładowy produkcji, decydujący o długości wegetacji roślin (Muśnicki i Budzyński, 2005; Wang i in., 2012; Khayat i in., 2014; Andrew i Storkey 2017; Hashim i Mahmood 2021). Właściwie dobrany termin siewu gwarantuje uzyskanie wysokiego plonu, jednak czynniki środowiskowe (opady atmosferyczne, temperatura i wilgotność powietrza), mogą wpływać modyfikująco na ten czynnik agrotechniczny (Al-Doori, 2011). Reakcja odmian rzepaku na termin siewu zależy od warunków klimatycznych regionu i charakterystyki uprawianego genotypu (Faraji, 2010; Shafigi i in., 2021). Termin siewu w znacznym stopniu wpływa na fenologiczne i fizjologiczne cechy roślin uprawnych, dlatego aspekt ten w porównaniu do innych czynników agrotechnicznych może decydować o rozwoju roślin w konkretnych warunkach agroklimatycznych (Khayat i in., 2014; Dolatparast i in., 2021). Jest to szczególnie istotne w warunkach zmian klimatycznych, z cieplejszymi zimami oraz częstym występowaniem ekstremalnych zjawisk pogodowych (Ranabhat i in., 2021; Shafigi i in., 2021; Cağlı i in., 2024). Dobrze dobrany termin siewu rzepaku ozimego gwarantuje: (i) szybkie i wyrównane wschody; (ii) zapewnia odpowiedni jesienny rozwój roślin i ich lepsze zimowanie; (iii) większą akumulację składników pokarmowych w szyjce korzeniowej i korzeniu palowym, która pozwoli na dynamiczny wiosenny wzrost roślin (Crnobarac i in., 2015).

Ponieważ termin siewu rzepaku ozimego jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na plonowanie i inne wskaźniki agronomiczne, konieczna jest jego optymalizacja (Butkevičienė i in., 2021). Zaobserwowano, że na produktywność wpływa zbyt wczesny lub zbyt późny siew (Hocking i Stapper, 2001; Lääniste i in., 2008; Crnobarac i in., 2015; Ratajczak i in., 2017; Dolatparast i in., 2021). Termin siewu rzepaku ozimego zależy przede wszystkim od warunków

klimatycznych panujących w danym regionie uprawy (Velička i in., 2012). Technologia uprawy rzepaku w Europie jest podobna z wyjątkiem terminu siewu, który jest różny w zależności od rejonu jego uprawy i przypada na okres od 1 sierpnia do 10 września (Crnobarac i in., 2015). W cieplejszej, południowej części Europy (Rumunia) siew rzepaku powinno się wykonać w pierwszej dekadzie września (Risnoveanu i Buzdugan, 2011). W krajach północnej Europy (Estonia, Łotwa) za optymalny termin siewu uważa się 8–25 sierpnia (Lääniste i in., 2007; Fridrihsone i in., 2020). Na Litwie optymalny termin siewu rzepaku ozimego przypada na 5–10 sierpnia (Montvilas i Mittas, 2000). W Niemczech za optymalny termin siewu uznaje się 17–25 sierpnia. Optymalny termin siewu rzepaku ozimego w Polsce przypada pomiędzy 10 a 30 sierpnia (Mrówczynski i Pruszyński, 2008). Jednak dane te opracowane były ponad 50 lat temu dla populacyjnych odmian rzepaku ozimego o wysokiej zawartości kwasu erukowego i glukozynolanów (Schuster, 1965; Dembiński, 1983), które nie są uprawiane w Europie od co najmniej 30-40 lat. Obecnie rzepak uprawiany jest na dużą większą skalę, a odmiany lepiej adaptują się do zmiennych warunków klimatycznych, są odporniejsze na stresy, a także lepiej regenerują uszkodzenia (Velička i in., 2012). W ostatnich latach w miesiącach jesiennych obserwuje się wyższe średniodobowe temperatury powietrza co stwarza możliwość późniejszego siewu rzepaku ozimego dając szansę na jego uprawę nawet po przedplonach późno schodzących z pola (Jarecki i Bobrecka-Jamro, 2019a).

Optymalny termin siewu przyczynia się do wykształcenia odpowiedniego pokroju rozet, głębokiego systemu korzeniowego o wysokiej zawartości suchej masy co zwiększa odporność na mróz, wahania temperatur oraz suszę (Wang i in., 2012; Jankowski i in., 2016; Sieling i in., 2017). Rośliny rzepaku ozimego przed zahamowaniem jesiennej wegetacji powinny wytworzyć rozety liściowe z 6–8 liśćmi, z szyjką korzeniową o średnicy ok. 1 cm oraz długim (>20 cm) korzeniu palowym (Velička i in. 2012). Liczba rozwiniętych liści rozetowych jest funkcją długości okresu wegetacji jesiennej i zdolności roślin do syntezy węglowodanów zapasowych i białek. Cechy te kształtują tolerancję roślin na niskie temperatury podczas zimowego spoczynku i wczesnowiosennego wzrostu (Velička i in., 2010, 2011; Waalen i in., 2013).

W wielu częściach Europy, ze względów ekonomicznych, przedplony wcześnie schodzące z pola, zastępowane są pszenicą ozimą, co skutkuje opóźnieniem terminu siewu rzepaku ozimego (Balalić i in., 2017; Sieling i in., 2017). Opóźnienie terminu siewu skraca okres jesiennego rozwoju rozet, zmniejszając liczbę liści o 10% oraz ich masę o ok. 35%, co ma bezpośrednie przełożenie na zmniejszenie liczby rozgałęzień bocznych (Vincze, 2017; Wielebski i Wójtowicz, 2018a). W warunkach opóźnienia termin siewu rzepaku ozimego zmniejsza się również średnica szyjki korzeniowej (o 30–50%), sucha masa rozet (o 47%) i korzenia palowego (o 74%) (Velička i in., 2012; Šidlauskas i in., 2015; Sieling i in., 2017) oraz obniżeniu ulega koncentracja cukrów w pąkach wierzchołkowych i korzeniach (Balodis i in., 2012). Generalnie istnieje silna korelacja pomiędzy terminem siewu a przezimowaniem roślin rzepaku ozimego (Waalen i in., 2013; Martinez-Feria, 2015). Badania przeprowadzone w Norwegii, dowiodły pozytywny wpływ zwiększającej się liczby liści i grubości szyjki korzeniowej na

zimowanie rzepaku ozimego, co sugeruje, że jesienny rozwój roślin może być czynnikiem decydującym o przezimowaniu roślin, szczególnie w warunkach chłodniejszego klimatu (Waalen i in., 2013).

Odpowiedni rozwój roślin w okresie jesiennym wpływa również na prawidłowy rozwój wiosenno–letni (Wielebski i Wójtowicz, 2018ab). Opóźniony siew zmniejsza liczbę pędów I rzędu (o 10%) oraz zwiększa wyleganie (o 7%) (Wielebski i Wójtowicz, 2018a). Późny siew powoduje przesunięcie kwitnienia i dojrzewania roślin na okres wyższych temperatur powietrza co powoduje płonność kwiatów oraz słaby rozwój łuszczyn i nasion, które charakteryzują się niską zdolnością kiełkowania (Whitfield, 1992; Farré i in., 2002; Morrison i Stewart, 2002; Aksouh-Harradj in., 2006; Faraji i in., 2008; Faraji i in., 2009; Sattar i in., 2013; Balodis i Gaile, 2016; Ramazani i Kalantari, 2019; Nafi i Torrion, 2024). Taylor i Smith (1992) oraz Hashim i Mahmood (2021) stwierdzili, że opóźnienie terminu siewu rzepaku skraca rozwój wegetatywny rośliny, zmniejszając wskaźnik powierzchni liści, które nie są w stanie wyprodukować wystarczającej ilości asymilatów do formujących się łuszczyn oraz nasion znajdujących się na pędach bocznych, zmniejszając liczbę łuszczyn oraz masę tysiąca nasion. W badaniach Abdoli i in. (2004), 45-dniowe opóźnienie siewu rzepaku zmniejszyło liczbę nasion w łuszczynie o ok. 27%. Rośliny z siewów opóźnionych bardziej narażone są również na atak pchełki rzepakowej (*Psylliodes chrysocephala* L.), chowacza brukwiaczka (*Ceutorhynchus napi* Gyll) oraz słodyszka rzepakowca (*Meligethes aeneus* F.) (Alford i in., 2003; Valantin-Morison i in., 2007; Charles i in., 2020; Lundin i in., 2020). Plantacje siane późno, mają nie tylko mniejsze szanse na wytworzenie roślin o odpowiednim pokroju, ale również gorzej plonują. Zdecydowana większość badań agronomicznych wskazuje na niekorzystny wpływ opóźnionego siewu na plon nasion (Robertson i in., 2004; Uzun i in., 2009; Turhan i in., 2011; Yadav i in., 2011). Opóźnienie terminu siewu o 7 i 14 dni prowadzi do zmniejszenia plonu nasion rzepaku odpowiednio o 23 i 60% (Ratajczak i in., 2017). W badaniach Jankowskiego i in. (2016) przesunięcie terminu siewu odmian mieszańcowych skutkowało większą obniżką plonu nasion u morfotypów półkarłowych niż tradycyjnych, u których plon obniżał się odpowiednio o 91 i 69 kg nasion na każdy dzień opóźnienia siewu. W warunkach agroekologicznych Niemiec opóźnienie siewu rzepaku ozimego o 12 i 30 dni obniżyło plon nasion odpowiednio o 7 i 25% (Sieling i in., 2017). W warunkach agroklimatycznych Węgier opóźnienie siewu o 14 dni zmniejszyło plon nasion od 5 do 25% (Vincze i Pepó, 2018). W warunkach południowo-zachodnich Stanów Zjednoczonych (stan Nowy Meksyk), opóźnienie terminu siewu rzepaku ozimego o 7 i 14 dni obniżyło plon nasion o 9 i 17% (Begna i Angadi, 2016). Z kolei w warunkach Europy południowo-wschodniej (Serbia) oraz południowo-wschodniej Polski, opóźnienie siewu o 10–20 dni nie miało wpływu na wielkość plonu (Marjanović-Jeromela i in., 2019; Jarecki i Bobrecka-Jamro, 2019a). Wczesny siew powoduje zwiększenie długości epikotylu (wyższe wyniesienie stożka wzrostu ponad glebę), średnicy szyjki korzeniowej oraz masy rozety i korzenia, co naraża rośliny na uszkodzenia mrozowe (Balodis i Gaile, 2009; Wrucke i in., 2020; Nafi i Torrion, 2024). Wczesny siew zwiększa również ryzyko uszkodzeń korzeni przez śmietkę kapuścianą (*Delia radicum* L.), w wyniku

synchronizacji rozwoju roślin oraz cyklu rozwojowego szkodników (Valantin-Morison i in., 2007; Khaliq i in., 2014).

Termin siewu wpływa również na jakość plonu nasion rzepaku (Fathi i in., 2003; Butkutė i in., 2006; Shirani Rad i in., 2017). Największe plony białka i tłuszczu uzyskuje się z plantacji sianych w terminie przyrodniczo-optymalnym (Ratajczak i in., 2019). Nasiona zebrane z plantacji sianych po terminie optymalnym charakteryzują się niższą zawartością tłuszczu surowego (o 3–6%) oraz większą zawartością białka ogólnego (o ok. 5%), włókna surowego i glukozynolanów (o ok. 25%) (Yadav i in., 2011; Sattar i in., 2013; Ratajczak i in., 2017; Monfared i in., 2018; Jarecki i Bobrecka-Jamro, 2019a). W wyniku opóźnienia termin siewu zmniejszeniu ulega zawartość kwasu oleinowego i linolowego na rzecz kwasu linolenowego oraz erukowego (Turhan i in., 2011; Fard i in., 2018; Nazeri i in., 2018; Dolatparast i in., 2021). W badaniach Gharechaei i in. (2019) oraz Darby i in. (2013), opóźniony termin siewu o 20 dni zmniejszał plon tłuszczu z hektara aż o 45%, zmniejszając zawartość kwasu oleinowego o 5%, erukowego o 13% oraz zwiększał zawartość glukozynolanów o 35%.

2.3. Gęstość siewu

Procesy kształtowania plonów są bardzo zmienne i zależą od odmiany, warunków środowiskowych oraz czynników agronomicznych, a także interakcji między nimi (Zhang i in., 2012; Zając i in., 2011; Bartomeus i in., 2015; Aftab i Hakeem, 2022). Zagęszczenie roślin jest ważnym czynnikiem technologii produkcji, który wpływa na rozwój roślin oraz jakość i wielkość plonu nasion (Diepenbrock, 2000; Dong i in., 2010; Ciampitti i Vyn, 2011; Khan i in., 2018; Wilczewski i in., 2020). W warunkach przewidywanego globalnego ocieplenia, którego skutkiem będzie większa zmienność pogody, rola ilości wysianych nasion, jako jednego z podstawowego elementów agrotechniki rzepaku, będzie rosła (Wójtowicz i in., 2022). Optymalne zagęszczenie roślin pozwala na maksymalne wykorzystanie czynników środowiskowych, przy jednoczesnej minimalizacji konkurencji wewnątrz i między roślinami, co pozwala na osiągnięcie maksymalnego możliwego plonu o pożądanej jakości (Khajehpour, 2006).

Zagęszczenie roślin rzepaku ozimego na jednostce powierzchni wpływa na przechwytywanie promieniowania słonecznego, parowanie wody z gleby, rozwój chorób grzybowych i wirusowych oraz konkurencyjność wobec chwastów (Malarz i in., 2006; Rondanini i in., 2017). Zagęszczenie roślin decydując o ilości światła docierającego do roślin, staje się czynnikiem wpływającym na rozwój oraz fizjologię poszczególnych organów rośliny (Budzyński i Ojczyk, 1996; Matysiak i Kaczmarek, 2013). Wzrost liczby roślin na jednostce powierzchni wiąże się z lepszym wykorzystaniem gruntów ornych i lepszym przechwytywaniem światła, ale nie zawsze przekłada się to na wyższą wydajność plonowania (Hiltbrunner i in., 2007; Worku i Astatkie, 2011; Zhang i in., 2012; Wang i in., 2023). Rzepak ozimy jest bardzo wrażliwy na zmiany w zagęszczeniu roślin co przejawia się konkurencją między roślinami, zmiennością cech morfologicznych, w tym rozwojem kwiatostanów i zróżnicowaniem składowych plonu (Matysiak i Kaczmarek, 2013; Balodis i Gaile, 2015). Gęstość siewu pozostaje

w ścisłej interakcji z kategorią agronomiczną gleby, dokładnością uprawy przedsiewnej roli oraz terminem siewu (Budzyński, 2010).

Rzepak ozimy silnie reaguje na zmiany w obsadzie łanu, które wpływają różnicująco na pokrój rozet liściowych (Malarz i in., 2006). W badaniach przeprowadzonych na Litwie nie stwierdzono jednoznacznych różnic w zależności od gęstości siewu w liczbie liści w rozecie, średnicy szyjki korzeniowej oraz masie rozety i korzenia (Balodis i Gaile, 2009). W warunkach agroekologicznych Polski południowo-zachodniej zwiększenie gęstości siewu z 40 do 80 nasion m^{-2} zmniejszało liczbę liści oraz średnicę szyjki korzeniowej o 10% oraz masę rozety o 40% (Malarz i in., 2006). Wzrost zagęszczenia roślin powoduje obniżenie ich przezimowania (o 5–10%), co jest związane głównie z nadmiernym wyniesieniem stożka wzrostu (Velička i in., 2006; Lääniste i in., 2007; Wilczewski i in., 2020).

Wraz ze zwiększaniem obsady roślin, rośnie masa korzeni na jednostce powierzchni, które są w stanie efektywniej pobierać wodę i składniki pokarmowe, jednak indeks plonowania ulega zmniejszeniu w wyniku redukcji powierzchni asymilacyjnej pojedynczej rośliny (Li i in., 2017). Efektywne przechwytywanie promieniowania słonecznego w warunkach wysokiej obsady roślin przyczynia się do tworzenia wyrównanego łanu, co wpływa na równomierność dojrzewania i ogranicza straty w wyniku osypywania nasion (Wang i in., 2011; Li i in., 2014). Zbyt duże zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni może powodować nieprawidłowości w zapylaniu kwiatów i transporcie asymilatów do rozwijających się zalążków (Wang i in., 2011). Jednocześnie nadmierne zagęszczenie roślin może prowadzić do pogorszenia warunków świetlnych w łanie i zaopatrzenia w CO_2 oraz zwiększyć podatność roślin na porażenie przez patogeny (Hirose i in., 1997; Seassau i in., 2012). Nadmierne zagęszczenie roślin potęguje również konkurencję między roślinami, co bezpośrednio je osłabia, a w konsekwencji wzrasta ich wysokość, wyleganie oraz zmniejsza się odporność na choroby (Matysiak i Kaczmarek, 2013; Baker i in., 2014). Badania dowodzą jednak, że rzepak zasiany w różnej obsadzie charakteryzuje się dużymi możliwościami kompensacyjnymi i samoregulacyjnymi elementów struktury plonu (Budzyński, 2010; Tian i in., 2020a; Nafi i Torrion, 2024).

Gęstość siewu zależy od warunków siedliskowych i klimatycznych - im gorsze warunki tym gęściejszy siew, a im bardziej intensywna technologia uprawy rzepaku ozimego tym siew rzadszy. W warunkach agroekologicznych Polski, w technologiach bardzo intensywnych należy wysiewać 45–50 nasion rzepaku ozimego na 1 m^2, zapewniając obsadę 30–40 roślin m^{-2} przed zbiorem. W technologiach średniointensywnych należy wysiać 50 nasion m^{-2} odmian mieszańcowych lub 70 nasion m^{-2} populacyjnych. W technologiach niskonakładowych wysiewa się 90 nasion odmian populacyjnych, uzyskując ponad 70 plonujących roślin m^{-2}. Zwiększa to konkurencję wobec chwastów oraz kompensuje mniejszą liczbę łuszczyn wiązanych przez pojedyncze rośliny przy niższym poziomie intensywności technologii produkcji. Opóźnienie siewu powyżej 5 dni wymaga zwiększenia ilości wysiewu o ok. 20 nasion m^{-2} (Jankowski, 2020).

Zagęszczenie roślin na jednostce jest głównym czynnikiem wpływającym na liczbę łuszczyn na roślinie (Balodis i Gaile, 2016). Po okresie kwitnienia, łuszczyny są głównym aparatem fotosyntetycznym rzepaku (Matysiak i Kaczmarek, 2013). W miarę wzrostu zagęszczenia roślin rzepaku, plon nasion z pojedynczej rośliny maleje, jednak w wyniku, większej ilości rozgałęzień, pąków kwiatowych oraz łuszczyn na jednostce powierzchni, produkcja nasion z 1 hektara może wzrastać (Zhang i in., 2012; Matysiak i Kaczmarek, 2013). Szacuje się, że najwyższy potencjał plonowania rzepaku osiągany jest przy 5–10 tys. łuszczyn na 1 m^2 (Wielebski, 2007a; Berry i Spink, 2009). W badaniach Li i in. (2017), zwiększanie obsady roślin redukowało liczbę łuszczyn na roślinie oraz liczbę nasion w łuszczynie, jednak masa tysiąca nasion nie ulegała zmianie. W badaniach Wilczewskiego i in. (2020) każde zwiększenie gęstości siewu o 20 nasion m^{-2} (w zakresie od 40 do 120 nasion m^{-2}) skutkowało, zmniejszeniem liczby łuszczyn na roślinie średnio o 10%, jednak w wyniku większej obsady roślin w siewach zagęszczonych, liczba łuszczyn na jednostce powierzchni ulegała zwiększeniu o 13%. W przeciwieństwie do liczby łuszczyn na roślinie, liczba nasion w łuszczynie, chociaż zależna od gęstości siewu, nie podlegała jednokierunkowym zmianom.

Wraz ze zmniejszeniem się liczby roślin na jednostkę powierzchni, dochodzi do częściowej kompensacji plonu poprzez towarzyszący mu wzrost wartości liczbowych pozostałych komponentów plonu (Zhang i in., 2012). Wynika to z większej powierzchni liści, liczniejszych rozgałęzień bocznych i łuszczyn na roślinie, które mają większą liczbę dorodniejszych nasion (Morrison, 1990; Leach i in., 1994; Rondanini i in., 2017; Wilczewski i in., 2020). Pomimo udokumentowanej możliwości zmniejszenia ilości wysiewanych nasion do 20–40 szt. m^{-2} (Kwiatkowski, 2012; Śmiatacz, 2013; Krček i in., 2014), konieczne jest uwzględnienie warunków wilgotnościowych panujących podczas siewu, zwłaszcza na terenach charakteryzujących się większym prawdopodobieństwem niedoboru lub nadmiaru opadów atmosferycznych w okresie siewu (Wójtowicz i in., 2022). Rzepak wykazuje wysoką wrażliwość na niedobory wody w okresie kiełkowania, co w skrajnych przypadkach, uniemożliwia wschody oraz może być przyczyną likwidacji plantacji, ze względu na niską obsadę roślin i silna presję ze strony chwastów (Kalninš i Gaile, 2019; Wilczewski i in., 2020). Przy dużych obsadach, rośliny są często bardziej podatne na wyleganie i zwiększoną infekcję przez sprawców chorób (Leach i in., 1999; Wang i in., 2023). Jednak na stanowiskach o lżejszych glebach i niskiej zasobności w składniki pokarmowe rośliny rzepaku słabo kompensują niższą obsadę, dlatego w tych warunkach szczególnie ważne jest zachowanie odpowiedniego zagęszczenia roślin (Roques i Berry, 2016; Assefa i in., 2018). Większe zagęszczenie roślin, zmniejsza ryzyko uszkodzeń roślin przez szkodniki, jednak w regionach o silnej presji szkodników, może być to niezauważalne (Valantin-Morison i in., 2007).

W warunkach północno-wschodniej Polski, gdzie straty pozimowe wynoszą powyżej 20% ważna jest interakcja układu warunków agroekologicznych oraz terminu siewu z gęstością siewu. W badaniach Jankowskiego i Budzyńskiego (2007a), w latach o optymalnych opadach atmosferycznych najwyższy plon nasion rzepaku ozimego uzyskano przy wysiewie 60 nasion m^{-2}. W warunkach suszy wiosennej wyższy plon nasion osiągnięto wysiewając aż 120 nasion m^{-2} (Jankowski i Budzyński,

2007a). W badaniach Wilczewskiego i in. (2020) zmiana gęstości siewu w zakresie od 40 do 60 nasion m^{-2} nie różnicowała plonu nasion rzepaku ozimego. Zwiększanie gęstości wysiewu do 80 nasion m^{-2} powodowało wzrost plonu o 0,26 Mg ha^{-1}. Dalsze zwiększanie obsady do 100 i 120 nasion m^{-2} nie powodowało wzrostu plonu nasion. Podobnie w badaniach Wójtowicza i in. (2017) odnotowano wyższy (o 0,35 Mg ha^{-1}) plon nasion siejąc rzepak ozimy w gęstości 70 nasion m^{-2}, w porównaniu do wysiewu 35 nasion m^{-2}. W obu badaniach przyrost plonu nasion wynikał z większej liczby łuszczyn na jednostce powierzchni w miarę wzrostu gęstości siewu. Również na północy Europy (Łotwa) plon nasion odmian populacyjnych i mieszańcowych rzepaku ozimego sianych w ilości 80–100 nasion m^{-2} jest najwyższy (Balodis i Gaile, 2012). W zachodnich Czechach, gdzie warunki klimatyczne są sprzyjające, wysiew nawet 20 nasion m^{-2} przyniósł zadowalające efekty produkcyjne (Krček i in., 2014). W warunkach południowej Polski, w rejonie o łagodniejszych zimach, gdzie straty pozimowe są niewielkie, zwiększanie ilości wysiewu z 40 do 80 nasion m^{-2}, nie miało istotnego wpływu na plon nasion rzepaku ozimego. Dlatego w tych warunkach uzasadnione są siewy rzadsze (Kwiatkowski, 2012). Obniżona ilość wysiewu pozwala oszczędzić 20–50% kosztów poniesionych na zakup materiału siewnego (Budzyński, 2006; Lundin i in., 2020). W badaniach przeprowadzonych w Wielkiej Brytanii, dowiedziono, że optymalna pod względem ekonomicznym gęstość wysiewu wynosi 30 szt. nasion m^{-2}, co pozwala na zwiększenie nadwyżki bezpośredniej z hektara o ok. 30 GBP (Roques i Berry, 2016).

Optymalne zagęszczenie roślin jest niższe w przypadku odmian mieszańcowych niż w przypadku odmian populacyjnych, ze względu na lepszą kompensację elementów struktury plonu przez odmiany hybrydowe (Roques i Berry, 2016; Siahbidi i Asgari, 2023). W badaniach przeprowadzonych przez Wójtowicza i in. (2022) wykazano, że odmiana populacyjna wykazywała większą wrażliwość na zmiany w gęstości siewu w porównaniu do odmiany mieszańcowej. Dla odmiany populacyjnej, uzyskano wyższy plon nasion (4,31 Mg ha^{-1}) przy wyższej ilości wysiewu (80 szt. m^{-2}). Jednocześnie, obserwowano znaczący spadek plonu (o 10%) w przypadku obniżenia ilości wysiewu do 60 szt. m^{-2}.

Generalnie, zagęszczenie wysiewu według wielu autorów nie wpływa na cechy jakościowe nasion rzepaku ozimego (tj.: zawartość białka ogólnego, tłuszczu surowego, profil kwasów tłuszczowych etc.), które głównie zależą od terminu siewu, cech genetycznych i warunków pogodowych (Malarz i in., 2006; Wielebski, 2007b; Spychaj-Fabisiak i in., 2011; Kwiatkowski, 2012; Jarecki i in., 2013; Matysiak i Kaczmarek, 2013; Vujaković i in., 2014; Vujaković i in., 2015; Khan i in., 2018; Ratajczak i in., 2019; Tian i in., 2020b; Dinç i Ünay 2021). Niemniej jednak w badaniach Jareckiego i Bobreckiej-Jamro (2019b), zaobserwowano większą (4%) zawartość białka ogólnego w nasionach rzepaku ozimego pod wpływem zmniejszenia gęstości siewu z 60 do 40 nasion m^{-2}. Z kolei w badaniach Zhang i in. (2012) zawartość tłuszczu w nasionach zwiększała się w wyniku wzrostu gęstości siewu, co według autora może wynikać z większego udziału nasion wytworzonych na pędzie głównym, który był intensywniej doświetlony.

3. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

3.1. Opis eksperymentu i metody badań

Wyniki badań pochodzą ze ścisłego doświadczenia polowego realizowanego w uniwersyteckiej stacji badawczej w Bałcynach (53°35'46.4'' N, 19°51'19.5'' E), w trzech sezonach wegetacyjnych (2020/2021, 2021/2022, 2022/2023) z następującym układem zmiennych:

czynnik 1 - typ odmiany: populacyjna (SY Ilona); mieszańcowa długołodygowa (Advocat); mieszańcowa półkarłowa (PX131);

czynnik 2 - termin siewu: 20 sierpnia; 27 sierpnia; 03 września;

czynnik 3 - gęstość siewu: 30; 50; 70; 90 nasion m^{-2}.

Ścisłe doświadczenie polowe założono w układzie split-split-plot, w trzech powtórzeniach. Pierwszy czynnik (odmiana) tworzył bloki główne, drugi czynnik (termin siewu) podzielił bloki na podbloki, a te ostatnie zostały podzielone na tyle części, ile było poziomów trzeciego czynnika (gęstość siewu). Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 15 m^2. Corocznie przedplonem była pszenica ozima (*Triticum aestivum* L). Corocznie doświadczenie lokalizowano na glebie płowej typowej wytworzonej z gliny średniej (2 kompleks przydatności rolniczej) charakteryzującej się odczynem lekko kwaśnym (pH KCl 6,2–6,6) i zawartością C_{org} na poziomie 0,93–1,40%. Zawartość makro- oraz mikroskładników w warstwie ornej gleby wynosiła: 150,0–235,0 mg P_2O_5 kg^{-1}, 150,0–195,0 mg K_2O kg^{-1}, 89,5–119,4 mg MgO kg^{-1}, 4,4–14,9 mg SO_4^{2-} kg^{-1} (tabela 1).

Tabela 1. Charakterystyka warunków glebowych (2020–2023)

Wyszczególnienie	Sezon wegetacyjny		
	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Przedplon	pszenica ozima (*Triticum aestivum* L.)		
Typ gleby	płowa typowa		
Gatunek (warstwa orna)	glina średnia		
Klasa bonitacyjna	IIIa		
Kompleks przydatności rolniczej	pszenny dobry		
Odczyn gleby oraz zawartość przyswajalnych form pierwiastków			
pH KCl	6,6	6,4	6,2
C ogólny (%)	1,40	0,95	0,93
P_2O_5 (mg kg^{-1} gleby)	235,0 (bardzo wysoka)†	150,0 (średnia)	166,0 (wysoka)
K_2O (mg kg^{-1} gleby)	195,0 (średnia)	170,0 (średnia)	150,0 (średnia)
MgO (mg kg^{-1} gleby)	119,4 (wysoka)	89,5 (średnia)	72,9 (niska)
SO_4^{2-} (mg kg^{-1} gleby)	14,9 (niska)	4,4 (niska)	13,1 (niska)

† wg Panaka (1995)

Tabela 2. Przebieg procesu technologicznego produkcji nasion rzepaku ozimego (2020–2023)

Zabieg agrotechniczny	Sezon wegetacyjny								
	2020/2021			2021/2022			2022/2023		
	Termin siewu								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Orka siewna		12.08.2020			05.08.2021			01.08.2022	
Agregat uprawowy		17.08.2020			12.08.2021			11.08.2022	
Nawożenie przedsiewne		19.08.2020			18.08.2021			18.08.2022	
Agregat uprawowy	19.08.2020	26.09.2020	01.09.2020	19.08.2021	26.08.2021	02.09.2021	18.08.2022	26.08.2022	01.09.2022
Siew nasion	20.08.2020	27.08.2020	03.09.2020	20.08.2021	27.08.2021	03.09.2021	20.08.2022	27.08.2022	03.09.2022
Regulacja zachwaszczenia									
Butisan Star 416 SC ($2{,}5\ dm^3\ ha^{-1}$)	24.08.2020	27.08.2020	04.09.2020	20.08.2021	27.08.2021	03.09.2021	20.08.2022	27.08.2022	03.09.2022
Labrador Extra 05 EW ($0,\ 75\ dm^3\ ha^{-1}$)		24.09.2020			24.09.2021			24.09.2022	
Nawożenie pogłówne azotem i siarką		03.03.2020			01.03.2022			01.03.2023	
Nawożenie dolistne borem									
Solubor DF ($1{,}0\ kg\ ha^{-1}$)		31.03.2021			05.04.2022			03.03.2023	
Solubor DF ($1{,}0\ kg\ ha^{-1}$)		20.04.2021			27.04.2022			25.04.2023	
Ochrona przed szkodnikami									
Decis Mega 50 EW ($0{,}15\ dm^3\ ha^{-1}$)		23.09.2020			22.09.2021			01.10.2022	
Inazuma 130 WG ($0{,}2\ kg\ ha^{-1}$)		12.04.2021			22.03.2022			11.04.2023	
Karate Zeon 060 CS ($0{,}15\ kg\ ha^{-1}$)		20.05.2021			16.05.2022			20.05.2023	
Ochrona przed chorobami									
Dafne 250 EC ($0{,}6\ dm^3\ ha^{-1}$)		27.03.2021			19.04.2022			10.04.2023	
Propulse 250 SE ($1{,}0\ dm^3\ ha^{-1}$)		20.05.2021			16.05.2022			20.05.2023	
Koszenie rzepaku	12.07.2021	12.07.2021	13.07.2021	13.07.2022	13.07.2022	14.07.2022	10.07.2023	10.07.2023	11.07.2023
Zbiór rzepaku	19.07.2021	20.07.2021	20.07.2021	21.07.2022	21.07.2022	22.07.2022	21.07.2023	21.07.2023	22.07.2023

Termin siewu, gęstość siewu oraz odmiany dobrano zgodnie z metodyką badań. Czynniki agrotechniczne, nie będące zmiennymi badawczymi, stosowano według dobrych praktyk rolniczych. W celu właściwego przygotowania stanowiska pod rzepak ozimy roślinę przedplonową koszono nisko (12-15 cm) zbierając dokładnie całą biomasę pozbiorową (słomę). Po zbiorze przedplonu wykonano orkę siewną, którą doprawiono agregatem uprawowym biernym składającym się z włóki, dwóch rzędów półsprężystych łap kultywatorowych oraz wału Packera. Rzepak ozimy wysiano za pomocą siewnika poletkowego (Promar SPZ-1.5, Poznań, Polska). Nawożenie przedsiewne wyniosło 40 kg N ha^{-1} (saletra amonowa), 80 kg P_2O_5 ha^{-1} (superfosfat wzbogacony) oraz 150 kg K_2O ha^{-1} (sól potasowa). W celu ograniczenia presji ze strony chwastów dwuliściennych zastosowano 833 g ha^{-1} metazachloru i 208 g ha^{-1} chinomeraku (00 BBCH). Chwasty jednoliścienne ograniczano stosując 38 g ha^{-1} chizalofop-p-etylu (12–14 BBCH). W okresie wiosennego rozwoju roślin dwukrotnie (20–30 i 50 BBCH) stosowano bor (Solubor DF w dawce 1,5 dm^3). Presję ze strony szkodników ograniczano chemicznie, po przekroczeniu progów szkodliwości, wykonując zabiegi w stadium 12–15 BBCH (8 g ha^{-1} deltametryna); 50–55 BBCH (20 g ha^{-1} acetamipryd + 6 g ha^{-1} lambda-cyhalotryna) oraz 63–67 BBCH (8 g ha^{-1} lambda-cyhalotryna). Przeciwko sprawcom chorób grzybowym aplikowano 150 g ha^{-1} difenkonazolu (32–35 BBCH) oraz 125 g ha^{-1} fluopyramu wraz ze 125 g ha^{-1} protiokonazolu (63–65 BBCH). Rzepak zbierano dwuetapowo na przełomie II i III dekady lipca kombajnem poletkowym Wintersteiger Classic 1540–447 (Wintersteiger Seedmech GmbH, Ried im Innkreis, Austria) (tabela 2).

3.2. Pomiary biometryczne

Przed zakończeniem jesiennego okresu wegetacji, na próbie 10 roślin z każdego poletka oceniono cechy morfologiczne rozet rzepaku ozimego. W badaniu uwzględniono następujące parametry: (i) liczba liści w rozecie przed zahamowaniem wegetacji (szt.); (ii) liczba blizn po zrzuconych liściach (szt.); (iii) grubość szyjki korzeniowej (mm); (iv) długość wyniesienia stożka wzrostu (mm); (v) świeża masa nadziemnej części rozety (g); (vi) sucha masa nadziemnej części rozety (g); (vii) świeża masa korzenia palowego (g); (viii) sucha masa korzenia palowego (g); (ix) długość korzenia palowego (cm). Zagęszczenie roślin na 1 m^2 oceniono przed zahamowaniem jesiennej wegetacji, po wznowieniu wegetacji oraz po zbiorze roślin rzepaku w 5 losowo wybranych miejscach każdego poletka.

Stopień ugięcia łanu określono w pełni dojrzewania (84 BBCH) według wzoru 1:

$$\textbf{Ugięcie łanu}\ (\%) = \mathbf{100} - \frac{\mathbf{W_ł}}{\mathbf{W_r}} \times \mathbf{100} \qquad [1]$$

gdzie:
$W_ł$ – wysokość łanu (cm);
W_r – wysokość roślin (cm).

Przed zbiorem rzepaku ozimego (82–85 BBCH) określono standardowe elementy architektury łanu: (i) długość łodyg przed zbiorem (cm); (ii) grubość łodyg u nasady (mm); (iii) liczbę rozgałęzień owoconośnych (szt.); (iv) wysokość osadzenia najniższego rozgałęzienia produktywnego (cm). Pomiarów dokonano na próbie 10 roślin z każdego poletka.

W ocenie elementów struktury plonu uwzględniono: (i) liczbę nasion w łuszczynie (50 łuszczyn z poletka); (ii) liczbę łuszczyn na roślinie (10 roślin z poletka); (iii) masę 1000 nasion (4 × 300 nasion z każdego poletka pobranych bezpośrednio po omłocie roślin).

Po omłocie roślin określono plon nasion oraz słomy z każdego poletka i skorygowano do wilgotności normatywnej (odpowiednio 9 i 0%), przeliczając wyniki na powierzchnię 1 hektara. Indeks żniwny obliczono według wzoru 2:

$$\textbf{Indeks żniwny} = \frac{\mathbf{P_n}}{\mathbf{P_n + P_s}} \quad [2]$$

gdzie:
Pn – plon nasion (Mg ha^{-1});
Ps – plon słomy (Mg ha^{-1}).

3.3. Dane meteorologiczne

Dane meteorologiczne (średnia dobowa temperatura powietrza i suma opadów atmosferycznych) pochodziły z automatycznej stacji meteorologicznej PM Ecology (PM Ecology sp. z o. o., Gdynia, Polska) zlokalizowanej na terenie uniwersyteckiej stacji badawczej w Bałcynach. W każdym sezonie wegetacyjnym określano sumę temperatur efektywnych (GDD - *Growing Degree-Days*) (wzór 3) i wskaźnik hydrotermalny Sielianinowa (wzór 4).

$$\mathbf{GDD = \Sigma\ (ŚDT - T_{bazowa})} \quad [3]$$

gdzie:
GDD – suma temperatur efektywnych;
ŚDT – średnia dobowa temperatura (°C);
T_{bazowa} – temperatura bazowa - 5 °C (Balodis i Gaile, 2011a).

$$\mathbf{K} = \frac{\mathbf{\Sigma P}}{\mathbf{\Sigma\ (T \times 0.1)}} \quad [4]$$

gdzie:
K – współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa (K: 0–0,5 – susza; 0,6–1,0 – posucha; 1,1–2,0 – wilgotno; >2,1 – bardzo wilgotno);
ΣP - suma opadów atmosferycznych w analizowanym okresie (mm);
ΣT - suma temperatur średniodobowych powietrza analizowanym okresie (°C);
0.1 – stała.

3.4. Badania laboratoryjne

3.4.1. Gleba

Zawartość węgla organicznego w glebie została określona przy użyciu zmodyfikowanej metody Kurmiesa (UV - 1201V spectrophotometer, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonia). Odczyn gleby mierzono za pomocą cyfrowego pehametru z kompensacją temperatury (20°C) w dejonizowanej wodzie i 1 mol KCl (w stosunku 5:1). Fosfor oraz potas dostępny dla roślin ekstrahowano mleczanem wapnia (metoda Egner-Riehm). Fosfor oznaczano metodą wanadowo-molibdenianową żółtą (UV - 1201V spectrophotometer, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonia), a potas - metodą atomowej spektrometrii emisyjnej (Flame Photometers, BWB Technologies Ltd., Newbury, Wielka Brytania). Magnez ekstrahowano 0,01 mol $CaCl_2$ i określono metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej (AAS1N, Carl Zeiss, Jena, Niemcy). Zawartość siarki siarczanowej określono metodą nefelometryczną po ekstrakcji w buforze octanowym (UV - 1201V spectrophotometer, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonia). Analizy laboratoryjne gleby wykonywano w Stacji Chemiczno-Rolniczej w Olsztynie.

3.4.2. Materiał roślinny

Do analizy nasion rzepaku zastosowano aparat NIR Systems 650 (FOSS NIR Systems Inc., Silver Spring, USA), wykorzystując metodę bliskiej podczerwieni, z równaniem kalibracyjnym wyliczonym w programie WINISI, bazującym na danych z metod referencyjnych: Kjeldahla (białko ogólne), Soxhleta (tłuszcz surowy), van Soesta (neutralne i kwaśne włókno detergentowe). Analizę glukozynolanów przeprowadzono metodą chromatografii gazowej pochodnych trimetylosililowych desulfoglukozynolanów, używając chromatografu gazowego Agilent 7890 (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, USA), zgodnie z metodą Raney'a zmodyfikowaną przez Michalskiego i in. (1995). Skład kwasów tłuszczowych określono poprzez metylację oleju z 0,1 g zmielonych nasion, ekstrakcję heksanem i wirowanie, następnie analizowano estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAMEs) metodą chromatografii gazowej (chromatograf HP 3390A, Hewlett-Packard, Avondale, USA) z kolumną kapilarną DB-23 w temperaturze 200°C, z wodorem jako gazem nośnym. Analizy przeprowadzano w laboratorium Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie (oddział poznański).

3.5. Analiza statystyczna

Dane dotyczące oceny wzrostu i rozwoju roślin w okresie wegetacji jesiennej i wiosennej, analiza komponentów plonu, plonu nasion i słomy oraz indeksu żniwnego i cech jakościowych nasion zostały przetworzone przez trzyczynnikową analizę wariancji (ANOVA), w którym odmiana, termin i gęstość siewu były efektami stałymi, a lata i replikacje były efektami losowymi. Porównania wielokrotne post-hoc przeprowadzono za pomocą testu Tukeya (HSD) przy poziomie istotności $p \leq 0,05$. Analizę statystyczną wykonano z wykorzystaniem programu STATISTICA 13.3 (TIBCO Software Inc., 2017). Wartość *F* dla badanych cech podano w tabeli 3.

Tabela 3. Wartość F dla badanych cech

Cecha	L	O	T	G	R×O	L×T	L×G	O×T	O×G	T×G	L×O×T	L×O×G	L×T×G	O×T×G	L×O×T×G
Liczba liści rozetowych (szt.)	6.610**	9.132**	72.428**	5.478**	0.342*ns*	9.279*	0.432*ns*	1.406*ns*	0.646*ns*	0.959*ns*	0.424*ns*	0.284*ns*	0.248*ns*	0.710*ns*	0.556*ns*
Średnica szyjki korzeniowej (mm)	34.861**	9.483**	205.470**	18.014**	0.973*ns*	40.982**	0.367*ns*	0.722*ns*	0.943*ns*	1.351*ns*	0.269*ns*	0.940*ns*	0.496*ns*	0.954*ns*	0.701*ns*
Długość epikotylu (mm)	75.767**	3.268**	78.902**	1.376*ns*	2.205*ns*	22.160**	1.501*ns*	0.303*ns*	0.740*ns*	0.488*ns*	0.990*ns*	0.570*ns*	0.632*ns*	0.324*ns*	0.385*ns*
Świeża masa 1 rozety (g)	221.385**	62.549**	17.282**	19.964**	57.293**	6.704**	1.083*ns*	0.635*ns*	0.599*ns*	0.842*ns*	1.201*ns*	0.881*ns*	0.539*ns*	0.476*ns*	0.572*ns*
Sucha masa 1 rozety (g)	191.246**	58.456**	25.369**	16.197**	53.747**	6.937**	0.824*ns*	0.457*ns*	0.553*ns*	0.743*ns*	1.189*ns*	0.715*ns*	0.543*ns*	0.507*ns*	0.573*ns*
Długość korzenia palowego (cm)	0.447*ns*	9.813**	60.129**	0.517*ns*	19.357**	11.746**	1.445*ns*	1.125*ns*	0.428*ns*	0.573*ns*	0.831*ns*	0.322*ns*	0.488*ns*	0.833*ns*	0.527*ns*
Świeża masa korzenia palowego (g)	72.234**	29.319**	29.336**	9.072**	53.971**	1.406ns	0.539*ns*	0.951*ns*	0.539*ns*	0.169ns	14.874**	0.405*ns*	0.395*ns*	0.334*ns*	0.483*ns*
Sucha masa korzenia palowego (g)	23.201**	16.795**	25.435**	5.709**	36.728**	0.820ns	0.397*ns*	1.264*ns*	0.101*ns*	0.359*ns*	10.276**	0.308*ns*	0.260*ns*	0.247*ns*	0.354*ns*
Przezimowanie roślin (%)	5.067**	1.261*ns*	1.567*ns*	1.354*ns*	1.976*ns*	1.970*ns*	1.443*ns*	1.304*ns*	0.758*ns*	1.560*ns*	1.235*ns*	0.784*ns*	1.390*ns*	0.481*ns*	0.548*ns*
Wysokość roślin (cm)	14.862**	234.800**	3.043**	0.721*ns*	2.409*ns*	0.156*ns*	0.048*ns*	0.387*ns*	0.298*ns*	0.144*ns*	0.507*ns*	0.146*ns*	0.115*ns*	0.199*ns*	0.180*ns*
Średnica łodygi (mm)	21.973**	7.255**	4.025**	8.916**	0.086*ns*	2.381*ns*	0.196*ns*	0.537*ns*	0.125*ns*	0.151*ns*	0.450*ns*	0.251*ns*	0.228*ns*	0.097*ns*	0.202*ns*
Liczba rozgałęzień produktywnych (szt.)	58.012**	1.252*ns*	11.861**	6.209**	0.562*ns*	3.096*	0.519*ns*	0.283*ns*	0.392*ns*	0.487*ns*	0.771*ns*	0.560*ns*	0.194*ns*	0.213*ns*	0.214*ns*
Wysokość do 1 rozgałęzienia produktywnego (cm)	24.977**	50.059**	9.371**	6.957**	0.494*ns*	1.979*ns*	0.306*ns*	0.968*ns*	0.194*ns*	0.298*ns*	0.504*ns*	0.337*ns*	0.247*ns*	0.265*ns*	0.280*ns*
Długość 1 rozgałęzienia produktywnego (cm)	25.152**	7.587**	14.082**	13.954**	0.880*ns*	5.222**	0.297*ns*	0.479*ns*	0.634*ns*	0.263*ns*	1.459*ns*	0.542*ns*	0.440*ns*	0.262*ns*	0.351*ns*
Ugięcie łanu (%)	25.799**	23.241**	3.859*	1.311*ns*	10.428**	1.184*ns*	0.669*ns*	6.846**	0.479*ns*	0.279*ns*	7.453**	0.088*ns*	1.462*ns*	1.013*ns*	1.268*ns*
Obsada przed zbiorem (szt. m^{-2})	31.476**	2.659*ns*	4.932**	181.486**	0.304*ns*	1.336ns	2.094*ns*	0.105*ns*	0.612ns	0.559*ns*	0.126*ns*	0.252*ns*	0.274*ns*	0.619*ns*	0.219*ns*
Liczba łuszczyn na roślinie (szt.)	38.500**	0.628*ns*	0.115*ns*	110.879**	2.741**	0.836*ns*	1.588*ns*	0.376*ns*	1.012*ns*	1.461*ns*	0.355*ns*	0.353*ns*	0.997*ns*	0.947*ns*	0.706*ns*
Liczba nasion w łuszczynie (szt.)	43.411**	151.858**	2.850*ns*	2.456*ns*	14.684**	1.720*ns*	0.266*ns*	4.741**	1.527*ns*	0.692*ns*	0.569*ns*	0.364*ns*	1.727*ns*	0.936*ns*	1.273*ns*
MTN (g)	35.309**	19.631**	11.361**	0.123*ns*	2.852**	7.933**	0.076*ns*	1.206*ns*	0.102*ns*	0.044*ns*	0.202*ns*	0.032*ns*	0.069*ns*	0.041*ns*	0.035*ns*
Plon nasion (Mg ha^{-1})	17,235**	9,420**	3,462*	10,836**	9,811**	1,737*ns*	2,449**	1,779*ns*	0,927*ns*	0,644*ns*	2,443**	0,546*ns*	0,744*ns*	1,362*ns*	0,660*ns*
Plon słomy (Mg ha^{-1} s.m.)	407,316**	43,162**	3,382*	5,245**	6,211**	2,556*	1,426*ns*	3,107**	3,049**	0,261*ns*	1,933*ns*	2,697**	1,572*ns*	1,591*ns*	1,570*ns*
Indeks żniwny	172.102**	10.664**	6.919**	0.536*ns*	5.708**	1.302*ns*	1.426*ns*	1.676*ns*	1.918*ns*	0.362*ns*	1.012*ns*	1.246*ns*	0.868*ns*	1.319*ns*	1.050*ns*

L – lata badań; O – typ odmiany/odmiana; T – termin siewu; G – gęstość siewu; MTN – masa tysiąca nasion

*** - różnice statystycznie istotne $p \leq 0,05$; ** - różnice statystycznie istotne $p \leq 0,01$; ns – różnice nieistotne statystycznie**

Wartość *F* dla badanych cech (cd. **Tabela 3**)

Cecha	L	O	T	G	R × O	L×T	L×G	O×T	O×G	T×G	L×O×T	L×O×G	L×T×G	O×T×G	L×O×T×G
Zawartość tłuszczu surowego (g kg^{-1} s.m.)	29,964**	40,923**	0,836*ns*	0,550*ns*	0,873*ns*	2,679*	0,216*ns*	1,410*ns*	0,241*ns*	0,116*ns*	0,185*ns*	0,210*ns*	0,310*ns*	0132*ns*	0,219*ns*
Zawartość białka ogólnego (g kg^{-1} s.m.)	106,987**	1,269*ns*	2,253*ns*	0,860*ns*	1,992*ns*	3,457**	0,813*ns*	2,324*ns*	0,314*ns*	0,369*ns*	0,296*ns*	0,480*ns*	0,390*ns*	0,637*ns*	0,410*ns*
Udział kwasu palmitynowego (%)	13.305**	386.058**	1.283*ns*	0.043*ns*	0.357*ns*	0.504*ns*	0.525*ns*	1.251*ns*	0.282*ns*	0.547*ns*	0.227*ns*	0.812*ns*	0.298*ns*	0.558*ns*	0.504*ns*
Udział kwasu stearynowego (%)	54,353**	5,418**	0,854*ns*	1,053*ns*	1,486*ns*	1,399*ns*	1,260*ns*	1,399*ns*	1,198*ns*	1,932*ns*	1,598*ns*	1,473*ns*	1,601*ns*	1,096*ns*	1,553*ns*
Udział kwasu oleinowego (%)	27,882**	47,400**	0,866*ns*	0,342*ns*	1,535*ns*	0,394*ns*	0,315*ns*	0,212*ns*	0,119*ns*	0,164*ns*	0,230*ns*	0,153*ns*	0,195*ns*	0,306*ns*	0,101n*s*
Udział kwasu linolowego (%)	69,567**	34,817**	1,015*ns*	1,194*ns*	7,966**	1,907*ns*	1,139*ns*	1,047*ns*	0,358*ns*	0,515*ns*	1,143*ns*	0,237*ns*	0,157*ns*	0,786*ns*	0,581*ns*
Udział kwasu linolenowego (%)	120,410**	120,360**	1,776*ns*	0,659*ns*	2,327*ns*	0,880*ns*	0,120*ns*	0,172*ns*	0,040*ns*	0,960*ns*	0,148*ns*	0,428*ns*	0,161*ns*	0,637*ns*	0,283*ns*
Udział kwasu eikozenowego (%)	11,836**	5,620**	1,173*ns*	1,179*ns*	2,946*	2,014*ns*	0,831*ns*	0,782*ns*	0,472*ns*	0,636*ns*	0,805*ns*	0,683*ns*	0,559*ns*	0,695*ns*	0,473*ns*
Udział kwasu erukowego (%)	2,438*ns*	1,980*ns*	2,438*ns*	1,521*ns*	1,943*ns*	3,446**	1,338*ns*	1,943*ns*	0,807*ns*	1,338*ns*	1,961*ns*	0,733*ns*	1,430*ns*	0,733*ns*	0,770*ns*
SFA (%)	59,088**	108,000**	1,683*ns*	0,808*ns*	1,019*ns*	0,750*ns*	0,807*ns*	0,547*ns*	1,139*ns*	1,758*ns*	1,251n*s*	0,915*ns*	0,927*ns*	0,701*ns*	1,131*ns*
MUFA (%)	110,943**	196,060**	4,340**	1,412*ns*	5,861**	0,647*ns*	0,947*ns*	1,000*ns*	0,568*ns*	0,861*ns*	1,228*ns*	0,511*ns*	0,420*ns*	1,387*ns*	0,380*ns*
PUFA (%)	180,963**	108,953**	2,722*ns*	1,403*ns*	7,372**	0,937*ns*	0,744*ns*	0,890*ns*	0,156*ns*	1,375*ns*	0,744*ns*	0,421*ns*	0,245*ns*	1,213*ns*	0,461*ns*
Zawartość glukonapiny (μM g^{-1} s.m.)	50,943**	1,344*ns*	8,644**	2,380*ns*	1,001*ns*	4,916**	0,318*ns*	0,619*ns*	0,592*ns*	0,374*ns*	0,802*ns*	0,812*ns*	1,210*ns*	0,132*ns*	1,255*ns*
Zawartość glukobrassicanapiny (μM g^{-1} s.m.)	9,458**	4,349**	7,994**	0,021*ns*	1,832*ns*	2,229*ns*	0,152*ns*	0,209*ns*	0,069*ns*	0,105*ns*	0,434*ns*	0,288*ns*	0,218*ns*	0,084*ns*	0,286*ns*
Zawartość progoitryny (μM g^{-1} s.m.)	72,465**	13,899**	8,514**	2,468*ns*	2,162*ns*	6,862**	0,347*ns*	0,592*ns*	0,468*ns*	0,754*ns*	0,386*ns*	1,708*ns*	1,107*ns*	0,361*ns*	1,188*ns*
Zawartość napoleiferyny (μM g^{-1} s.m.)	12,819**	6,010**	4,682**	0,446*ns*	2,187*ns*	2,124*ns*	0,331*ns*	0,225*ns*	0,077*ns*	0,265*ns*	0,273*ns*	0,222*ns*	0,206*ns*	0,243*ns*	0,360*ns*
Zawartość glukobrassycyny (μM g^{-1} s.m.)	68,551**	10,211**	0,790*ns*	0,199*ns*	2,109*ns*	0,672*ns*	0,081*ns*	0,511*ns*	0,096*ns*	0,109*ns*	0,338*ns*	0,147*ns*	0,173*ns*	0,097*ns*	0,254*ns*
Zawartość 4-hydroksy-glukobrassycyna (μM g^{-1} s.m.)	48,196**	7,280**	0,839*ns*	0,017*ns*	2,080*ns*	0,366*ns*	0,097*ns*	1,291*ns*	0,190*ns*	0,761*ns*	0,477*ns*	0,157*ns*	0,146*ns*	0,389*ns*	0,579*ns*
Suma glukozynolanów alkenowych (μM g^{-1} s.m.)	35,952**	3,283**	9,863**	1,603*ns*	1,345*ns*	6,594**	0,034*ns*	0,651*ns*	0,384*ns*	0,395*ns*	0,692*ns*	1,353*ns*	1,203*ns*	0,142*ns*	1,085*ns*
Suma glukozynolanów ogółem (μM g^{-1} s.m.)	31,642**	3,140*	7,002**	0,892*ns*	2,148*ns*	2,553*ns*	0,068*ns*	0,923*ns*	0,262*ns*	0,456*ns*	0,610*ns*	0,901*ns*	0,854*ns*	0,210*ns*	0,992*ns*

L – lata badań; O – typ odmiany/odmiana; T – termin siewu; G – gęstość siewu; SFA – kwasy tłuszczowe nasycone; MUFA – kwasy tłuszczowe jednonienasycone; PUFA – kwasy tłuszczowe wielonienasycone

*** - różnice statystycznie istotne $p \leq 0,05$; ** - różnice statystycznie istotne $p \leq 0,01$; ns – różnice nieistotne statystycznie**

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. Agrometeorologiczne uwarunkowania rozwoju roślin

Okres letnio-jesiennej wegetacji

W sezonie wegetacyjnym 2020/2021 okres jesiennej wegetacji rzepaku trwał średnio 89 dni (82–96 dni) z sumą opadów atmosferycznych na poziomie 160 mm (115–212 mm). W tym cyklu badań średniodobowa temperatura powietrza i suma temperatur efektywnych była najwyższa spośród wszystkich lat badań i wyniosła odpowiednio 11,2 i 983 °C (tab. 5). W sezonie 2020/2021 jesienna wegetacja roślin rzepaku przebiegała w korzystnych warunkach hydrotermicznych (tab. 6). W okresie siewu (3. dekada sierpnia) wystąpiły intensywne opady deszczu (89 mm), co utrudniało wschody oraz początkowy rozwój rzepaku ozimego zasianego w optymalnym terminie (20 sierpnia). Suma opadów atmosferycznych we wrześniu była niższa od średniej wieloletniej o 25 mm. W październiku zanotowano obfite opady deszczu, przewyższające sumę opadów wieloletnich o 50%. W listopadzie suma opadów atmosferycznych wyniosła zaledwie 11 mm (21% średniej wieloletniej). Średniodobowa temperatura powietrza w poszczególnych miesiącach rozwoju jesiennego była wyższa od średniej wieloletniej o 1,9–2,8 °C. Zahamowanie jesiennego rozwoju roślin rzepaku ozimego nastąpiło w 3. dekadzie listopada (tab. 4). W tym cyklu badań przesunięcie siewu rzepaku o 7 i 14 dni spowodowało, że rozwój roślin przebiegał w warunkach niższej średniodobowej temperatury powietrza (o 0,8 i 1,0 °C), niższej sumy temperatur efektywnych (o 101 i 176 °C) oraz niższej sumy opadów atmosferycznych (o 59 i 97 mm) (tab. 5).

W sezonie 2021/2022 jesienna wegetacja roślin rzepaku trwała średnio 95 dni (88–102 dni). Długiej wegetacji jesiennej towarzyszyła niska suma opadów atmosferycznych (średnio 130 mm). Średniodobowa temperatura powietrza oraz suma temperatur efektywnych były najniższe spośród lat badań i kształtowały się na poziomie odpowiednio 9,3 i 441 °C (tab. 5). Sierpień obfitował w opady atmosferyczne przekraczające sumę opadów atmosferycznych z wielolecia o 89%. Szczególnie obfite opady atmosferyczne wystąpiły w 3. dekadzie sierpnia (49 mm), co opóźniło wschody roślin rzepaku. Opady atmosferyczne we wrześniu i październiku były relatywnie niskie (41 i 52% sumy z wielolecia). Średniodobowe temperatury powietrza w sierpniu, wrześniu i październiku były zbliżone do średnich wieloletnich (tab. 4). Warunki hydrotermiczne w sierpniu były bardzo wilgotne (K = 2,85), a we wrześniu i październiku posuszne (K = 0,61–1,01) (tab. 6). Suma opadów atmosferycznych w listopadzie była typowa dla tego miesiąca, a średniodobowa temperatura powietrza była wyższa o ok. 2 °C w stosunku do średniej wieloletniej. Zahamowanie jesiennej wegetacji nastąpiło w 3. dekadzie listopada (tab. 4). W tym cyklu badań opóźnienie terminu siewu rzepaku o 7 i 14 dni spowodowało, że rozwój roślin przebiegał w warunkach niższej średniodobowej temperatury powietrza (o 0,4 i 0,8 °C), zmniejszającej się sumy temperatur efektywnych (o 72 i 136 °C) oraz niższej sumy opadów atmosferycznych (o 25 i 67 mm) (tab. 5).

Tabela 4. Dane meteorologiczne w okresie badań polowych ze stacji meteorologicznej w Bałcynach (2020–2023)

Sezon wegetacyjny	Miesiąc	Średnia dobowa temperatura powietrza (°C)					Opady atmosferyczne (mm)				
		dekada			średnia		dekada			suma	
		1	2	3	miesiąc	wielolecie	1	2	3	miesiąc	wielolecie
	sierpień	20,0	19,9	18,0	19,2	16,5	18,4	0,0	88,8	107,2	78,1
	wrzesień	14,4	14,5	15,1	14,7	12,6	12,4	0,0	19,7	32,1	57,1
	październik	13,6	6,5	10,2	10,1	8,1	23,9	34,0	23,3	81,2	54,0
	listopad	7,6	6,8	2,4	5,6	2,8	2,0	7,0	1,9	10,9	51,4
	grudzień	0,3	2,1	2,1	1,5	-1,3	0,5	0,9	23,7	25,1	40,4
	styczeń	-0,6	-7,3	0,2	-2,5	-3,5	18,0	6,3	10,4	34,7	26,3
2020/2021	luty	-8,8	-7,0	-4,0	-4,5	-2,6	9,3	4,3	0,0	13,6	19,6
	marzec	-0,3	1,0	5,9	2,4	1,2	2,5	14,1	7,0	23,6	27,4
	kwiecień	3,8	7,6	5,6	5,7	6,6	9,1	20,8	6,5	36,4	35,2
	maj	8,4	14,5	12,0	11,6	12,4	66,7	29,4	12,9	109,0	56,7
	czerwiec	17,0	19,6	21,5	19,4	15,7	1,8	14,6	14,9	31,3	68,3
	lipiec	20,7	22,1	20,6	21,1	16,9	68,4	55,1	4,9	128,4	81,3
	średnia				**8,7**	**7,2**		**suma**		**633,3**	**595,8**
	sierpień	17,5	18,0	14,8	16,7	16,5	68,8	29,6	49,0	147,4	78,1
	wrzesień	13,3	14,1	11,3	12,9	12,6	0,1	15,4	8,0	23,5	57,1
	październik	10,0	8,1	8,5	8,9	8,1	2,4	13,5	12,0	27,9	54,0
	listopad	6,3	5,8	2,0	4,7	2,8	22,2	4,9	20,0	47,1	51,4
	grudzień	-2,6	0,6	-4,3	-2,2	-1,3	3,1	8,4	10,6	22,1	40,4
	styczeń	1,2	0,0	0,6	0,6	-3,5	10,2	3,2	27,3	40,7	26,3
2021/2022	luty	2,1	2,9	2,0	2,3	-2,6	23,6	24,7	9,3	57,6	19,6
	marzec	-0,6	2,1	4,0	1,9	1,2	0,0	0,2	0,0	0,2	27,4
	kwiecień	4,1	6,0	8,4	6,2	6,6	9,6	10,2	0,2	20,0	35,2
	maj	11,0	13,4	12,0	12,1	12,4	5,2	2,1	40,4	47,7	56,7
	czerwiec	16,3	16,6	20,9	17,9	15,7	30,4	48,5	10,7	89,6	68,3
	lipiec	17,8	17,1	19,1	18,1	16,9	32,0	12,0	19,3	63,3	81,3
	średnia				**8,3**	**7,2**		**suma**		**587,1**	**595,8**
	sierpień	19,2	22,9	20,3	20,8	16,5	1,6	54,7	77,9	134,2	78,1
	wrzesień	12,4	11,5	9,7	11,2	12,6	14,8	5,3	41,5	61,6	57,1
	październik	10,7	10,4	10,6	10,6	8,1	14,2	7,4	6,7	28,3	54,0
	listopad	8,3	3,4	-0,7	3,7	2,8	6,9	3,9	0,6	11,4	51,4
	grudzień	-0,5	-4,9	3,9	-0,4	-1,3	14,7	7,7	25,3	47,7	40,4
	styczeń	4,4	3,1	-0,9	2,1	-3,5	12,6	13,9	11,9	38,4	26,3
2022/2023	luty	-2,4	3,0	0,6	0,4	-2,6	9,3	35,8	7,8	52,9	19,6
	marzec	-0,4	4,0	6,0	3,3	1,2	12,6	13,9	11,9	38,4	27,4
	kwiecień	4,3	8,9	9,3	7,5	6,6	14,7	8,6	13,6	36,9	35,2
	maj	9,3	13,2	15,0	12,6	12,4	0,0	10,0	0,0	10,0	56,7
	czerwiec	16,6	17,6	18,9	17,7	15,7	0,4	46,2	32,1	78,7	68,3
	lipiec	18,5	19,9	17,8	18,7	16,9	13,9	21,0	23,1	58,0	81,3
	średnia				**9,0**	**7,2**		**suma**		**596,5**	**595,8**

Tabela 5. Układ warunków termicznych i opadów atmosferycznych podczas jesiennej wegetacji roślin rzepaku ozimego

Wyszczególnienie	2020				2021				2022			
	Termin siewu											
	I	II	III	Σ	I	II	III	Σ	I	II	III	Σ
Liczba dni wegetacji	96	89	82	89	102	95	88	95	92	85	78	85
Suma temperatur (°C)	1124	988	878	996	983	876	778	879	1037	886	766	897
Średniodobowa temperatura powietrza (°C)	11,7	11,1	10,7	11,2	9,6	9,2	8,8	9,3	11,3	10,4	9,8	10,5
Suma temperatur efektywnych (°C)	652	551	476	559	510	438	374	440	595	479	394	489
Suma opadów (mm)	212,1	153,3	115,3	160,2	160,2	135,0	93,2	129,5	226,9	115,1	98,4	146,8

I – 20 sierpnia; II – 27 sierpnia; III – 03 września

Tabela 6. Charakterystyka warunków termiczno-wilgotnościowych w okresie wegetacji roślin (współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa)

Miesiąc	Suma temperatur (°C)	Suma opadów (mm)	Wskaźnik Sielianinowa (K)
	2020/2021		
Sierpień	596,5	107,2	1,80
Wrzesień	441,1	32,1	0,73
Październik	312,6	81,2	2,60
Kwiecień	169,9	36,4	2,14
Maj	360,7	109,0	3,02
Czerwiec	581,0	31,3	0,54
Lipiec	654,1	128,4	1,96
	2021/2022		
Sierpień	517,1	147,4	2,85
Wrzesień	386,8	23,5	0,61
Październik	275,2	27,9	1,01
Kwiecień	185,6	20,0	1,08
Maj	376,5	47,7	1,27
Czerwiec	538,1	89,6	1,67
Lipiec	559,7	63,3	1,13
	2022/2023		
Sierpień	644,7	134,2	2,08
Wrzesień	336,2	61,6	1,83
Październik	327,7	28,3	0,86
Kwiecień	224,5	36,9	1,64
Maj	390,0	10,0	0,26
Czerwiec	531,4	78,7	1,48
Lipiec	578,8	58,0	1,00

K: 0 – 0,5 - susza; 0,6 – 1,0 - posucha; 1,1 – 2,0 - wilgotno; > 2,1 – bardzo wilgotno

Okres jesiennej wegetacji rzepaku ozimego w sezonie 2022/2023 był najkrótszy spośród lat badań. Trwał on średnio 85 dni z sumą opadów atmosferycznych na poziomie 98–227 mm. Średniodobowa temperatura powietrza i suma temperatur efektywnych w okresie jesiennej wegetacji wyniosła odpowiednio 9,8–11,3 °C i 394–595 °C (tab. 5). Podobnie jak w poprzednich latach badań, w okresie siewu rzepaku ozimego (3. dekada sierpnia), zanotowano obfite opady deszczu (78 mm), które utrudniały wschody oraz początkowy rozwój roślin. Sierpień był cieplejszy niż przeciętnie w wieloleciu (o 4,3 °C). Średniodobowa temperatura powietrza we wrześniu była niższa od średniej wieloletniej o 1,4 °C. Z kolei suma opadów atmosferycznych była zbliżona do średniej wieloletniej. Październik i listopad były cieplejsze niż przeciętnie w wieloleciu odpowiednio o 2,5 i 0,9 °C. Suma opadów atmosferycznych w październiku i listopadzie wynosiła 28 i 11 mm, co stanowiło 52 i 22% poziomu wieloletniego (tab. 4). Według współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa w sierpniu i wrześniu panowały warunki bardzo wilgotne (K = 1,83–2,08), a w październiku posuszne (K = 0,86) (tab. 6). Takie warunki stwarzały dogodne warunki do rozwoju rozet liściowych rzepaku ozimego. W 2. dekadzie listopada średnia dobowa temperatura powietrza spadła do 3,4 °C, co oznaczało zakończenie wegetacji jesiennej (tab. 4). W sezonie wegetacyjnym 2022/2023 przesunięcie terminu siewu o 7 i 14 dni spowodowało, że rozwój roślin rzepaku ozimego przebiegał w warunkach niższej średniodobowej temperatury powietrza (o 0,9 i 1,5 °C), niższej sumy temperatur efektywnych (o 116 i 201 °C) oraz niższej sumy opadów atmosferycznych (o 112 i 129 mm) (tab. 5).

Okres zimowego spoczynku

W sezonie wegetacyjnym 2020/2021 okres zimowego spoczynku trwał 125 dni. Średnia dobowa temperatura powietrza podczas zimowego spoczynku roślin wyniosła -0,8 °C. W tym cyklu badań okres zimowego spoczynku, charakteryzował się niewielkimi opadami atmosferycznymi (93 mm) (tab. 7). Średniodobowa temperatura powietrza w grudniu była wyższa od średniej wieloletniej o ok. 3 °C. Suma opadów w dwóch pierwszych dekadach grudnia wyniosła zaledwie 1,4 mm. Intensywniejsze opady atmosferyczne (ok. 24 mm) wystąpiły dopiero w 3. dekadzie tego miesiąca. Średnia dobowa temperatura powietrza w styczniu spadła do poziomu -2,5 °C, z okresowymi spadkami do -7,3 °C (2. dekada). Najzimniejszym miesiącem zimowego spoczynku był luty. Przez cały jego okres panowała ujemna temperatura. W 1. dekadzie lutego średniodobowa temperatura powietrza spadła do -8,8 °C (tab. 3). Rośliny rzepaku ozimego nie zostały jednak uszkodzone, co było efektem powolnego spadku temperatur powietrza w okresie jesiennej wegetacji ułatwiającego hartowanie roślin. Ujemne temperatury panowały jeszcze w 1. dekadzie marca (tab. 4). W 3. dekadzie marca odnotowano wzrost średniodobowej temperatury powietrza do ok. 6 °C (tab. 4), co zapoczątkowało ruszenie wiosennej wegetacji (tab. 4). W tym sezonie wegetacyjnym przezimowało 91% roślin (tab. 7).

Tabela 7. Układ warunków wilgotnościowo-termicznych podczas zimowego spoczynku roślin rzepaku ozimego oraz przezimowanie roślin

Sezon wegetacyjny	Liczba dni	Średnia temperatura dobowa powietrza (°C)	Suma opadów atmosferycznych (mm)	Przezimowanie roślin (%)
2020/2021	125	-0,8	92,6	90,7[a]
2021/2022	131	0,9	135,1	87,7[b]
2022/2023	123	0,8	168,2	91,3[a]

Okres zimowego spoczynku w sezonie wegetacyjnym 2021/2022 trwał 131 dni, ze średniodobową temperaturą powietrza wynoszącą 0,9 °C oraz sumą opadów atmosferycznych sięgających 135 mm (tab. 7). Grudzień był chłodny i suchy – ze średnią dobową temperaturą powietrza i sumą opadów atmosferycznych niższą od średnich wieloletnich odpowiednio o ok. 1 °C i 18 mm. Ujemne średniodobowe temperatury powietrza wystąpiły już w 1. i 3. dekadzie grudnia (odpowiednio -2,6 i -4,3 °C). W styczniu i lutym średniodobowa temperatura powietrza oraz opady atmosferyczne przewyższały średnie wartości wieloletnie odpowiednio o 4–5 °C oraz 14–38 mm. W poszczególnych dekadach stycznia i lutego nie zanotowano ujemnych średniodobowych temperatur powietrza. Średniodobowa temperatura powietrza w marcu była zbliżona do średniej wieloletniej. Marzec charakteryzował się znikomymi opadami atmosferycznymi (0,2 mm), które zanotowano jedynie w 2. dekadzie (tab. 4). W tym sezonie wegetacyjnym przezimowało 88% roślin (tab. 7).

W sezonie wegetacyjnym 2022/2023 okres zimowego spoczynku trwał 123 dni, ze średniodobową temperaturą powietrza wynoszącą 0,8°C i sumą opadów atmosferycznych na poziomie 168 mm (tab. 7). Grudzień charakteryzował się dużą amplitudą średniodobowej temperatury

powietrza. W 2. dekadzie grudnia zanotowano spadek średniodobowej temperatury powietrza do -4,9 °C, po którym nastąpiło gwałtowane ocieplenie do 3,9 °C (3. dekada). Suma opadów atmosferycznych w grudniu była wyższa od sumy wieloletniej o ok. 7 mm (tab. 4). Średniodobowe temperatury powietrza w styczniu i lutym były wyższe od tych notowanych w ciągu ostatnich 30 lat odpowiednio o 5,6 i 3,0 °C. Również opady atmosferyczne w tych miesiącach znacznie przekraczały średnie wieloletnie (w styczniu o 12 mm, a w lutym o 33 mm). Średnia dobowa temperatura powietrza w marcu wyniosła 3,3 °C, ze spadkiem temperatury do -0,4 °C w 1. dekadzie. Opady w marcu były równomiernie rozłożone i wyższe od sumy wieloletniej o 11 mm (tab. 4). W tym sezonie wegetacyjnym przezimowało 91% roślin (tab. 7).

Okres wiosenno-letniej wegetacji

Wznowienie wegetacji w sezonie 2020/2021 nastąpiło w 3. dekadzie marca. Średniodobowa temperatura powietrza w kwietniu i maju była niższa od średniej wieloletniej o 0,8–0,9 °C. Suma opadów atmosferycznych w kwietniu była typowa dla tego okresu. Ponadprzeciętne opady atmosferyczne (2-krotnie przekraczające sumę wieloletnią) zanotowano w maju (tab. 4). Współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa dla tych miesięcy kształtował się na poziomie od 2,14 do 3,02, co oznaczało warunki bardzo wilgotne (tab. 6). Niedobór opadów atmosferycznych (31 mm, tj.: 46% opadów wieloletnich) zanotowano w czerwcu. Niskim opadom atmosferycznym towarzyszyła wysoka średniodobowa temperatura powietrza, zwłaszcza w 3.dekadzie tego miesiąca. W ocenie hydrotermicznej w czerwcu wystąpiła susza (K = 0,54) (tab. 4 i 6). Również lipiec był znacznie cieplejszy niż średnio w wieloleciu (21,1 *vs.* 16,9 °C). Wysokim średniodobowym temperaturom powietrza w lipcu towarzyszyły obfite opady - przekraczające średnią wieloletnią o 47 mm. W ocenie hydrotermicznej lipiec należy zaliczyć do bardzo wilgotnych (K = 2,85) (tab. 4 i 6).

Wznowienie wegetacji w sezonie 2021/2022 nastąpiło pod koniec 1. dekady kwietnia. Średniodobowe temperatury powietrza w kwietniu i maju były nieco niższe od średnich wieloletnich (o 0,3–0,4 °C). Opady atmosferyczne w kwietniu były niższe od średniej wieloletniej o 43%. Również w dwóch pierwszych dekadach maja zanotowano niewielkie opady deszczu (2–5 mm). Obfite opady atmosferyczne (40 mm, tj. 84% sumy wieloletniej) wystąpiły dopiero w 3. dekadzie maja. Średniodobowa temperatura powietrza w czerwcu była wyższa od średniej wieloletniej o 2,2 °C. Suma opadów atmosferycznych w czerwcu przekroczyła sumę wieloletnią o 21 mm. Szczególnie obfite opady atmosferyczne wystąpiły w 1. i 2. dekadzie tego miesiąca (30 i 49 mm). Średniodobowa temperatura powietrza w lipcu była wyższa od średniej wieloletniej o 1,2 °C. Wysokim temperaturom powietrza w lipcu towarzyszyły relatywnie niskie opady atmosferyczne (78% sumy wieloletniej) (tab. 4). Niemniej jednak według współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa we wszystkich miesiącach wiosenno-letniej wegetacji w sezonie 2021/2022 panowały warunki wilgotne (tab. 6).

Wznowienie wegetacji w sezonie 2022/2023 nastąpiło w 3. dekadzie marca. Opady atmosferyczne w kwietniu były typowe dla tego miesiąca. Pierwsza dekada kwietnia była chłodna (4,3°C) co spowolniało rozwój roślin. Z kolei 2 i 3. dekada były wyraźnie cieplejsze (ok. 9°C), co pozwoliło na dynamiczny wzrost roślin rzepaku ozimego. Średnia dobowa temperatura powietrza w maju była na poziomie średniej wieloletniej, z wyraźnie cieplejszą 3. dekadą (15°C). Opady atmosferyczne w maju były niewielkie (10 mm, tj. 18% sumy wieloletniej). Opady w tym miesiącu wystąpiły jedynie w 2. dekadzie (tab. 4). W kwietniu współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa wskazywał na warunki wilgotne (K = 1,64), a w maju na suszę (K = 0,26) (tab. 6). Średniodobowa temperatura powietrza w czerwcu oraz lipcu była wyższa od średniej wieloletniej o ok. 2 °C. Pierwsza dekada czerwca była praktycznie bezdeszczowa (0,4 mm), natomiast w 2 i 3. dekadzie zanotowano intensywne opady deszczu (78 mm). Suma opadów w lipcu wynosiła 71% średniej sumy opadów wieloletnich (tab. 4). W tym sezonie wegetacyjnym, w czerwcu panowały warunki wilgotne (K = 1,48), a w lipcu posuszne (K = 1,00) (tab. 6).

4.2. Jesienny rozwój i przezimowanie roślin

Lata badań

Najbardziej rozwinięte rozety rzepaku ozimego zostały wytworzone w sezonie wegetacyjnym 2022/2023, w którym wrzesień charakteryzował się korzystnymi warunkami termiczno-wilgotnościowymi (K – 1,83 – wilgotno), a październik umiarkowanymi opadami atmosferycznymi (52% sumy opadów wieloletnich) i średniodobową temperaturą powietrza wyższą od średniej wieloletniej o 2,5 °C. W tym sezonie rzepak ozimy wytworzył 7,4 liści rozetowych, o średnicy szyjki korzeniowej 11,5 mm, długości epikotylu 19,1 mm, świeżej i suchej masie rozety liściowej na poziomie odpowiednio 75,2 i 10,7 g oraz świeżej i suchej masie korzenia palowego wynoszącej odpowiednio 9,3 i 1,9 g. W 2. sezonie wegetacyjnym we wrześniu i październiku panowały warunki posuszne (K – 0,61–1,01), co spowodowało wytworzenie przez rzepak rozet liściowych o mniejszej średnicy szyjki korzeniowej (o 10%), krótszym epikotylu (o 45%) oraz mniejszej świeżej i suchej masie nadziemnej części rozety liściowej (odpowiednio o 49 i 45%) oraz korzenia palowego (odpowiednio o 25 i 21%). W 1. sezonie wegetacyjnym wrzesień był posuszny (K – 0,73), a w październiku notowano intensywne opady atmosferyczne (przekraczające wieloletnią średnią sumę opadów o 27 mm), co było przyczyną wytworzenia przez rzepak ozimy rozet liściowych o najniższych parametrach morfologicznych: najmniejszej liczbie liści spośród lat badań (7,0 szt.), najmniejszej średnicy szyjki korzeniowej (9,7 mm), najniższej świeżej i suchej masie rozety (28,8 i 4 g) i korzenia palowego (5 i 1,2 g) (tab. 4, 6 i 8). Jedynie długość korzenia palowego nie była różnicowana przez warunki klimatyczne panujące w latach badań (tab. 8).

Tabela 8. Cechy morfometryczne oraz masa rozet liściowych rzepaku ozimego w latach badań

Wyszczególnienie	Sezon wegetacyjny		
	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Liczba wytworzonych liści rozetowych (szt.)	7,0[b]	7,4[a]	7,4[a]
Średnica szyjki korzeniowej (mm)	9,7[c]	10,3[b]	11,5[a]
Długość epikotylu (mm)	15,1[b]	10,5[c]	19,1[a]
Świeża masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})	28,8[c]	38,5[b]	75,2[a]
Sucha masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})	4,0[c]	5,8[b]	10,7[a]
Długość korzenia palowego (cm)	15,4	15,1	15,2
Świeża masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$)	5,0[c]	7,0[b]	9,3[a]
Sucha masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$)	1,2[c]	1,5[b]	1,9[a]

Typ odmiany

Uśrednione wyniki z 3 lat badań wskazują, że wybór odmiany istotnie modyfikował jesienny rozwój roślin rzepaku ozimego. Odmiana populacyjna wykształciła najmniej liści w rozecie (7,0 szt.), jednak świeża i sucha masa pojedynczej rozety była największa (61,1 i 8,9 g). Odmiany mieszańcowe pomimo większej liczby liści w rozecie (o 5%), tworzyły rozety o mniejszej świeżej masie o 25 (mieszańcowa długołodygowa) i 42% (mieszańcowa krótkołodygowa) niż odmiana populacyjna. Odmiana mieszańcowa krótkołodygowa wytworzyła najgrubszą szyjkę korzeniową (11 mm) i najkrótszy epikotyl (14 mm). Rośliny odmiany populacyjnej i mieszańcowej długołodygowej wykształciły szyjkę korzeniową o mniejszej grubości (o 7%) oraz wyżej umiejscawiały stożek wzrostu nad powierzchnią gleby (o 9%) niż odmiana krótkołodygowa. Odmiana populacyjna wytworzyła w okresie jesiennej wegetacji rozety o największej akumulacji suchej masy (8,9 g). Nagromadzenie suchej masy w nadziemnych częściach rozet odmian mieszańcowych była mniejsza o 26 (długołodygowa) oraz 42% (krótkołodygowa). Odmiana populacyjna wytworzyła w okresie jesiennej wegetacji najdłuższy korzeń palowy (16,0 cm) o najwyższej akumulacji świeżej i suchej masy (odpowiednio 8,4 i 1,8 g). Odmiany mieszańcowe wykształciły krótszy (średnio o 6%) korzeń palowy. Również świeża masa korzenia palowego odmian mieszańcowych była niższa o 23 (półkarłowa) i 32% (długołodygowa), w porównaniu do masy korzenia odmiany populacyjnej. Największą akumulacją suchej masy charakteryzował się korzeń palowy odmiany populacyjnej i mieszańcowej półkarłowej (1,6–1,8 g). Sucha masa korzenia palowego odmiany mieszańcowej o tradycyjnym rytmie wzrostu była o 25–33% niższa. Badane odmiany rzepaku ozimego charakteryzowały się przezimowaniem na podobnym poziomie (89–90%) (tab. 9).

Tabela 9. Cechy morfometryczne, masa rozet liściowych oraz przezimowanie roślin różnych typów odmian rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań)

Wyszczególnienie	Typ odmiany		
	populacyjna	mieszańcowa długołodygowa	mieszańcowa półkarłowa
Liczba wytworzonych liści w 1 rozecie (szt.)	7,0[b]	7,4[a]	7,4[a]
Średnica szyjki korzeniowej (mm)	10,4[b]	10,1[b]	11,0[a]
Długość epikotylu (mm)	15,2[ab]	15,5[a]	13,9[b]
Świeża masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})	61,1[a]	46,0[b]	35,3[c]
Sucha masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})	8,9[a]	6,6[b]	5,2[c]
Długość korzenia palowego (cm)	16,0[a]	14,7[b]	15,0[b]
Świeża masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$)	8,4[a]	5,7[c]	7,3[b]
Sucha masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$)	1,8[a]	1,2[b]	1,6[a]
Przezimowanie roślin (%)	91,0	89,2	89,6

Jesienny rozwój rozet liściowych badanych typów odmian rzepaku ozimego był istotnie determinowany układem warunków siedliskowo-klimatycznych panujących w latach badań. Rozety liściowe o wyjątkowo dużej świeżej (115 g) i suchej masie (17 g) oraz długim korzeniu palowym (17,8 cm) wytworzyły rośliny odmiany populacyjnej w 3. cyklu badań. Cykl ten charakteryzował się ciepłym przebiegiem pogody oraz umiarkowanymi opadami atmosferycznymi w październiku. W 1. i 2. sezonie wegetacyjnym nie udowodniono różnic w masie nadziemnej części rozety oraz długości systemu korzeniowego pomiędzy badanymi typami odmian rzepaku ozimego. Warunki agroekologiczne panujące w 1. i 2. cyklu badań sprzyjały rozwojowi systemu korzeniowego (świeża i sucha masa) półkarłowej odmiany rzepaku ozimego. Z kolei w 3. cyklu badań największą świeżą i suchą masą charakteryzował się korzeń palowy odmiany populacyjnej (tab. 10).

Tabela 10. Wybrane cechy morfometryczne oraz masa rozet różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Typ odmiany		
	populacyjna	**mieszańcowa długołodygowa**	**mieszańcowa półkarłowa**
	Świeża masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})		
2020/2021	28,9^{c}	28,4^{c}	29,0^{c}
2021/2022	39,4^{c}	38,8^{c}	37,1^{c}
2022/2023	115,1^{a}	70,7^{b}	39,7^{c}
	Sucha masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})		
2020/2021	4,0^{d}	4,1^{d}	4,0^{d}
2021/2022	6,0^{c}	5,8^{cd}	5,6^{cd}
2022/2023	16,6^{a}	10,1^{b}	5,5^{cd}
	Długość korzenia palowego (cm)		
2020/2021	14,7^{cd}	15,1^{bc}	16,4^{bc}
2021/2022	15,5^{bc}	14,3^{cd}	15,5^{bc}
2022/2023	17,8^{a}	14,6^{cd}	13,1^{d}
	Świeża masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$)		
2020/2021	4,3^{e}	4,7^{de}	6,1^{cd}
2021/2022	6,2^{cde}	6,1^{cde}	8,9^{b}
2022/2023	14,8^{a}	6,4^{cd}	6,8^{c}
	Sucha masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$)		
2020/2021	1,0^{d}	1,1^{cd}	1,6^{bc}
2021/2022	1,3^{cd}	1,3^{cd}	1,9^{b}
2022/2023	3,0^{a}	1,3^{cd}	1,3^{cd}

Termin siewu

Uśrednione wyniki z 3 lat badań wskazują, że termin siewu istotnie modyfikował jesienny rozwój roślin rzepaku ozimego. Rzepak ozimy siany w terminie optymalnym (20 sierpnia) wykształcił 8,0 liści rozetowych, szyjkę korzeniową o średnicy 12,7 mm, epikotyl o długości 19,2 mm, świeżą i suchą masę rozety na poziomie 54,7 i 8,2 g, korzeń palowy o długości 16,8 cm oraz akumulacji świeżej i suchej masy na poziomie 8,3 i 1,8 g. Przesunięcie terminu siewu o 7 dni (koniec sierpnia) zmniejszało liczbę wytworzonych liści o 10%, średnicę szyjki korzeniowej o 20%, długość epikotylu o 26%, świeżą i suchą masę części nadziemnej rozety o 14–17%, długość korzenia palowego o 11% oraz jego świeżą i suchą masę o 18%. Rośliny rzepaku ozimego wysiane na początku września wytwarzały rozety o mniejszej liczbie liści (o 19%), cieńszej szyjce korzeniowej (o 34%), krótszym epikotylu (o 45%), mniejszej świeżej i suchej masie części nadziemnych (o 25 i 33%), krótszym korzeniu palowym (o 20%) oraz mniejszej świeżej i suchej masie

korzenia (o 32 i 33%), w stosunku do siewu w terminie optymalnym. Termin siewu nie różnicował istotnie przezimowania roślin rzepaku ozimego. Nawet wysiew wrześniowy rzepaku ozimego pozwalał na bardzo dobre przezimowanie roślin (tab. 11).

Tabela 11. Cechy morfometryczne, masa rozet liściowych oraz przezimowanie roślin rzepaku ozimego w zależności od terminu siewu (średnia z 3 lat badań)

Wyszczególnienie	Termin siewu		
	20 sierpnia	27 sierpnia	3 września
Liczba wytworzonych liści rozetowych (szt.)	8,0^{a}	7,3^{b}	6,5^{c}
Średnica szyjki korzeniowej (mm)	12,7^{a}	10,5^{b}	8,2^{c}
Długość epikotylu (mm)	19,2^{a}	15,1^{b}	10,4^{c}
Świeża masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})	54,7^{a}	46,6^{b}	41,1^{c}
Sucha masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})	8,2^{a}	6,7^{b}	5,7^{b}
Długość korzenia palowego (cm)	16,8^{a}	15,5^{b}	13,4^{c}
Świeża masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$)	8,3^{a}	7,4^{b}	5,6^{c}
Sucha masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$)	1,8^{a}	1,6^{b}	1,2^{c}
Przezimowanie roślin (%)	90,8	88,7	90,3

Warto podkreślić, że wpływ opóźnienia terminu siewu na rozwój rozet liściowych rzepaku ozimego był uzależniony od układu warunków siedliskowo-klimatycznych. Opóźnienie terminu siewu o 7 dni w warunkach agroekologicznych 1. cyklu badań nie miało istotnego wpływu na rozwój rozet rzepaku ozimego. Dopiero 14-dniowe opóźnienie terminu siewu spowodowało istotne obniżenie średnicy szyjki korzeniowej (o 6%), długości epikotylu (o 36%) oraz długości korzenia palowego (o 30%). W 2. i 3. roku badań rośliny rzepaku ozimego zareagowały słabszym rozwojem rozet liściowych już na 7-dniowe opóźnienie terminu siewu (tab. 12).

Tabela 12. Wpływ terminu siewu na wybrane cechy morfometryczne oraz masę rozet rzepaku ozimego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Termin siewu		
	20 sierpnia	27 sierpnia	3 września
Liczba wytworzonych liści rozetowych (szt.)			
2020/2021	7,3^{bc}	7,0^{bc}	6,7^{cd}
2021/2022	8,4^{a}	7,6^{b}	6,1^{d}
2022/2023	8,4^{a}	7,2^{bc}	6,7^{cd}
Średnica szyjki korzeniowej (mm)			
2020/2021	10,5^{c}	10,3^{c}	8,2^{d}
2021/2022	11,7^{b}	10,9^{c}	8,2^{d}
2022/2023	16,0^{a}	10,2^{c}	8,2^{d}
Długość epikotylu (mm)			
2020/2021	18,3^{b}	15,9^{b}	11,0^{c}
2021/2022	11,0^{c}	11,0^{c}	9,3^{c}
2022/2023	28,1^{a}	18,3^{b}	10,8^{c}
Świeża masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})			
2020/2021	33,3^{c}	30,1^{c}	22,9^{c}
2021/2022	55,1^{b}	33,0^{c}	27,2^{c}
2022/2023	75,5^{a}	76,8^{a}	73,1^{a}
Sucha masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})			
2020/2021	4,9^{c}	4,2^{c}	3,0^{c}
2021/2022	8,6^{b}	4,9^{c}	3,9^{c}
2022/2023	11,1^{a}	11,0^{a}	10,1^{ab}
Długość korzenia palowego (cm)			
2020/2021	17,1^{a}	17,0^{a}	12,0^{d}
2021/2022	16,9^{a}	14,8^{bc}	13,6^{cd}
2022/2023	16,4^{a}	14,6^{c}	14,5^{c}

Gęstość siewu

Jesienny rozwój roślin rzepaku ozimego był również istotnie modyfikowany przez gęstość siewu. Rzepak ozimy wykształcił najwięcej liści rozetowych (7,6 szt.), najgrubszą szyjkę korzeniową (11,5 mm) oraz korzeń palowy o największej świeżej (8,2 g) i suchej masie (1,8 g) przy najniższej gęstości siewu (30 nasion m^{-2}). Świeża i sucha masa nadziemnej części rozety była największa (odpowiednio 51,4–57,2 i 7,4–8,2 g) w warunkach wysiewu 30 i 50 nasion m^{-2} (tab. 13).

Tabela 13. Cechy morfometryczne, masa rozet liściowych oraz przezimowanie roślin rzepaku ozimego w zależności od gęstości siewu (średnia z 3 lat badań)

Wyszczególnienie	Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})			
	30	50	70	90
Liczba wytworzonych liści rozetowych (szt.)	7,6^{a}	7,2^{ab}	7,3^{ab}	7,0^{b}
Średnica szyjki korzeniowej (mm)	11,5^{a}	10,6^{b}	10,1^{bc}	9,7^{c}
Długość epikotylu (mm)	14,9	14,1	15,7	14,8
Świeża masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})	57,2^{a}	51,4^{a}	43,0^{b}	38,2^{b}
Sucha masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})	8,2^{a}	7,4^{a}	6,2^{b}	5,6^{b}
Długość korzenia palowego (cm)	15,3	15,4	15,1	15,0
Świeża masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$)	8,2^{a}	7,4^{ab}	6,5^{b}	6,4^{b}
Sucha masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$)	1,8^{a}	1,6^{ab}	1,4^{b}	1,4^{b}
Przezimowanie roślin (%)	88,6	89,8	90,0	91,4

Istotne obniżenie liczby liści wytworzonych w rozecie (o 8%) rzepaku ozimego zaobserwowano dopiero po zwiększeniu gęstości siewu do 90 nasion m^{-2}. Z kolei istotne obniżenie średnicy szyjki korzeniowej (o 8%) następowało już po zwiększeniu gęstości siewu do 50 nasion m^{-2}. Dalsze, istotne obniżenie średnicy szyjki korzeniowej (o 8%) następowało dopiero po zwiększeniu gęstości siewu do 90 nasion m^{-2}. Istotne obniżenie świeżej i suchej masy nadziemnej części rozety liściowej (odpowiednio o 16–25 i 16–24%) i korzenia palowego (odpowiednio o 12–21 i 12–22%) następowało po zwiększeniu gęstości siewu do 70 nasion m^{-2}. Dalsze zwiększenie gęstości siewu (90 nasion m^{-2}) nie różnicowało istotnie masy rozet liściowych i korzenia palowego rzepaku ozimego. Gęstość wysiewu nie wpływała istotnie na przezimowanie roślin, chociaż zauważono tendencję do mniejszych ubytków pozimowych roślin w miarę zwiększania gęstości siewu (tab. 13).

4.3. Elementy architektury łanu

Lata badań

W 1. i 3. cyklu badań rośliny rzepaku ozimego wytworzyły łodygi o najdłuższej wysokości (149–153 cm) oraz najwyżej osadzały pierwsze rozgałęzienie owoconośne (59–62 cm). W 2. sezonie wegetacyjnym pędy rzepaku były niższe o 5% oraz o 23% niżej umiejscawiały pierwsze rozgałęzienie produktywne. Generalnie, warunki agroekologiczne panujące w 3. cyklu badań sprzyjały rozwojowi cech morfometrycznych roślin determinujących strukturę łanu rzepaku ozimego. W tym cyklu badań (2022/2023) rośliny wytworzyły najgrubsze

łodygi (16,0 mm), najsilniej rozgałęzione (8,2 szt.) i najsilniej wylegające (ugięcie łanu na poziomie 8,2%). W pozostałych sezonach wegetacyjnych (2020/2021 i 2021/2022) rośliny rzepaku ozimego wytwarzały łodygi o mniejszej grubości (o 16%) i mniej rozgałęzione (o 17–37%), co spowodowało mniejsze wyleganie łanu (o 20%) (tab. 14).

Tabela 14. Elementy architektury łanu rzepaku ozimego w latach badań

Elementy architektury łanu	Sezon wegetacyjny		
	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Wysokość roślin przed zbiorem (cm)	149,3[a]	143,6[b]	152,7[a]
Grubość łodyg u nasady (mm)	12,9[b]	13,9[b]	16,0[a]
Liczba rozgałęzień produktywnych (szt.)	5,2[c]	6,8[b]	8,2[a]
Wysokość do pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm)	62,2[a]	46,9[b]	59,3[a]
Długość pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm)	59,8[c]	66,1[b]	75,5[a]
Ugięcie łanu (%)	6,6[b]	6,5[b]	8,2[a]

Typ odmiany

Rośliny rzepaku ozimego odmiany mieszańcowej długołodygowej wytworzyły najdłuższe łodygi (164 cm) oraz najwyżej osadzały pierwsze rozgałęzienie owoconośne (67 cm). Odmiana populacyjna i mieszańcowa krótkołodygowa wytworzyły krótsze łodygi (odpowiednio o 7 i 21%) oraz niżej osadzały pierwsze rozgałęzienie (odpowiednio o 14 i 34%). Łodygami o najmniejszej średnicy u podstawy charakteryzowały się rośliny odmiany mieszańcowej półkarłowej (13,4 mm). Istotnie grubsze pędy (o 12%) wytwarzały rośliny odmiany mieszańcowej długołodygowej. Liczba rozgałęzień produktywnych nie była determinowana typem odmiany (tab. 15).

Tabela 15. Elementy architektury łanu różnych typów odmian rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań)

Elementy architektury łanu	Typ odmiana		
	populacyjna	mieszańcowa długołodygowa	mieszańcowa półkarłowa
Wysokość roślin przed zbiorem (cm)	153[b]	164[a]	129[c]
Grubość łodyg u nasady (mm)	14,2[ab]	15,2[a]	13,4[b]
Liczba rozgałęzień produktywnych (szt.)	6,6	6,6	7,0
Wysokość do pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm)	57,4[b]	67,0[a]	44,0[c]
Długość pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm)	68,9[a]	70,3[a]	62,2[b]
Ugięcie łanu (%)	7,2[b]	8,0[a]	6,1[c]

Tabela 16. Ugięcie łanu (%) różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Typ odmiany		
	populacyjna	mieszańcowa długołodygowa	mieszańcowa półkarłowa
2020/2021	6,0[cd]	8,1[b]	5,5[d]
2021/2022	7,7[b]	6,0[cd]	5,8[cd]
2022/2023	7,8[b]	9,7[a]	7,1[bc]

Największym ugięciem charakteryzował się łan rzepaku ozimego odmiany mieszańcowej długołodygowej (8,0%), nieco niższym odmiany populacyjnej (7,2%), a najniższym odmiany mieszańcowej krótkołodygowej (6,1%) (tab. 15). Stopień wylegania łanu był uzależniony od przebiegu pogody w poszczególnych latach badań. Odmiana mieszańcowa najsilniej wylegała (8,1–9,7%) w 1. i 3.

cyklu badań, które charakteryzowały się wyższymi temperaturami powietrza (o 1,2–2,1 °C) w marcu oraz przeciętnymi opadami atmosferycznymi w marcu i kwietniu. W 2. cyklu badań (okres posuchy w okresie od kwietnia do lipca) najsilniej wylegała (7,7%) odmiana populacyjna (tab. 4 i 16). Najsłabiej we wszystkich latach badań wylegała odmiana mieszańcowa krótkołodygowa (5,5–7,1%) (tab. 16).

Termin siewu

Rośliny z siewu optymalnego (20 sierpnia) wytworzyły łodygi o długości 151 cm, średnicy u podstawy sięgające 15,0 mm, z 7–8 rozgałęzieniami bocznymi, z których pierwsze było osadzone na wysokości 51 cm i miało długość 74 cm. Opóźnienie siewu o 7 i 14 dni zmniejszało wysokość roślin o 2–3%, grubość łodygi u nasady o 7%, liczbę rozgałęzień produktywnych o 16%, zwiększało wysokość osadzenia pierwszego rozgałęzienia owoconośnego o 14% i skracało jego długość o 13%. Przesunięcie siewu o 7 i 14 dni powodowało wzrostu wylegania łanu odpowiednio o 6 i 11% (tab. 17).

Tabela 17. Elementy architektury łanu rzepaku ozimego w zależności od terminu siewu (średnia z 3 lat badań)

Elementy architektury łanu	Termin siewu		
	optymalny	opóźniony o 7 dni	opóźniony o 14 dni
Wysokość roślin przed zbiorem (cm)	151^{a}	148^{ab}	147^{b}
Grubość łodyg u nasady (mm)	15,0^{a}	14,0^{b}	13,8^{b}
Liczba rozgałęzień produktywnych (szt.)	7,5^{a}	6,4^{b}	6,2^{b}
Wysokość do pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm)	50,9^{b}	56,7^{a}	60,8^{a}
Długość pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm)	73,7^{a}	65,4^{b}	62,2^{b}
Ugięcie łanu (%)	6,7^{b}	7,1^{ab}	7,5^{a}

Warto podkreślić, iż wpływ terminu siewu na liczbę rozgałęzień produktywnych oraz długość pierwszego rozgałęzienia produktywnego był istotnie różnicowany przez układ warunków siedliskowo-klimatycznych panujących w latach badań. W 3. cyklu badań (niskie opady atmosferyczne w maju) opóźnienie terminu siewu o 7 dni spowodowało zmniejszenie liczby rozgałęzień produktywnych (o 20%) oraz obniżenie osadzenia pierwszego rozgałęzienia owoconośnego (o 19%). Dalsze opóźnienie terminu siewu nie różnicowało istotnie wartości liczbowych tych elementów struktury plonu. W pozostałych latach badań opóźnienie terminu siewu nie różnicowało istotnie liczby rozgałęzień produktywnych oraz długości pierwszego rozgałęzienia owoconośnego (tab. 18).

Tabela 18. Wpływ terminu siewu na liczbę rozgałęzień produktywnych i długość pierwszego rozgałęzienia owoconośnego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Termin siewu		
	optymalny	opóźniony o 7 dni	opóźniony o 14 dni
Liczba rozgałęzień produktywnych (szt.)			
2020/2021	5,2^{c}	5,2^{c}	5,1^{c}
2021/2022	7,7^{b}	6,5^{bc}	6,2^{bc}
2022/2023	9,6^{a}	7,7^{b}	7,3^{b}
Długość pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm)			
2020/2021	59^{c}	60^{c}	60^{c}
2021/2022	73^{b}	64^{bc}	61^{bc}
2022/2023	89^{a}	72^{b}	66^{bc}

Udowodniono interakcję terminu siewu z wyleganiem badanych typów odmian rzepaku ozimego. Odmiana populacyjna zareagowała większym wyleganiem w warunkach opóźnienia terminu siewu o 7 dni. U odmian mieszańcowych (długołodygowej i półkarłowej) zaobserwowano istotnie zwiększenie wylegania dopiero przy opóźnieniu terminu siewu o 14 dni (tab. 19).

Tabela 19. Ugięcie łanu (%) różnych typów odmian rzepaku ozimego w zależności od terminu siewu (średnia z 3 lat badań)

Typ odmiany	Termin siewu		
	optymalny	opóźniony o 7 dni	opóźniony o 14 dni
Populacyjna	6,2^{cd}	8,2^{ab}	7,1^{ab}
Mieszańcowa długołodygowa	7,5^{ab}	7,9^{ab}	8,5^{a}
Mieszańcowa półkarłowa	6,4^{cd}	5,2^{d}	6,8^{b}

Gęstość siewu

Rośliny siane w gęstości 30 nasion m^{-2} wytwarzały łodygi o największej średnicy u nasady (15,7 mm), największej liczbie rozgałęzień produktywnych (7,5 szt.) i najdłuższym pierwszym rozgałęzieniu owoconośnym (76 cm). Zwiększenie gęstości siewu do 50 nasion m^{-2} spowodowało wyższe (o 15%) umiejscowienie na pędzie pierwszego rozgałęzienia produktywnego. Dalsze zwiększenie gęstości siewu (do 70 i 90 nasion m^{-2}) spowodowało zmniejszenie średnicy łodyg u nasady o 11–17%, spadek liczby rozgałęzień produktywnych o 12–19% oraz skrócenie pierwszego rozgałęzienia owoconośnego o 12–22%. Wyleganie łanu nie było istotnie determinowane gęstością siewu (tab. 20).

Tabela 20. Elementy architektury łanu rzepaku ozimego w zależności od gęstości siewu (średnia z 3 lat badań)

Elementy architektury łanu	Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})			
	30	50	70	90
Wysokość roślin przed zbiorem (cm)	150	149	148	147
Grubość łodyg u nasady (mm)	15,7^{a}	14,6^{ab}	13,9^{bc}	13,0^{c}
Liczba rozgałęzień produktywnych (szt.)	7,5^{a}	6,8^{ab}	6,6^{b}	6,1^{b}
Wysokość do pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm)	49,1^{b}	56,6^{a}	58,3^{a}	60,3^{a}
Długość pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm)	76,1^{a}	67,3^{b}	65,4^{bc}	59,7^{c}
Ugięcie łanu (%)	7,0	7,4	6,8	7,1

4.4. Elementy struktury plonu

Lata badań

Wysokie średniodobowe temperatury powietrza w czerwcu i lipcu w sezonie wegetacyjnym 2020/2021 skutkowały wykształceniem najmniejszej liczby łuszczyn na roślinie (106 szt.). Jednak łuszczyny te były wypełnione najdrobniejszymi nasionami (MTN – 4,85 g). W 2. sezonie wegetacyjnym (2021/2022), charakteryzującym się suchym marcem i kwietniem, rzepak ozimy wytworzył najwięcej łuszczyn na pojedynczej roślinie (156 szt.). Jednak liczba nasion w pojedynczej łuszczynie była najniższa (23,6 szt.), a nasiona charakteryzowały się przeciętną dorodnością (MTN – 5,07 g). W 3. cyklu badań (2022/2023) rzepak wytworzył przeciętną liczbę łuszczyn (128 szt.), o wysokiej liczbie nasion (26,5 szt.), które charakteryzowały się wysoką

dorodnością (MTN – 5,54 g), co mogło wynikać z chłodniejszej 3. dekady czerwca w porównaniu z pozostałymi latami badań (tab. 21).

Tabela 21. Elementy struktury plonu nasion rzepaku ozimego w latach badań

Elementy struktury plonu	Sezon wegetacyjny		
	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Obsada roślin przed zbiorem (szt. m^{-2})	45,9[a]	36,9[b]	35,8[b]
Liczba łuszczyn na roślinie (szt.)	105,9[c]	156,1[a]	127,9[b]
Liczba nasion w łuszczynie (szt.)	26,8[a]	23,6[b]	26,5[a]
Masa 1000 nasion (g)	4,85[c]	5,07[b]	5,54[a]

Typ odmiany

Niezależnie od doboru odmiany, obsada przed zbiorem wyniosła 38–41 roślin m^{-2}, a pojedyncza roślina tworzyła 127–133 łuszczyn. Odmiana mieszańcowa długołodygowa w pojedynczej łuszczynie wytworzyła najwięcej nasion (29,4 szt.), jednak o najniższej masie (MTN–4,86 g). Odmiany reprezentujące typ populacyjny oraz mieszańcowy półkarłowy wytwarzały istotnie mniejszą liczbę nasion w łuszczynie (o 19–20%), ale o większej masie 1000 nasion (o 7–11%) (tab. 22).

Tabela 22. Elementy struktury plonu nasion różnych typów odmian rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań)

Elementy struktury plonu	Typ odmiany		
	populacyjna	mieszańcowa długołodygowa	mieszańcowa półkarłowa
Obsada roślin przed zbiorem (szt. m^{-2})	40	38	41
Liczba łuszczyn na roślinie (szt.)	133	127	129
Liczba nasion w łuszczynie (szt.)	23,6[b]	29,4[a]	23,9[b]
Masa 1000 nasion (g)	5,38[a]	4,86[b]	5,21[a]

Warto podkreślić, iż proces wiązania łuszczyn przez odmiany mieszańcowe był silnie różnicowany układem warunków wilgotnościowo-termicznych panujących w latach badań. W 1. cyklu badań (charakteryzującym się upalnym i suchym czerwcem) nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy typami odmian rzepaku ozimego w liczbie łuszczyn produktywnych. W 2. cyklu badań (charakteryzującym się niewielkimi opadami atmosferycznymi w marcu i kwietniu), istotnie mniejszą liczbę łuszczyn (średnio o 12%) wytworzyły rośliny odmiany półkarłowej. Z kolei w 3. roku badań (charakteryzującym się suchym majem) istotnie mniejszą liczbę łuszczyn produktywnych (o 16%) wytworzyły rośliny odmiany mieszańcowej długołodygowej (tab. 23).

Tabela 23. Liczba łuszczyn na roślinie (szt.) różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Typ odmiany		
	populacyjna	mieszańcowa długołodygowa	mieszańcowa krótkołodygowa
2020/2021	103[d]	106[cd]	109[cd]
2021/2022	163[a]	162[a]	143[b]
2022/2023	134[abc]	113[d]	136[abc]

Również wypełnienie łuszczyn nasionami przez badane odmiany było istotnie różnicowane warunkami hydrotermicznymi. W 1. cyklu badań najwięcej nasion w pojedynczej łuszczynie wytworzyła odmiana mieszańcowa długołodygowa (31 szt.). W 2. cyklu badań łuszczyny o najliczniejszych nasionach (24–26 szt.) wytworzyły odmiany mieszańcowe (długołodygowa oraz półkarłowa). Z kolei w 3. cyklu badań najwięcej nasion w łuszczynie (31 szt.) wytworzyła odmiana mieszańcowa długołodygowa, następnie odmiana populacyjna (25 szt.), a najmniej - odmiana mieszańcowa krótkołodygowa (23 szt.) (tab. 24).

Tabela 24. Liczba nasion w łuszczynie (szt.) różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Typ odmiany		
	populacyjna	mieszańcowa długołodygowa	mieszańcowa półkarłowa
2020/2021	24,5^{bc}	31,3^{a}	24,6^{bc}
2021/2022	20,8^{d}	26,0^{b}	24,1^{bc}
2022/2023	25,4^{b}	31,0^{a}	23,0^{c}

Masa 1000 nasion różnych typów odmian była również zmienna w latach badań. W 1. i 2. roku badań, które charakteryzowały się ponadprzeciętnie wysokimi temperaturami w czerwcu (szczególnie w 3. dekadzie) nasiona o najwyższej masie wytworzyła odmiana populacyjna (5,16–5,39 g). Odmiana mieszańcowa długołodygowa i krótkołodygowa wykształciły nasiona o mniejszej masie odpowiednio o 14 i 5% W 3. cyklu badań charakteryzującym się umiarkowanymi temperaturami oraz opadami atmosferycznymi w czerwcu masa tysiąca nasion nie była istotnie różnicowana układem warunków atmosferycznych (tab. 25).

Tabela 25. Masa tysiąca nasion (g) różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Typ odmiany		
	populacyjna	mieszańcowa długołodygowa	mieszańcowa półkarłowa
2020/2021	5,16^{ab}	4,45^{d}	4,92^{bc}
2021/2022	5,39^{a}	4,66^{cd}	5,15^{ab}
2022/2023	5,60^{a}	5,47^{a}	5,55^{a}

Termin siewu

Najniższą obsadę roślin przed zbiorem (37 szt. m^{-2}) zaobserwowano w warunkach optymalnego terminu siewu. Wynikało to z corocznych obfitych opadów atmosferycznych w 3. dekadzie sierpnia (49–89 mm), utrudniających wschody roślin sianych w tym terminie. Termin siewu nie różnicował istotnie liczby łuszczyn na roślinie oraz liczby nasion w łuszczynie. Masa tysiąca nasion była istotnie wyższa w warunkach optymalnego terminu siewu (5,37 g). Opóźnienie terminu siewu o 7 dni zmniejszyło dorodność nasion o 7%. Dalsze opóźnienie terminu siewu nie spowodowało spadku masy 1000 nasion rzepaku ozimego (tab. 26).

Tabela 26. Elementy struktury plonu nasion rzepaku ozimego w zależności od terminu siewu (średnia z 3 lat badań)

Elementy struktury plonu	Termin siewu		
	optymalny	opóźniony o 7 dni	opóźniony o 14 dni
Obsada roślin przed zbiorem (szt. m^{-2})	37[b]	41[a]	41[a]
Liczba łuszczyn na roślinie (szt.)	131	130	128
Liczba nasion w łuszczynie (szt.)	25,8	26,0	25,1
Masa 1000 nasion (g)	5,37[a]	4,97[b]	5,12[b]

Udowodniono istotny wpływ opóźnienia terminu siewu na liczbę nasion w łuszczynie u odmiany mieszańcowej długołodygowej (tab. 27). Odmiana mieszańcowa o tradycyjnym tempie wzrostu zareagowała istotnym spadkiem liczby nasion w łuszczynie (o 8%) na opóźnienie terminu siewu o 14 dni. Termin siewu nie wpływał istotnie na liczbę nasion wykształcanych w łuszczynie przez odmianę populacyjną oraz mieszańcową krótkołodygową (tab. 27).

Tabela 27. Liczba nasion w łuszczynie (szt.) różnych typów odmian rzepaku ozimego w zależności od terminu siewu (średnia z 3 lat badań)

Typ odmiany	Termin siewu		
	optymalny	opóźniony o 7 dni	opóźniony o 14 dni
Populacyjna	23,8[b]	23,8[b]	23,2[b]
Mieszańcowa długołodygowa	30,7[a]	29,5[ab]	28,1[b]
Mieszańcowa półkarłowa	22,9[b]	24,6[b]	24,1[b]

Wykazano związek pomiędzy terminem siewu a warunkami siedliskowo-klimatycznymi we wpływie na masę 1000 nasion rzepaku ozimego. W 1. i 2. cyklu badań opóźnienie terminu siewu nie powodowało istotnych zmian masy 1000 nasion rzepaku ozimego. Jedynie w 3. cyklu badań rzepak ozimy zareagował obniżeniem masy 1000 nasion o 19 i 8% na opóźnienie terminu siewu o 7 i 14 dni (tab. 28).

Tabela 28. Wpływ terminu siewu na masę tysiąca nasion (g) rzepaku ozimego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Termin siewu		
	optymalny	opóźniony o 7 dni	opóźniony o 14 dni
2020/2021	4,90[c]	4,84[c]	4,80[c]
2021/2022	5,13[bc]	5,06[c]	5,02[c]
2022/2023	6,07[a]	5,00[c]	5,56[b]

Gęstość siewu

Średnia obsada przed zbiorem przy wysiewie 30, 50, 70 i 90 nasion m^{-2} wyniosła odpowiednio 21, 34, 47 i 56 roślin m^{-2}. Gęstość siewu wpływała istotnie na liczbę tworzonych łuszczyn na pojedynczej roślinie. Najwięcej łuszczyn (196 szt. roślina^{-1}) wytworzył rzepak ozimy wysiany w najmniejszym zagęszczeniu nasion (30 szt. m^{-2}). Każde zwiększenie gęstości siewu o 20 nasion m^{-2} spowodowało zmniejszenie liczby łuszczyn na roślinie średnio o 26%. Gęstość wysiewu nasion nie różnicowała istotnie liczby nasion w łuszczynie oraz masy 1000 nasion (tab. 29).

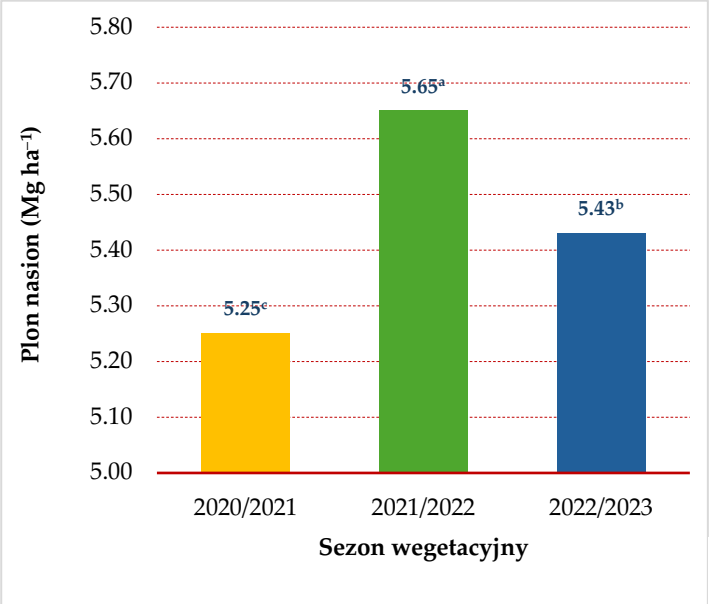
Tabela 29. Elementy struktury plonu nasion rzepaku ozimego w zależności od gęstości siewu (średnia z 3 lat badań)

Elementy struktury plonu	Gęstość siewu (nasion m^{-2})			
	30	50	70	90
Obsada roślin przed zbiorem (szt. m^{-2})	21^{d}	34^{c}	47^{b}	56^{a}
Liczba łuszczyn na roślinie (szt.)	196^{a}	137^{b}	102^{c}	84^{d}
Liczba nasion w łuszczynie (szt.)	26	26	25	25
Masa 1000 nasion (g)	5,19	5,14	5,14	5,14

4.5. Plon nasion

Lata badań

Najwyższy plon nasion rzepaku ozimego (5,65 Mg ha^{-1}) uzyskano w 2. cyklu badań (2021/2022), co wynikało z najwyższej liczby łuszczyn na pojedynczej roślinie (156 szt.) (rys. 1, tab. 22). W pozostałych latach badań, pomimo wyższej liczby nasion w łuszczynie (o 11–12%), plon nasion był niższy o 4% (2022/2023) i 7% (2020/2021) na skutek mniejszej liczby łuszczyn na roślinie (o 18–32%) (rys. 1, tab. 22).



Rysunek 1. Plon nasion rzepaku ozimego w latach badań

Typ odmiany

Plonowanie rzepaku ozimego w warunkach agroekologicznych Pojezierza Ostródzkiego w latach 2020–2023 było bardzo wysokie (5,25–5,65 Mg ha^{-1}). Średnio w latach badań, najwyższym plonem nasion charakteryzowała się odmiana mieszańcowa długołodygowa (5,60 Mg ha^{-1}). Plon nasion odmiany populacyjnej i mieszańcowej krótkołodygowej był niższy o 0,20–0,28 Mg ha^{-1} (tj. o 4–5%) (tab. 30).

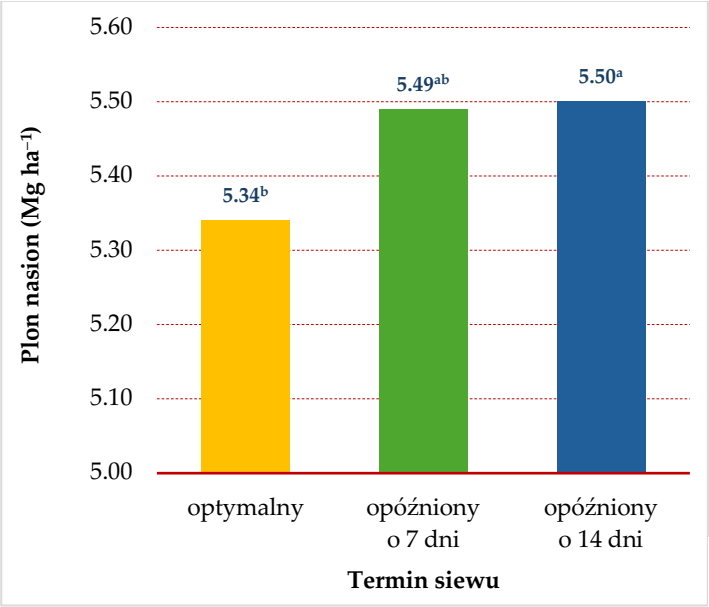
Tabela 30. Plon nasion (Mg ha^{-1}) różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Typ odmiany		
	populacyjna	**mieszańcowa długołodygowa**	**mieszańcowa półkarłowa**
2020/2021	5,00^{d}	5,67^{a}	5,09^{cd}
2021/2022	5,54^{b}	5,71^{a}	5,69^{a}
2022/2023	5,66^{a}	5,44^{abc}	5,18^{bcd}
Średnia	**5,40^{b}**	**5,60^{a}**	**5,32^{b}**

Warto podkreślić, iż wydajność różnych typów odmian była silnie różnicowana warunkami agroekologicznymi panującymi w latach badań (tab. 30). W 1. cyklu badań najwyżej plonowała odmiana mieszańcowa długołodygowa (5,67 Mg ha^{-1}). W 2. cyklu badań najwyższy plon nasion uzyskano z uprawy obu odmian mieszańcowych (5,69–5,71 Mg ha^{-1}). Odmiana populacyjna ustępowała pod tym względem odmianom mieszańcowym średnio o 0,16 Mg ha^{-1} (tj. o 3%). W 3. cyklu badań najwyższym plonowaniem charakteryzowała się odmiana populacyjna (5,66 Mg ha^{-1}), średnim - mieszańcowa długołodygowa (5,44 Mg ha^{-1}), a najniższym odmiana mieszańcowa półkarłowa (5,18 Mg ha^{-1}) (tab. 30).

Termin siewu

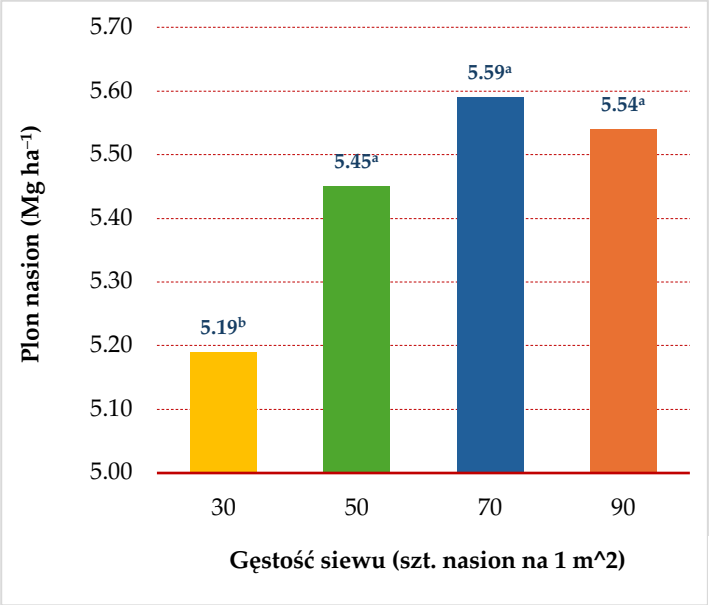
Najniższy plon nasion rzepaku ozimego (5,34 Mg ha^{-1}) uzyskano w warunkach terminu siewu zalecanego dla Pojezierza Ostródzkiego (20 sierpnia). Opóźnienie terminu siewu o 7 i 14 dni spowodowało wzrost plonu nasion średnio o 3%, tj. o 0,15 Mg ha^{-1} (rys. 2). Warto podkreślić, iż reakcja rzepaku ozimego na termin siewu była niezależna od typu odmiany i warunków pogodowych panujących w okresie badań (tab. 3).



Rysunek 2. Wpływ terminu siewu na plon nasion rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań)

Gęstość siewu

Wysiew od 50 do 90 nasion na 1 m^2 gwarantował uzyskanie najwyższych plonów nasion (5,45–5,59 Mg ha^{-1}). Obniżenie gęstości siewu do 30 nasion m^{-2} spowodowało spadek plonu nasion rzepaku ozimego średnio o 6% (tj. o 0,26 Mg ha^{-1}) (rys. 3). Warto podkreślić, iż wpływ gęstości siewu na wielkość plonu nasion była różnicowana przez warunki agroekologiczne panujące w latach badań (tab. 31). W 1. cyklu badań, istotnie wyższy plon nasion uzyskano wysiewając rzepak w gęstości 70 i 90 nasion m^{-2} (5,49 i 5,45 Mg ha^{-1}). Obniżenie ilości wysiewanych nasion do 30 i 50 szt. m^{-2} zmniejszyło plony nasion o 10 i 6%. W 2. cyklu badań, najkorzystniejszy okazał się wysiew 50–90 szt. nasion m^{-2} (5,66–5,87 Mg ha^{-1}). Wysiew 30 szt. nasion m^{-2} spowodował obniżenie plonu nasion (średnio o 7%). Z kolei w 3. cyklu badań najwyższy plon nasion uzyskano w warunkach siewu 50 i 70 szt. nasion m^{-2} (5,55 Mg ha^{-1}). Wysiew 30 lub 90 szt. nasion m^{-2} obniżył plon o 5% (tj. o 0,25 Mg ha^{-1}) (tab. 31).



Rysunek 3. Wpływ gęstości siewu na plon nasion rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań)

Tabela 31. Plon nasion (Mg ha^{-1}) rzepaku ozimego w zależności od gęstości siewu w latach badań

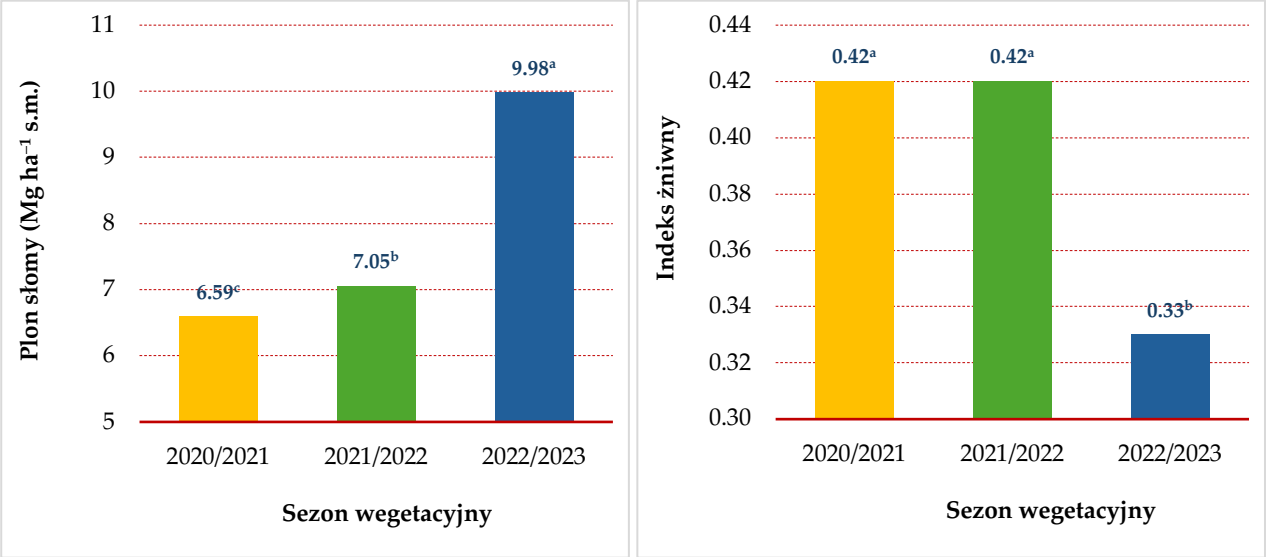
Sezon wegetacyjny	Gęstość siewu (szt. m^2)			
	30	50	70	90
2020/2021	4,92^{d}	5,15^{cd}	5,49^{abc}	5,45^{abc}
2021/2022	5,34^{bcd}	5,66^{ab}	5,72^{ab}	5,87^{a}
2022/2023	5,30^{bcd}	5,54^{abc}	5,55^{abc}	5,31^{bcd}

4.6. Plon słomy oraz indeks żniwny

Lata badań

Najwyższy plon słomy (9,98 Mg ha^{-1} s.m.) uzyskano w 3. sezonie wegetacyjnym (2022/2023). W tym cyklu badań rośliny rzepaku ozimego wytworzyły najdłuższe (153 cm) i najsilniej rozgałęzione łodygi (8,2 szt.) (rys. 4, tab. 15). Wysoki plon słomy uzyskany w sezonie wegetacyjnym 2022/2023 był

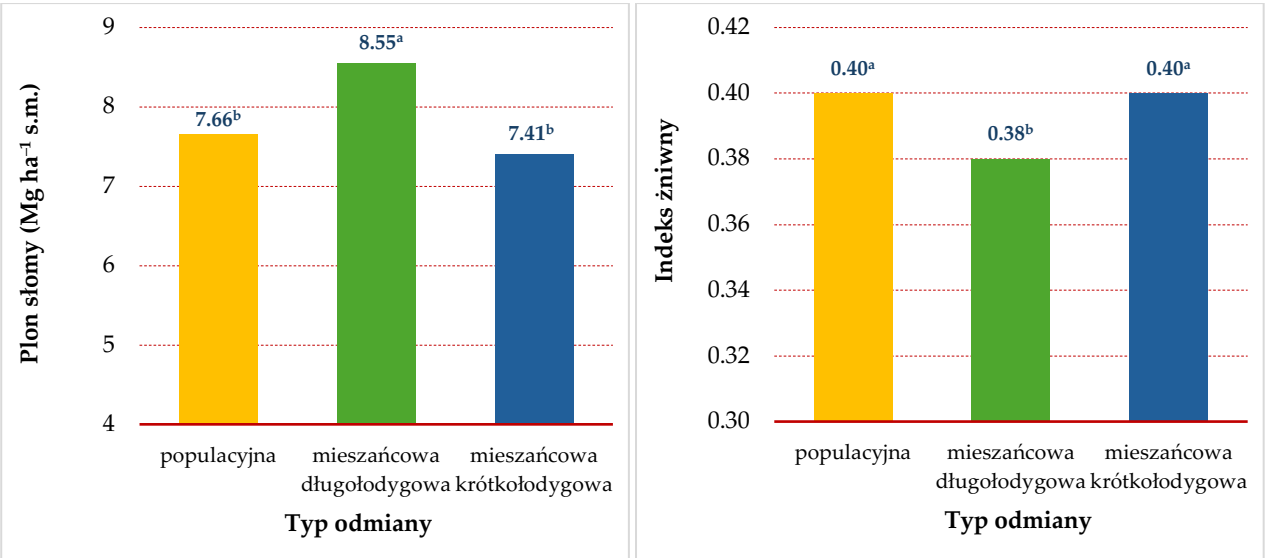
powodem niskiej wartości indeksu żniwnego (0,33) (rys. 4). W 1. (2020/2021) i 2. cyklu badań (2021/2022), plon słomy był niższy o 29–34%. W tych sezonach wegetacyjnych uzyskano najkorzystniejszy wskaźnik indeksu żniwnego (0,42) (rys. 4).



Rysunek 4. Plon słomy oraz wartość indeksu żniwnego w latach badań

Typ odmiany

Najwyższy plon słomy (8,55 Mg ha^{-1} s.m.) uzyskano z uprawy odmiany mieszańcowej długołodygowej. Plon słomy odmiany mieszańcowej półkarłowej i populacyjnej był niższy o 10–13%. Wysoki plon słomy odmiany mieszańcowej długołodygowej spowodował uzyskanie najmniej korzystnego indeksu żniwnego (0,38). Korzystniejszą relacją plonu nasion do plonu całej biomasy pozbiorowej (0,40) charakteryzowała się odmiana mieszańcowa półkarłowa oraz populacyjna (rys. 5).



Rysunek 5. Plon słomy oraz wartość indeksu żniwnego różnych typów odmian rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań)

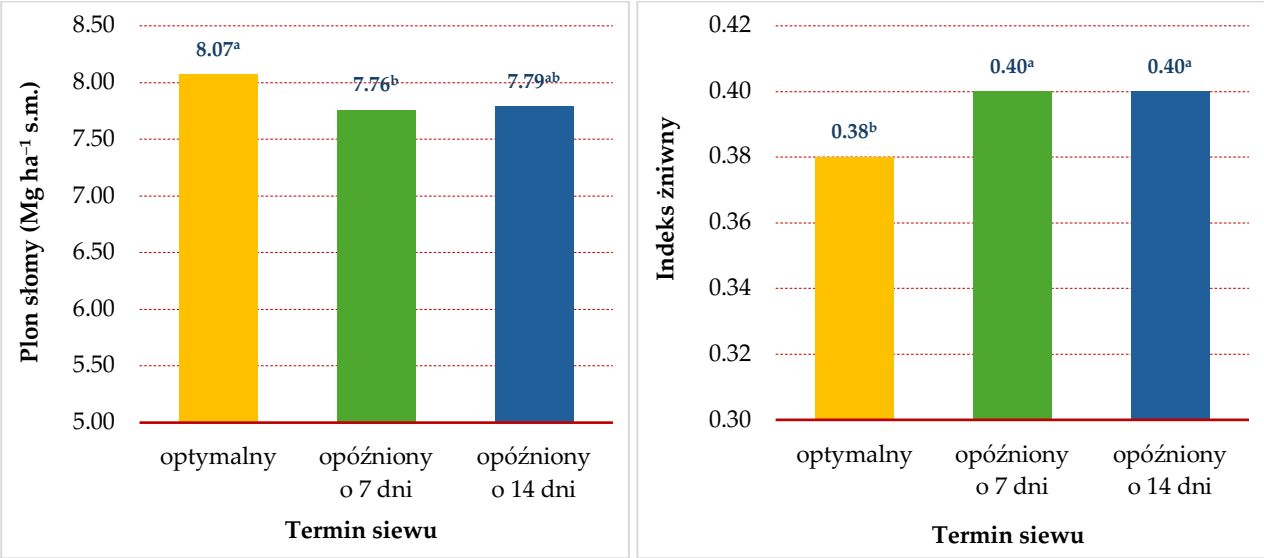
Plon słomy oraz indeks żniwny badanych typów odmian był silnie różnicowany układem warunków agroekologicznych panujących w latach badań. W 1. i 2. cyklu badań najwyższy plon słomy uzyskano z uprawy odmiany mieszańcowej długołodygowej (7,79–7,64 Mg ha^{-1} s.m.). W 3. cyklu badań plon słomy był niezależny od typu uprawianej odmiany rzepaku ozimego. W 1. cyklu badań najkorzystniejszą relacją plonu nasion do całkowitej biomasy pozbiorowej charakteryzowała się odmiana populacyjna oraz mieszańcowa półkarłowa (0,43–0,44). W 2. roku badań najkorzystniejszą wartością indeksu żniwnego wyróżniała się odmiana mieszańcowa półkarłowa (0,45). Z kolei w 3. sezonie wegetacyjnym nie udowodniono różnic w wartości indeksu żniwnego pomiędzy badanymi typami odmian rzepaku ozimego (tab. 32).

Tabela 32. Plon słomy (Mg ha^{-1} s.m.) i indeks żniwny różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Typ odmiany		
	populacyjna	mieszańcowa długołodygowa	mieszańcowa krótkołodygowa
	Plon słomy (Mg ha^{-1} s.m.)		
2020/2021	6,17^{e}	7,64^{bc}	5,96^{e}
2021/2022	7,00^{cd}	7,79^{b}	6,36^{de}
2022/2023	9,82^{a}	10,23^{a}	9,90^{a}
	Indeks żniwny		
2020/2021	0,43^{abc}	0,41^{c}	0,44^{ab}
2021/2022	0,42^{bc}	0,40^{c}	0,45^{a}
2022/2023	0,35^{d}	0,33^{d}	0,32^{d}

Termin siewu

Opóźnienie terminu siewu o 7 dni spowodowało istotne obniżenie plonu słomy (o 4%) oraz wzrost wartości indeksu żniwnego (o 5%). Dalsze opóźnienie terminu siewu nie wpływało istotnie na plon uboczny oraz relację plonu nasion do plonu całkowitego (rys. 6).



Rysunek 6. Wpływ terminu siewu na plon słomy i indeks żniwny rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań)

Plon słomy rzepaku ozimego był istotnie różnicowany układem warunków agroekologicznych panujących w latach prowadzenia badań polowych oraz terminem siewu. W 1. i 2. cyklu badań

najwyższy plon słomy uzyskano w warunkach optymalnego terminu siewu (20 sierpnia) (6,96–7,40 Mg ha^{-1} s.m.). Opóźnienie terminu siewu o 7 i 14 dni zmniejszyło plon słomy o 7–9%. Z kolei w 3. cyklu badań nie udowodniono wpływu terminu siewu na plon słomy rzepaku ozimego (tab. 33).

Tabela 33. Wpływ terminu siewu na plon słomy rzepaku ozimego (Mg ha^{-1} s.m.) w latach badań

Sezon wegetacyjny	Termin siewu		
	optymalny	opóźniony o 7 dni	opóźniony o 14 dni
2020/2021	6,96^{bc}	6,38^{c}	6,43^{c}
2021/2022	7,40^{b}	6,93^{bc}	6,82^{bc}
2022/2023	9,85^{a}	9,98^{a}	10,12^{a}

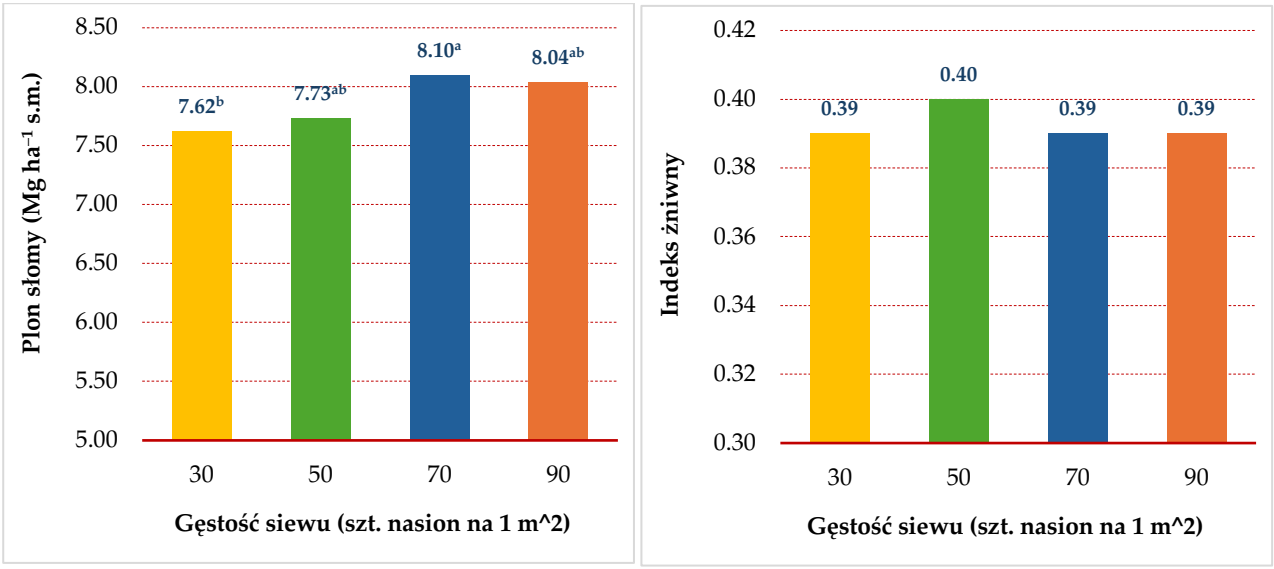
W każdym z badanych terminów siewu odmiana mieszańcowa długołodygowa odznaczała się najwyższym plonem słomy. Plon słomy odmiany populacyjnej sianej w terminie optymalnym i opóźnionym o 7 dni był wyższy o 6% w stosunku do plonu słomy odmiany mieszańcowej krótkołodygowej. W przypadku opóźnienia terminu siewu o 14 dni plon słomy odmiany populacyjnej i długołodygowej był porównywalny (7,52 *vs.* 7,64 Mg ha^{-1} s.m.) (tab. 34).

Tabela 34. Plon słomy (Mg ha^{-1} s.m.) różnych typów odmian rzepaku ozimego w zależności od terminu siewu (średnia z 3 lat badań)

Typ odmiany	Termin siewu		
	optymalny	opóźniony o 7 dni	opóźniony o 14 dni
Populacyjna	7,98^{bcd}	7,49^{de}	7,52^{cde}
Mieszańcowa długołodygowa	8,90^{a}	8,55^{ab}	8,21^{abc}
Mieszańcowa półkarłowa	7,32^{de}	7,26^{e}	7,64^{cde}

Gęstość siewu

Najniższy plon słomy (7,62 Mg ha^{-1} s.m.) uzyskano wysiewając nasiona rzepaku ozimego w zagęszczeniu 30 szt. m^{-2}. Istotny wzrost plonu słomy (o 6%, tj. 0,48 Mg ha^{-1} s.m.) uzyskano po zwiększeniu gęstości siewu do 70 nasion m^{-2}. Gęstość siewu nie różnicowała istotnie indeksu żniwnego (rys. 7).



Rysunek 7. Wpływ gęstości siewu na plon słomy i indeks żniwny rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań)

Gęstość siewu istotnie różnicowała plon słomy tylko odmian mieszańcowych. Najwyższy plon słomy (9,18 Mg ha^{-1} s.m.) odmiany mieszańcowej długołodygowej uzyskano przy wysiewie 70 nasion m^{-2}. Z kolei w przypadku odmiany mieszańcowej krótkołodygowej najwyższy plon uboczny (7,53–7,55 Mg ha^{-1} s.m.) uzyskano przy wysiewie od 50 do 70 nasion m^{-2} (tab. 35).

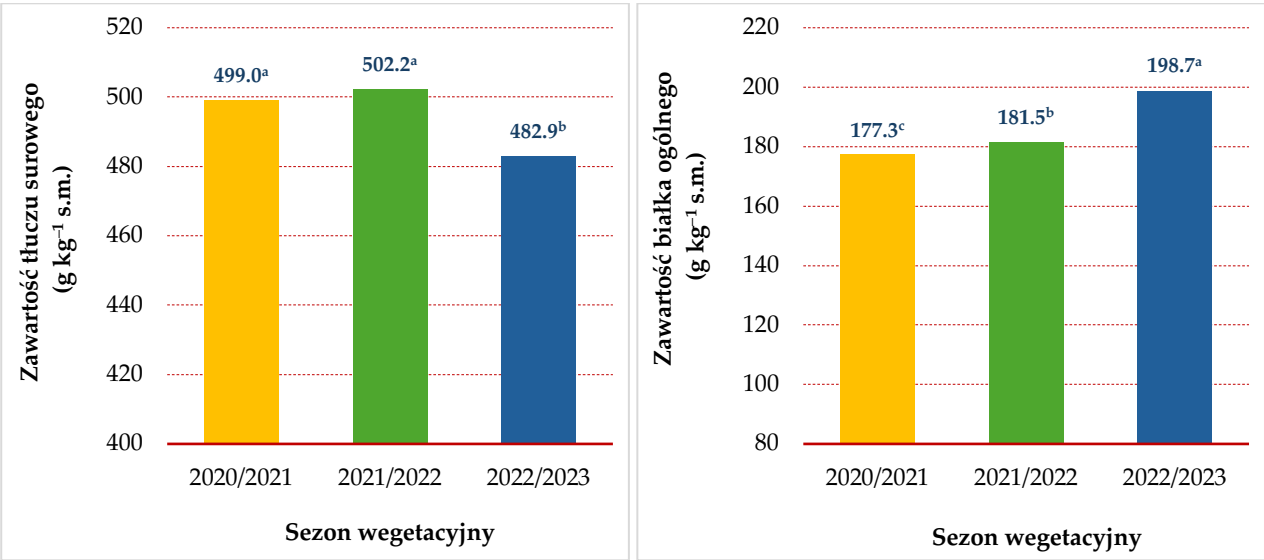
Tabela 35. Plon słomy (Mg ha^{-1} s.m.) różnych typów odmian rzepaku ozimego w zależności od gęstości siewu (średnia z 3 lat badań)

Typ odmiany	Gęstość siewu (szt. m^{-2})			
	30	50	70	90
Populacyjna	7,65^{cd}	7,46^{cd}	7,58^{cd}	7,96^{cd}
Mieszańcowa długołodygowa	8,00^{cd}	8,20^{bc}	9,18^{a}	8,83^{ab}
Mieszańcowa krótkołodygowa	7,22^{d}	7,53^{cd}	7,55^{cd}	7,33^{d}

4.7. Wartość użytkowa surowca olejarskiego

Lata badań

Najmniej tłuszczu surowego (483 g kg^{-1} s.m.) i najwięcej białka ogólnego (199 g kg^{-1} s.m.) gromadziły nasiona rzepaku ozimego w 3. cyklu badań. Mogło to wynikać z niskiej sumy opadów atmosferycznych w maju i 1. dekadzie czerwca (łącznie ok. 10 mm) (tab. 4). W pozostałych sezonach wegetacyjnych nasiona rzepaku ozimego charakteryzowały się wyższą zawartością tłuszczu surowego (o 3–4%) i niższą koncentracją białka ogólnego (o 9–11%) (rys. 8).



Rysunek 8. Zawartość składników pokarmowych w nasionach rzepaku ozimego w latach badań

W 3. roku badań (2022/2023), koncentracja jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) była najniższa (67,1%) ze względu na relatywnie niską zawartość kwasu oleinowego (65,9%). Z kolei zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) była najwyższa (27,0%), co było efektem relatywnie wysokiej biosyntezy kwasu linolowego (17,7%) oraz linolenowego (9,2%). W pozostałych latach badań koncentracja MUFA była wyższa o 3%, a PUFA niższa o 9%. Zawartość

nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) była najwyższa w 1. cyklu badań (6,5%), ze względu na wysoki udział kwasu palmitynowego i stearynowego w oleju rzepaku ozimego (tab. 36).

Tabela 36. Skład kwasów tłuszczowych (%) w oleju rzepaku ozimego w latach badań

Kwasy tłuszczowe		Sezon wegetacyjny		
		2020/2021	2021/2022	2022/2023
Palmitynowy	C16:0	4,4[a]	4,2[b]	4,2[b]
Stearynowy	C18:0	2,1[a]	1,9[b]	1,6[b]
Oleinowy	C18:1	68,0[a]	68,0[a]	65,9[b]
Linolowy	C18:2	16,5[c]	16,9[b]	17,7[a]
Linolenowy	C18:3	7,8[b]	7,7[b]	9,2[a]
Eikozenowy	C20:1	1,1[b]	1,2[b]	1,3[a]
Erukowy	C22:1	0,0	0,1	0,0
Nasycone	SFA	6,5[a]	6,1[b]	5,9[c]
Jednonienasycone	MUFA	69,1[a]	69,2[a]	67,1[b]
Wielonienasycone	PUFA	24,3[b]	24,7[b]	27,0[a]

Najwyższą zawartość glukozynolanów ogółem (13,83 μM g^{-1}) i glukozynolanów alkenowych (8,36 μM g^{-1}) stwierdzono w nasionach rzepaku ozimego zebranych w 3. sezonie wegetacyjnym (odpowiednio 13,83 i 8,36 μM g^{-1}). Był to efekt zwiększonej, w tym cyklu badań, biosyntezy glukonapiny oraz progoitryny. W 1. i 2. roku badań zawartość glukozynolanów ogółem oraz frakcji alkenowej była mniejsza, odpowiednio o 9–16 i 17–18% (tab. 37).

Tabela 37. Zawartość glukozynolanów (μM g^{-1} s.m.) w nasionach rzepaku ozimego w latach badań

Glukozynolany	Sezon wegetacyjny		
	2020/2021	2021/2022	2022/2023
Glukonapina	2,15[a]	1,59[b]	2,11[a]
Glukobrassicanapina	0,73[a]	0,55[b]	0,60[b]
Progoitryna	4,07[c]	4,69[b]	5,64[a]
Napoleiferyna	0,25[b]	0,33[a]	0,19[b]
Glukobrassycyna	0,08[b]	0,34[a]	0,37[a]
4-hydroksyglukobrassycyna	5,34[a]	4,17[c]	4,91[b]
Suma glukozynolanów alkenowych	6,92[b]	6,82[b]	8,36[a]
Całkowita zawartość glukozynolanów	12,60[b]	11,66[c]	13,83[a]

Typ odmiany

Najwięcej tłuszczu surowego w nasionach gromadziła odmiana mieszańcowa krótkołodygowa (507,1 g kg^{-1} s.m.). Odmiany mieszańcowa długołodygowa i populacyjna gromadziły mniej tłuszczu surowego w nasionach odpowiednio o 3 i 5%. Zawartość białka ogólnego w nasionach kształtowała się na poziomie od 184,5 do 187,0 g kg^{-1} s.m., niezależnie od typu odmiany rzepaku ozimego (tab. 38).

Tabela 38. Zawartość składników pokarmowych w nasionach rzepaku ozimego różnych typów odmian (średnia z 3 lat badań)

Wyszczególnienie	Typ odmiany		
	populacyjna	mieszańcowa długołodygowa	mieszańcowa krótkodygowa
Zawartość tłuszczu surowego (g kg^{-1} s.m.)	482,9[c]	494,0[b]	507,1[a]
Zawartość białka ogólnego (g kg^{-1} s.m.)	187,0	184,5	186,0

Najwyższą zawartość jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (70,3%) zawierał olej rzepaku odmiany mieszańcowej krótkołodygowej, głównie na skutek zwiększonej biosyntezy kwasu oleinowego (o 2,7%p). Olej tej odmiany był mniejszym źródłem wielonienasyconych (o 2%p) i nasyconych kwasów tłuszczowych (o 0,7%p), w porównaniu do pozostałych odmian (tab. 39).

Tabela 39. Skład kwasów tłuszczowych (%) w oleju rzepaku ozimego różnych typów odmian (średnia z 3 lat badań)

Kwasy tłuszczowe		Typ odmiany		
		populacyjna	mieszańcowa długołodygowa	mieszańcowa krótkodygowa
Palmitynowy	C16:0	4,5[a]	4,5[a]	3,8[b]
Stearynowy	C18:0	2,0[a]	1,8[b]	1,9[ab]
Oleinowy	C18:1	66,3[b]	66,5[b]	69,1[a]
Linolowy	C18:2	17,0[b]	17,5[a]	16,7[c]
Linolenowy	C18:3	9,1[a]	8,4[b]	7,4[c]
Eikozenowy	C20:1	1,1[b]	1,2[ab]	1,3[a]
Erukowy	C22:1	0,0	0,1	0,0
Nasycone	SFA	6,5[a]	6,3[b]	5,7[c]
Jednonienasycone	MUFA	67,4[b]	67,8[b]	70,3[a]
Wielonienasycone	PUFA	26,1[a]	25,9[a]	24,0[b]

Skład kwasów tłuszczowych oleju badanych typów odmian rzepaku ozimego był istotnie różnicowany układem warunków siedliskowo-klimatycznych (tab. 3). W każdym cyklu badań olej odmiany mieszańcowej krótkołodygowej zawierał więcej (o 1,95–2,85%p) jednonienasyconych kwasów tłuszczowych niż olej odmiany mieszańcowej o tradycyjnym tempie wzrostu oraz populacyjnej. Olej odmiany mieszańcowej długołodygowej tylko w 1. cyklu badań gromadził istotnie więcej (o 0,9%p) jednonienasyconych kwasów tłuszczowych niż olej odmiany populacyjnej. W pozostałych latach badań udział kwasów tłuszczowych jednonienasyconych w oleju odmiany mieszańcowej długołodygowej oraz populacyjnej był podobny – statystycznie nieistotny. W 1. cyklu badań olej odmiany populacyjnej zawierał istotnie więcej wielonienasyconych kwasów tłuszczowych. Z kolei w 2. i 3. cyklu badań najwięcej wielonienasyconych kwasów tłuszczowych zawierał olej odmiany mieszańcowej długołodygowej i populacyjnej (tab. 40).

Tabela 40. Zawartość jednonienasyconych i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w oleju różnych typów odmian rzepaku ozimego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Typ odmiany		
	populacyjna	mieszańcowa długołodygowa	mieszańcowa krótkołodygowa
	Udział jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (%)		
2020/2021	68,0[d]	68,9[bc]	70,4[a]
2021/2022	68,2[cd]	68,3[cd]	71,1[a]
2022/2023	66,0[e]	66,1[e]	69,3[b]
	Udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (%)		
2020/2021	25,0[bc]	24,4[cd]	23,6[de]
2021/2022	25,3[b]	25,4[b]	23,3[e]
2022/2023	27,8[a]	27,8[a]	25,2[b]

Najniższą zawartością glukozynolanów ogółem (12,33 μM g^{-1}) i glukozynolanów alkenowych (7,14 μM g^{-1}) charakteryzowały się nasiona odmiany mieszańcowej długołodygowej. Z kolei najwięcej glukozynolanów ogółem zawierały nasiona odmiany mieszańcowej krótkołodygowej (13,01 μM g^{-1}).

Najwięcej glukozynolanów alkenowych (7,65 μM g^{-1}) gromadziły nasiona odmiany populacyjnej, głównie na skutek zwiększonej biosyntezy progoitryny (tab. 41).

Tabela 41. Zawartość glukozynolanów (μM g^{-1} s.m.) w nasionach różnych typów odmian rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań)

Glukozynolany	Typ odmiany		
	populacyjna	mieszańcowa długołodygowa	mieszańcowa krótkodygowa
Glukonapina	1,95	2,00	1,90
Glukobrassicanapina	0,57^{b}	0,61^{ab}	0,70^{a}
Progoitryna	5,18^{a}	4,52^{b}	4,71^{b}
Napoleiferyna	0,24^{b}	0,23^{b}	0,31^{a}
Glukobrassycyna	0,20^{b}	0,28^{a}	0,31^{a}
4-hydroksyglukobrassycyna	4,67^{b}	4,68^{b}	5,07^{a}
Suma glukozynolanów alkenowych	7,65^{a}	7,14^{b}	7,31^{ab}
Całkowita zawartość glukozynolanów	12,76^{ab}	12,33^{b}	13,01^{a}

Termin siewu

Termin siewu nie różnicował zawartości tłuszczu surowego (493,4–496,7 g kg^{-1} s.m.) i białka ogólnego (184–186,9 g kg^{-1} s.m.) w nasionach rzepaku ozimego (tab. 42). Zawartość tłuszczu surowego oraz białka ogólnego w nasionach była istotnie różnicowana układem warunków agroekologicznych panujących w latach badań oraz terminem siewu (tab. 3). W 1. i 3. cyklu badań, wyższą (o ok. 1–2%) zawartością tłuszczu surowego charakteryzowały się nasiona rzepaku ozimego wysianego na początku września. W 2. cyklu badań, wyższą (o ok. 1%) koncentracją tłuszczu surowego odznaczały się nasiona rzepaku wysianego w terminie optymalnym i opóźnionym o 7 dni. Najwięcej białka ogólnego (181,7 g kg^{-1} s.m.) w 1. cyklu badań gromadziły nasiona rzepaku wysianego w terminie optymalnym. Przesunięcie terminu siewu na początek września obniżyło zawartość białka ogólnego w nasionach o 5%. Z kolei w 2. cyklu badań wysiew rzepaku ozimego w terminie optymalnym nie sprzyjał biosyntezie białka ogólnego. Istotnie wyższą zawartością białka ogólnego (o 3%) odznaczały się nasiona rzepaku wysianego pod koniec sierpnia lub na początku września. W 3. cyklu badań zawartość białka w nasionach rzepaku ozimego nie była istotnie różnicowana terminem siewu (tab. 42).

Tabela 42. Wpływ terminu siewu na zawartość tłuszczu surowego i białka ogólnego w nasionach rzepaku ozimego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Termin siewu		
	optymalny	opóźniony o 7 dni	opóźniony o 14 dni
	Zawartość tłuszczu surowego (g kg^{-1} s.m.)		
2020/2021	494,9^{abc}	497,0^{abc}	505,1^{a}
2021/2022	507,2^{a}	500,8^{a}	498,6^{ab}
2022/2023	478,2^{d}	484,1^{cd}	486,3^{bcd}
Średnia	**493,4**	**493,9**	**496,7**
	Zawartość białka ogólnego (g kg^{-1} s.m.)		
2020/2021	181,7^{b}	178,0^{bc}	172,3^{c}
2021/2022	178,4^{bc}	183,6^{b}	182,6^{b}
2022/2023	200,6^{a}	198,6^{a}	197,0^{a}
Średnia	**186,9**	**186,7**	**184,0**

Opóźnienie terminu siewu sprzyjało biosyntezie jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (tab. 43). Termin siewu nie różnicował istotnie profilu kwasów tłuszczowych oraz udziału nasyconych i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (tab. 3).

Tabela 43. Wpływ terminu siewu na skład kwasów tłuszczowych (%) w oleju rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań)

Kwasy tłuszczowe		Termin siewu		
		optymalny	opóźniony o 7 dni	opóźniony o 14 dni
Palmitynowy	C16:0	4,3	4,3	4,3
Stearynowy	C18:0	1,9	1,9	1,9
Oleinowy	C18:1	67,1	67,4	67,5
Linolowy	C18:2	17,1	17,0	17,0
Linolenowy	C18:3	8,4	8,2	8,2
Eikozenowy	C20:1	1,2	1,2	1,2
Erukowy	C22:1	0,0	0,1	0,0
Nasycone	SFA	6,2	6,1	6,1
Jednonienasycone	MUFA	68,2[b]	68,6[a]	68,6[a]
Wielonienasycone	PUFA	25,5	25,2	25,2

Najwyższą zawartością glukozynolanów ogółem (12,25 μM g^{-1}) i glukozynolanów alkenowych (7,88 μM g^{-1}) charakteryzowały się nasiona rzepaku ozimego wysianego w terminie optymalnym (20 sierpnia). Przesunięcie siewu o 7 dni obniżyło zawartość frakcji alkenowej glukozynolanów o 9%. Dalsze opóźnienie terminu siewu nie różnicowało istotnie akumulacji glukozynolanów alkenowych w nasionach rzepaku. Również zawartość glukozynolanów ogółem zmniejszała się w miarę opóźnienia terminu siewu rzepaku. Jednak istotny spadek ogólnej zawartości glukozynolanów był widoczny dopiero przy wrześniowym siewie rzepaku ozimego, tj. opóźnionym o 14 dni w stosunku do terminu przyrodniczo-optymalnego dla regionu prowadzenia badań własnych (tab. 44).

Tabela 44. Wpływ terminu siewu na zawartość glukozynolanów (μM g^{-1} s.m.) w nasionach rzepaku ozimego (średnia z 3 lat badań)

Glukozynolany	Termin siewu		
	optymalny	opóźniony o 7 dni	opóźniony o 14 dni
Glukonapina	2,10[a]	1,88[b]	1,88[b]
Glukobrassicanapina	0,73[a]	0,60[b]	0,56[b]
Progoitryna	5,10[a]	4,72[b]	4,59[b]
Napoleiferyna	0,29[a]	0,26[a]	0,22[b]
Glukobrassycyna	0,24	0,28	0,27
4-hydroksyglukobrassycyna	4,83	4,87	4,72
Suma glukozynolanów alkenowych	7,88[a]	7,20[b]	7,03[b]
Całkowita zawartość glukozynolanów	13,25[a]	12,61[ab]	12,23[b]

Zawartość glukozynolanów alkenowych w 1. i 2. sezonie wegetacyjnym była zbliżona (6,67–7,06 μM g^{-1}), niezależnie od terminu siewu. W 3. sezonie wegetacyjnym najwyższą koncentrację glukozynolanów alkenowych w nasionach zanotowano w przypadku siewu rzepaku w terminie optymalnym (9,71 μM g^{-1}). Opóźnienie terminu siewu o 7 i 14 dni zmniejszyło zawartość tej frakcji glukozynolanów o 21% (tab. 45).

Tabela 45. Wpływ terminu siewu na zawartość glukozynolanów alkenowych (μM g^{-1} s.m) w nasionach rzepaku ozimego w latach badań

Sezon wegetacyjny	Termin siewu		
	optymalny	opóźniony o 7 dni	opóźniony o 14 dni
2020/2021	7,03[b]	7,06[b]	6,67[b]
2021/2022	6,90[b]	6,86[b]	6,71[b]
2022/2023	9,71[a]	7,67[b]	7,70[b]

Gęstość siewu

Zawartość składników pokarmowych w nasionach rzepaku ozimego, skład kwasów tłuszczowych oleju oraz zawartość glukozynolanów nie były istotnie różnicowane gęstością siewu, niezależnie od terminu siewu, typu odmiany oraz układu warunków siedliskowo-klimatycznych panujących w latach badań (tab. 3).

5. DYSKUSJA

5.1. Jesienny rozwój i przezimowanie roślin

Typ odmiany

Stopień rozwoju roślin rzepaku ozimego przed zahamowaniem jesiennej wegetacji jest głównie determinowany genotypem odmiany (Velička i in., 2012). W wielu badaniach, odmiany mieszańcowe wytwarzały od 5 do 17% więcej liści w rozecie, w porównaniu do odmian populacyjnych (Bečka i in., 2004; Bankina i in., 2010; Balodis i Gaile, 2011a; Velička i in., 2012;). Również w badaniach własnych odmiany mieszańcowe wykształciły rozety z większą o 5% liczbą liści (tab. 9). Z kolei w badaniach Sikorskiej i in. (2022), Wielebskiego i Wójtowicza (2018b), Gugały i in. (2017) oraz Koteckiego i in. (2007) najwięcej liści w rozecie wytwarzały odmiany populacyjne, z kolei odmiany mieszańcowe (długołodygowe i półkarłowe) wytwarzały o 5–14% mniej liści.

W badaniach własnych odmiana mieszańcowa półkarłowa tworzyła rozety o najmniejszej świeżej masie (35 g) (tab. 9), co jest zgodne z wynikami badań Wielebskiego i Wójtowicza (2018b) oraz Sikorskiej i in. (2022). W badaniach Koteckiego i in. (2007) oraz Malarza i in. (2006) odmiany populacyjne tworzyły rozety o mniejszej świeżej masie, w stosunku do odmian mieszańcowych, o 6–10%. Badania przeprowadzone na Litwie przez Balodisa i Gaile (2011a), dowodzą, że masa rozet poszczególnych typów odmian była zależna od przebiegu warunków pogodowych w latach badań, co potwierdzają badania własne.

Odporność roślin rzepaku ozimego na niekorzystne warunki podczas zimy zależy w dużym stopniu od grubości szyjki korzeniowej, która stanowi rezerwuar składników pokarmowych, zwiększających odporność na mróz (Lääniste i in., 2007). Według wielu badań morfotyp odmiany rzepaku ozimego nie determinuje grubości szyjki korzeniowej (Bečka i in., 2004; Malarz i in., 2006; Bankina, 2010; Velička, 2012; Wielebski i Wójtowicz, 2018b). W badaniach własnych, dowiedziono, że szyjki korzeniowe o największej średnicy wytwarzała odmiana mieszańcowa półkarłowa. Z kolei w badaniach Gugały i in. (2017) i Sikorskiej i in. (2022) oraz Koteckiego i in. (2007), odmiana populacyjna wytwarzała rozety liściowe z najgrubszą szyjką korzeniową.

W badaniach własnych odmiana mieszańcowa półkarłowa wytwarzała krótszy epikotyl o ok. 10%, w stosunku do pozostałych badanych typów odmian, co potwierdzają badania Wielebskiego i Wójtowicza (2018b). W badaniach Sikorskiej i in. (2022), najwyżej wyniesiony pąk wierzchołkowy wytwarzała odmiana populacyjna. Odmiany mieszańcowe (długołodygowa i półkarłowa) wytwarzały krótszy epikotyl o ok. 5%. Również w badaniach Koteckiego i in. (2007), odmiana populacyjna wytwarzała wyżej wyniesiony o 8% stożek wzrostu, w porównaniu do odmian mieszańcowych. Z kolei w badaniach Bankina i in. (2010), odmiany mieszańcowe osadzały wyżej pąk wierzchołkowy,

w porównaniu do odmian populacyjnych, aż o 33%. Badania Gugały i in. (2017), nie wskazują na istotne zróżnicowanie długości epikotylu pomiędzy typami odmian rzepaku ozimego.

Dobrze rozwinięty palowy system korzeniowy, intensywnie penetrujący warstwę orną, korzystnie wpływa na prawidłowe odżywienie roślin, różnicuje ich odporność na mróz oraz przyczynia się do dobrego wczesnowiosennego wigoru roślin (Diepenbrock, 2000; Velička i in., 2012; Jankowski i in., 2019). W badaniach własnych odmiana populacyjna wytworzyła w okresie jesiennej wegetacji najdłuższy korzeń palowy (16,0 cm), o najwyższej świeżej i suchej masie (odpowiednio 8,4 g i 1,8 g). W badaniach Wielebskiego i Wójtowicza (2018b), korzeń palowy o największej świeżej masie, wykształciła odmiana mieszańcowa długołodygowa, a odmiana mieszańcowa krótkołodygowa i populacyjna, tworzyły korzeń palowy o mniejszej (o 9%) świeżej masie. W badaniach Bankina i in. (2010), przeprowadzonych w warunkach agroekologicznych Litwy, odmiana mieszańcowa wytwarzała korzeń palowy o większej o 35% świeżej masie, w porównaniu do odmian populacyjnych. Według badań Bečki i in. (2004), genotyp odmiany nie różnicuje długości korzenia palowego.

W badaniach własnych nie stwierdzono różnic w przezimowaniu roślin pomiędzy badanymi odmianami rzepaku ozimego reprezentującymi odmienne morfotypy. Wyniki Gugały i in. (2017), wykazały jednak na słabsze przezimowanie roślin odmian mieszańcowych, zarówno morfotypu długołodygowego jak i krótkołodygowego, w porównaniu z roślinami odmiany populacyjnej. Odmienne rezultaty uzyskali Wójtowicz i in. (2019) oraz Velička i in. (2012), którzy zaobserwowali lepszą zimotrwałość roślin odmiany mieszańcowej długołodygowej niż populacyjnej.

Termin siewu

Termin siewu może znacząco wpływać na fenologiczne i fizjologiczne cechy roślin uprawnych, co czyni go jednym z kluczowych czynników decydujących o rozwoju roślin w konkretnych warunkach agroklimatycznych (Khayat i in., 2014; Dolatparast i in., 2021). Termin siewu rzepaku ozimego jest kluczowy, ponieważ tylko w temperaturach powietrza powyżej 12 °C rośliny rzepaku ozimego rozwijają się dynamicznie. Aby uzyskać właściwy pokrój rozet liściowych, rzepak wymaga 70–80 dni wegetacji przy średniej temperaturze dobowej powietrza wyższej niż 5 °C (Muśnicki i Budzyński, 2005; Budzyński, 2010). Dobrze uformowane rośliny są bardziej odporne na mróz, mają więcej pąków kwiatowych i większą możliwość na przetrwanie zimy (Jankowski i Budzyński, 2007b). Badania wielu autorów wskazują, że na każde 7–10 dni opóźnienia terminu siewu zmniejsza się liczba liści rozetowych (o 7–11%), średnica szyjki korzeniowej (o 12–26%), długość epikotylu (o 25–48%), świeża i sucha masa nadziemnej części rozety (odpowiednio o 26 i 50%) oraz świeża masa korzenia palowego (o 45%) (Jankowski i Budzyński, 2007b; Balodis i Gaile, 2011a; Velička i in., 2012; Wielebski i Wójtowicz, 2018b). Również w badaniach własnych wykazano, że każde przesunięcie terminu siewu o 7 dni spowodowało zmniejszenie liczby liści rozetowych o 10%, średnicy szyjki korzeniowej o 20%, długości epikotylu o 26%, świeżej i suchej masy

części nadziemnej rozety o 14–17%, długości korzenia palowego o 11% oraz jego świeżej i suchej masy o 18%. W badaniach przeprowadzonych w Niemczech przez Sielinga i in. (2017), 14-dniowe opóźnienie terminu siewu rzepaku ozimego zmniejszyło suchą masę rozety i korzenia palowego odpowiednio o 47 i 74%.

W badaniach własnych termin siewu nie różnicował istotnie przezimowania roślin rzepaku ozimego. Potwierdzają to badania Wielebskiego i Wójtowicza (2018b). Z kolei badania przeprowadzone w chłodnym klimacie Estonii, dowodzą o lepszym przezimowaniu roślin sianych w terminie optymalnym (Lääniste i in., 2008).

Gęstość siewu

Gęstość siewu wraz z terminem siewu i warunkami klimatyczno-glebowymi w znaczący sposób wpływa na jesienny rozwój roślin przed zimą (Wielebski i Wójtowicz, 2018b). W badaniach własnych rzepak ozimy wykształcił najwięcej liści (7,6 szt.), najgrubszą szyjkę korzeniową (11,5 mm) oraz korzeń palowy o największej świeżej (8,2 g) i suchej (1,8 g) masie w warunkach niskiej gęstości siewu (30 nasion m^{-2}). Rozety o największej świeżej (51,4–57,2 g) i suchej (7,4–8,2 g) masie wykształciły rośliny z siewu w gęstości nie większej niż 50 nasion m^{-2}. Potwierdzają to badania Malarza i in. (2006), Koteckiego (2007), Wielebskiego (2007a), Wielebskiego i Wójtowicza (2018b), w których najkorzystniejsze parametry rozet (liczba liści, średnica szyjki korzeniowej, świeża masa rozety i korzenia palowego) osiągnięto w warunkach najniższej z badanych gęstości siewu (40 nasion m^{-1}). Natomiast w badaniach Balodisa i Gaila (2015) przeprowadzonych na Litwie, gęstość siewu w zakresie 60–120 nasion m^{-2} nie wpływała na pokrój rozet rzepaku.

Wyniki badań własnych wskazują, że wyższa gęstość siewu może ograniczać straty pozimowe roślin rzepaku ozimego. W badaniach Jareckiego i in. (2013), również obserwowano tendencję do lepszego przezimowania roślin rzepaku ozimego sianych w większej gęstości. Z kolei Wielebski (2007a) wykazał, że zwiększenie ilość wysiewu może spowodować wzrost strat w obsadzie roślin rzepaku ozimego w przypadku mroźnych zim. Natomiast badania Koteckiego i in. (2007) oraz Wójtowicza i in. (2019), nie wykazały związku między gęstością siewu, a przezimowaniem roślin.

5.2. Elementy architektury łanu

Typ odmiany

W badaniach własnych odmiana mieszańcowa długołodygowa wytworzyła najdłuższe łodygi (164 cm) oraz najwyżej osadzała pierwsze rozgałęzienie owoconośne (67 cm). Również w badaniach Wendy-Piesik i Hoppa (2018) udowodniono, że odmiana mieszańcowa długołodygowa wytwarzała dłuższe łodygi (o ok. 5%) oraz silniej się rozgałęziała (o ok. 6%), w porównaniu do odmiany populacyjnej. Z kolei w badaniach Różyło i Pałysa (2014) najwyższe

pędy wytwarzała odmiana mieszańcowa długołodygowa (132 cm). Łodygi odmiany populacyjnej oraz mieszańcowej krótkołodygowej były niższe odpowiednio o 11 i 14%. Badania Sikorskiej i in. (2018b) wykazały, że odmiana populacyjna i długołodygowa mieszańcowa umieszczały pierwsze rozgałęzienie na podobnej wysokości (37–38 cm), z podobną długością łodyg (126 cm). Natomiast odmiana półkarłowa mieszańcowa osadzała pierwsze rozgałęzienie o 27% niżej, a jej łodyga była o 10% krótsza. W późniejszych badaniach Sikorskiej i in. (2023a) najwyższe rośliny (138 cm) i najwyżej osadzone pierwsze pędy owoconośne (48 cm) tworzyła odmiana populacyjna, podczas gdy pozostałe odmiany (mieszańcowa długołodygowa i półkarłowa) osadzały pierwsze rozgałęzienie o 17–19% niżej i były o 10–12% niższe. W badaniach Wielebskiego (2012), odmiana populacyjna była niższa o 12%, w porównaniu do odmiany mieszańcowej długołodygowej. W badaniach Malarza (2006), odmiana populacyjna była niższa od odmiany mieszańcowej o 5% oraz osadzała pierwsze rozgałęzienie niżej o 10%. Z kolei w opinii Zająca i in. (2011) długość pędów rzepaku ozimego nie jest istotnie różnicowana typem odmiany (mieszańcowa długołodygowa lub krótkołodygowa). W badaniach autorów odmiana mieszańcowa długołodygowa umiejscawia pierwsze rozgałęzienie produktywne wyżej o 5%, w porównaniu do odmiany mieszańcowej półkarłowej (Zając i in., 2011).

W badaniach własnych łodygami o najmniejszej średnicy u podstawy charakteryzowała się odmiana mieszańcowa półkarłowa (13,4 mm), a istotnie grubsze łodygi (o 12%) wytwarzała odmiana mieszańcowa długołodygowa. W badaniach Sikorskiej i in. (2018b) najgrubsze łodygi u nasady wytwarzały odmiany mieszańcowe (niezależnie od morfotypu odmiany). Grubość łodyg odmiany populacyjnej była mniejsza o 5%. W innych badaniach Sikorskiej i in. (2023a), odmiana populacyjna charakteryzowała się najgrubszymi łodygami (14,6 mm), a grubość łodyg odmian mieszańcowych była mniejsza o 2–4%. W badaniach przeprowadzonych w południowo-zachodnich Chinach, odmiana mieszańcowa długołodygowa rzepaku ozimego wytwarzała łodygi o większej średnicy o 9%, w porównaniu do odmiany mieszańcowej półkarłowej (Ghafoor i in., 2022).

W badaniach własnych największym ugięciem łanu charakteryzował się rzepak ozimy odmiany mieszańcowej długołodygowej (8,0%), nieco niższym odmiany populacyjnej (7,2%), a najniższym odmiany mieszańcowej krótkołodygowej (6,1%). W badaniach Sikorskiej i in. (2018b), wybór typu odmiany rzepaku ozimego nie wpływał na stopień wylegania łanu rzepaku ozimego. W badaniach Ratajczak i in. (2017), w przypadku siewów wczesnych (14 sierpnia) rzepaku ozimego największą odporność na wyleganie stwierdzono u odmiany półkarłowej. Z kolei w przypadku siewu rzepaku ozimego w terminie optymalnym (25 sierpnia) i opóźnionym (4 września) najwyższą odpornością na wyleganie charakteryzowała się odmiana mieszańcowa o tradycyjnym typie wzrostu. Z kolei odmiana populacyjna cechowała się najwyższym stopniem wylegania łanu, niezależnie od terminu siewu Ratajczak i in. (2017).

Termin siewu

W badaniach własnych rośliny z siewu optymalnego (20 sierpnia) wytworzyły najdłuższe łodygi. Opóźnienie siewu o 7 i 14 dni, zmniejszało długość pędów o 2 i 3% (tab. 17). W badaniach Ratajczak i in. (2017), opóźnienie siewu w stosunku do optymalnego o 10 i 20 dni zmniejszało wysokość roślin odpowiednio o 6 i 9%. W badaniach przeprowadzonych w Nepalu, opóźnienie siewu rzepaku o 20 dni, zmniejszyło wysokość roślin o 29% (Ranabhat i in., 2021). W badaniach przeprowadzonych w Turcji, opóźnienie siewu o 10 dni przyczyniło się do istotnego zmniejszenia wysokości roślin o 6% (Turhan i in., 2011) Z kolei w badaniach Wielebskiego i Wójtowicza (2018a), nie udowodniono wpływu terminu siewu na wysokość roślin. W badaniach własnych najgrubsze łodygi wytwarzały rośliny wysiane w optymalnym terminie siewu. Z klei w badaniach Ramazani i Kalantari (2019) grubość łodygi u nasady nie była determinowana terminem siewu.

W badaniach własnych opóźnienie terminu siewu, zmniejszało liczbę rozgałęzień produktywnych o 16%. W badaniach Wielebskiego i Wójtowicza (2018a), opóźnienie terminu siewu o 7 dni, zmniejszyło liczbę rozgałęzień produktywnych o 3%. Z kolei w badaniach Wójtowicza i Wielebskiego (2001), termin siewu nie wpływał istotnie na liczbę rozgałęzień produktywnych.

W badaniach Wielebskiego i Wójtowicza (2018a), siew rzepaku ozimego w terminie przyspieszonym o 7 dni, w stosunku do optymalnego, zwiększył wyleganie łanu o 6%. Autorzy nie zaobserwowali istotnych różnic w stopniu wylegania łanu pomiędzy roślinami zasianymi w terminie optymalnym i opóźnionym o 7 i 14 dni. Odmienne wyniki uzyskano w badaniach własnych, w których opóźnienie terminu siewu o 7 i 14 dni spowodowało wzrostu wylegania łanu o 6 i 11%.

Gęstość siewu

W badaniach własnych zwiększenie gęstości siewu do 70 i 90 nasion m^{-2} zmniejszyło średnicę łodyg u nasady o 11–17% oraz liczbę rozgałęzień produktywnych o 7–15%. W badaniach Khana i in. (2018), wzrost obsady roślin z 30 do 45 nasion m^{-2}, zmniejszył średnicę łodygi rzepaku ozimego o 10%. W badania Malarza i in. (2006), Piekarczyka i in. (2006), Wielebskiego (2007a) oraz Balodisa i Gaila (2016), zwiększenie ilości wysiewanych nasion z 40 do 80 szt. m^{-2}, zmniejszyło liczbę rozgałęzień produktywnych od 6 do 29%. Badania przeprowadzone w Chinach, wskazują, że zwiększenie obsady roślin z 15 do 45 nasion m^{-2}, zmniejszyło liczbę rozgałęzień produktywnych o 36% (Li i in., 2014). Badania przeprowadzone w Chorwacji dowodzą, że rośliny rzepaku wytworzyły najwięcej rozgałęzień produktywnych w przypadku siewu 40 nasion m^{-2}. Zmniejszenie lub zwiększenie ilości wysiewanych nasion o 20 szt. m^{-2} zmniejszyło liczbę rozgałęzień bocznych o 30% (Anđelić i in., 2018). W badaniach Khana i in. (2017), najmniej rozgałęzień produktywnych zaobserwowano w przypadku obsady 30 roślin m^{-2}. Mniejsza lub większa obsada

roślin (o 20 szt. m^{-2}) zwiększyła liczbę rozgałęzień produktywnych o 8–12%. W badaniach własnych pierwsze rozgałęzienie produktywne osadzone było najniżej w przypadku siewu 30 nasion m^{-2}. W badaniach Malarza i in. (2006), zaobserwowano najniższe osadzenie pierwszego rozgałęzienia w przypadku siewów w gęstości 40 i 60 szt. nasion m^{-2}. Zwiększenie ilości siewu do 80 nasion m^{-2} spowodowało wyższe osadzenie pierwszego rozgałęzienia o 5%. Z kolei w badaniach Anđelića i in. (2018), rośliny siane w najniższej gęstości (20 szt. nasion m^{-2}) osadzały pierwsze rozgałęzienie wyżej o 29%, w stosunku do roślin sianych w gęstości 40 i 60 nasion m^{-2}.

5.3. Elementy struktury plonu

Typ odmiany

Plon rzepaku zależy od genetycznego potencjału plonotwórczego odmiany oraz jej reakcji na warunki środowiskowe i agrotechniczne, które wpływają na poszczególne elementy struktury plonu (Wójtowicz i Muśnicki, 2001ab). Analiza zależności między plonem, a jego składowymi dostarcza wiedzy o ich roli w kształtowaniu plonu (Mądry, 2003). W badaniach Jankowskiego i Budzyńskiego (2007a), odmiany mieszańcowe zawiązywały istotnie więcej łuszczyn na roślinie, czego nie udowodniono w badaniach własnych. Badania własne, przeprowadzone w warunkach agroekologicznych Pojezierza Ostródzkiego, wskazują, że odmiana mieszańcowa długołodygowa w pojedynczej łuszczynie wytworzyła najwięcej nasion (29,4 szt.), jednak o najniższej masie (MTN–4,86 g). Pozostałe odmiany reprezentujące typ populacyjny oraz mieszańcowy półkarłowy wytwarzały istotnie mniejszą liczbę nasion w łuszczynie (o 19–20%), ale o większej masie 1000 nasion (o 7–11%), niż odmiana mieszańcowa o tradycyjnym rytmie wzrostu. W badaniach Wójtowicza i in. (2022), odmiana mieszańcowa również wykształciła więcej nasion w pojedynczej łuszczynie (o 25%), o mniejszej masie 1000 nasion (o 6%), w porównaniu do odmiany populacyjnej. W badaniach Jankowskiego i in. (2016), odmiany półkarłowe również wytwarzały mniejszą liczbę nasion w łuszczynie (o 6–18%), o niższej masie 1000 nasion (o 3–6%), w porównaniu do odmiany mieszańcowej długołodygowej. W badaniach Wendy-Piesik i Hoppa (2018), odmiana mieszańcowa wykształcała 20% więcej nasion w łuszczynie, w porównaniu do odmiany populacyjnej, natomiast masa tysiąca nasion nie była zależna od typu odmiany. W badaniach Ratajczak (2019), liczba nasion w łuszczynie nie była różnicowana przez typ odmiany. W badaniach własnych nasiona o najwyższej dorodności wytwarzała odmiana populacyjna i mieszańcowa półkarłowa, a dorodność nasion odmiany mieszańcowej długołodygowej była mniejsza o 2%. W badaniach Sikorskiej i in. (2020a), najbardziej dorodne nasiona wykształciła odmiana mieszańcowa krótkołodygowa (5,75 g), a pozostałe badane typy odmian (mieszańcowa długołodygowa oraz populacyjna) wykształcały nasiona o mniejszej masie (odpowiednio o 2 i 6%). W badaniach Jankowskiego i Budzyńskiego (2007a), odmiany mieszańcowe (złożona i zrestorowana) zawiązywały łuszczyny o większej liczbie

nasion (o 8%) niż odmiana populacyjna. Masa 1000 nasion odmian mieszańcowych również była niższa (średnio o 8%) niż masa 1000 nasion odmiany populacyjnej. Badania przeprowadzone na północy Niemiec (Kilonia), dowodzą, że najwięcej nasion w pojedynczej łuszczynie tworzyły odmiany mieszańcowe długołodygowe (ok. 21,1 szt.), a odmiana populacyjna i mieszańcowa półkarłowa wypełniały łuszczyny mniejszą ilością nasion odpowiednio o 8 i 30%. Natomiast nasionami o wyższej dorodności, odznaczała się odmiana mieszańcowa krótkołodygowa (4,58 g), a odmiany mieszańcowe długołodygowe i populacyjna, tworzyły nasiona o mniejszej masie (odpowiednio o 4 i 8%) (Sieling i Kage, 2008).

Termin siewu

W badaniach własnych najniższą obsadę roślin przed zbiorem zaobserwowano w warunkach optymalnego terminu siewu, co wynikało z obfitych opadów deszczy w 3. dekadzie sierpnia utrudniających wschody. Z kolei Ratajczak i in. (2019) oraz Jarecki i Bobrecka-Jamro (2019a), uzyskali wyższą obsadę roślin przed zbiorem w przypadku siewu rzepaku ozimego w terminie optymalnym, a opóźnienie siewu o 10, 14 i 20 dni zmniejszyło obsadę roślin odpowiednio o 3, 7 i 21%.

Badania własne dowodzą, że masa tysiąca nasion była istotnie wyższa w warunkach optymalnego terminu siewu rzepaku ozimego (5,37 g). Opóźnienie siewu o 7 i 14 dni zmniejszyło dorodność nasion o 7%. Termin siewu nie różnicował istotnie liczby łuszczyn na roślinie oraz liczby nasion w łuszczynie. Również w badaniach Ratajczak i in. (2019), dorodniejsze nasiona zaobserwowano w przypadku optymalnego siewu rzepaku ozimego. Opóźnienie terminu siewu o 10 i 20 dni, zmniejszyło dorodność nasion o 7%. W badaniach Jareckiego i Bobreckiej-Jamro (2019a) liczba łuszczyn na roślinie oraz masa 1000 nasiona nie była zależna od terminu siewu. Autorzy zaobserwowali wyższą liczbę nasion w łuszczynie w warunkach siewu opóźnionego o 14 dni. Również w warunkach agroekologicznych Litwy, opóźnienie siewu o 10 dni w stosunku do terminu optymalnego, nie wpływało na masę 1000 nasion rzepaku ozimego (Balodis i Gaile, 2016). W badaniach Jankowskiego i in. (2016), termin siewu nie wpływał na liczbę nasion w łuszczynie. Natomiast opóźnienie siewu rzepaku ozimego o 10 dni zwiększało liczbę łuszczyn na roślinie oraz masę 1000 nasion odpowiednio o 11 i 5%. W badaniach Ratajczak i in. (2019), termin siewu również nie miał wpływu na liczbę nasion w łuszczynie. Natomiast zmniejszenie liczby łuszczyn na roślinie nastąpiło po 20-dniowym opóźnieniu siewu (spadek o 35%). W badaniach Jankowskiego i Budzyńskiego (2007a) opóźnienie siewu o 7 i 14 dni, zmniejszyło liczbę nasion w łuszczynie o 2–3% oraz zwiększyło masę 1000 nasion o 2%.

Gęstość siewu

W badaniach własnych zwiększenie gęstości siewu z 30 do 50, 70 i 90 nasion m^{-2}, zmniejszyło liczbę łuszczyn na roślinie odpowiednio o 59, 94 i 112 szt. Liczba nasion w łuszczynie oraz masa 1000 nasion nie były istotnie różnicowane gęstością siewu rzepaku ozimego. W badaniach Wielebskiego i Wójtowicza (2018b), gęstość siewu także nie wpływała na liczbę nasion w łuszczynie, ale zwiększenie ilości wysiewanych nasion z 40 do 80 i 120 szt. m^{-2}, zmniejszyło liczbę łuszczyn na roślinie (o 117 i 145 szt.) oraz masę 1000 nasion (o 1 i 2%). W badaniach przeprowadzonych w centralnych Chinach, zwiększenie obsady roślin z 15 do 30 i 45 szt. m^{-2} zmniejszyło liczbę łuszczyn na roślinie (o 92 i 107 szt.), liczbę nasion w łuszczynie (o 3 i 12%) oraz masę tysiąca nasion (o 2 i 4%) (Kuai i in., 2015). W badaniach Jankowskiego i in. (2016) oraz Malarza i in. (2006), zwiększenie ilości wysiewanych nasion z 60 do 80 szt. m^{-2} zmniejszyło liczbę łuszczyn na roślinie (o 4–13%) oraz masę 1000 nasion (o 1–2%).

5.4. Plon nasion

Typ odmiany

Odmiany mieszańcowe długołodygowe w warunkach agroekologicznych Polski plonują wyżej od odmian mieszańcowych krótkołodygowych o 0,16–0,79 Mg ha^{-1} oraz od populacyjnych o 0,44–1,27 Mg ha^{-1} (Jankowski i in., 2016; Ratajczak i in., 2017; Gugała i in., 2019; Groth i in., 2020; Wójtowicz i in., 2022). Również w badaniach własnych, najwyższy plon nasion uzyskano z odmiany mieszańcowej długołodygowej (5,60 Mg ha^{-1}). Plon nasion odmiany populacyjnej i mieszańcowej krótkołodygowej był niższy o 4–5%. Również w Niemczech, Czechach i Chorwacji odmiany mieszańcowe długołodygowe plonują wyżej od odmian mieszańcowych półkarłowych i populacyjnych, przeciętnie o 0,14–0,86 Mg ha^{-1} (Sieling i Kage 2008; Bečka i in 2014; Krček i in.,2014; Brčić i in., 2023). Niższy plon morfotypów półkarłowych wynika głównie z mniejszej liczby nasion w łuszczynie oraz niższej dorodności nasion (Sieling i Kage, 2008; Bečka i in., 2014; Wielebski, 2014; Jankowski i in., 2016). Z kolei w badaniach Sikorskiej i in. (2020b), odmiana mieszańcowa półkarłowa osiągnęła najwyższy plon nasion (3,66 Mg ha^{-1}), a odmiana mieszańcowa długołodygowa i populacyjna plonowały niżej odpowiednio o 7 i 11%. Również w badaniach przeprowadzonych w Rumuni plon nasion odmian półkarłowych był wyższy o 0,23 Mg ha^{-1}, w stosunku do odmian długołodygowych (Chiriac i in., 2013).

Termin siewu

W badaniach Ratajczak i in. (2017) najwyższy plon uzyskano siejąc rzepak ozimy w terminie optymalnym (25 sierpnia) (5,24 Mg ha^{-1}). Przesunięcie terminu siewu na 4 lub 15 września

obniżyło plonu nasion rzepaku ozimego o 23 i 55%. W badaniach Jankowskiego i in. (2016), opóźnienie siewu o 10 dni zmniejszyło plonu nasion o 17%. W badaniach Wójtowicza i Wielebskiego (2001) oraz Jankowskiego i Budzyńskiego (2007a), opóźnienie siewu o 7dni, obniżyło plonu nasion o 2–7%. Z kolei w badaniach Wielebskiego i Wójtowicza (2018a) oraz Jareckiego i Bobreckiej-Jamro (2019a), przesunięcie terminu siewu nasion nie różnicowało znacząco plonów rzepaku ozimego. W badaniach własnych najniższy plon nasion rzepaku ozimego (5,34 Mg ha^{-1}) uzyskano w warunkach zalecanego (optymalnego) dla Pojezierza Ostródzkiego terminu siewu (20 sierpnia). Opóźnienie terminu siewu o 7 i 14 dni spowodowało wzrost plonu nasion średnio o 3%, tj. o 0,15 Mg ha^{-1}. W warunkach agroekologicznych Węgier opóźnienie siewu o 14 dni, zmniejszyło plon nasion o 11% (Vincze i Pepó, 2018). W warunkach klimatycznych Estonii, przesunięcie terminu siewu o 7 i 14 dni, obniżyło plon nasion o 8 i 20% (Lääniste, 2007). W warunkach Litwy siew rzepaku ozimego pod koniec sierpnia spowodował obniżenie plonu nasion o 9% (Butkutė i in., 2006). W warunkach północnych Niemiec, opóźnienie terminu siewu o 10–13 oraz 24–33 dni obniżyło plon nasion o 7 i 25% (Sieling i in., 2017).

Gęstość siewu

W badaniach własnych najwyższe plony nasion rzepaku ozimego uzyskano w przypadku wysiewu 50–90 nasion na 1 m^{-2} (5,45–5,59 Mg ha^{-1}). Obniżenie gęstości siewu do 30 nasion m^{-2} spowodowało spadek plonu nasion rzepaku ozimego średnio o 6% (tj. o 0,26 Mg ha^{-1}). Również w badaniach Wielebskiego (2007a), najniższy plon nasion uzyskano w najniższej z testowanych gęstości siewu (40 nasion m^{-2}). Zwiększenie ilości wysiewanych nasion do 80 szt. m^{-2}, spowodowało wzrost plonu nasion o 4%. Również w badaniach Ratajczak i in. (2017) najniższy plon nasion (3,89 Mg ha^{-1}) zanotowano w przy najniższej gęstości siewu (30 nasion m^{-2}). Istotny przyrost plonu nasion (o 5%) nastąpił po zwiększeniu gęstości siewu do 40 szt. m^{-2}. Dalsze zwiększanie gęstości siewu nie wpływało istotnie na plonu nasion rzepaku ozimego. W badaniach Jankowskiego i Budzyńskiego (2007a) oraz Wielebskiego i Wójtowicza (2018a), najwyższe plony nasion rzepaku ozimego osiągnięto wysiewając aż 120 nasion m^{-2}. W badaniach Jareckiego i in. (2013), plon nasion był istotnie wyższy (o 17%) przy wysiewie 60 nasion m^{-2}. Z kolei w badaniach Malarza i in. (2006), gęstość siewu w zakresie 40–80 nasion m^{-2} nie wpływała istotnie na plon nasion rzepaku ozimego. W badaniach przeprowadzonych na Węgrzech, najwyższy plon nasion (ok. 3,20 Mg ha^{-1}) uzyskano wysiewając 35–50 nasion m^{-2}. Zmniejszenie gęstości siewu do 20 nasion m^{-2} obniżyło plonu nasion o 8% (Vincze i Pepó, 2018). W badaniach przeprowadzonych w środkowych Chinach (Wuhan), najwyższy plon nasion rzepaku ozimego uzyskano przy obsadzie 30 roślin m^{-2} (2,55 Mg ha^{-1}). Obsada roślin 15 lub 45 szt. m^{-2} była mniej produktywna, spowodowała obniżenie plonu nasion odpowiednio o 31 i 7% (Khan i in., 2017). W warunkach agroekologicznych Chorwacji najniższy plon nasion rzepaku ozimego (3,90 Mg ha^{-1}) uzyskano przy gęstości siewu 30 szt. m^{-2}. Wzrost gęstości siewu do 50 i 70 nasion m^{-2} spowodował zwiększenie plonu nasion o 12 i 17% (Pospišil i in., 2008). W warunkach

siedliskowo-klimatycznych Serbii zwiększenie gęstości wysiewu z 40 do 80 nasion m^{-2} spowodowało wzrost plonu nasion o 12% (Vujaković i in., 2014).

5.5. Plon słomy oraz indeks żniwny

Typ odmiany

Plon słomy rzepaku ozimego w znacznym stopniu zależy od genotypu odmiany (Schierholt i in., 2020). Jankowski i in. (2016), wykazał, że plon słomy odmian rzepaku ozimego o półkarłowym i konwencjonalnym morfotypie jest porównywalny, ponieważ odmiany półkarłowe charakteryzowały się większą liczbą rozgałęzień bocznych i łuszczyn. Co spowodowało, że wskaźnik indeksu żniwnego odmian półkarłowych był mniej korzystny (2–7%), w porównaniu do odmian konwencjonalnych (ze względu porównywalny plon słomy i niższy plon nasion). Również w badaniach Różyło i Pałysa (2014) oraz Gugały i in. (2019), plon słomy odmiany mieszańcowej półkarłowej był niższy odpowiednio o 25 i 3–4%, w porównywaniu do odmiany mieszańcowej długołodygowej i populacyjnej. Z kolei w badaniach Sikorskiej i in. (2020b; 2024), najwyższy plon słomy (5,50–5,79 Mg ha^{-1}) uzyskano z uprawy odmiany populacyjnej. Plon słomy odmian mieszańcowych (długołodygowej i półkarłowej) był niższy odpowiednio o 4–5 i 9–16%. W badaniach własnych plon słomy odmiany półkarłowej był podobny do plonu słomy odmiany populacyjnej, jednak niższy (o 13%) od plonu słomy odmiany mieszańcowej długołodygowej. Najkorzystniejszym indeksem żniwnym charakteryzowała się odmiana mieszańcowa półkarłowa (0,40) i populacyjna (0,40). Wysoki plon słomy odmiany mieszańcowej długołodygowej był przyczyną relatywnie niskiego indeksu żniwnego (o 5% niższego niż u odmiany półkarłowej i populacyjnej). Również w badaniach Grotha i in. (2020), plon słomy odmiany mieszańcowej długołodygowej był wyższy niż odmiany mieszańcowej półkarłowej i populacyjnej odpowiednio o 11 i 18%. W badaniach autora indeks żniwny odmiany półkarłowej wynosił 0,34. U pozostałych odmian rzepaku ozimego stosunek nasion do całkowitej biomasy pozbiorowej był o 2–7% niższy. W badaniach Gugały i in. (2019) oraz Sikorskiej i in. (2020b; 2024), wskaźnik indeksu żniwnego był najmniej korzystny dla odmiany populacyjnej, głównie przez niższy (o 4–5%) plon nasion, w porównaniu do odmian hybrydowych. W badaniach przeprowadzonych w Niemczech (Miersch i in., 2016), odmiana półkarłowa rzepaku ozimego, uzyskała plon słomy niższy o 15–16% oraz niższy wskaźnik indeksu żniwnego o 11–17%, w porównaniu do odmiany mieszańcowej o tradycyjnym typie wzrostu.

Termin siewu

W badaniach własnych opóźnienie terminu siewu o 7 dni zmniejszało plon słomy o 4% oraz było przyczyną wzrostu o 5% wartości indeksu żniwnego. Również w badaniach Dolatparasta i in. (2021), opóźnienie terminu siewu o 20 dni zwiększyło o 14% wartość indeksu żniwnego. Z kolei w badaniach Jankowskiego i in. (2016) oraz Toosi (2015), opóźnienie terminu siewu o 10–15 dni, zmniejszyło wartość indeksu żniwnego o 8–9%. W badaniach przeprowadzonych w warunkach agroekologicznych Litwy opóźnienie terminu siewu o 10 i 20 dni zmniejszyło plon słomy o 7 i 27% (Balodis i Gaile, 2011b). Badania przeprowadzone na południowym zachodzie Stanów Zjednoczonych (Nowy Meksyk), wskazują, że opóźnienie terminu siewu rzepaku ozimego o 10 dni, zmniejszało plon słomy o 10%, nie wpływając na wartość indeksu żniwnego (Begna i Angadi, 2016). W warunkach agroekologicznych Iranu opóźnienie terminu siewu o 15 dni, zmniejszyło plon słomy rzepaku ozimego oraz wartość indeksu żniwnego odpowiednio o 4 i 13% (Siadat i Hemayati, 2009).

Gęstość siewu

W badaniach własnych najniższy plon słomy (7,62 Mg ha^{-1} s.m.) uzyskano wysiewając nasiona rzepaku ozimego w zagęszczeniu 30 szt. m^{-2}. Istotny wzrost plonu słomy (o 6%, tj. 0,48 Mg ha^{-1} s.m.) uzyskano po zwiększeniu gęstości siewu do 70 nasion m^{-2}. Gęstość siewu nie różnicowała istotnie indeksu żniwnego. W badaniach Jankowskiego i in. (2016) oraz Xu i in. (2018), najwyższy wskaźnik indeksu żniwnego uzyskano w warunkach wysiewu 75–80 nasion m^{-2}. W badaniach przeprowadzonych w centralnych Chinach, plon słomy rzepaku ozimego był najwyższy przy zagęszczeniu 30 i 45 roślin m^{-2} (Kuai i in., 2015). W badaniach Tiana i in. (2020a), zwiększenie obsady roślin z 30 do 45 szt. m^{-2} obniżyło wartość indeksu żniwnego o 16%. Z kolei w badaniach Xu i in. (2018), najniższy plon słomy (ok. 9,30 Mg ha^{-1}) uzyskano przy najniższej (15 szt. m^{-2}) i najwyższej (75 szt. m^{-2}) obsadzie roślin. Najwyższy plon słomy (ok. 12,0 Mg ha) uzyskano przy obsadzie 45 roślin m^{-2}.

5.6. Wartość użytkowa surowca olejarskiego

Typ odmiany

Poprawa jakości nasion jest jednym z głównych celów programów hodowlanych rzepaku na całym świecie (Liersch i in., 2020). W badaniach COBORU, średnia zawartość tłuszczu surowego w nasionach rzepaku ozimego wynosiła 481,6 g kg^{-1} s.m (odmiany populacyjne), 483,7 g kg^{-1} s.m. (odmiany mieszańcowe długołodygowe) oraz 484,4 g kg^{-1}

s.m. (odmiany mieszańcowe półkarłowe) (Broniarz i Waszak, 2024). Analiza chemiczna nasion pochodzących z doświadczenia własnego dowiodła, że najwięcej tłuszczu surowego w nasionach gromadziła odmiana mieszańcowa krótkołodygowa (507,1 g kg^{-1} s.m.). Odmiana mieszańcowa długołodygowa i populacyjna gromadziły mniej tłuszczu surowego w nasionach odpowiednio o 3 i 5%. Zawartość białka ogólnego w nasionach kształtowała się na poziomie od 184,5 do 187,0 g kg^{-1} s.m., niezależnie od typu odmiany. Również w badaniach Ratajczak i in. (2017) oraz Sikorskiej i in. (2021) zawartość białka ogólnego w nasionach nie była determinowana typem odmiany. W badaniach autorów, podobnie jak w badaniach własnych, najwięcej tłuszczu surowego w nasionach gromadziła odmiana mieszańcowa krótkołodygowa (421–473 g kg^{-1} s.m.). Odmiana mieszańcowa długołodygowa i populacyjna gromadziły o 1–2% tłuszczu surowego mniej (Ratajczak i in., 2017; Sikorska i in., 2021). W badaniach Grotha (2020), odmiana populacyjna i mieszańcowa krótkołodygowa, gromadziły o ok. 2% więcej tłuszczu surowego w porównaniu do odmiany mieszańcowej długołodygowej. Z kolei więcej białka ogólnego gromadziła odmiana populacyjna oraz mieszańcowa długołodygowa. Malarz i in. (2006), dowiódł, że odmiana mieszańcowa gromadziła o ok. 3% więcej tłuszczu surowego w nasionach i porównywalną zawartość białka ogólnego do odmiany populacyjnej. W badaniach przeprowadzonych w Czechach zawartość tłuszczu surowego w nasionach odmian półkarłowych rzepaku ozimego wahała się w zakresie od 432 do 472 g kg^{-1} s.m. i była średnio o 1–2% wyższa niż w nasionach odmian hybrydowych o tradycyjnym tempie wzrostu i populacyjnych (Zukalová i in., 2014). Z kolei w badaniach przeprowadzonych w centralnych Niemczech, zawartość tłuszczu surowego w nasionach odmian mieszańcowych krótko- i długołodygowych była podobna (Miersch i in., 2016).

Wielebski (2007b), dowiódł, że zawartość tłuszczu surowego w nasionach i profil kwasów tłuszczowych zależy od konkretnej odmiany, a nie od określonego typu odmiany. W badaniach własnych najwyższą zawartość jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (70,3%), zawierał olej rzepaku ozimego odmiany mieszańcowej krótkołodygowej, głównie na skutek zwiększonej biosyntezy kwasu oleinowego (o 2,7%p). Olej tej odmiany był mniejszym źródłem wielonienasyconych (o 2%p) i nasyconych kwasów tłuszczowych (o 0,7%p), w porównaniu do pozostałych odmian. Również w badaniach Grotha i in. (2020), najwięcej kwasu oleinowego (62%) i najmniej wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (30%) gromadziła odmiana półkarłowa. Odmiana populacyjna i mieszańcowa długołodygowa gromadziły mniej kwasu oleinowego (o 1 i 7%) oraz więcej wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (o 2 i 13%). W badaniach Mikołajczak (2018), odmiany mieszańcowe gromadziły więcej nasyconych kwasów tłuszczowych (o 14%) i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych kosztem mniejszej biosyntezy jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (o 2%) niż odmiany populacyjne.

Głównym czynnikiem antyżywieniowym w beztłuszczowej reszcie nasion są glukozynolany, których koncentracja w nasionach rzepaku, determinowana jest przez genotyp odmiany, warunki środowiskowe i agrotechniczne (Gołębiewska i in., 2022; Sikorska i in., 2023a). W badaniach COBORU, średnia zawartość glukozynolanów w nasionach odmian populacyjnych wynosiła 10,57 μM g^{-1}, odmian

mieszańcowych długołodygowych - 10,14 μM g^{-1} oraz 10,80 μM g^{-1} w nasionach odmian mieszańcowych półkarłowych (Broniarz i Waszak, 2024). W badaniach własnych najniższą zawartością glukozynolanów ogółem (12,33 μM g^{-1}) i glukozynolanów alkenowych (7,14 μM g^{-1}), charakteryzowały się nasiona odmiany mieszańcowej długołodygowej. W badaniach Ratajczak i in. (2017), odmiana mieszańcowa długołodygowa również gromadziła najmniej glukozynolanów (w tym glukozynolanów alkenowych). Odmiana populacyjna i mieszańcowa krótkołodygowa gromadziły więcej o 10–12% glukozynolanów ogółem oraz o 7–12% glukozynolanów alkenowych. Z kolei w badaniach Grotha i in. (2020), odmiana mieszańcowa półkarłowa gromadziła najmniej glukozynolanów. Odmiana populacyjna i mieszańcowa długołodygowa gromadziły o 25–28% więcej glukozynolanów ogółem. Również w badaniach Wielebskiego (2007b), odmiana populacyjna wyróżniała się wyższą zawartością glukozynolanów o 10–26%, w stosunku do odmian mieszańcowych. Odmienne wyniki uzyskała Sikorska i in. (2018a, 2023b). W badaniach autorki odmiana populacyjna gromadziła o 8–35 % mniej glukozynolanów, w porównaniu do odmian mieszańcowych obu morfotypów.

Termin siewu

W badaniach własnych termin siewu nie różnicował zawartości tłuszczu surowego (493,4–496,7 g kg^{-1} s.m.) i białka ogólnego (184–186,9 g kg^{-1} s.m.) w nasionach rzepaku ozimego. W badaniach Jareckiego i Bobreckiej-Jamro (2019a), 14-dniowe opóźnienie terminu siewu obniżyło zawartość białka ogólnego (o 4%) nie różnicując istotnie zawartości tłuszczu surowego w nasionach rzepaku ozimego. Z kolei w badaniach Ratajczak i in. (2017) istotny spadek zawartości tłuszczu surowego oraz wzrost zawartości białka ogólnego w nasionach zanotowano w przypadku siewu rzepaku w połowie września. W badaniach przeprowadzonych w północno-wschodniej części Stanów Zjednoczonych (Vermont) oraz w Turcji, termin siewu również nie miał istotnego wpływu na koncentrację tłuszczu surowego (Darby i in., 2013; Dinç i Ünay, 2021). W badaniach przeprowadzonych w Pakistanie, termin siewu rzepaku ozimego nie wpływał na zawartość białka ogólnego w nasionach. Z kolei najwyższą koncentrację tłuszczu surowego zaobserwowano w przypadku siewu nasion w terminie optymalnym. Opóźnienie terminu siewu o 15 i 30 dni obniżyło koncentrację tłuszczu surowego w nasionach odpowiednio o 4 i 9% (Sattar i in., 2013). W warunkach agroekologicznych Turcji najwyższą koncentrację tłuszczu surowego uzyskano w przypadku opóźnienia terminu siewu o 10 i 30 dni (Turhan i in., 2011). W badaniach przeprowadzonych w Iranie, opóźnienie siewu o 20 dni, zmniejszyło zawartość tłuszczu surowego o 5%, kwasu oleinowego o 5%, kwasu erukowego o 13% (Gharechaei i in., 2019). W badaniach przeprowadzonych w Estonii, istotny spadek koncentracji tłuszczu surowego (o 3%) oraz wzrost koncentracji białka ogólnego (o 6%) zanotowano w przypadku opóźnienia siewu o 14 dni (Lääniste i in., 2016).

W badaniach własnych opóźnienie terminu siewu o 7 dni sprzyjało biosyntezie jednonienasyconych kwasów tłuszczowych, co jest zgodne z badaniami przeprowadzonymi w Turcji przez Turhana i in. (2011). Wyniki uzyskane na Litwie wskazują, że termin siewu wpływa tylko na zawartość kwasu linolowego, obniżając jego koncentrację (Butkutė i in., 2006). W badaniach Ratajczak i in. (2017) oraz Butkutė i in. (2006), termin siewu nie wpływał na zawartość glukozynolanów w nasionach rzepaku ozimego. A w badaniach Turhana i in. (2011), najniższą koncentrację glukozynolanów notowano w przypadku opóźnienia siewu o 20 dni. Również w badaniach własnych spadek ogólnej zawartości glukozynolanów był istotny dopiero w warunkach opóźnienia terminu siewu o 14 dni. W badaniach przeprowadzonych w Iranie, opóźnienie siewu o 20 dni, zwiększało zawartość glukozynolanów o 35% (Gharechaei i in., 2019). W badaniach przeprowadzonych w Estonii, istotny wzrost koncentracji glukozynolanów (o 16%) zanotowano w przypadku opóźnienia siewu o 14 dni (Lääniste i in., 2016).

Gęstość siewu

W badaniach własnych zawartość składników pokarmowych w nasionach rzepaku ozimego oraz skład kwasów tłuszczowych, a także zawartość glukozynolanów w nasionach badanych typów odmian rzepaku ozimego nie był istotnie różnicowany gęstoscią siewu. Na brak związku pomiędzy gęstością siewu a jakością nasion wskazują również badania Malarza i in. (2006), Wielebskiego (2007b), Kwiatkowskiego (2012), Jareckiego i in. (2013), Matysiaka i Kaczmarka (2013), Spychaj-Fabisiaka i in. (2011), Vujakovića i in. (2014; 2015), Khana i in. (2018), Ratajczak i in. (2019), Tiana i in. (2020b) oraz Dinç i Ünaya (2021).

6. WNIOSKI

1. Odmiana populacyjna wykształcała rozety liściowe o większej świeżej i suchej masie niż odmiany mieszańcowe o tradycyjnym i półkarłowym morfotypie. Cechą wyróżniającą odmianę półkarłową była rozeta liściowa z krótkim epikotylem i o relatywnie dużej średnicy szyjki korzeniowej. Jesienny rozwój odmian rzepaku ozimego był determinowany przez układ warunków siedliskowo-klimatycznych. Rozety liściowe odmiany populacyjnej oraz mieszańcowej o tradycyjnym tempie wzrostu osiągały lepszy habitus przed zimowym spoczynkiem w latach o korzystniejszych warunkach wilgotnościowo-termicznych w październiku. Intensywność rozwoju rozet liściowych odmiany mieszańcowej półkarłowej nie była uzależniona od warunków pogodowych w okresie letnio-jesiennej wegetacji.

2. Wysiew rzepaku ozimego w terminie optymalnym sprzyjał rozwojowi rozet liściowych rzepaku ozimego. Opóźnienie terminu siewu spowodowało obniżenie wartości liczbowych wszystkich parametrów morfometrycznych rozet (im większe opóźnienie terminu siewu, tym słabszy pokrój rozet przed zahamowaniem jesiennej wegetacji).

3. Niska gęstość siewu (30 nasion m^2) sprzyjała wykształceniu rozet o największej liczbie liści, najgrubszej szyjce korzeniowej oraz korzeni palowych o największej świeżej i suchej masie. Obniżenie średnicy szyjki korzeniowej następowało już po zwiększeniu gęstości wysiewu do 50 nasion m^{-2}. Masa nadziemnej części rozety i korzenia palowego obniżała się po zwiększeniu gęstości siewu do 70 nasion m^{-2}. Z kolei zmniejszenie liczby liści rozetowych następowało dopiero po zwiększeniu gęstości siewu do 90 nasion m^{-2}.

4. Najwyższy plon nasion uzyskano z uprawy odmiany mieszańcowej długołodygowej. Plon nasion odmiany populacyjnej i mieszańcowej krótkołodygowej był niższy o 4–5%. Wydajność poszczególnych morfotypów odmian rzepaku ozimego była silnie różnicowana przez warunki klimatyczno-siedliskowe. W latach z bardzo wilgotnym marcem i kwietniem oraz suszą w czerwcu najwyższy plon nasion uzyskano z uprawy odmiany mieszańcowej długołodygowej. W latach o korzystnych warunkach wilgotnościowych w okresie wiosenno-letniej wegetacji najwyższy plon nasion uzyskano z uprawy obu typów odmian mieszańcowych. Z kolei w latach z suszą wczesnowiosenną (maj) najwyższy plon nasion uzyskano z uprawy odmiany populacyjnej.

5. Najniższy plon nasion uzyskano w warunkach wysiewu rzepaku ozimego w terminie zalecanym dla Pojezierza Ostródzkiego (20 sierpnia). Opóźnienie terminu siewu o 7 dni spowodowało wzrost plonu nasion o 3%. Dalsze opóźnienie terminu siewu (początek września) nie spowodowało obniżenia plonu nasion w stosunku do siewów wykonanych pod koniec sierpnia i nadal było

bardziej produktywne niż siew w terminie optymalnym. Reakcja rzepaku ozimego na termin siewu była niezależna od typu odmiany i warunków pogodowych panujących w latach badań.

6. Efekt plonotwórczy doboru gęstości siewu w uprawie rzepaku ozimego był istotnie różnicowany przez warunki siedliskowo-klimatyczne. Wysoki plon nasion uzyskiwano przy szerokim zakresie gęstości wysiewu (50–90 nasion m^{-2}). Niemniej jednak tylko wysiew 70 nasion m^{-2} gwarantował uzyskanie plonu, który można było corocznie zakwalifikować do grupy plonów najwyższych. Nie udowodniono interakcji gęstości siewu z typem odmiany rzepaku ozimego, co oznacza, że zagęszczenie 70 nasion m^{-2} było optymalne do odmiany populacyjnej oraz mieszańcowej, niezależnie do jej morfotypu (półkarłowa, konwencjonalna).

7. Odmiana populacyjna oraz mieszańcowa półkarłowa charakteryzowały się korzystniejszym indeksem żniwnym niż odmiana mieszańcowa o tradycyjnym tempie wzrostu. Opóźnienie terminu siewu o 7 i 14 dni korzystnie wpłynęło na udział nasion w masie pozbiorowej rzepaku ozimego, niezależnie od typu odmiany. Gęstość siewu nie różnicowała istotnie wartości indeksu żniwnego.

8. Najwięcej tłuszczu surowego zawierały nasiona odmiany mieszańcowej o zdeterminowanym tempie wzrostu. Zaolejenie nasion odmiany mieszańcowej długołodygowej i populacyjnej było o 3–5% niższe. Olej pozyskany z nasion odmiany mieszańcowej krótkołodygowej charakteryzował się również najwyższą zawartością jednonienasyconych kwasów tłuszczowych, głównie ze względu na zwiększoną biosyntezę kwasu oleinowego. Sposób siewu (termin i gęstość) nie różnicował istotnie zawartości tłuszczu surowego i białka ogólnego w nasionach rzepaku ozimego.

9. Najwyższą zawartością glukozynolanów ogółem charakteryzowały się nasiona odmiany mieszańcowej krótkołodygowej. Z kolei najwięcej glukozynolanów alkenowych akumulowały nasiona odmiany populacyjnej, głównie na skutek zwiększonej biosyntezy progoitryny. Opóźnienie terminu siewu korzystnie wpłynęło na wartość paszową nasion. Spowodowało obniżenie zawartość frakcji alkenowej glukozynolanów (wysiew pod koniec sierpnia) lub ogólnej zawartości glukozynolanów (wysiew na początku września). Gęstość siewu nie różnicowała istotnie zawartości glukozynolanów w nasionach rzepaku ozimego.

7. ANEKS

Tabela A 1. Liczba wytworzonych liści rozetowych (szt.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	7,4	7,3	7,0	6,6	7,1	7,7	7,0	7,3	7,3	7,3	7,7	8,0	7,3	6,7	7,4	7,6	7,5	7,2	6,9	7,3^{bc}
	27.08	7,0	6,6	6,5	6,7	6,7	7,6	7,0	7,0	6,9	7,2	7,3	6,9	7,3	7,1	7,2	7,3	6,9	6,9	6,9	7,0^{bc}
	03.09	6,8	6,4	6,6	6,2	6,5	7,1	6,8	7,4	6,4	6,9	7,0	6,7	6,9	6,0	6,7	7,0	6,6	7,0	6,2	6,7^{cd}
2021/22	20.08	8,1	7,3	9,0	7,7	8,0	9,7	8,3	8,2	8,7	8,8	8,5	8,9	8,1	7,8	8,3	8,8	8,2	8,4	8,1	8,4^{a}
	27.08	7,4	6,9	6,8	7,2	7,1	8,0	7,4	8,1	7,1	7,7	9,3	7,7	7,7	7,5	8,1	8,3	7,4	7,5	7,3	7,6^{b}
	03.09	6,2	6,1	6,2	5,3	5,9	6,0	6,1	7,1	6,8	6,5	6,1	5,8	6,6	5,2	5,9	6,1	6,0	6,6	5,8	6,1^{d}
2022/23	20.08	8,3	7,9	8,3	7,5	8,0	8,5	9,0	7,7	8,5	8,4	9,3	9,4	8,6	8,2	8,9	8,7	8,8	8,2	8,1	8,4^{a}
	27.08	6,9	6,6	6,9	6,6	6,7	7,6	7,2	7,0	7,3	7,3	7,5	8,0	7,1	7,4	7,5	7,3	7,2	7,0	7,1	7,2^{bc}
	03.09	6,6	6,2	6,6	6,4	6,5	7,0	7,1	7,4	6,3	7,0	7,0	6,5	6,5	6,3	6,6	6,9	6,6	6,8	6,3	6,7^{cd}
2020/21	—	7,1	6,8	6,7	6,5	6,8	7,5	7,0	7,2	6,9	7,1	7,3	7,2	7,2	6,6	7,1	7,3	7,0	7,0	6,7	7,0^{b}
2021/22		7,3	6,8	7,3	6,7	7,0	7,9	7,3	7,8	7,5	7,6	8,0	7,5	7,5	6,8	7,4	7,7	7,2	7,5	7,0	7,4^{a}
2022/23		7,3	6,9	7,3	6,8	7,1	7,7	7,4	7,4	7,4	7,6	7,9	7,9	7,4	7,3	7,6	7,6	7,5	7,3	7,2	7,4^{a}
—	20.08	7,9	7,5	8,1	7,3	7,7	8,6	8,1	7,8	8,2	8,2	8,5	8,8	8,0	7,6	8,2	8,3	8,1	7,9	7,7	8,0^{a}
	27.08	7,1	6,7	6,7	6,8	6,8	7,8	7,2	7,4	7,1	7,4	8,0	7,5	7,4	7,3	7,6	7,6	7,2	7,2	7,1	7,3^{b}
	03.09	6,5	6,2	6,5	6,0	6,3	6,7	6,7	7,3	6,5	6,8	6,7	6,3	6,7	5,8	6,4	6,7	6,4	6,8	6,1	6,5^{c}
$\bar{x}$		7,2	6,8	7,1	6,7	7,0^{b}	7,7	7,3	7,5	7,3	7,4^{a}	7,7	7,5	7,3	6,9	7,4^{a}	7,6^{a}	7,2^{ab}	7,3^{ab}	7,0^{b}	7,3

Tabela A 2. Średnica szyjki korzeniowej (mm)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	12,1	10,0	9,7	9,3	10,3	11,4	9,3	10,3	9,2	10,1	12,3	11,7	10,1	10,0	11,0	11,9	10,3	10,1	9,5	10,5[c]
	27.08	10,5	11,0	9,1	9,7	10,1	11,3	9,6	9,9	9,0	9,9	12,2	10,9	10,4	9,7	10,8	11,3	10,5	9,8	9,5	10,3[c]
	03.09	8,6	8,1	7,9	8,0	8,1	8,5	7,9	8,1	7,5	8,0	9,2	8,6	8,2	8,3	8,6	8,8	8,2	8,1	7,9	8,2[d]
2021/22	20.08	12,4	11,3	11,5	12,1	11,8	12,3	11,7	10,7	10,1	11,2	13,0	12,6	11,8	10,8	12,1	12,5	11,9	11,3	11,0	11,7[b]
	27.08	11,4	11,6	10,7	10,1	11,0	12,0	11,1	9,3	9,6	10,5	12,3	11,5	11,1	10,1	11,2	11,9	11,4	10,3	9,9	10,9[c]
	03.09	9,0	8,3	8,5	7,1	8,2	7,7	7,2	9,5	7,9	8,1	10,4	7,2	7,7	7,8	8,2	9,0	7,6	8,5	7,6	8,2[d]
2022/23	20.08	20,5	15,4	15,5	13,0	16,1	14,0	15,4	14,4	15,4	14,8	19,4	18,1	16,5	14,8	17,2	18,0	16,3	15,5	14,4	16,0[a]
	27.08	10,3	9,4	9,2	9,7	9,6	10,8	10,7	8,4	9,8	10,0	12,1	11,7	10,1	9,8	10,9	11,1	10,6	9,2	9,8	10,2[c]
	03.09	8,7	7,9	7,3	7,6	7,9	8,1	8,0	7,7	8,1	7,9	10,0	9,2	8,0	8,2	8,9	8,9	8,4	7,7	8,0	8,2[d]
2020/21	—	10,4	9,7	8,9	9,0	9,5	10,4	8,9	9,4	8,6	9,3	11,3	10,4	9,6	9,3	10,1	10,7	9,7	9,3	9,0	9,7[c]
2021/22		10,9	10,4	10,2	9,7	10,3	10,7	10,0	9,8	9,2	9,9	11,9	10,4	10,2	9,6	10,5	11,2	10,3	10,1	9,5	10,3[b]
2022/23		13,2	10,9	10,6	10,1	11,2	11,0	11,1	10,2	11,1	10,9	13,9	13,0	11,5	11,0	12,3	12,7	11,8	10,8	10,7	11,5[a]
—	20.08	15,0	12,2	12,2	11,5	12,7	12,5	12,1	11,8	11,6	12,0	14,9	14,1	12,8	11,9	13,4	14,1	12,8	12,3	11,6	12,7[a]
	27.08	10,7	10,7	9,7	9,8	10,2	11,4	10,5	9,2	9,5	10,1	12,2	11,4	10,5	9,9	11,0	11,4	10,8	9,8	9,7	10,5[b]
	03.09	8,8	8,1	7,9	7,6	8,1	8,1	7,7	8,4	7,8	8,0	9,9	8,3	8,0	8,1	8,6	8,9	8,0	8,1	7,8	8,2[c]
$\bar{x}$		11,5	10,4	9,9	9,6	10,4[b]	10,7	10,1	9,8	9,6	10,1[b]	12,3	11,3	10,4	9,9	11,0[a]	11,5[a]	10,6[b]	10,1[bc]	9,7[c]	10,5

Tabela A 3. Długość epikotylu (mm)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	22,4	15,8	21,9	18,9	19,7	19,2	18,4	21,4	17,1	19,0	18,7	16,7	14,8	14,7	16,2	20,1	16,9	19,4	16,9	18,3[b]
	27.08	18,6	17,3	14,0	15,7	16,4	16,5	13,8	14,5	15,7	15,1	15,7	16,4	17,3	15,6	16,3	17,0	15,8	15,3	15,7	15,9[b]
	03.09	9,0	9,0	13,4	12,9	11,1	8,8	10,1	14,1	13,2	11,5	10,9	11,0	10,7	9,0	10,4	9,6	10,0	12,7	11,7	11,0[c]
2021/22	20.08	13,8	10,6	12,9	10,1	11,9	10,5	10,7	7,7	10,9	9,9	11,3	9,6	13,5	10,5	11,2	11,9	10,3	11,3	10,5	11,0[c]
	27.08	14,4	10,2	10,9	8,9	11,1	13,5	10,3	9,6	10,7	11,0	12,1	10,7	12,0	8,9	10,9	13,3	10,4	10,8	9,5	11,0[c]
	03.09	10,7	10,7	11,7	8,5	10,4	10,5	7,8	10,0	8,0	9,1	9,7	7,9	7,7	8,7	8,5	10,3	8,8	9,8	8,4	9,3[c]
2022/23	20.08	24,6	24,6	24,9	32,4	26,6	26,3	29,2	38,6	34,7	32,2	23,7	25,1	31,2	22,4	25,6	24,9	26,3	31,6	29,8	28,1[a]
	27.08	19,2	17,6	20,5	18,0	18,8	17,5	18,3	24,5	23,0	20,8	15,0	15,7	16,5	13,4	15,2	17,2	17,2	20,5	18,1	18,3[b]
	03.09	9,2	10,8	10,1	13,1	10,8	10,3	10,2	10,2	13,9	11,1	9,5	11,7	9,6	10,7	10,4	9,7	10,9	10,0	12,6	10,8[c]
2020/21	—	16,7	14,0	16,5	15,9	15,8	14,8	14,1	16,7	15,3	15,2	15,1	14,7	14,3	13,1	14,3	15,5	14,3	15,8	14,8	15,1[b]
2021/22		13,0	10,5	11,8	9,2	11,1	11,5	9,6	9,1	9,9	10,0	11,0	9,4	11,0	9,4	10,2	11,8	9,8	10,6	9,5	10,5[c]
2022/23		17,6	17,7	18,5	21,2	18,8	18,0	23,9	24,4	23,9	21,4	16,1	17,5	19,1	15,5	17,1	17,2	18,1	20,7	20,2	19,1[a]
—	20.08	20,3	17,0	19,9	20,5	19,4	18,7	19,4	22,6	20,9	20,4	17,9	17,1	19,8	15,9	17,7	19,0	17,8	20,8	19,1	19,2[a]
	27.08	17,4	15,0	15,2	14,2	15,5	15,9	14,1	16,2	16,5	15,7	14,3	14,3	15,3	12,6	14,1	15,8	14,5	15,5	14,4	15,1[b]
	03.09	9,6	10,2	11,7	11,5	10,8	9,9	9,3	11,4	11,7	10,6	10,0	10,2	9,3	9,5	9,7	9,8	9,9	10,8	10,9	10,4[c]
$\bar{x}$		15,8	14,1	15,6	15,4	15,2[ab]	14,8	14,3	16,7	16,4	15,5[a]	14,1	13,9	14,8	12,7	13,9[b]	14,9	14,1	15,7	14,8	14,9

Tabela A 4. Świeża masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	45,4	39,4	27,8	22,9	33,9	43,5	31,5	32,8	24,8	33,2	49,9	33,0	25,2	23,6	33,0	46,3	34,7	28,6	23,8	33,3^{c}
	27.08	31,2	36,1	24,4	26,2	29,5	36,1	30,6	22,4	21,5	27,6	41,9	37,8	29,1	23,5	33,1	36,4	34,9	25,3	23,7	30,1^{c}
	03.09	30,7	21,3	22,3	19,4	23,4	30,5	25,5	25,5	16,0	24,4	26,5	21,7	17,5	17,6	20,8	29,2	22,8	21,8	17,7	22,9^{c}
2021/22	20.08	70,3	65,2	52,1	54,5	60,5	61,9	51,3	60,7	52,5	56,6	68,5	43,3	45,9	35,1	48,2	66,9	53,3	52,9	47,4	55,1^{b}
	27.08	36,8	35,1	26,6	20,4	29,7	38,8	33,2	30,0	28,5	32,6	50,1	39,1	32,3	25,3	36,7	41,9	35,8	29,6	24,7	33,0^{c}
	03.09	32,5	31,3	27,2	21,0	28,0	35,8	29,4	24,7	18,6	27,1	34,6	29,3	20,5	21,6	26,5	34,3	30,0	24,1	20,4	27,2^{c}
2022/23	20.08	105,2	110,7	133,4	79,9	107,3	96,1	81,6	64,2	58,7	75,2	54,0	46,6	37,2	38,8	44,1	85,1	79,6	78,3	59,2	75,5^{a}
	27.08	129,3	142,6	95,1	124,1	122,8	88,7	85,6	44,7	50,4	67,3	44,8	45,4	40,6	30,2	40,3	87,6	91,2	60,1	68,2	76,8^{a}
	03.09	125,2	129,3	115,1	90,8	115,1	88,4	78,3	55,0	56,9	69,6	46,9	34,7	28,4	28,4	34,6	86,8	80,8	66,2	58,7	73,1^{a}
2020/21	—	35,8	32,3	24,8	22,8	28,9^{c}	36,7	29,2	26,9	20,7	28,4^{c}	39,4	30,9	23,9	21,6	29,0^{c}	37,3	30,8	25,2	21,7	28,8^{c}
2021/22		46,5	43,9	35,3	32,0	39,4^{c}	45,5	38,0	38,5	33,2	38,8^{c}	51,1	37,2	32,9	27,3	37,1^{c}	47,7	39,7	35,6	30,8	38,5^{b}
2022/23		119,9	127,6	114,6	98,3	115,1^{a}	91,1	55,3	54,6	55,3	70,7^{b}	48,6	42,2	35,4	32,5	39,7^{c}	86,5	83,9	68,2	62,0	75,2^{a}
—	20.08	73,6	71,8	71,1	52,4	67,2	67,2	54,8	52,6	45,3	55,0	57,5	41,0	36,1	32,5	41,8	66,1	55,8	53,3	43,4	54,7^{a}
	27.08	65,8	71,3	48,7	56,9	60,7	54,5	49,8	32,4	33,5	42,5	45,6	40,8	34,0	26,3	36,7	55,3	54,0	38,4	38,9	46,6^{b}
	03.09	62,8	60,6	54,9	43,7	55,5	51,5	44,4	35,1	30,5	40,4	36,0	28,5	22,1	22,5	27,3	50,1	44,5	37,4	32,3	41,1^{c}
$\bar{x}$		67,4	67,9	58,2	51,0	61,1^{a}	57,7	49,7	40,0	36,4	46,0^{b}	46,4	36,8	30,7	27,1	35,3^{c}	57,2^{a}	51,4^{a}	43,0^{b}	38,2^{b}	47,5

Tabela A 5. Sucha masa części nadziemnej (g rozeta^{-1})

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	6,5	5,5	4,0	3,4	4,8	6,2	4,7	5,0	3,9	4,9	6,9	4,8	3,8	3,6	4,8	6,6	5,0	4,3	3,6	4,9^{c}
	27.08	4,5	4,9	3,2	3,4	4,0	5,1	4,3	3,1	3,2	3,9	5,8	4,9	4,0	3,4	4,5	5,1	4,7	3,4	3,3	4,2^{c}
	03.09	3,8	2,8	3,0	2,5	3,0	4,3	3,5	3,2	2,2	3,3	3,5	2,8	2,3	2,6	2,8	3,9	3,0	2,8	2,5	3,0^{c}
2021/22	20.08	11,1	10,8	8,3	8,3	9,6	9,3	8,0	9,0	8,6	8,7	10,5	6,8	6,9	5,7	7,5	10,3	8,5	8,1	7,5	8,6^{b}
	27.08	5,4	5,0	3,9	3,0	4,3	5,8	4,9	4,4	4,2	4,8	7,3	5,8	4,8	3,6	5,4	6,2	5,2	4,4	3,6	4,9^{c}
	03.09	4,5	4,4	3,9	2,9	3,9	5,0	4,1	3,4	2,6	3,8	5,0	4,2	2,9	3,3	3,8	4,8	4,2	3,4	2,9	3,9^{c}
2022/23	20.08	15,5	16,4	20,1	11,9	16,0	13,9	11,9	9,5	8,7	11,0	7,6	6,6	5,2	5,4	6,2	12,4	11,6	11,6	8,7	11,1^{a}
	27.08	19,1	20,7	13,7	18,4	18,0	12,6	12,2	6,3	7,1	9,5	6,1	6,2	5,5	4,3	5,5	12,6	13,0	8,5	10,0	11,0^{a}
	03.09	17,4	17,9	15,7	12,8	15,9	12,2	10,3	8,0	7,9	9,6	6,2	4,6	3,8	4,1	4,7	11,9	10,9	9,2	8,3	10,1^{ab}
2020/21	—	4,9	4,4	3,4	3,1	4,0^{d}	5,2	4,2	3,8	3,1	4,1^{d}	5,4	4,2	3,4	3,2	4,0^{d}	5,2	4,2	3,5	3,1	4,0^{c}
2021/22		7,0	6,7	5,4	4,7	6,0^{c}	6,7	5,7	5,6	5,2	5,8^{cd}	7,6	5,6	4,9	4,2	5,6^{cd}	7,1	6,0	5,3	4,7	5,8^{b}
2022/23		17,3	18,4	16,5	14,3	16,6^{a}	12,9	7,9	7,9	7,9	10,1^{b}	6,6	5,8	4,8	4,6	5,5^{cd}	12,3	11,9	9,7	9,0	10,7^{a}
—	20.08	11,1	10,9	10,8	7,9	10,1	9,8	8,2	7,8	7,1	8,2	8,4	6,0	5,3	4,9	6,1	9,7	8,4	8,0	6,6	8,2^{a}
	27.08	9,6	10,2	6,9	8,3	8,8	7,8	7,1	4,6	4,8	6,1	6,4	5,6	4,8	3,8	5,1	8,0	7,7	5,4	5,6	6,7^{b}
	03.09	8,5	8,4	7,5	6,1	7,6	7,2	6,0	4,9	4,3	5,6	4,9	3,8	3,0	3,3	3,8	6,9	6,1	5,1	4,6	5,7^{b}
$\bar{x}$		9,8	9,8	8,4	7,4	8,9^{a}	8,3	7,1	5,8	5,4	6,6^{b}	6,5	5,2	4,4	4,0	5,2^{c}	8,2^{a}	7,4^{a}	6,2^{b}	5,6^{b}	6,8

Tabela A 6. Długość korzenia palowego (cm)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	16,4	15,5	16,2	15,4	15,9	16,2	17,1	16,6	17,6	16,9	17,7	19,0	18,6	18,8	18,5	16,8	17,2	17,1	17,2	17,1^{a}
	27.08	17,3	16,0	15,9	17,4	16,6	17,0	16,6	16,3	16,4	16,6	17,8	17,8	18,6	17,6	18,0	17,3	16,8	16,9	17,1	17,0^{a}
	03.09	11,9	11,5	11,9	10,6	11,5	12,3	11,5	12,4	11,8	12,0	12,7	12,8	12,7	12,3	12,6	12,3	11,9	12,3	11,6	12,0^{d}
2021/22	20.08	17,6	18,8	17,0	16,4	17,5	16,1	15,5	14,6	15,5	15,4	17,2	18,6	17,9	17,7	17,9	17,0	17,6	16,5	16,5	16,9^{a}
	27.08	15,3	15,3	15,3	14,0	15,0	15,9	14,1	13,2	11,8	13,7	15,2	15,6	17,1	14,8	15,7	15,5	15,0	15,2	13,5	14,8^{bc}
	03.09	16,5	14,6	12,6	12,6	14,1	13,3	15,0	14,0	13,0	13,8	14,2	10,8	14,3	12,3	12,9	14,7	13,5	13,6	12,6	13,6^{cd}
2022/23	20.08	19,0	18,9	19,7	19,3	19,2	15,5	16,5	15,7	14,8	15,6	12,5	13,7	14,1	16,5	14,2	15,7	16,4	16,5	16,9	16,4^{a}
	27.08	16,8	17,6	16,9	19,3	17,7	13,4	15,7	12,1	14,5	13,9	12,1	15,0	10,7	11,6	12,4	14,1	16,1	13,2	15,1	14,6^{c}
	03.09	16,4	18,0	16,4	15,6	16,6	13,3	13,6	15,0	14,8	14,2	12,6	11,9	13,0	13,3	12,7	14,1	14,5	14,8	14,6	14,5^{c}
2020/21	—	15,2	14,3	14,7	14,5	14,7^{cd}	15,2	15,1	15,1	15,2	15,1^{bc}	16,1	16,5	16,6	16,2	16,4^{bc}	15,5	15,3	15,5	15,3	15,4
2021/22		16,5	16,3	15,0	14,3	15,5^{bc}	15,1	14,9	13,9	13,4	14,3^{cd}	15,6	15,0	16,4	14,9	15,5^{bc}	15,7	15,4	15,1	14,2	15,1
2022/23		17,4	18,2	17,7	18,1	17,8^{a}	14,1	14,7	14,3	14,7	14,6^{cd}	12,4	13,5	12,6	13,8	13,1^{d}	14,6	15,7	14,8	15,5	15,2
—	20.08	17,7	17,7	17,6	17,0	17,5	15,9	16,4	15,6	15,9	16,0	15,8	17,1	16,9	17,6	16,9	16,5	17,1	16,7	16,9	16,8^{a}
	27.08	16,5	16,3	16,0	16,9	16,4	15,4	15,4	13,9	14,2	14,7	15,1	16,1	15,5	14,6	15,3	15,6	16,0	15,1	15,3	15,5^{b}
	03.09	15,0	14,7	13,7	12,9	14,1	13,0	13,4	13,8	13,2	13,3	13,2	11,8	13,3	12,7	12,7	13,7	13,3	13,6	12,9	13,4^{c}
$\bar{x}$		16,4	16,2	15,8	15,6	16,0^{a}	14,8	15,1	14,4	14,5	14,7^{b}	14,7	15,0	15,2	15,0	15,0^{b}	15,3	15,4	15,1	15,0	15,2

Tabela A 7. Świeża masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	3,3	2,5	2,5	2,7	2,8^{g}	7,0	5,3	4,9	5,6	5,7^{efg}	9,5	9,2	7,5	7,5	8,4^{cdef}	6,6	5,7	5,0	5,3	5,6
	27.08	6,8	5,1	4,3	4,5	5,2^{efg}	6,4	4,9	4,2	4,4	5,0^{efg}	7,3	7,2	5,8	6,1	6,6^{efg}	6,8	5,7	4,8	5,0	5,6
	03.09	5,3	6,1	4,4	3,9	4,9^{efg}	3,3	3,1	4,3	2,7	3,3^{g}	4,2	3,5	3,0	2,8	3,4^{g}	4,3	4,2	3,9	3,1	3,9
2021/22	20.08	5,5	5,3	5,0	5,1	5,2^{efg}	10,3	7,6	8,8	7,7	8,6^{cde}	14,3	11,6	13,2	10,4	12,4^{bc}	10,0	8,2	9,0	7,7	8,7
	27.08	9,5	8,2	8,2	6,0	8,0^{def}	6,1	4,4	5,1	4,5	5,0^{efg}	9,2	7,6	6,3	7,7	7,7^{def}	8,3	6,7	6,5	6,1	6,9
	03.09	5,6	6,6	5,0	4,2	5,4^{efg}	5,3	4,6	3,5	4,8	4,5^{fg}	8,5	7,4	5,6	5,0	6,6^{efg}	6,5	6,2	4,7	4,7	5,5
2022/23	20.08	23,8	21,9	16,6	18,5	20,2^{a}	6,8	6,0	4,7	4,5	5,5^{efg}	6,9	6,2	5,8	6,0	6,2^{efg}	12,5	11,3	9,0	9,7	10,6
	27.08	13,2	13,3	14,0	11,4	13,0^{b}	11,5	9,2	7,2	6,6	8,6^{cde}	8,7	8,3	7,0	6,9	7,7^{def}	11,2	10,3	9,3	8,3	9,8
	03.09	11,4	11,8	8,5	13,2	11,2^{bcd}	6,3	6,5	3,9	3,5	5,0^{efg}	6,6	6,9	5,6	6,4	6,4^{efg}	8,1	8,4	6,0	7,7	7,5
2020/21	—	5,1	4,6	3,7	3,7	4,3^{e}	5,6	4,4	4,4	4,2	4,7^{de}	7,0	6,6	5,5	5,5	6,1^{cd}	5,9	5,2	4,5	4,5	5,0^{c}
2021/22		6,8	6,7	6,0	5,1	6,2^{cde}	7,2	5,5	5,8	5,7	6,1^{cde}	10,7	8,9	8,3	7,7	8,9^{b}	8,3	7,0	6,7	6,1	7,0^{b}
2022/23		16,1	15,7	13,0	14,4	14,8^{a}	8,2	4,8	5,3	4,8	6,4^{cd}	7,4	7,1	6,1	6,4	6,8^{c}	10,6	10,0	8,1	8,5	9,3^{a}
—	20.08	10,9	9,9	8,0	8,8	9,4	8,0	6,3	6,1	5,9	6,6	10,3	9,0	8,8	8,0	9,0	9,7	8,4	7,7	7,5	8,3^{a}
	27.08	9,8	8,9	8,8	7,3	8,7	8,0	6,2	5,5	5,2	6,2	8,4	7,7	6,3	6,9	7,3	8,7	7,6	6,9	6,5	7,4^{b}
	03.09	7,4	8,2	6,0	7,1	7,2	5,0	4,7	3,9	3,6	4,3	6,4	5,9	4,7	4,7	5,5	6,3	6,3	4,9	5,2	5,6^{c}
$\bar{x}$		9,4	9,0	7,6	7,7	8,4^{a}	7,0	5,7	5,2	4,9	5,7^{c}	8,4	7,5	6,6	6,5	7,3^{b}	8,2^{a}	7,4^{ab}	6,5^{b}	6,4^{b}	7,1

Tabela A 8. Sucha masa systemu korzeniowego (g korzeń$^{-1}$)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7^{h}	1,6	1,3	1,2	1,5	1,4^{defgh}	2,5	2,5	2,1	2,0	2,3^{bcde}	1,6	1,5	1,3	1,4	1,5
	27.08	1,6	1,3	0,9	1,1	1,2^{efgh}	1,5	1,2	1,0	1,1	1,2^{fgh}	1,9	1,9	1,5	1,6	1,7^{bcdefg}	1,7	1,5	1,2	1,3	1,4
	03.09	1,1	1,3	1,1	1,0	1,1^{fgh}	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8^{gh}	0,9	0,7	0,7	0,7	0,8^{gh}	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9
2021/22	20.08	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1^{fgh}	2,2	1,7	1,9	1,8	1,9^{bcdef}	3,1	2,6	2,9	2,3	2,7^{b}	2,2	1,8	1,9	1,7	1,9
	27.08	2,1	1,7	1,8	1,3	1,7^{bcdefgh}	1,3	0,9	1,1	0,9	1,0^{fgh}	2,0	1,6	1,3	1,6	1,6^{cdefgh}	1,8	1,4	1,4	1,3	1,5
	03.09	1,1	1,4	1,0	0,9	1,1^{fgh}	1,1	1,0	0,7	1,0	0,9^{fgh}	1,7	1,6	1,2	1,0	1,4^{defgh}	1,3	1,3	0,9	1,0	1,1
2022/23	20.08	4,9	4,5	3,2	3,8	4,1^{a}	1,3	1,2	1,0	0,9	1,1^{fgh}	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2^{fgh}	2,5	2,3	1,8	2,0	2,1
	27.08	2,7	2,8	2,8	2,3	2,7^{bc}	2,4	1,9	1,4	1,4	1,8^{bcdefg}	1,8	1,5	1,4	1,4	1,5^{defgh}	2,3	2,1	1,9	1,7	2,0
	03.09	2,4	2,3	1,7	2,7	2,3^{bcd}	1,3	1,4	0,8	0,7	1,0^{fgh}	1,3	1,3	1,0	1,2	1,2^{efgh}	1,6	1,7	1,2	1,5	1,5
2020/21	—	1,2	1,1	0,9	0,9	1,0^{d}	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1^{cd}	1,8	1,7	1,4	1,4	1,6^{bc}	1,4	1,3	1,1	1,2	1,2^{c}
2021/22		1,5	1,4	1,3	1,1	1,3^{cd}	1,5	1,2	1,2	1,3	1,3^{cd}	2,3	1,9	1,8	1,7	1,9^{b}	1,7	1,5	1,4	1,3	1,5^{b}
2022/23		3,4	3,2	2,6	2,9	3,0^{a}	1,7	1,0	1,0	1,0	1,3^{cd}	1,5	1,3	1,2	1,2	1,3^{cd}	2,2	2,0	1,6	1,7	1,9^{a}
—	20.08	2,3	2,1	1,6	1,8	2,0	1,7	1,4	1,4	1,4	1,5	2,3	2,1	2,0	1,8	2,1	2,1	1,9	1,7	1,7	1,8^{a}
	27.08	2,1	1,9	1,8	1,6	1,9	1,7	1,3	1,2	1,1	1,3	1,9	1,6	1,4	1,5	1,6	1,9	1,6	1,5	1,4	1,6^{b}
	03.09	1,5	1,7	1,3	1,5	1,5	1,0	1,0	0,8	0,8	0,9	1,3	1,2	1,0	1,0	1,1	1,3	1,3	1,0	1,1	1,2^{c}
$\bar{x}$		2,0	1,9	1,6	1,6	1,8^{a}	1,5	1,2	1,1	1,1	1,2^{b}	1,8	1,7	1,5	1,4	1,6^{a}	1,8^{a}	1,6^{ab}	1,4^{b}	1,4^{b}	1,5

Tabela A 9. Przezimowanie roślin (%)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	85,1	97,5	93,0	98,1	93,4	87,7	89,3	99,1	95,3	92,8	79,8	92,9	99,7	96,2	92,1	84,2	93,2	97,2	96,5	92,8
	27.08	83,7	94,3	87,3	88,7	88,5	90,3	94,7	89,8	84,5	89,8	78,9	86,2	76,2	89,6	82,7	84,3	91,7	84,5	87,6	87,0
	03.09	99,5	94,8	84,2	99,7	94,6	90,7	91,3	91,1	95,4	92,1	83,9	91,9	88,5	97,8	90,5	91,4	92,7	87,9	97,6	92,4
2021/22	20.08	93,9	93,0	94,6	98,8	95,1	86,1	92,5	79,1	93,7	87,9	74,5	90,6	88,5	81,3	83,7	84,8	92,1	87,4	91,3	88,9
	27.08	97,7	94,1	86,1	91,1	92,2	82,2	79,6	79,0	88,1	82,2	87,1	88,8	89,8	90,3	89,0	89,0	87,5	84,9	89,8	87,8
	03.09	92,8	77,7	85,9	77,3	83,4	88,5	82,3	90,0	81,1	85,5	90,0	87,9	92,6	91,7	90,5	90,4	82,6	89,5	83,4	86,5
2022/23	20.08	83,4	81,2	88,6	86,5	84,9	95,4	95,0	94,9	93,8	94,8	94,4	88,6	93,0	94,0	92,5	91,1	88,2	92,2	91,4	90,7
	27.08	92,2	94,2	95,4	91,7	93,4	77,2	85,9	93,3	89,8	86,5	94,3	93,1	97,3	91,9	94,2	87,9	91,1	95,3	91,2	91,4
	03.09	96,0	90,9	92,7	95,3	93,7	95,7	88,4	86,8	93,0	91,0	90,6	88,5	92,4	93,0	91,1	94,1	89,3	90,6	93,7	91,9
2020/21	—	89,4	95,5	88,2	95,5	92,2	89,6	91,8	93,3	91,7	91,6	80,9	90,3	88,1	94,5	88,5	86,6	92,5	89,9	93,9	90,7[a]
2021/22		94,8	88,3	88,8	89,1	90,2	85,6	84,8	82,7	87,7	85,2	83,9	89,1	90,3	87,8	87,8	88,1	87,4	87,3	88,2	87,7[b]
2022/23		90,6	88,8	92,2	91,1	90,7	89,4	92,2	91,7	92,2	90,8	93,1	90,1	94,2	93,0	92,6	91,0	89,5	92,7	92,1	91,3[a]
—	20.08	87,5	90,6	92,1	94,5	91,1	89,7	92,3	91,0	94,3	91,8	82,9	90,7	93,7	90,5	89,5	86,7	91,2	92,3	93,1	90,8
	27.08	91,2	94,2	89,6	90,5	91,4	83,2	86,7	87,4	87,5	86,2	86,8	89,4	87,8	90,6	88,6	87,1	90,1	88,3	89,5	88,7
	03.09	96,1	87,8	87,6	90,8	90,6	91,7	87,3	89,3	89,8	89,5	88,2	89,4	91,1	94,2	90,7	92,0	88,2	89,3	91,6	90,3
$\bar{x}$		91,6	90,9	89,7	91,9	91,0	88,2	88,8	89,2	90,5	89,2	86,0	89,8	90,9	91,8	89,6	88,6	89,8	90,0	91,4	89,9

Tabela A 10. Wysokość roślin przed zbiorem (cm)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	155,1	153,7	154,7	154,2	154,4	170,4	167,7	168,8	166,5	168,3	132,4	130,7	130,1	130,5	130,9	152,6	150,7	151,2	150,4	151,2
	27.08	151,5	151,4	149,1	149,8	150,5	168,9	167,7	167,2	166,9	167,7	132,7	130,3	127,0	128,3	129,6	151,0	149,8	147,8	148,3	149,2
	03.09	144,3	149,2	143,3	145,1	145,5	176,1	170,2	169,6	165,8	170,4	126,6	125,1	126,0	126,6	126,1	149,0	148,2	146,3	145,8	147,3
2021/22	20.08	158,0	153,3	149,7	149,9	152,7	156,2	159,5	160,8	161,6	159,5	130,9	127,2	123,6	126,6	127,1	148,4	146,7	144,7	146,0	146,4
	27.08	144,2	150,5	147,7	144,1	146,6	157,5	164,4	158,0	156,2	159,1	117,8	117,5	120,4	124,4	120,0	139,9	144,2	142,1	141,5	141,9
	03.09	145,7	151,9	143,5	144,7	146,5	159,4	157,8	156,8	145,8	155,0	129,2	123,8	124,8	126,1	126,0	144,8	144,5	141,7	138,9	142,5
2022/23	20.08	157,8	164,3	162,7	158,8	160,9	170,1	164,9	167,3	169,3	167,9	141,0	136,2	135,7	129,8	135,7	156,3	155,1	155,2	152,7	154,8
	27.08	163,4	161,6	156,6	159,9	160,4	165,5	166,6	165,0	163,2	165,1	132,2	133,8	128,9	134,1	132,3	153,7	154,0	150,2	152,4	152,6
	03.09	156,9	160,7	158,5	152,2	157,1	162,9	167,5	165,9	166,2	165,6	134,4	123,2	132,5	127,0	129,3	151,4	150,5	152,3	148,5	150,7
2020/21	—	150,3	151,4	149,1	149,7	150,1	171,8	168,5	168,5	166,4	168,8	130,5	128,7	127,7	128,5	128,9	150,9	149,6	148,4	148,2	149,3^{a}
2021/22		149,3	151,9	147,0	146,2	148,6	157,7	160,6	158,6	154,5	157,8	126,0	122,8	122,9	125,7	124,4	144,3	145,1	142,8	142,1	143,6^{b}
2022/23		159,4	162,2	159,3	157,0	159,5	166,2	166,2	166,1	166,2	166,2	135,9	131,1	132,4	130,3	132,4	153,8	153,2	152,6	151,2	152,7^{a}
—	20.08	156,9	157,1	155,7	154,3	156,0	165,6	164,0	165,6	165,8	165,3	134,8	131,4	129,8	129,0	131,2	152,4	150,8	150,4	149,7	150,8^{a}
	27.08	153,0	154,5	151,1	151,3	152,5	164,0	166,3	163,4	162,1	163,9	127,6	127,2	125,4	128,9	127,3	148,2	149,3	146,7	147,4	147,9^{ab}
	03.09	149,0	153,9	148,4	147,3	149,7	166,2	165,2	164,1	159,2	163,7	130,1	124,0	127,8	126,6	127,1	148,4	147,7	146,8	144,4	146,8^{b}
$\bar{x}$		153,0	155,2	151,8	151,0	152,7^{b}	165,2	165,2	164,4	162,4	164,3^{a}	130,8	127,5	127,7	128,2	128,5^{c}	149,7	149,3	147,9	147,2	148,5

Tabela A 11. Grubość łodyg u nasady (mm)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	13,4	13,1	12,6	10,9	12,5	14,7	12,6	14,0	12,4	13,4	12,5	13,0	11,9	10,8	12,0	13,5	12,9	12,8	11,4	12,7
	27.08	13,2	12,6	12,8	11,8	12,6	14,3	14,5	13,1	12,4	13,6	13,9	12,2	10,4	10,6	11,8	13,8	13,1	12,1	11,6	12,7
	03.09	14,9	13,3	12,2	12,2	13,2	17,3	15,5	14,2	11,8	14,7	14,7	12,5	12,1	10,5	12,5	15,7	13,8	12,8	11,5	13,5
2021/22	20.08	18,1	17,0	15,8	13,8	16,2	16,3	16,0	13,3	15,2	15,2	15,9	14,0	12,7	11,5	13,5	16,8	15,7	13,9	13,5	15,0
	27.08	14,7	13,8	13,4	12,2	13,5	16,0	14,9	14,9	13,4	14,8	14,9	12,1	12,6	11,5	12,8	15,2	13,6	13,6	12,4	13,7
	03.09	13,3	13,1	12,9	9,8	12,3	16,7	14,9	14,2	12,6	14,6	14,0	13,5	11,2	11,0	12,4	14,7	13,8	12,8	11,1	13,1
2022/23	20.08	18,3	17,8	15,8	18,2	17,5	20,0	20,2	18,1	17,5	19,0	18,0	16,8	15,5	13,2	15,9	18,7	18,3	16,5	16,3	17,4
	27.08	16,6	15,7	13,8	14,5	15,2	16,5	15,5	15,9	15,8	15,9	16,7	14,9	15,0	14,3	15,2	16,6	15,4	14,9	14,8	15,4
	03.09	16,5	15,0	13,2	13,4	14,5	15,2	15,7	16,4	15,0	15,6	16,0	13,0	16,0	14,3	14,8	15,9	14,6	15,2	14,2	15,0
2020/21	—	13,9	13,0	12,5	11,6	12,8	15,4	14,2	13,8	12,2	13,9	13,7	12,6	11,5	10,7	12,1	14,3	13,3	12,6	11,5	12,9^{b}
2021/22		15,4	14,6	14,0	11,9	14,0	16,3	15,3	14,1	13,7	14,9	14,9	13,2	12,1	11,3	12,9	15,6	14,4	13,4	12,3	13,9^{b}
2022/23		17,1	16,2	14,3	15,4	15,7	17,2	16,1	16,8	16,1	16,8	16,9	14,9	15,5	13,9	15,3	17,1	16,1	15,5	15,1	16,0^{a}
—	20.08	16,6	16,0	14,8	14,3	15,4	17,0	16,3	15,2	15,0	15,9	15,5	14,6	13,4	11,9	13,8	16,3	15,6	14,4	13,7	15,0^{a}
	27.08	14,9	14,1	13,3	12,8	13,8	15,6	15,0	14,6	13,9	14,8	15,2	13,1	12,7	12,1	13,3	15,2	14,0	13,5	12,9	14,0^{b}
	03.09	14,9	13,8	12,7	11,8	13,3	16,4	15,4	15,0	13,1	15,0	14,9	13,0	13,1	12,0	13,2	15,4	14,1	13,6	12,3	13,8^{b}
$\bar{x}$		15,5	14,6	13,6	13,0	14,2^{ab}	16,3	15,5	14,9	14,0	15,2^{a}	15,2	13,6	13,0	12,0	13,4^{b}	15,7^{a}	14,6^{ab}	13,9^{bc}	13,0^{c}	14,3

Tabela A 12. Liczba rozgałęzień produktywnych (szt.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	4,9	5,6	5,0	4,5	5,0	5,9	5,1	5,0	4,6	5,2	5,8	5,8	5,4	4,9	5,5	5,6	5,5	5,1	4,7	5,2^{c}
	27.08	5,1	5,2	4,9	5,1	5,1	5,2	5,3	5,2	4,5	5,0	5,8	5,6	4,7	5,4	5,4	5,4	5,4	4,9	5,0	5,2^{c}
	03.09	5,5	5,2	4,7	5,0	5,1	5,4	5,5	5,3	4,8	5,2	5,4	5,2	5,2	4,6	5,1	5,4	5,3	5,1	4,8	5,1^{c}
2021/22	20.08	8,2	8,1	8,9	7,1	8,1	8,1	7,0	6,8	7,4	7,3	10,2	8,4	6,1	6,2	7,7	8,8	7,8	7,3	6,9	7,7^{b}
	27.08	6,8	6,4	6,1	6,0	6,3	7,1	7,5	6,4	6,8	7,0	8,7	5,4	5,6	5,4	6,3	7,5	6,5	6,0	6,1	6,5^{bc}
	03.09	6,0	5,9	6,1	4,8	5,7	7,6	5,4	6,4	5,7	6,3	7,6	6,1	7,6	5,6	6,7	7,1	5,8	6,7	5,4	6,2^{bc}
2022/23	20.08	12,1	9,2	8,4	9,1	9,7	10,8	9,4	9,9	8,2	9,6	11,0	10,0	9,8	7,3	9,5	11,3	9,5	9,4	8,2	9,6^{a}
	27.08	8,8	7,7	6,6	6,6	7,4	6,4	7,1	6,9	6,1	6,6	9,5	8,8	8,7	8,5	8,9	8,2	7,9	7,4	7,1	7,7^{b}
	03.09	8,1	7,0	6,8	6,8	7,2	6,9	6,6	7,6	6,9	7,0	8,8	7,9	7,8	6,8	7,8	7,9	7,2	7,4	6,8	7,3^{b}
2020/21	—	5,2	5,3	4,9	4,9	5,1	5,5	5,3	5,2	4,6	5,1	5,7	5,5	5,1	5,0	5,3	5,5	5,4	5,0	4,8	5,2^{c}
2021/22		7,0	6,8	7,0	6,0	6,7	7,6	6,6	6,5	6,6	6,9	8,8	6,6	6,4	5,7	6,9	7,8	6,7	6,7	6,1	6,8^{b}
2022/23		9,7	8,0	7,3	7,5	8,1	8,1	7,1	8,1	7,1	7,7	9,7	8,9	8,8	7,5	8,7	9,1	8,2	8,1	7,4	8,2^{a}
—	20.08	8,4	7,6	7,4	6,9	7,6	8,3	7,1	7,2	6,7	7,4	9,0	8,1	7,1	6,1	7,6	8,6	7,6	7,3	6,6	7,5^{a}
	27.08	6,9	6,5	5,9	5,9	6,3	6,2	6,6	6,2	5,8	6,2	8,0	6,6	6,3	6,4	6,8	7,0	6,6	6,1	6,0	6,4^{b}
	03.09	6,5	6,0	5,9	5,5	6,0	6,7	5,8	6,4	5,8	6,2	7,3	6,4	6,9	5,7	6,5	6,8	6,1	6,4	5,6	6,2^{b}
$\bar{x}$		7,3	6,7	6,4	6,1	6,6	7,1	6,5	6,6	6,1	6,6	8,1	7,0	6,8	6,1	7,0	7,5^{a}	6,8^{ab}	6,6^{b}	6,1^{b}	6,7

Tabela A 13. Wysokość do pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	63,8	59,9	65,7	70,1	64,9	65,7	74,4	73,1	72,7	71,5	46,2	45,8	53,3	51,8	49,3	58,6	60,0	64,0	64,9	61,9
	27.08	64,3	59,5	64,2	61,4	62,4	70,0	68,6	76,0	79,8	73,6	39,4	47,2	48,1	50,7	46,3	57,9	58,4	62,8	64,0	60,8
	03.09	54,8	64,4	71,3	70,2	65,2	67,0	72,4	91,8	85,1	79,1	36,7	47,2	51,8	55,7	47,8	52,8	61,3	71,6	70,3	64,0
2021/22	20.08	36,9	32,7	28,1	50,1	36,9	46,4	53,0	59,8	49,5	52,2	21,5	30,9	39,8	40,5	33,2	34,9	38,8	42,6	46,7	40,8
	27.08	42,8	51,2	47,8	44,2	46,5	59,0	53,6	58,9	59,9	57,9	21,4	52,0	38,9	43,4	38,9	41,1	52,3	48,5	49,2	47,8
	03.09	52,0	60,5	56,4	61,9	57,7	46,0	63,8	64,5	65,4	59,9	31,9	39,3	34,5	48,5	38,6	43,3	54,5	51,8	58,6	52,1
2022/23	20.08	35,5	51,9	58,7	47,4	48,4	48,8	57,4	52,9	69,8	57,3	32,4	43,3	47,0	54,1	44,2	38,9	50,9	52,9	57,1	49,9
	27.08	57,6	65,6	64,4	74,4	65,5	72,8	74,8	73,2	75,6	74,1	38,2	49,0	47,3	47,3	45,5	56,2	63,1	61,6	65,8	61,7
	03.09	58,6	74,4	76,3	68,6	69,4	71,1	79,5	75,1	83,9	77,4	44,6	55,5	55,1	53,3	52,1	58,1	69,8	68,8	68,6	66,3
2020/21	—	61,0	61,3	67,0	67,3	64,1	67,6	71,8	80,3	79,2	74,7	40,8	46,7	51,1	52,8	47,8	56,4	59,9	66,1	66,4	62,2[a]
2021/22		43,9	48,1	44,1	52,1	47,1	50,5	56,8	61,1	58,3	56,7	24,9	40,7	37,7	44,1	36,9	39,8	48,5	47,6	51,5	46,9[b]
2022/23		50,5	63,9	66,5	63,5	61,1	64,2	76,4	67,1	76,4	69,6	38,4	49,3	49,8	51,6	47,3	51,1	61,3	61,1	63,8	59,3[a]
—	20.08	45,4	48,2	50,8	55,9	50,1	53,6	61,6	61,9	64,0	60,3	33,4	40,0	46,7	48,8	42,2	44,1	49,9	53,2	56,2	50,9[b]
	27.08	54,9	58,8	58,8	60,0	58,1	67,3	65,7	69,4	71,8	68,5	33,0	49,4	44,8	47,1	43,6	51,7	57,9	57,6	59,6	56,7[a]
	03.09	55,1	66,4	68,0	66,9	64,1	61,4	71,9	77,1	78,1	72,1	37,7	47,3	47,1	52,5	46,2	51,4	61,9	64,1	65,8	60,8[a]
$\bar{x}$		51,8	57,8	59,2	60,9	57,4[b]	60,8	66,4	69,5	71,3	67,0[a]	34,7	45,6	46,2	49,5	44,0[c]	49,1[b]	56,6[a]	58,3[a]	60,3[a]	56,1

Tabela A 14. Długość pierwszego rozgałęzienia produktywnego (cm)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	66,8	54,6	55,8	44,3	55,4	73,1	61,8	66,1	59,3	65,1	63,9	58,6	54,6	52,1	57,3	67,9	58,3	58,8	51,9	59,2^{c}
	27.08	59,8	61,9	60,2	53,0	58,7	65,4	65,0	60,0	56,5	61,7	71,8	57,8	56,7	52,1	59,6	65,7	61,6	58,9	53,9	60,0^{c}
	03.09	75,2	62,8	53,8	51,9	60,9	84,5	73,2	53,9	53,6	66,3	66,7	52,7	52,2	40,2	52,9	75,5	62,9	53,3	48,6	60,0^{c}
2021/22	20.08	92,0	87,9	85,6	61,6	81,8	83,8	74,6	67,8	67,2	73,4	82,9	63,9	55,2	53,2	63,8	86,2	75,5	69,5	60,7	73,0^{b}
	27.08	76,0	63,4	60,5	66,9	66,7	72,9	78,6	67,3	72,8	72,9	72,3	43,6	52,9	42,9	52,9	73,7	61,9	60,2	60,9	64,2^{bc}
	03.09	63,7	61,6	61,5	52,6	59,8	71,9	60,3	63,3	53,0	62,2	73,7	57,7	65,1	48,5	61,3	69,8	59,9	63,3	51,4	61,1^{bc}
2022/23	20.08	110,5	93,7	84,1	91,1	94,9	87,9	96,0	102,3	89,5	93,9	91,1	81,7	74,1	65,1	78,0	96,5	90,5	86,8	81,9	88,9^{a}
	27.08	83,2	66,3	77,1	66,2	73,2	77,1	70,7	74,7	63,0	71,4	78,2	74,3	62,5	72,3	71,8	79,5	70,4	71,4	67,2	72,1^{b}
	03.09	77,6	66,8	63,2	67,1	68,7	61,7	67,6	72,9	62,1	66,1	71,6	59,8	62,2	53,6	61,8	70,3	64,7	66,1	60,9	65,5^{bc}
2020/21	—	67,3	59,8	56,6	49,7	58,3	74,3	66,7	60,0	56,4	64,4	67,5	56,4	54,5	48,1	56,6	69,7	60,9	57,0	51,4	59,8^{c}
2021/22		77,2	71,0	69,2	60,3	69,4	76,2	71,2	66,2	64,3	69,5	76,3	55,1	57,7	48,2	59,3	76,6	65,7	64,4	57,6	66,1^{b}
2022/23		90,5	75,6	74,8	74,8	78,9	75,6	71,5	83,3	71,5	77,1	80,3	71,9	66,3	63,7	70,5	82,1	75,2	74,8	70,0	75,5^{a}
—	20.08	89,8	78,8	75,1	65,6	77,3	81,6	77,5	78,7	72,0	77,5	79,3	68,1	61,3	56,8	66,4	83,6	74,8	71,7	64,8	73,7^{a}
	27.08	73,0	63,9	65,9	62,0	66,2	71,8	71,4	67,3	64,1	68,7	74,1	58,6	57,4	55,8	61,4	73,0	64,6	63,5	60,6	65,4^{b}
	03.09	72,2	63,7	59,5	57,2	63,1	72,7	67,0	63,4	56,2	64,8	70,7	56,7	59,8	47,4	58,7	71,9	62,5	60,9	53,6	62,2^{b}
$\bar{x}$		78,3	68,8	66,9	61,6	68,9^{a}	75,4	72,0	69,8	64,1	70,3^{a}	74,7	61,1	59,5	53,3	62,2^{b}	76,1^{a}	67,3^{b}	65,4^{bc}	59,7^{c}	67,1

Tabela A 15. Ugięcie łanu (%)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	6,9	6,6	6,2	7,0	6,7^{defgh}	7,7	6,9	6,5	6,2	6,8^{defgh}	5,9	5,7	5,9	6,3	5,9^{efgh}	6,8	6,4	6,2	6,5	6,5
	27.08	5,6	6,9	5,4	5,7	5,9^{efgh}	8,0	8,0	8,2	8,3	8,1^{abcdef}	6,1	4,5	4,9	5,6	5,2^{fgh}	6,5	6,5	6,1	6,5	6,4
	03.09	4,7	5,4	5,5	6,6	5,5^{fgh}	9,7	10,4	8,9	8,8	9,5^{abcd}	4,6	5,2	5,9	5,2	5,2^{fgh}	6,3	7,0	6,8	6,8	6,7
2021/22	20.08	6,5	6,2	6,7	8,9	7,1^{cdefgh}	6,0	6,3	5,2	5,2	5,7^{fgh}	4,8	5,6	5,0	5,6	5,2^{fgh}	5,8	6,0	5,6	6,6	6,0
	27.08	9,7	8,8	5,8	7,1	7,9^{bcdefg}	7,3	6,2	6,1	7,0	6,6^{defgh}	4,3	3,8	4,5	4,6	4,3^{h}	7,1	6,3	5,5	6,2	6,3
	03.09	7,3	7,8	9,5	7,8	8,1^{abcdef}	4,9	6,7	6,1	5,1	5,7^{fgh}	9,0	7,5	7,2	7,2	7,7^{bcdefg}	7,1	7,4	7,6	6,7	7,2
2022/23	20.08	4,3	5,9	5,8	3,5	4,9^{gh}	10,2	10,6	9,5	9,8	10,0^{abc}	7,6	11,1	7,8	5,2	7,9^{abcdef}	7,4	9,2	7,7	6,2	7,6
	27.08	9,4	10,8	10,3	13,0	10,9^{a}	9,0	10,4	9,6	6,5	8,9^{abcde}	4,1	5,3	6,1	8,3	6,0^{efgh}	7,5	8,8	8,7	9,3	8,6
	03.09	8,5	9,2	6,3	6,5	7,6^{bcdefg}	9,6	11,6	8,0	11,4	10,2^{ab}	8,4	6,6	6,6	8,2	7,5^{bcdefg}	8,8	9,1	7,0	8,7	8,4
2020/21	—	5,7	6,3	5,7	6,4	6,0^{cd}	8,5	8,4	7,9	7,8	8,1^{b}	5,5	5,1	5,6	5,7	5,5^{d}	6,6	6,6	6,4	6,6	6,6^{b}
2021/22		7,9	7,6	7,3	7,9	7,7^{b}	6,1	6,4	5,8	5,8	6,0^{cd}	6,0	5,6	5,5	5,8	5,8^{cd}	6,7	6,6	6,2	6,5	6,5^{b}
2022/23		7,4	8,7	7,5	7,7	7,8^{b}	9,6	9,2	9,1	9,2	9,7^{a}	6,7	7,6	6,8	7,2	7,1^{bc}	7,9	9,1	7,8	8,1	8,2^{a}
—	20.08	5,9	6,3	6,2	6,5	6,2^{cd}	8,0	7,9	7,1	7,1	7,5^{ab}	6,1	7,4	6,2	5,7	6,4^{cd}	6,7	7,2	6,5	6,4	6,7^{b}
	27.08	8,3	8,9	7,2	8,6	8,2^{ab}	8,1	8,2	8,0	7,3	7,9^{ab}	4,8	4,5	5,1	6,2	5,2^{d}	7,1	7,2	6,8	7,3	7,1^{ab}
	03.09	6,8	7,5	7,1	7,0	7,1^{ab}	8,1	9,6	7,7	8,4	8,5^{a}	7,3	6,4	6,6	6,8	6,8^{b}	7,4	7,8	7,1	7,4	7,5^{a}
$\bar{x}$		7,0	7,5	6,8	7,3	7,2^{b}	8,1	8,6	7,6	7,6	8,0^{a}	6,1	6,1	6,0	6,2	6,1^{c}	7,0	7,4	6,8	7,1	7,1

Tabela A 16. Obsada roślin przed zbiorem (szt. m^{-2})

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	24,8	40,4	55,2	68,9	47,3	24,1	43,0	49,9	65,2	45,5	21,9	41,7	56,3	59,3	44,8	23,6	41,7	53,8	64,4	45,9
	27.08	26,6	40,9	51,9	68,0	46,8	23,6	43,6	51,5	58,1	44,2	22,6	44,7	57,3	63,7	47,1	24,3	43,0	53,5	63,3	46,0
	03.09	23,5	41,6	53,7	63,8	45,6	23,0	39,3	53,7	62,6	44,6	24,0	40,5	57,0	64,8	46,6	23,5	40,5	54,8	63,7	45,6
2021/22	20.08	19,6	24,0	40,7	47,2	32,9	17,7	31,5	28,9	48,5	31,6	20,0	29,4	41,2	51,9	35,6	19,1	28,3	36,9	49,2	33,4
	27.08	19,7	34,4	40,9	58,0	38,3	21,0	38,7	39,6	46,8	36,5	19,2	40,9	46,0	61,5	41,9	20,0	38,0	42,1	55,4	38,9
	03.09	22,2	36,4	44,7	51,5	38,7	23,4	19,6	45,9	55,9	36,2	19,6	35,0	47,3	60,0	40,5	21,8	30,4	46,0	55,8	38,5
2022/23	20.08	16,5	24,4	42,7	41,7	31,3	17,5	23,3	38,5	41,7	30,3	18,7	21,9	43,6	49,9	33,5	17,6	23,2	41,6	44,4	31,7
	27.08	19,4	28,1	48,0	51,4	36,7	19,6	28,5	47,6	49,5	36,3	19,7	31,5	48,4	55,4	38,8	19,6	29,4	48,0	52,1	37,3
	03.09	20,9	33,9	48,8	55,8	39,8	22,8	24,1	41,3	51,3	34,9	18,3	30,4	51,4	60,7	40,2	20,7	29,4	47,2	56,0	38,3
2020/21	—	25,0	41,0	53,6	66,9	46,6	23,6	42,0	51,7	62,0	44,8	22,8	42,3	56,9	62,6	46,1	23,8	41,7	54,0	63,8	45,9[a]
2021/22		20,5	31,6	42,1	52,3	36,6	20,7	29,9	38,1	50,4	34,8	19,6	35,1	44,8	57,8	39,3	20,3	32,2	41,7	53,5	36,9[b]
2022/23		19,0	28,8	46,5	49,6	36,0	20,0	47,5	42,5	47,5	33,8	18,9	27,9	47,8	55,3	37,5	19,3	27,3	45,6	50,8	35,8[b]
—	20.08	20,3	29,6	46,2	52,6	37,2	19,8	32,6	39,1	51,8	35,8	20,2	31,0	47,0	53,7	38,0	20,1	31,1	44,1	52,7	37,0[b]
	27.08	21,9	34,5	46,9	59,2	40,6	21,4	36,9	46,2	51,5	39,0	20,5	39,0	50,6	60,2	42,6	21,3	36,8	47,9	56,9	40,7[a]
	03.09	22,2	37,3	49,1	57,0	41,4	23,1	27,7	47,0	56,6	38,6	20,6	35,3	51,9	61,9	42,4	22,0	33,4	49,3	58,5	40,8[a]
$\bar{x}$		21,5	33,8	47,4	56,3	39,7	21,4	32,4	44,1	53,3	37,8	20,4	35,1	49,8	58,6	41,0	21,1[d]	33,8[c]	47,1[b]	56,0[a]	39,5

Tabela A 17. Liczba łuszczyn na roślinie (szt.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	149	95	83	58	97	166	88	77	74	101	184	112	91	74	115	166	99	84	69	104
	27.08	142	86	85	61	93	166	87	85	93	108	200	88	83	71	110	170	87	84	75	104
	03.09	186	135	82	68	118	160	101	96	80	109	149	108	84	67	102	165	115	87	72	110
2021/22	20.08	191	232	124	133	170	204	157	187	104	163	211	156	150	95	153	202	182	154	111	162
	27.08	256	148	150	102	164	222	144	139	131	159	220	117	111	85	133	233	136	133	106	152
	03.09	256	137	119	114	156	218	247	100	89	164	240	148	96	84	142	238	177	105	95	154
2022/23	20.08	191	162	77	84	129	166	130	81	72	112	211	171	86	88	139	189	155	81	81	127
	27.08	221	162	121	80	146	185	138	82	66	118	234	144	117	75	143	213	148	107	74	135
	03.09	211	120	96	86	128	143	132	88	78	110	216	142	78	70	126	190	131	87	78	122
2020/21	—	159	105	83	62	103^{d}	164	92	86	82	106^{cd}	178	102	86	70	109^{cd}	167	100	85	72	106^{c}
2021/22		234	172	131	116	163^{a}	215	183	142	108	162^{a}	224	140	119	88	143^{b}	224	165	131	104	156^{a}
2022/23		208	148	98	83	134^{abc}	164	72	84	72	113^{d}	220	153	94	78	136^{abc}	198	145	92	78	128^{b}
—	20.08	177	163	95	92	132	179	125	115	83	125	202	146	109	86	136	186	145	106	87	131
	27.08	207	132	118	81	134	191	123	102	96	128	218	116	104	77	129	205	124	108	85	130
	03.09	218	131	99	89	134	174	160	95	82	128	202	132	86	73	123	198	141	93	82	128
$\bar{x}$		201	142	104	87	133	181	136	104	87	127	207	132	100	79	129	196^{a}	137^{b}	102^{c}	84^{d}	130

Tabela A 18. Liczba nasion w łuszczynie (szt.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	25,3	25,3	22,2	25,8	24,7	32,2	34,5	34,7	30,6	33,0	24,5	22,5	21,1	24,3	23,1	27,3	27,5	26,0	26,9	26,9
	27.08	25,7	26,4	26,4	24,7	25,8	29,8	33,4	31,3	31,5	31,5	26,3	27,3	24,5	25,5	25,9	27,3	29,1	27,4	27,2	27,8
	03.09	23,7	21,7	23,6	23,4	23,1	31,3	31,3	27,4	27,5	29,4	25,5	24,4	23,5	25,8	24,8	26,9	25,8	24,9	25,6	25,8
2021/22	20.08	25,9	18,8	18,9	20,8	21,1	28,7	31,0	24,6	26,1	27,6	24,3	24,1	22,1	22,6	23,3	26,3	24,7	21,9	23,2	24,0
	27.08	20,1	21,5	18,3	20,9	20,2	25,9	25,5	25,5	24,2	25,3	26,0	22,3	24,0	24,9	24,3	24,0	23,1	22,6	23,3	23,3
	03.09	20,5	21,9	21,4	20,8	21,2	23,0	25,8	25,5	25,8	25,0	23,6	24,6	25,7	24,7	24,6	22,4	24,1	24,2	23,8	23,6
2022/23	20.08	25,2	22,9	27,0	27,5	25,6	30,7	31,9	30,5	32,8	31,5	23,4	22,6	24,0	19,6	22,4	26,4	25,8	27,2	26,6	26,5
	27.08	26,6	26,0	23,0	25,9	25,3	32,0	32,1	33,0	29,9	31,7	23,5	24,0	21,1	26,5	23,8	27,3	27,4	25,7	27,4	26,9
	03.09	25,1	27,2	26,2	22,6	25,3	30,6	31,5	30,4	26,7	29,8	22,6	23,9	22,3	23,1	23,0	26,1	27,5	26,3	24,1	26,0
2020/21	—	24,9	24,5	24,1	24,6	24,5^{bc}	31,1	33,1	31,2	29,9	31,3^{a}	25,5	24,8	23,0	25,2	24,6^{bc}	27,2	27,4	26,1	26,6	26,8^{a}
2021/22		22,2	20,7	19,6	20,8	20,8^{d}	25,9	27,5	25,2	25,4	26,0^{b}	24,6	23,7	23,9	24,1	24,1^{bc}	24,2	24,0	22,9	23,4	23,6^{b}
2022/23		25,6	25,3	25,4	25,3	25,4^{b}	31,1	29,8	31,3	29,8	31,0^{a}	23,2	23,5	22,4	23,0	23,0^{c}	26,6	26,9	26,4	26,1	26,5^{a}
—	20.08	25,5	22,3	22,7	24,7	23,8^{b}	30,5	32,5	29,9	29,9	30,7^{a}	24,1	23,1	22,4	22,1	22,9^{b}	26,7	26,0	25,0	25,6	25,8
	27.08	24,1	24,6	22,6	23,8	23,8^{b}	29,2	30,4	29,9	28,6	29,5^{ab}	25,3	24,5	23,2	25,6	24,6^{b}	26,2	26,5	25,2	26,0	26,0
	03.09	23,1	23,6	23,7	22,2	23,2^{b}	28,3	29,6	27,8	26,7	28,1^{b}	23,9	24,3	23,8	24,5	24,1^{b}	25,1	25,8	25,1	24,5	25,1
$\bar{x}$		24,2	23,5	23,0	23,6	23,6^{b}	29,4	30,8	29,2	28,4	29,4^{a}	24,4	24,0	23,1	24,1	23,9^{b}	26,0	26,1	25,1	25,3	25,6

Tabela A 19. Masa 1000 nasion (g)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany														$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa								
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																		
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	5,28	5,25	5,40	5,34	5,32	4,47	4,37	4,43	4,37	4,41	5,02	4,98	4,93	4,98	4,98	4,92	4,87	4,92	4,90	4,90^{c}
	27.08	5,15	5,21	5,28	5,24	5,22	4,48	4,39	4,40	4,31	4,39	4,88	4,87	4,91	4,93	4,90	4,84	4,82	4,86	4,83	4,84^{c}
	03.09	4,90	4,96	4,97	4,91	4,93	4,59	4,54	4,57	4,54	4,56	4,99	4,86	4,82	4,90	4,89	4,83	4,79	4,79	4,78	4,80^{c}
2021/22	20.08	5,52	5,49	5,65	5,59	5,56	4,67	4,57	4,64	4,57	4,61	5,25	5,21	5,16	5,21	5,21	5,15	5,09	5,15	5,12	5,13^{bc}
	27.08	5,39	5,45	5,53	5,48	5,46	4,68	4,59	4,60	4,51	4,60	5,11	5,10	5,14	5,16	5,13	5,06	5,05	5,09	5,05	5,06^{c}
	03.09	5,12	5,18	5,20	5,14	5,16	4,80	4,75	4,78	4,75	4,77	5,22	5,08	5,04	5,13	5,12	5,05	5,01	5,01	5,00	5,02^{c}
2022/23	20.08	6,18	5,98	6,12	6,08	6,09	6,23	5,99	5,93	5,71	5,96	6,22	6,21	6,12	6,07	6,15	6,21	6,06	6,06	5,95	6,07^{a}
	27.08	5,22	5,18	5,07	5,11	5,15	4,98	5,05	4,64	5,12	4,95	5,08	4,94	4,80	4,79	4,91	5,10	5,06	4,84	5,01	5,00^{c}
	03.09	5,55	5,56	5,58	5,56	5,56	5,54	5,47	5,46	5,58	5,51	5,56	5,60	5,64	5,59	5,60	5,55	5,54	5,56	5,58	5,56^{b}
2020/21	—	5,11	5,14	5,22	5,16	5,16^{ab}	4,51	4,43	4,47	4,41	4,45^{d}	4,97	4,90	4,89	4,94	4,92^{bc}	4,86	4,83	4,86	4,84	4,85^{c}
2021/22		5,34	5,38	5,46	5,40	5,39^{a}	4,72	4,64	4,67	4,61	4,66^{cd}	5,19	5,13	5,11	5,17	5,15^{ab}	5,08	5,05	5,08	5,06	5,07^{b}
2022/23		5,65	5,57	5,59	5,58	5,60^{a}	5,58	5,47	5,34	5,47	5,47^{a}	5,62	5,58	5,52	5,48	5,55^{a}	5,62	5,55	5,48	5,51	5,54^{a}
—	20.08	5,66	5,57	5,72	5,67	5,66	5,12	4,98	5,00	4,88	5,00	5,50	5,47	5,40	5,42	5,45	5,43	5,34	5,38	5,32	5,37^{a}
	27.08	5,25	5,28	5,29	5,28	5,28	4,71	4,68	4,54	4,65	4,64	5,02	4,97	4,95	4,96	4,98	5,00	4,98	4,93	4,96	4,97^{b}
	03.09	5,19	5,23	5,25	5,20	5,22	4,97	4,92	4,94	4,95	4,95	5,26	5,18	5,17	5,21	5,20	5,14	5,11	5,12	5,12	5,12^{b}
$\bar{x}$		5,37	5,36	5,42	5,38	5,38^{a}	4,94	4,86	4,83	4,83	4,86^{b}	5,26	5,21	5,17	5,20	5,21^{a}	5,19	5,14	5,14	5,14	5,15

Tabela A 20. Plon nasion (Mg ha^{-1})

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	4,71	4,86	5,46	5,41	5,11^{cde}	5,11	5,71	5,89	5,94	5,66^{abcd}	4,88	5,05	5,18	5,05	5,04^{cde}	4,90	5,21	5,51	5,47	5,27
	27.08	5,02	4,80	5,17	5,26	5,06^{cde}	5,22	5,32	5,90	5,91	5,59^{abcd}	5,02	5,13	5,42	5,37	5,23^{bcde}	5,09	5,08	5,50	5,51	5,29
	03.09	4,51	4,85	5,07	4,91	4,83^{e}	5,23	5,53	6,14	6,08	5,75^{abc}	4,54	5,10	5,18	5,15	4,99^{de}	4,76	5,16	5,46	5,38	5,19
2021/22	20.08	4,88	5,31	5,19	5,71	5,27^{bcde}	4,76	5,56	5,87	5,88	5,52^{abcde}	5,36	5,76	5,68	5,70	5,63^{abcd}	5,00	5,54	5,58	5,77	5,47
	27.08	5,29	5,88	5,72	5,67	5,64^{abcd}	5,42	6,11	5,77	6,26	5,89^{ab}	5,58	5,07	6,11	5,90	5,67^{abcd}	5,43	5,69	5,87	5,94	5,73
	03.09	5,58	5,60	5,74	5,87	5,70^{abcd}	5,62	5,74	5,50	6,02	5,72^{abcd}	5,61	5,88	5,85	5,80	5,78^{abc}	5,60	5,74	5,70	5,90	5,73
2022/23	20.08	4,64	5,36	4,99	5,57	5,14^{bcde}	5,05	5,70	5,57	5,51	5,44^{abcde}	5,55	5,18	5,39	4,85	5,24^{bcde}	5,08	5,41	5,32	5,31	5,28
	27.08	5,77	5,78	5,92	5,42	5,72^{abcd}	5,44	6,06	5,04	4,75	5,32^{bcde}	5,27	5,15	5,59	5,04	5,26^{bcde}	5,49	5,66	5,51	5,07	5,44
	03.09	5,81	6,06	6,67	5,95	6,13^{a}	5,25	5,44	5,95	5,52	5,54^{abcde}	4,91	5,17	4,85	5,22	5,04^{cde}	5,32	5,56	5,82	5,56	5,57
2020/21	—	4,75	4,84	5,23	5,19	5,00^{d}	5,19	5,52	5,98	5,98	5,67^{a}	4,81	5,09	5,26	5,19	5,09^{cd}	4,92^{d}	5,15^{cd}	5,49^{abc}	5,45^{abc}	5,25^{c}
2021/22		5,25	5,60	5,55	5,75	5,54^{b}	5,27	5,80	5,71	6,05	5,71^{a}	5,52	5,57	5,88	5,80	5,69^{a}	5,34^{bcd}	5,66^{ab}	5,72^{ab}	5,87^{a}	5,65^{a}
2022/23		5,41	5,73	5,86	5,64	5,66^{a}	5,25	5,26	5,52	5,26	5,44^{abc}	5,24	5,16	5,28	5,04	5,18^{bcd}	5,30^{bcd}	5,54^{abc}	5,55^{abc}	5,31^{bcd}	5,43^{b}
—	20.08	4,74	5,18	5,22	5,56	5,17	4,98	5,66	5,78	5,77	5,55	5,26	5,33	5,42	5,20	5,30	4,99	5,39	5,47	5,51	5,34^{b}
	27.08	5,36	5,49	5,60	5,45	5,48	5,36	5,83	5,57	5,64	5,60	5,29	5,11	5,71	5,44	5,39	5,34	5,48	5,63	5,51	5,49^{ab}
	03.09	5,30	5,51	5,83	5,57	5,55	5,36	5,57	5,87	5,87	5,67	5,02	5,38	5,29	5,39	5,27	5,23	5,49	5,66	5,61	5,50^{a}
$\bar{x}$		5,14	5,39	5,55	5,53	5,40^{b}	5,23	5,69	5,74	5,76	5,60^{a}	5,19	5,27	5,47	5,34	5,32^{b}	5,19^{b}	5,45^{a}	5,59^{a}	5,54^{a}	5,44

Tabela A 21. Plon słomy (Mg ha^{-1} s.m.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	6,50	6,22	6,08	7,74	6,64	8,30	6,80	9,35	7,35	7,95	5,61	7,59	5,93	6,02	6,29	6,81	6,87	7,12	7,04	6,96^{bc}
	27.08	5,77	5,91	5,64	5,93	5,81	6,74	6,32	8,75	8,43	7,56	5,59	5,54	6,12	5,85	5,77	6,03	5,92	6,84	6,74	6,38^{c}
	03.09	5,25	6,13	6,60	6,29	6,07	5,82	6,96	8,20	8,66	7,41	5,88	5,99	5,96	5,58	5,85	5,65	6,36	6,92	6,84	6,43^{c}
2021/22	20.08	6,76	8,34	7,84	6,98	7,48	7,99	7,30	9,37	7,66	8,08	6,45	7,18	6,36	6,51	6,63	7,07	7,61	7,86	7,05	7,40^{b}
	27.08	6,63	6,46	6,94	7,55	6,90	6,50	7,71	8,65	8,10	7,74	5,71	6,99	6,48	5,46	6,16	6,28	7,05	7,36	7,04	6,93^{bc}
	03.09	7,03	6,58	6,71	6,16	6,62	6,54	6,75	8,20	8,66	7,54	6,85	5,98	6,38	5,97	6,29	6,80	6,44	7,09	6,93	6,82^{bc}
2022/23	20.08	10,50	8,24	9,17	11,43	9,84	9,35	11,84	10,72	10,75	10,66	8,46	8,22	9,93	9,60	9,05	9,43	9,43	9,94	10,59	9,85^{a}
	27.08	9,92	9,96	9,29	9,86	9,76	10,03	10,32	10,68	10,32	10,34	9,92	8,83	10,43	10,21	9,85	9,96	9,70	10,14	10,13	9,98^{a}
	03.09	10,15	9,64	9,99	9,73	9,88	10,36	10,09	8,74	9,52	9,68	10,48	11,47	10,32	10,91	10,80	10,33	10,40	9,68	10,05	10,12^{a}
2020/21	—	5,84^{f}	6,09^{f}	6,11^{f}	6,65^{ef}	6,17^{e}	6,95^{ef}	6,69^{ef}	8,77^{bcd}	8,14^{cde}	7,64^{bc}	5,69^{f}	6,37^{f}	6,00^{f}	5,82^{f}	5,96^{e}	6,16	6,38	6,96	6,87	6,59^{c}
2021/22		6,81^{ef}	7,13^{def}	7,16^{def}	6,90^{ef}	7,00^{cd}	7,01^{ef}	7,25^{def}	8,74^{bcd}	8,14^{cde}	7,79^{b}	6,34^{f}	6,72^{ef}	6,41^{f}	5,98^{f}	6,36^{de}	6,72	7,03	7,44	7,00	7,05^{b}
2022/23		10,19	9,28^{abc}	9,48^{abc}	10,34^{a}	9,82^{a}	9,91^{ab}	10,20^{ab}	10,05^{ab}	10,20^{ab}	10,23^{a}	9,62^{abc}	9,50^{abc}	10,23^{ab}	10,24^{ab}	9,90^{a}	9,91	9,84	9,92	10,26	9,98^{a}
—	20.08	7,92	7,60	7,70	8,71	7,98^{bcd}	8,55	8,65	9,81	8,58	8,90^{a}	6,84	7,66	7,41	7,38	7,32^{de}	7,77	7,97	8,31	8,23	8,07^{a}
	27.08	7,44	7,44	7,29	7,78	7,49^{de}	7,76	8,11	9,36	8,95	8,55^{ab}	7,07	7,12	7,68	7,17	7,26^{e}	7,42	7,56	8,11	7,97	7,76^{b}
	03.09	7,47	7,45	7,77	7,39	7,52^{cde}	7,57	7,93	8,38	8,94	8,21^{abc}	7,73	7,81	7,55	7,49	7,64^{cde}	7,59	7,73	7,90	7,94	7,79^{ab}
$\bar{x}$		7,65^{cd}	7,46^{cd}	7,58^{cd}	7,96^{cd}	7,66^{b}	8,00^{cd}	8,20^{bc}	9,18^{a}	8,83^{ab}	8,55^{b}	7,22^{d}	7,53^{cd}	7,55^{cd}	7,33^{d}	7,41^{b}	7,62^{b}	7,73^{ab}	8,10^{a}	8,04^{ab}	7,87

Tabela A 22. Indeks żniwny

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	0,40	0,42	0,46	0,39	0,41	0,36	0,43	0,37	0,42	0,40	0,44	0,38	0,44	0,43	0,42	0,40	0,41	0,42	0,41	0,41
	27.08	0,44	0,43	0,45	0,45	0,44	0,41	0,43	0,38	0,39	0,40	0,45	0,46	0,45	0,46	0,45	0,43	0,44	0,43	0,43	0,43
	03.09	0,44	0,42	0,41	0,42	0,42	0,45	0,43	0,41	0,39	0,42	0,41	0,44	0,44	0,46	0,44	0,43	0,43	0,42	0,43	0,43
2021/22	20.08	0,38	0,38	0,38	0,43	0,39	0,35	0,41	0,36	0,41	0,38	0,43	0,42	0,45	0,45	0,44	0,39	0,40	0,40	0,43	0,40
	27.08	0,42	0,45	0,43	0,41	0,43	0,43	0,43	0,38	0,41	0,41	0,47	0,39	0,47	0,50	0,46	0,44	0,42	0,43	0,44	0,43
	03.09	0,42	0,44	0,44	0,46	0,44	0,44	0,44	0,38	0,39	0,41	0,43	0,47	0,46	0,49	0,46	0,43	0,45	0,42	0,45	0,44
2022/23	20.08	0,29	0,37	0,35	0,31	0,33	0,33	0,31	0,32	0,32	0,32	0,37	0,36	0,33	0,28	0,34	0,33	0,35	0,33	0,30	0,33
	27.08	0,34	0,35	0,36	0,35	0,35	0,33	0,35	0,30	0,30	0,32	0,33	0,35	0,33	0,31	0,33	0,33	0,35	0,33	0,32	0,33
	03.09	0,34	0,36	0,38	0,36	0,36	0,31	0,33	0,38	0,35	0,35	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,32	0,33	0,35	0,34	0,34
2020/21	—	0,43	0,42	0,44	0,42	0,43^{abc}	0,41	0,43	0,38	0,40	0,41^{c}	0,43	0,42	0,44	0,45	0,44^{ab}	0,42	0,43	0,42	0,43	0,42^{a}
2021/22		0,41	0,42	0,42	0,43	0,42^{bc}	0,41	0,43	0,37	0,40	0,40^{c}	0,44	0,43	0,46	0,48	0,45^{a}	0,42	0,43	0,42	0,44	0,42^{a}
2022/23		0,33	0,36	0,36	0,34	0,35^{d}	0,32	0,32	0,33	0,32	0,33^{d}	0,33	0,34	0,32	0,30	0,32^{d}	0,33	0,34	0,34	0,32	0,33^{b}
—	20.08	0,36	0,39	0,40	0,37	0,38	0,35	0,38	0,35	0,38	0,37	0,42	0,39	0,41	0,39	0,40	0,37	0,39	0,38	0,38	0,38^{b}
	27.08	0,40	0,41	0,42	0,40	0,41	0,39	0,40	0,35	0,37	0,38	0,42	0,40	0,41	0,42	0,41	0,40	0,40	0,39	0,40	0,40^{a}
	03.09	0,40	0,41	0,41	0,42	0,41	0,40	0,40	0,39	0,38	0,39	0,38	0,40	0,40	0,42	0,40	0,39	0,40	0,40	0,40	0,40^{a}
$\bar{x}$		0,39	0,40	0,41	0,40	0,40^{a}	0,38	0,40	0,36	0,38	0,38^{b}	0,40	0,40	0,41	0,41	0,40^{a}	0,39	0,40	0,39	0,39	0,39

Tabela A 23. Zawartość tłuszczu surowego w nasionach (g kg^{-1} s.m.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany														$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa								
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																		
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	495,9	488,2	488,6	491,3	491,0	491,0	496,2	489,5	485,3	490,5	501,3	515,0	505,9	491,2	503,3	496,0	499,8	494,7	489,3	494,9^{abc}
	27.08	484,1	487,6	485,8	494,5	488,0	493,1	498,5	499,6	503,1	498,5	498,6	502,1	506,9	509,8	504,3	491,9	496,0	497,4	502,4	497,0^{abc}
	03.09	486,4	494,2	497,4	493,1	492,8	504,2	499,8	505,2	500,9	502,5	520,8	520,5	521,0	517,4	519,9	503,8	504,8	507,9	503,8	505,1^{a}
2021/22	20.08	486,2	489,7	502,2	502,0	495,0	504,7	505,0	507,1	502,3	504,8	526,0	520,9	520,0	520,6	521,9	505,7	505,2	509,8	508,3	507,2^{a}
	27.08	484,3	484,2	478,6	484,2	482,8	504,0	502,9	508,4	504,7	505,0	519,3	512,3	512,1	514,2	514,5	502,5	499,8	499,7	501,0	500,8^{a}
	03.09	479,4	483,4	484,0	484,8	482,9	499,2	502,2	506,2	495,7	500,8	510,1	517,8	511,7	508,9	512,1	496,2	501,1	500,6	496,5	498,6^{ab}
2022/23	20.08	470,1	477,5	465,9	465,4	469,7	472,9	479,9	472,8	467,8	473,4	497,7	486,6	492,8	488,6	491,4	480,2	481,3	477,2	473,9	478,2^{d}
	27.08	462,9	473,4	491,7	459,2	471,8	487,8	497,0	485,9	480,8	487,9	491,7	492,8	492,8	492,8	492,6	480,8	487,7	490,2	477,6	484,1^{cd}
	03.09	465,3	473,1	476,6	473,2	472,0	485,2	484,3	480,0	482,2	482,9	507,8	509,4	503,9	494,6	503,9	486,1	489,0	486,8	483,3	486,3^{bcd}
2020/21	—	488,8	490,0	490,6	493,0	490,6	496,1	498,2	498,1	496,4	497,2	506,9	512,5	511,2	506,1	509,2	497,3	500,2	500,0	498,5	499,0^{a}
2021/22		483,3	485,8	488,3	490,3	486,9	502,6	503,3	507,2	500,9	503,5	518,5	517,0	514,6	514,6	516,2	501,5	502,0	503,4	501,9	502,2^{a}
2022/23		466,1	474,7	478,1	465,9	471,2	482,0	476,9	479,6	476,9	481,4	499,1	496,3	496,5	492,0	496,0	482,4	486,0	484,7	478,3	482,9^{b}
—	20.08	484,1	485,1	485,6	486,2	485,2	489,5	493,7	489,8	485,1	489,5	508,3	507,5	506,3	500,1	505,6	494,0	495,5	493,9	490,5	493,4
	27.08	477,1	481,7	485,4	479,3	480,9	495,0	499,4	498,0	496,2	497,1	503,2	502,4	503,9	505,6	503,8	491,8	494,5	495,8	493,7	493,9
	03.09	477,0	483,6	486,0	483,7	482,6	496,2	495,4	497,1	492,9	495,4	512,9	515,9	512,2	507,0	512,0	495,4	498,3	498,4	494,5	496,7
$\bar{x}$		479,4	483,5	485,7	483,1	482,9^{c}	493,6	496,2	495,0	491,4	494,0^{b}	508,1	508,6	507,4	504,2	507,1^{a}	493,7	496,1	496,0	492,9	494,7

Tabela A 24. Zawartość białka ogólnego w nasionach (g kg^{-1} s.m.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	174,9	183,9	179,8	173,2	177,9	185,5	182,7	185,0	185,5	184,7	186,4	171,6	184,3	187,1	182,3	182,2	179,4	183,0	181,9	181,7^{b}
	27.08	175,7	176,4	179,1	178,1	177,3	174,6	180,0	177,9	168,4	175,3	185,2	184,3	178,5	177,5	181,4	178,5	180,2	178,5	174,7	178,0^{bc}
	03.09	173,8	168,9	165,8	171,4	170,0	177,3	177,8	171,7	176,9	175,9	173,3	170,0	170,0	170,7	171,0	174,8	172,2	169,1	173,0	172,3^{c}
2021/22	20.08	195,9	181,8	169,8	176,1	180,9	182,5	178,8	172,0	179,7	178,3	171,6	176,6	175,7	179,9	176,0	183,4	179,1	172,5	178,6	178,4^{bc}
	27.08	187,6	186,1	192,8	179,7	186,5	177,7	181,3	176,4	177,5	178,2	184,7	186,7	183,8	188,6	186,0	183,3	184,7	184,3	181,9	183,6^{b}
	03.09	191,1	181,4	185,4	182,2	185,0	179,0	180,6	178,2	179,3	179,3	185,8	181,2	182,5	184,0	183,4	185,3	181,1	182,1	181,8	182,6^{b}
2022/23	20.08	204,9	195,9	199,4	200,0	200,0	206,4	197,0	199,3	205,3	202,0	193,6	198,8	200,3	206,3	199,7	201,6	197,2	199,7	203,8	200,6^{a}
	27.08	202,4	197,0	198,1	219,2	204,2	188,1	191,3	194,3	193,7	191,8	198,1	200,3	200,3	200,3	199,8	196,2	196,2	197,6	204,4	198,6^{a}
	03.09	201,9	202,5	196,9	202,3	200,9	192,3	195,9	192,7	200,2	195,3	197,1	193,1	191,0	198,0	194,8	197,1	197,2	193,6	200,1	197,0^{a}
2020/21	—	174,8	176,4	174,9	174,2	175,1	179,1	180,2	178,2	177,0	178,6	181,6	175,3	177,6	178,4	178,2	178,5	177,3	176,9	176,5	177,3^{c}
2021/22		191,5	183,1	182,6	179,3	184,2	179,8	180,3	175,5	178,8	178,6	180,7	181,5	180,7	184,2	181,8	184,0	181,6	179,6	180,8	181,5^{b}
2022/23		203,1	198,4	198,1	207,2	201,7	195,6	199,7	195,5	199,7	196,4	196,3	197,4	197,2	201,5	198,1	198,3	196,9	196,9	202,8	198,7^{a}
—	20.08	191,9	187,2	183,0	183,1	186,3	191,5	186,2	185,5	190,2	188,3	183,9	182,3	186,8	191,1	186,0	189,1	185,2	185,1	188,1	186,9
	27.08	188,6	186,5	190,0	192,3	189,3	180,1	184,2	182,9	179,9	181,8	189,4	190,4	187,5	188,8	189,0	186,0	187,0	186,8	187,0	186,7
	03.09	188,9	184,3	182,7	185,3	185,3	182,9	184,8	180,9	185,5	183,5	185,4	181,5	181,2	184,2	183,1	185,7	183,5	181,6	185,0	184,0
$\bar{x}$		189,8	186,0	185,2	186,9	187,0	184,8	185,1	183,1	185,2	184,5	186,2	184,7	185,2	188,0	186,0	186,9	185,3	184,5	186,7	185,8

Tabela A 25. Udział kwasu palmitynowego w oleju (%.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany														$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa								
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																		
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	4,6	4,6	4,7	4,7	4,7	4,4	4,6	4,6	4,6	4,6	4,2	3,9	3,9	3,9	4,0	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
	27.08	4,6	4,6	4,7	4,6	4,6	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	3,9	3,9	3,5	3,9	3,8	4,4	4,4	4,3	4,4	4,4
	03.09	4,7	4,7	4,6	4,7	4,7	4,6	4,6	4,7	4,6	4,6	3,9	3,8	3,9	4,0	3,9	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
2021/22	20.08	4,4	4,5	4,4	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,5	4,6	3,7	4,0	3,8	3,8	3,8	4,2	4,4	4,3	4,3	4,3
	27.08	4,5	4,6	4,4	4,5	4,5	4,4	4,6	4,5	4,5	4,5	3,7	3,8	3,7	3,7	3,7	4,2	4,3	4,2	4,2	4,2
	03.09	4,5	4,5	4,4	4,4	4,5	4,5	4,3	4,5	4,5	4,5	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
2022/23	20.08	4,4	4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,5	4,4	4,6	4,5	3,9	3,8	4,0	3,6	3,8	4,3	4,3	4,3	4,2	4,3
	27.08	4,4	4,5	4,5	4,6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,4	4,5	3,7	3,6	3,8	3,6	3,7	4,2	4,2	4,3	4,2	4,2
	03.09	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6	4,4	4,5	4,5	4,5	3,7	3,6	3,7	3,9	3,7	4,3	4,2	4,2	4,3	4,2
2020/21	—	4,6	4,6	4,7	4,7	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,0	3,9	3,8	3,9	3,9	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4[a]
2021/22		4,5	4,5	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3,7	3,8	3,7	3,7	3,8	4,2	4,3	4,2	4,2	4,2[b]
2022/23		4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6	4,5	4,5	4,5	4,5	3,8	3,7	3,8	3,7	3,7	4,3	4,2	4,3	4,2	4,2[b]
—	20.08	4,5	4,6	4,5	4,6	4,5	4,5	4,6	4,5	4,6	4,5	3,9	3,9	3,9	3,8	3,9	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
	27.08	4,5	4,6	4,5	4,6	4,5	4,5	4,6	4,5	4,5	4,5	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	4,3	4,3	4,2	4,3	4,3
	03.09	4,6	4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,4	4,6	4,5	4,5	3,8	3,7	3,8	3,9	3,8	4,3	4,2	4,3	4,3	4,3
$\bar{x}$		4,5	4,6	4,5	4,6	4,5[a]	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5[a]	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8[b]	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3

Tabela A 26. Udział kwasu stearynowego w oleju (%)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	2,1	4,6	2,1	2,1	2,7	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,0	2,0	2,0	2,1	2,9	2,1	2,1	2,3
	27.08	2,2	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	2,3	2,1	2,1	2,1	2,0	2,2	2,1	2,1
	03.09	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
2021/22	20.08	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	1,8	1,8	1,7	1,7	1,8	2,0	2,0	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,9
	27.08	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
	03.09	1,9	1,9	1,9	2,1	2,0	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	2,1	1,9	1,9	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
2022/23	20.08	1,7	1,5	1,7	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6	1,7	1,6	1,6	1,7	1,6	1,6
	27.08	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6	1,8	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,7	1,7
	03.09	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,7	1,7	1,6
2020/21	—	2,1	2,9	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,3	2,1	2,1	2,1[a]
2021/22		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9[b]
2022/23		1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,7	1,6	1,6[b]
—	20.08	1,9	2,7	1,9	1,9	2,1	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9	2,2	1,9	1,8	1,9
	27.08	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,8	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	1,9	1,9
	03.09	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
$\bar{x}$		1,9	2,2	1,9	1,9	2,0[a]	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8[b]	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9[ab]	1,9	2,0	1,9	1,9	1,9

Tabela A 27. Udział kwasu oleinowego w oleju (%)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany																			
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa					$\bar{x}$				$\bar{x}$
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	66,6	64,5	67,1	66,7	66,2	67,7	67,9	68,2	68,2	68,0	67,3	68,9	69,7	69,4	68,8	67,2	67,1	68,3	68,1	67,7
	27.08	67,4	67,2	66,6	68,0	67,3	67,3	67,5	67,7	67,8	67,6	69,4	69,2	69,1	69,4	69,3	68,0	68,0	67,8	68,4	68,1
	03.09	67,0	67,3	67,8	67,6	67,4	67,9	67,4	68,1	67,8	67,8	69,3	69,9	70,4	69,5	69,8	68,1	68,2	68,8	68,3	68,3
2021/22	20.08	67,1	67,2	68,3	66,9	67,4	67,5	67,3	66,9	66,3	67,0	69,7	69,1	69,5	70,1	69,6	68,1	67,9	68,2	67,8	68,0
	27.08	66,9	66,5	67,5	66,4	66,8	67,8	65,7	67,4	65,6	66,6	70,1	70,0	70,0	69,8	70,0	68,3	67,4	68,3	67,3	67,8
	03.09	66,4	66,9	67,5	68,0	67,2	66,9	66,9	67,3	67,2	67,1	70,4	69,9	70,4	69,5	70,1	67,9	67,9	68,4	68,2	68,1
2022/23	20.08	65,1	64,4	64,8	64,3	64,7	64,1	65,2	64,5	64,1	64,5	66,9	68,3	67,0	68,1	67,6	65,4	66,0	65,4	65,5	65,6
	27.08	65,3	64,9	65,2	64,5	65,0	65,3	64,5	65,2	65,4	65,1	68,9	68,7	68,2	68,9	68,7	66,5	66,0	66,2	66,3	66,3
	03.09	64,8	64,9	65,2	64,7	64,9	64,6	65,9	65,2	64,6	65,1	68,7	68,1	68,6	66,9	68,1	66,0	66,3	66,3	65,4	66,0
2020/21	—	67,0	66,3	67,2	67,4	67,0	67,6	67,6	68,0	67,9	67,8	68,7	69,3	69,7	69,4	69,3	67,8	67,8	68,3	68,3	68,0[a]
2021/22		66,8	66,9	67,8	67,1	67,1	67,4	66,6	67,2	66,4	66,9	70,1	69,7	70,0	69,8	69,9	68,1	67,7	68,3	67,8	68,0[a]
2022/23		65,1	64,7	65,1	64,5	64,8	64,7	64,7	65,0	64,7	64,9	68,2	68,4	67,9	68,0	68,1	66,0	66,1	66,0	65,7	65,9[b]
—	20.08	66,3	65,4	66,7	66,0	66,1	66,4	66,8	66,5	66,2	66,5	68,0	68,8	68,7	69,2	68,7	66,9	67,0	67,3	67,1	67,1
	27.08	66,5	66,2	66,4	66,3	66,4	66,8	65,9	66,8	66,3	66,4	69,5	69,3	69,1	69,4	69,3	67,6	67,1	67,4	67,3	67,4
	03.09	66,1	66,4	66,8	66,8	66,5	66,5	66,7	66,9	66,5	66,7	69,5	69,3	69,8	68,6	69,3	67,3	67,5	67,8	67,3	67,5
$\bar{x}$		66,3	66,0	66,7	66,3	66,3[b]	66,6	66,5	66,7	66,3	66,5[b]	69,0	69,1	69,2	69,1	69,1[a]	67,3	67,2	67,5	67,2	67,3

Tabela A 28. Udział kwasu linolowego w oleju (%)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany														$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa								
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																		
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	17,0	16,6	16,4	16,4	16,6	16,5	15,8	16,2	16,1	16,2	17,2	16,9	16,2	16,5	16,7	16,9	16,4	16,3	16,3	16,5
	27.08	16,6	16,9	16,6	16,3	16,6	17,2	16,9	16,8	16,7	16,9	16,8	16,7	16,8	16,4	16,7	16,9	16,8	16,7	16,5	16,7
	03.09	16,6	16,3	16,0	16,3	16,3	16,7	16,9	16,6	16,8	16,8	16,8	16,3	16,2	15,8	16,3	16,7	16,5	16,3	16,3	16,4
2021/22	20.08	16,9	16,9	16,4	17,1	16,8	17,4	17,5	17,7	18,0	17,7	17,6	16,6	16,8	16,1	16,8	17,3	17,0	17,0	17,1	17,1
	27.08	17,1	17,1	16,7	17,2	17,0	17,2	17,4	17,3	17,4	17,3	16,3	16,3	16,1	16,0	16,2	16,9	16,9	16,7	16,9	16,8
	03.09	17,4	17,2	16,7	16,0	16,8	17,7	17,6	17,2	17,4	17,5	16,0	16,2	16,0	16,6	16,2	17,0	17,0	16,6	16,7	16,8
2022/23	20.08	17,3	17,7	17,7	17,9	17,7	18,9	18,2	18,6	19,0	18,7	17,6	17,0	17,4	17,1	17,3	17,9	17,6	17,9	18,0	17,9
	27.08	17,2	17,4	17,4	17,9	17,5	18,2	18,7	18,3	18,1	18,3	16,7	16,7	17,1	16,6	16,8	17,4	17,6	17,6	17,5	17,5
	03.09	17,6	17,6	17,5	17,6	17,6	18,6	18,0	18,4	18,6	18,4	16,9	17,2	17,1	18,0	17,3	17,7	17,6	17,7	18,1	17,8
2020/21	—	16,7	16,6	16,3	16,3	16,5^{d}	16,8	16,5	16,5	16,5	16,6^{cd}	16,9	16,6	16,4	16,2	16,5^{d}	16,8	16,6	16,4	16,4	16,5^{c}
2021/22		17,1	17,1	16,6	16,8	16,9^{cd}	17,4	17,5	17,4	17,6	17,5^{b}	16,6	16,4	16,3	16,2	16,4^{d}	17,1	17,0	16,8	16,9	16,9^{b}
2022/23		17,4	17,6	17,5	17,8	17,6^{b}	18,6	18,6	18,4	18,6	18,5^{a}	17,1	17,0	17,2	17,2	17,1^{bc}	17,7	17,6	17,7	17,9	17,7^{a}
—	20.08	17,1	17,1	16,8	17,1	17,0	17,6	17,2	17,5	17,7	17,5	17,5	16,8	16,8	16,6	16,9	17,4	17,0	17,0	17,1	17,1
	27.08	17,0	17,1	16,9	17,1	17,0	17,5	17,7	17,5	17,4	17,5	16,6	16,6	16,7	16,3	16,5	17,0	17,1	17,0	17,0	17,0
	03.09	17,2	17,0	16,7	16,6	16,9	17,7	17,5	17,4	17,6	17,5	16,6	16,6	16,4	16,8	16,6	17,1	17,0	16,9	17,0	17,0
$\bar{x}$		17,1	17,1	16,8	17,0	17,0^{b}	17,6	17,4	17,5	17,6	17,5^{a}	16,9	16,7	16,6	16,6	16,7^{c}	17,2	17,1	17,0	17,0	17,1

Tabela A 29. Udział kwasu linolenowego w oleju (%)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany														$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa								
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																		
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	8,6	8,3	8,6	9,1	8,7	8,1	8,1	7,7	7,9	8,0	8,2	7,1	7,0	7,0	7,3	8,3	7,8	7,8	8,0	8,0
	27.08	8,1	8,4	9,0	7,9	8,4	7,7	7,8	7,7	7,7	7,7	6,9	7,1	7,1	7,1	7,1	7,6	7,8	7,9	7,6	7,7
	03.09	8,6	8,5	8,5	8,4	8,5	7,6	7,9	7,5	7,6	7,7	6,9	6,9	6,4	7,5	6,9	7,7	7,8	7,5	7,8	7,7
2021/22	20.08	8,6	8,3	7,8	8,5	8,3	7,7	7,7	7,9	8,2	7,9	7,0	7,1	6,8	6,9	7,0	7,8	7,7	7,5	7,9	7,7
	27.08	8,5	8,7	8,3	8,8	8,6	7,7	7,9	7,9	8,0	7,9	6,8	6,9	7,0	6,5	6,8	7,7	7,8	7,7	7,8	7,8
	03.09	8,7	8,5	8,3	8,4	8,5	8,1	8,2	8,0	7,9	8,1	6,6	7,1	6,3	7,5	6,9	7,8	7,9	7,5	7,9	7,8
2022/23	20.08	10,3	10,7	10,2	10,6	10,5	9,7	9,4	9,6	9,5	9,6	8,7	7,9	8,7	8,3	8,4	9,6	9,3	9,5	9,5	9,5
	27.08	10,2	10,2	10,0	10,1	10,1	9,2	9,6	9,4	9,3	9,4	7,7	8,1	8,1	8,0	8,0	9,0	9,3	9,2	9,1	9,2
	03.09	10,4	10,1	9,8	10,2	10,1	9,5	8,9	9,0	9,5	9,2	7,8	8,2	7,7	8,3	8,0	9,2	9,1	8,8	9,3	9,1
2020/21	—	8,4	8,4	8,7	8,5	8,5	7,8	7,9	7,6	7,7	7,8	7,3	7,0	6,8	7,2	7,1	7,9	7,8	7,7	7,8	7,8[b]
2021/22		8,6	8,5	8,1	8,6	8,5	7,8	7,9	7,9	8,0	7,9	6,8	7,0	6,7	7,0	6,9	7,7	7,8	7,6	7,9	7,7[b]
2022/23		10,3	10,3	10,0	10,3	10,2	9,5	9,4	9,3	9,4	9,4	8,1	8,1	8,2	8,2	8,1	9,3	9,2	9,2	9,3	9,2[a]
—	20.08	9,2	9,1	8,9	9,4	9,1	8,5	8,4	8,4	8,5	8,5	8,0	7,4	7,5	7,4	7,6	8,5	8,3	8,3	8,4	8,4
	27.08	8,9	9,1	9,1	8,9	9,0	8,2	8,4	8,3	8,3	8,3	7,1	7,4	7,4	7,2	7,3	8,1	8,3	8,3	8,2	8,2
	03.09	9,2	9,0	8,9	9,0	9,0	8,4	8,3	8,2	8,3	8,3	7,1	7,4	6,8	7,8	7,3	8,2	8,3	7,9	8,4	8,2
$\bar{x}$		9,1	9,1	8,9	9,1	9,1[a]	8,4	8,4	8,3	8,4	8,4[b]	7,4	7,4	7,2	7,5	7,4[c]	8,3	8,3	8,2	8,3	8,3

Tabela A 30. Udział kwasu eikozenowego w oleju (%)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany														$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa								
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																		
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1
	27.08	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1
	03.09	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
2021/22	20.08	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	0,0	1,2	1,2	1,2	0,9	0,7	1,2	1,2	1,2	1,1
	27.08	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,9	1,1	1,6	1,5	1,2	1,2	1,2	1,8	1,4	1,2	1,4	1,1	1,5	1,3
	03.09	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
2022/23	20.08	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	27.08	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	03.09	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,6	1,5	1,4	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
2020/21	—	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0^{b}	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1^{b}	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2^{b}	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1^{b}
2021/22		1,1	1,1	1,2	1,1	1,1^{b}	1,1	1,4	1,2	1,3	1,3^{b}	0,8	1,2	1,2	1,4	1,2^{b}	1,0	1,2	1,2	1,3	1,2^{b}
2022/23		1,2	1,2	1,2	1,2	1,2^{b}	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3^{b}	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5^{a}	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3^{a}
—	20.08	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0,9	1,3	1,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2
	27.08	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,5	1,4	1,2	1,3	1,2	1,3	1,2
	03.09	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
$\bar{x}$		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1^{b}	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2^{ab}	1,2	1,3	1,3	1,4	1,3^{a}	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2

Tabela A 31. Udział kwasu erukowego w oleju (%)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany																			
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa					$\bar{x}$				$\bar{x}$
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	0,00	0,30	0,00	0,00	0,08	0,00	0,20	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,04^{ab}
	27.08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00^{b}
	03.09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00^{b}
2021/22	20.08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00^{b}
	27.08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	1,20	0,48	0,00	0,00	0,00	0,30	0,08	0,00	0,23	0,00	0,50	0,18^{a}
	03.09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00^{b}
2022/23	20.08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00^{b}
	27.08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00^{b}
	03.09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00^{b}
2020/21	—	0,00	0,10	0,00	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,01
2021/22		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,40	0,16	0,00	0,00	0,00	0,10	0,03	0,00	0,08	0,00	0,17	0,06
2022/23		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
—	20.08	0,00	0,10	0,00	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,01
	27.08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,40	0,16	0,00	0,00	0,00	0,10	0,03	0,00	0,08	0,00	0,17	0,06
	03.09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\bar{x}$		0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	0,10	0,00	0,13	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,04	0,00	0,06	0,03

Tabela A 32. Udział nasyconych kwasów tłuszczowych w oleju (%)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany														$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa								
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																		
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	6,7	9,2	6,8	6,8	7,4	6,5	6,7	6,7	6,7	6,7	6,2	6,0	5,9	5,9	6,0	6,5	7,3	6,5	6,5	6,7
	27.08	6,8	6,6	6,8	6,7	6,7	6,8	6,7	6,7	6,7	6,7	5,9	5,8	5,8	6,0	5,9	6,5	6,4	6,4	6,5	6,4
	03.09	6,8	6,8	6,7	6,7	6,8	6,7	6,7	6,8	6,7	6,7	5,9	5,9	6,0	6,1	6,0	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
2021/22	20.08	6,4	6,5	6,4	6,4	6,4	6,3	6,4	6,3	6,2	6,3	5,7	6,0	5,6	5,7	5,8	6,1	6,3	6,1	6,1	6,2
	27.08	6,5	6,6	6,4	6,4	6,5	6,2	6,4	6,3	6,3	6,3	5,6	5,7	5,6	5,7	5,7	6,1	6,2	6,1	6,1	6,1
	03.09	6,4	6,4	6,3	6,5	6,4	6,2	6,1	6,3	6,3	6,2	5,8	5,6	5,6	5,5	5,6	6,1	6,0	6,1	6,1	6,1
2022/23	20.08	6,1	6,1	6,2	6,1	6,1	6,1	6,1	6,0	6,2	6,1	5,6	5,5	5,7	5,2	5,5	5,9	5,9	6,0	5,8	5,9
	27.08	6,1	6,2	6,2	6,3	6,2	6,1	6,1	6,0	6,0	6,1	5,5	5,2	5,5	5,3	5,4	5,9	5,8	5,9	5,9	5,9
	03.09	6,1	6,2	6,2	6,2	6,2	6,1	6,0	6,1	6,1	6,1	5,4	5,2	5,4	5,6	5,4	5,9	5,8	5,9	6,0	5,9
2020/21	—	6,8	7,5	6,8	6,7	7,0	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,0	5,9	5,9	6,0	6,0	6,5	6,7	6,5	6,5	6,5[a]
2021/22		6,4	6,5	6,4	6,4	6,4	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	5,7	5,8	5,6	5,6	5,7	6,1	6,2	6,1	6,1	6,1[b]
2022/23		6,1	6,2	6,2	6,2	6,2	6,1	6,1	6,0	6,1	6,1	5,5	5,3	5,5	5,4	5,4	5,9	5,8	5,9	5,9	5,9[c]
—	20.08	6,4	7,3	6,5	6,4	6,6	6,3	6,4	6,3	6,4	6,4	5,8	5,8	5,7	5,6	5,8	6,2	6,5	6,2	6,1	6,2
	27.08	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,4	6,4	6,3	6,3	6,4	5,7	5,6	5,6	5,7	5,6	6,2	6,1	6,1	6,2	6,1
	03.09	6,4	6,5	6,4	6,5	6,4	6,3	6,3	6,4	6,4	6,3	5,7	5,6	5,7	5,7	5,7	6,2	6,1	6,2	6,2	6,1
$\bar{x}$		6,4	6,7	6,4	6,5	6,5[a]	6,3	6,4	6,4	6,4	6,3[b]	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7[c]	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2

Tabela A 33. Udział jednonienasyconych kwasów tłuszczowych w oleju (%)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany														$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa								
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																		
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	67,7	65,9	68,2	67,7	67,4	68,9	69,4	69,4	69,3	69,2	68,4	70,0	70,9	70,6	70,0	68,3	68,4	69,5	69,2	68,9
	27.08	68,5	68,1	67,6	69,1	68,3	68,3	68,6	68,8	68,9	68,7	70,4	70,4	70,3	70,5	70,4	69,1	69,0	68,9	69,5	69,1
	03.09	68,0	68,4	68,8	68,6	68,4	69,0	68,5	69,1	68,9	68,9	70,4	70,9	71,4	70,6	70,8	69,1	69,3	69,8	69,4	69,4
2021/22	20.08	68,1	68,3	69,4	68,0	68,5	68,6	68,4	68,1	67,6	68,2	69,7	70,3	70,8	71,3	70,5	68,8	69,0	69,4	69,0	69,1
	27.08	67,9	67,6	68,6	67,6	67,9	68,9	68,3	68,5	68,3	68,5	71,3	71,1	71,3	71,8	71,4	69,4	69,0	69,5	69,2	69,3
	03.09	67,5	67,9	68,7	69,1	68,3	68,0	68,1	68,5	68,4	68,3	71,6	71,1	71,8	70,7	71,3	69,0	69,0	69,7	69,4	69,3
2022/23	20.08	66,3	65,5	65,9	65,4	65,8	65,3	66,3	65,8	65,3	65,7	68,1	69,6	68,2	69,4	68,8	66,6	67,1	66,6	66,7	66,8
	27.08	66,5	66,2	66,4	65,7	66,2	66,5	65,6	66,3	66,6	66,3	70,1	70,0	69,3	70,1	69,9	67,7	67,3	67,3	67,5	67,4
	03.09	65,9	66,1	66,5	66,0	66,1	65,8	67,1	66,5	65,8	66,3	69,9	69,4	69,8	68,1	69,3	67,2	67,5	67,6	66,6	67,2
2020/21	—	68,1	67,5	68,2	68,5	68,0^{d}	68,7	68,8	69,1	69,0	68,9^{bc}	69,7	70,4	70,9	70,6	70,4^{a}	68,8	68,9	69,4	69,4	69,1^{a}
2021/22		67,8	67,9	68,9	68,2	68,2^{cd}	68,5	68,3	68,4	68,1	68,3^{cd}	70,9	70,8	71,3	71,3	71,1^{a}	69,1	69,0	69,5	69,2	69,2^{a}
2022/23		66,2	65,9	66,3	65,7	66,0^{e}	65,9	65,9	66,2	65,9	66,1^{e}	69,4	69,7	69,1	69,2	69,3^{b}	67,2	67,3	67,2	66,9	67,1^{b}
—	20.08	67,4	66,6	67,8	67,0	67,2	67,6	68,0	67,8	67,4	67,7	68,7	70,0	70,0	70,4	69,8	67,9	68,2	68,5	68,3	68,2^{b}
	27.08	67,6	67,3	67,5	67,5	67,5	67,9	67,5	67,9	67,9	67,8	70,6	70,5	70,3	70,8	70,6	68,7	68,4	68,6	68,7	68,6^{a}
	03.09	67,1	67,5	68,0	67,9	67,6	67,6	67,9	68,0	67,7	67,8	70,6	70,5	71,0	69,8	70,5	68,5	68,6	69,0	68,5	68,6^{a}
$\bar{x}$		67,4	67,1	67,8	67,5	67,4^{b}	67,7	67,8	67,9	67,7	67,8^{b}	70,0	70,3	70,4	70,3	70,3^{a}	68,4	68,4	68,7	68,5	68,5

Tabela A 34. Udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w oleju (%)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany														$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa								
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																		
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	25,6	24,9	25,0	25,5	25,3	24,6	23,9	23,9	24,0	24,1	25,4	24,0	23,2	23,5	24,0	25,2	24,3	24,0	24,3	24,5
	27.08	24,7	25,3	25,6	24,2	25,0	24,9	24,7	24,5	24,4	24,6	23,7	23,8	23,9	23,5	23,7	24,4	24,6	24,7	24,0	24,4
	03.09	25,2	24,8	24,5	24,7	24,8	24,3	24,8	24,1	24,4	24,4	23,7	23,2	22,6	23,3	23,2	24,4	24,3	23,7	24,1	24,1
2021/22	20.08	25,5	25,2	24,2	25,6	25,1	25,1	25,2	25,6	26,2	25,5	24,6	23,7	23,6	23,0	23,7	25,1	24,7	24,5	24,9	24,8
	27.08	25,6	25,8	25,0	26,0	25,6	24,9	25,3	25,2	25,4	25,2	23,1	23,2	23,1	22,5	23,0	24,5	24,8	24,4	24,6	24,6
	03.09	26,1	25,7	25,0	24,4	25,3	25,8	25,8	25,2	25,3	25,5	22,6	23,3	22,3	24,1	23,1	24,8	24,9	24,2	24,6	24,6
2022/23	20.08	27,6	28,4	27,9	28,5	28,1	28,6	27,6	28,2	28,5	28,2	26,3	24,9	26,1	25,4	25,7	27,5	27,0	27,4	27,5	27,3
	27.08	27,4	27,6	27,4	28,0	27,6	27,4	28,3	27,7	27,4	27,7	24,4	24,8	25,2	24,6	24,8	26,4	26,9	26,8	26,7	26,7
	03.09	28,0	27,7	27,3	27,8	27,7	28,1	26,9	27,4	28,1	27,6	24,7	25,4	24,8	26,3	25,3	26,9	26,7	26,5	27,4	26,9
2020/21	—	25,2	25,0	25,0	24,8	25,0^{bc}	24,6	24,5	24,2	24,3	24,4^{cd}	24,3	23,7	23,2	23,4	23,6^{de}	24,7	24,4	24,1	24,2	24,3^{b}
2021/22		25,7	25,6	24,7	25,3	25,3^{b}	25,3	25,4	25,3	25,6	25,4^{b}	23,4	23,4	23,0	23,2	23,3^{e}	24,8	24,8	24,4	24,7	24,7^{b}
2022/23		27,7	27,9	27,5	28,1	27,8^{a}	28,0	28,0	27,8	28,0	27,8^{a}	25,1	25,0	25,4	25,4	25,2^{b}	26,9	26,8	26,9	27,2	27,0^{a}
—	20.08	26,2	26,2	25,7	26,5	26,2	26,1	25,6	25,9	26,2	26,0	25,4	24,2	24,3	24,0	24,5	25,9	25,3	25,3	25,6	25,5
	27.08	25,9	26,2	26,0	26,1	26,1	25,7	26,1	25,8	25,7	25,8	23,7	23,9	24,1	23,5	23,8	25,1	25,4	25,3	25,1	25,2
	03.09	26,4	26,1	25,6	25,6	25,9	26,1	25,8	25,6	25,9	25,9	23,7	24,0	23,2	24,6	23,9	25,4	25,3	24,8	25,4	25,2
$\bar{x}$		26,2	26,2	25,8	26,1	26,1^{a}	26,0	25,8	25,8	26,0	25,9^{a}	24,3	24,0	23,9	24,0	24,0^{b}	25,5	25,3	25,1	25,4	25,3

Tabela A 35. Zawartość glukonapiny w nasionach (μM g^{-1} s.m.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	1,82	2,53	2,31	1,82	2,12	2,38	2,16	2,32	2,42	2,32	2,25	2,04	2,31	2,30	2,23	2,15	2,24	2,31	2,18	2,22^{ab}
	27.08	2,52	2,31	2,20	2,28	2,33	2,25	2,28	1,84	1,93	2,08	2,29	1,76	2,17	2,07	2,07	2,35	2,12	2,07	2,09	2,16^{ab}
	03.09	2,10	1,85	2,27	2,34	2,14	2,35	2,23	1,83	1,77	2,05	2,31	2,08	2,09	1,69	2,04	2,25	2,05	2,06	1,94	2,08^{b}
2021/22	20.08	2,00	1,50	1,60	1,50	1,65	1,80	2,00	1,80	1,50	1,78	2,00	1,40	0,80	1,30	1,38	1,93	1,63	1,40	1,43	1,60^{cd}
	27.08	1,60	1,60	1,50	1,40	1,53	1,60	1,60	1,90	1,60	1,68	1,50	1,60	1,50	1,40	1,50	1,57	1,60	1,63	1,47	1,57^{d}
	03.09	1,40	1,80	1,40	1,40	1,50	1,70	1,60	2,20	1,50	1,75	1,60	1,50	1,60	1,50	1,55	1,57	1,63	1,73	1,47	1,60^{cd}
2022/23	20.08	2,70	3,00	2,10	2,50	2,58	2,50	2,60	2,60	2,30	2,50	2,00	2,70	2,70	2,10	2,38	2,40	2,77	2,47	2,30	2,48^{a}
	27.08	1,80	2,00	1,80	1,80	1,85	2,20	1,90	2,00	1,90	2,00	2,23	2,00	1,50	1,80	1,88	2,08	1,97	1,77	1,83	1,91^{cb}
	03.09	2,10	1,80	1,80	1,70	1,85	1,90	1,80	2,00	1,90	1,90	2,30	1,90	1,60	2,60	2,10	2,10	1,83	1,80	2,07	1,95^{b}
2020/21	—	2,15	2,23	2,26	2,15	2,20	2,33	2,22	2,00	2,04	2,15	2,28	1,96	2,19	2,02	2,11	2,25	2,14	2,15	2,07	2,15^{a}
2021/22		1,67	1,63	1,50	1,43	1,56	1,70	1,73	1,97	1,53	1,73	1,70	1,50	1,30	1,40	1,48	1,69	1,62	1,59	1,46	1,59^{b}
2022/23		2,20	2,27	1,90	2,00	2,09	2,20	2,03	2,20	2,03	2,13	2,18	2,20	1,93	2,17	2,12	2,19	2,19	2,01	2,07	2,11^{a}
—	20.08	2,17	2,34	2,00	1,94	2,11	2,23	2,25	2,24	2,07	2,20	2,08	2,05	1,94	1,90	1,99	2,16	2,21	2,06	1,97	2,10^{a}
	27.08	1,97	1,97	1,83	1,83	1,90	2,02	1,93	1,91	1,81	1,92	2,01	1,79	1,72	1,76	1,82	2,00	1,89	1,82	1,80	1,88^{b}
	03.09	1,87	1,82	1,82	1,81	1,83	1,98	1,88	2,01	1,72	1,90	2,07	1,83	1,76	1,93	1,90	1,97	1,84	1,87	1,82	1,88^{b}
$\bar{x}$		2,00	2,04	1,89	1,86	1,95	2,08	2,02	2,05	1,87	2,00	2,05	1,89	1,81	1,86	1,90	2,04	1,98	1,92	1,86	1,95

Tabela A 36. Zawartość glukobrassicanapiny w nasionach (μM g^{-1} s.m.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	0,58	0,74	0,72	0,61	0,66	0,76	0,80	0,69	0,77	0,75	0,73	0,77	0,85	0,75	0,77	0,69	0,77	0,75	0,71	0,73
	27.08	0,75	0,72	0,67	0,67	0,70	0,82	0,70	0,62	0,84	0,75	0,77	0,75	0,76	0,72	0,75	0,78	0,72	0,69	0,74	0,73
	03.09	0,71	0,69	0,75	0,71	0,71	0,66	0,81	0,69	0,71	0,72	0,81	0,79	0,81	0,73	0,78	0,73	0,76	0,75	0,72	0,74
2021/22	20.08	0,60	0,40	0,50	0,60	0,53	0,70	0,80	1,00	0,80	0,83	0,90	0,80	0,40	0,80	0,73	0,73	0,67	0,63	0,73	0,69
	27.08	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,60	0,60	0,60	0,58	0,50	0,50	0,60	0,60	0,55	0,47	0,50	0,53	0,53	0,51
	03.09	0,30	0,50	0,40	0,40	0,40	0,40	0,30	0,50	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,60	0,53	0,40	0,43	0,47	0,47	0,44
2022/23	20.08	0,80	1,00	0,80	0,60	0,80	0,60	0,70	0,60	0,60	0,63	0,80	0,80	1,03	0,80	0,86	0,73	0,83	0,81	0,67	0,76
	27.08	0,60	0,50	0,50	0,50	0,53	0,50	0,40	0,50	0,40	0,45	0,70	0,70	0,70	0,60	0,68	0,60	0,53	0,57	0,50	0,55
	03.09	0,40	0,40	0,40	0,50	0,43	0,40	0,40	0,50	0,40	0,43	0,70	0,60	0,60	0,70	0,65	0,50	0,47	0,50	0,53	0,50
2020/21	—	0,68	0,71	0,71	0,66	0,69	0,75	0,77	0,67	0,77	0,74	0,77	0,77	0,81	0,73	0,77	0,73	0,75	0,73	0,72	0,73[a]
2021/22		0,43	0,43	0,43	0,47	0,44	0,53	0,57	0,70	0,60	0,60	0,63	0,60	0,50	0,67	0,60	0,53	0,53	0,54	0,58	0,55[b]
2022/23		0,60	0,63	0,57	0,53	0,58	0,50	0,47	0,53	0,47	0,50	0,73	0,70	0,78	0,70	0,73	0,61	0,61	0,63	0,57	0,60[b]
—	20.08	0,66	0,71	0,67	0,60	0,66	0,69	0,77	0,76	0,72	0,73	0,81	0,79	0,76	0,78	0,79	0,72	0,76	0,73	0,70	0,73[a]
	27.08	0,58	0,54	0,52	0,52	0,54	0,61	0,57	0,57	0,61	0,59	0,66	0,65	0,69	0,64	0,66	0,62	0,59	0,60	0,59	0,60[b]
	03.09	0,47	0,53	0,52	0,54	0,51	0,49	0,50	0,56	0,50	0,51	0,67	0,63	0,64	0,68	0,65	0,54	0,55	0,57	0,57	0,56[b]
$\bar{x}$		0,57	0,59	0,57	0,55	0,57[b]	0,59	0,61	0,63	0,61	0,61[ab]	0,71	0,69	0,69	0,70	0,70[a]	0,63	0,63	0,63	0,62	0,63

Tabela A 37. Zawartość progoitryny w nasionach (μM g^{-1} s.m.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	6,17	4,77	4,10	3,47	4,49	4,11	3,69	3,45	3,86	3,78	4,09	4,05	4,76	4,43	4,33	4,62	4,17	4,10	3,92	4,19^{cd}
	27.08	5,24	5,08	4,63	4,32	4,82	4,77	3,86	2,87	3,38	3,72	4,21	3,67	3,89	4,15	3,98	4,74	4,20	3,80	3,95	4,17^{cd}
	03.09	4,17	3,73	4,40	4,75	4,27	3,72	3,83	2,82	3,20	3,39	3,61	4,01	4,47	3,56	3,91	3,83	3,86	3,90	3,84	3,86^{d}
2021/22	20.08	5,70	5,00	5,00	5,10	5,20	4,60	4,80	4,80	4,30	4,63	5,80	4,30	1,80	4,10	4,00	5,37	4,70	3,87	4,50	4,61^{bc}
	27.08	5,40	5,60	5,10	5,10	5,30	4,20	4,40	4,80	4,40	4,45	4,90	4,40	4,60	4,50	4,60	4,83	4,80	4,83	4,67	4,78^{bc}
	03.09	4,60	5,80	4,90	5,10	5,10	4,40	4,10	5,20	4,10	4,45	4,40	4,50	4,30	4,60	4,45	4,47	4,80	4,80	4,60	4,67^{bc}
2022/23	20.08	7,10	6,80	6,50	6,40	6,70	6,60	6,10	6,60	6,10	6,35	5,40	6,50	7,50	6,00	6,35	6,37	6,47	6,87	6,17	6,47^{a}
	27.08	5,70	5,60	5,00	5,20	5,38	5,10	4,90	5,10	5,00	5,03	5,70	5,40	5,00	4,80	5,23	5,50	5,30	5,03	5,00	5,21^{b}
	03.09	5,80	5,10	5,00	5,30	5,30	4,70	4,80	5,40	4,70	4,90	5,90	5,10	5,00	6,20	5,55	5,47	5,00	5,13	5,40	5,25^{b}
2020/21	—	5,07	4,53	4,38	4,18	4,52	4,20	3,80	3,05	3,48	3,63	3,97	3,91	4,37	4,05	4,08	4,39	4,08	3,93	3,90	4,07^{c}
2021/22		5,23	5,47	5,00	5,10	5,20	4,40	4,43	4,93	4,27	4,51	5,03	4,40	3,57	4,40	4,35	4,89	4,77	4,50	4,59	4,69^{b}
2022/23		6,20	5,83	5,50	5,63	5,79	5,47	5,27	5,70	5,27	5,43	5,67	5,67	5,83	5,67	5,71	5,78	5,59	5,68	5,52	5,64^{a}
—	20.08	6,34	5,52	5,20	4,99	5,49	5,10	4,86	4,95	4,75	4,92	5,10	4,95	4,69	4,84	4,89	5,48	5,11	4,95	4,86	5,10^{a}
	27.08	5,45	5,43	4,91	4,87	5,16	4,69	4,39	4,26	4,26	4,40	4,94	4,49	4,50	4,48	4,60	5,02	4,77	4,56	4,54	4,72^{b}
	03.09	4,86	4,88	4,77	5,05	4,89	4,27	4,24	4,47	4,00	4,25	4,64	4,54	4,59	4,79	4,64	4,59	4,55	4,61	4,61	4,59^{b}
$\bar{x}$		5,52	5,28	4,96	4,97	5,18^{a}	4,69	4,50	4,56	4,34	4,52^{b}	4,89	4,66	4,59	4,71	4,71^{b}	5,03	4,81	4,70	4,67	4,80

Tabela A 38. Zawartość napoleiferyny w nasionach (μM g^{-1} s.m.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany														$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa								
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																		
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	0,25	0,24	0,24	0,22	0,24	0,24	0,25	0,22	0,25	0,24	0,27	0,28	0,31	0,26	0,28	0,25	0,26	0,26	0,24	0,25
	27.08	0,27	0,25	0,24	0,25	0,25	0,28	0,23	0,22	0,25	0,24	0,27	0,26	0,28	0,27	0,27	0,27	0,25	0,25	0,26	0,26
	03.09	0,25	0,24	0,26	0,27	0,25	0,24	0,23	0,23	0,24	0,23	0,25	0,29	0,30	0,29	0,28	0,24	0,25	0,26	0,26	0,26
2021/22	20.08	0,30	0,30	0,30	0,40	0,33	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,40	0,20	0,50	0,40	0,40	0,37	0,30	0,43	0,38
	27.08	0,20	0,30	0,20	0,30	0,25	0,30	0,30	0,30	0,40	0,33	0,30	0,30	0,40	0,40	0,35	0,27	0,30	0,30	0,37	0,31
	03.09	0,20	0,30	0,30	0,30	0,28	0,30	0,20	0,30	0,30	0,28	0,30	0,30	0,30	0,40	0,33	0,27	0,27	0,30	0,33	0,29
2022/23	20.08	0,30	0,30	0,30	0,20	0,28	0,20	0,30	0,00	0,20	0,18	0,30	0,30	0,40	0,30	0,33	0,27	0,30	0,23	0,23	0,26
	27.08	0,30	0,20	0,20	0,20	0,23	0,20	0,00	0,20	0,20	0,15	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,27	0,17	0,23	0,23	0,23
	03.09	0,00	0,00	0,00	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,20	0,30	0,20	0,25	0,10	0,07	0,10	0,13	0,10
2020/21	—	0,25	0,25	0,25	0,24	0,25	0,25	0,24	0,22	0,24	0,24	0,26	0,27	0,30	0,28	0,28	0,26	0,25	0,26	0,25	0,25[b]
2021/22		0,23	0,30	0,27	0,33	0,28	0,33	0,30	0,33	0,37	0,33	0,37	0,33	0,30	0,43	0,36	0,31	0,31	0,30	0,38	0,33[a]
2022/23		0,20	0,17	0,17	0,20	0,18	0,13	0,13	0,07	0,13	0,11	0,30	0,27	0,33	0,27	0,29	0,21	0,18	0,19	0,20	0,19[b]
—	20.08	0,28	0,28	0,28	0,27	0,28	0,28	0,32	0,21	0,28	0,27	0,36	0,33	0,30	0,35	0,33	0,31	0,31	0,26	0,30	0,29[a]
	27.08	0,26	0,25	0,21	0,25	0,24	0,26	0,18	0,24	0,28	0,24	0,29	0,29	0,33	0,32	0,31	0,27	0,24	0,26	0,29	0,26[a]
	03.09	0,15	0,18	0,19	0,26	0,19	0,18	0,14	0,18	0,18	0,17	0,28	0,26	0,30	0,30	0,29	0,20	0,20	0,22	0,24	0,22[b]
$\bar{x}$		0,23	0,24	0,23	0,26	0,24[b]	0,24	0,21	0,21	0,25	0,23[b]	0,31	0,29	0,31	0,33	0,31[a]	0,26	0,25	0,25	0,28	0,26

Tabela A 39. Zawartość glukobrassycyny w nasionach (μM g^{-1} s.m.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	0,07	0,12	0,10	0,08	0,09	0,10	0,09	0,08	0,10	0,09	0,09	0,08	0,11	0,07	0,09	0,09	0,10	0,10	0,08	0,09
	27.08	0,08	0,06	0,05	0,08	0,07	0,11	0,08	0,10	0,08	0,09	0,12	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	0,09
	03.09	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,13	0,11	0,09	0,08	0,10	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08
2021/22	20.08	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,40	0,30	0,40	0,30	0,35	0,40	0,30	0,20	0,40	0,33	0,37	0,30	0,30	0,33	0,33
	27.08	0,30	0,20	0,20	0,20	0,23	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,30	0,40	0,40	0,50	0,40	0,33	0,33	0,33	0,37	0,34
	03.09	0,30	0,20	0,30	0,20	0,25	0,40	0,30	0,30	0,30	0,33	0,40	0,40	0,60	0,40	0,45	0,37	0,30	0,40	0,30	0,34
2022/23	20.08	0,30	0,20	0,20	0,20	0,23	0,30	0,30	0,30	0,40	0,33	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,33	0,30	0,30	0,33	0,32
	27.08	0,30	0,20	0,30	0,30	0,28	0,40	0,40	0,50	0,40	0,43	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40	0,37	0,43	0,40	0,40
	03.09	0,20	0,30	0,30	0,30	0,28	0,40	0,40	0,50	0,40	0,43	0,50	0,50	0,40	0,50	0,48	0,37	0,40	0,40	0,40	0,39
2020/21	—	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,11	0,09	0,09	0,08	0,10	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08[b]
2021/22		0,30	0,23	0,27	0,23	0,26	0,40	0,33	0,37	0,33	0,36	0,37	0,37	0,40	0,43	0,39	0,36	0,31	0,34	0,33	0,34[a]
2022/23		0,27	0,23	0,27	0,27	0,26	0,37	0,40	0,43	0,40	0,39	0,47	0,47	0,43	0,47	0,46	0,37	0,36	0,38	0,38	0,37[a]
—	20.08	0,22	0,21	0,20	0,19	0,21	0,27	0,23	0,26	0,27	0,26	0,30	0,26	0,24	0,29	0,27	0,26	0,23	0,23	0,25	0,24
	27.08	0,23	0,15	0,18	0,19	0,19	0,30	0,29	0,33	0,29	0,31	0,31	0,33	0,33	0,36	0,33	0,28	0,26	0,28	0,28	0,28
	03.09	0,19	0,18	0,22	0,19	0,19	0,31	0,27	0,30	0,26	0,28	0,32	0,32	0,36	0,33	0,33	0,27	0,26	0,29	0,26	0,27
$\bar{x}$		0,21	0,18	0,20	0,19	0,20[b]	0,29	0,26	0,30	0,27	0,28[a]	0,31	0,30	0,31	0,33	0,31[a]	0,27	0,25	0,27	0,26	0,26

Tabela A 40. Zawartość 4-hydroksyglukobrassycyny w nasionach (μM g^{-1} s.m.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	6,06	5,08	5,59	5,62	5,59	5,38	5,69	4,78	5,48	5,33	5,36	5,74	5,39	4,80	5,32	5,60	5,50	5,25	5,30	5,41
	27.08	4,97	5,44	5,52	5,27	5,30	4,99	5,20	5,59	5,18	5,24	5,59	5,92	5,60	5,30	5,60	5,18	5,52	5,57	5,25	5,38
	03.09	5,18	5,63	5,19	5,49	5,37	5,38	4,40	5,48	4,78	5,01	5,22	5,33	5,26	5,38	5,30	5,26	5,12	5,31	5,22	5,23
2021/22	20.08	4,70	4,30	4,40	4,10	4,38	4,20	4,10	4,30	4,20	4,20	4,60	4,60	2,80	4,50	4,13	4,50	4,33	3,83	4,27	4,23
	27.08	4,10	3,90	4,00	3,80	3,95	4,00	4,10	4,10	4,00	4,05	4,60	4,60	5,00	5,10	4,83	4,23	4,20	4,37	4,30	4,28
	03.09	3,40	3,80	3,90	3,80	3,73	4,20	3,80	4,10	4,00	4,03	4,20	4,10	4,70	4,10	4,28	3,93	3,90	4,23	3,97	4,01
2022/23	20.08	4,50	4,50	4,30	4,70	4,50	4,90	4,70	4,40	5,30	4,83	5,10	5,30	5,50	4,90	5,20	4,83	4,83	4,73	4,97	4,84
	27.08	4,50	4,60	4,60	4,70	4,60	4,70	4,80	5,20	4,70	4,85	5,30	5,60	5,40	5,40	5,43	4,83	5,00	5,07	4,93	4,96
	03.09	4,60	4,60	4,70	4,60	4,63	4,50	4,60	4,90	4,30	4,58	5,60	5,50	5,40	5,80	5,58	4,90	4,90	5,00	4,90	4,93
2020/21	—	5,40	5,38	5,43	5,46	5,42	5,25	5,09	5,28	5,15	5,19	5,39	5,67	5,42	5,16	5,41	5,35	5,38	5,38	5,26	5,34[a]
2021/22		4,07	4,00	4,10	3,90	4,02	4,13	4,00	4,17	4,07	4,09	4,47	4,43	4,17	4,57	4,41	4,22	4,14	4,14	4,18	4,17[c]
2022/23		4,53	4,57	4,53	4,67	4,58	4,70	4,77	4,83	4,77	4,75	5,33	5,47	5,43	5,37	5,40	4,86	4,91	4,93	4,93	4,91[b]
—	20.08	5,09	4,63	4,76	4,81	4,82	4,83	4,83	4,49	4,99	4,79	5,02	5,21	4,56	4,73	4,88	4,98	4,89	4,61	4,84	4,83
	27.08	4,52	4,65	4,71	4,59	4,62	4,56	4,70	4,96	4,63	4,71	5,16	5,37	5,33	5,27	5,28	4,75	4,91	5,00	4,83	4,87
	03.09	4,39	4,68	4,60	4,63	4,57	4,69	4,27	4,83	4,36	4,54	5,01	4,98	5,12	5,09	5,05	4,70	4,64	4,85	4,69	4,72
$\bar{x}$		4,67	4,65	4,69	4,68	4,67[b]	4,69	4,60	4,76	4,66	4,68[b]	5,06	5,19	5,01	5,03	5,07[a]	4,81	4,81	4,82	4,79	4,81

Tabela A 41. Suma glukozynolanów alkenowych w nasionach (μM g^{-1} s.m.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany														$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa								
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																		
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	6,52	8,04	7,12	5,89	6,89	7,25	6,65	6,46	7,04	6,85	7,07	6,86	7,92	7,48	7,33	6,95	7,18	7,17	6,80	7,03[b]
	27.08	8,51	8,10	7,50	7,26	7,84	7,84	6,85	5,34	6,15	6,54	7,26	6,18	6,83	6,94	6,80	7,87	7,04	6,56	6,78	7,06[b]
	03.09	6,98	6,27	7,43	7,80	7,12	6,74	6,87	5,34	5,68	6,16	6,73	6,88	7,37	5,98	6,74	6,81	6,67	6,71	6,49	6,67[b]
2021/22	20.08	8,30	6,90	7,10	7,20	7,38	7,10	7,60	7,60	6,60	7,23	8,70	6,50	3,00	6,20	6,10	8,03	7,00	5,90	6,67	6,90[b]
	27.08	7,40	7,60	7,00	6,90	7,23	6,30	6,60	7,30	6,60	6,70	6,90	6,50	6,70	6,50	6,65	6,87	6,90	7,00	6,67	6,86[b]
	03.09	6,30	8,10	6,70	6,90	7,00	6,50	6,00	7,90	6,00	6,60	6,50	6,50	6,40	6,70	6,53	6,43	6,87	7,00	6,53	6,71[b]
2022/23	20.08	10,60	10,80	9,40	9,50	10,08	9,70	9,40	9,80	9,00	9,48	8,20	10,00	11,23	8,90	9,58	9,50	10,07	10,14	9,13	9,71[a]
	27.08	8,10	8,10	7,30	7,50	7,75	7,80	7,20	7,60	7,30	7,48	8,63	8,10	7,20	7,20	7,78	8,18	7,80	7,37	7,33	7,67[b]
	03.09	8,30	7,30	7,20	7,50	7,58	7,00	7,00	7,90	7,00	7,23	8,90	7,60	7,20	9,50	8,30	8,07	7,30	7,43	8,00	7,70[b]
2020/21	—	7,34	7,47	7,35	6,99	7,29	7,28	6,79	5,71	6,29	6,52	7,02	6,64	7,37	6,80	6,96	7,21	6,97	6,81	6,69	6,92[b]
2021/22		7,33	7,53	6,93	7,00	7,20	6,63	6,73	7,60	6,40	6,84	7,37	6,50	5,37	6,47	6,43	7,11	6,92	6,63	6,62	6,82[b]
2022/23		9,00	8,73	7,97	8,17	8,47	8,17	7,77	8,43	7,77	8,06	8,58	8,57	8,54	8,53	8,56	8,58	8,39	8,31	8,16	8,36[a]
—	20.08	8,47	8,58	7,87	7,53	8,11	8,02	7,88	7,95	7,55	7,85	7,99	7,79	7,38	7,53	7,67	8,16	8,08	7,74	7,53	7,88[a]
	27.08	8,00	7,93	7,27	7,22	7,61	7,31	6,88	6,75	6,68	6,91	7,60	6,93	6,91	6,88	7,08	7,64	7,25	6,97	6,93	7,20[b]
	03.09	7,19	7,22	7,11	7,40	7,23	6,75	6,62	7,05	6,23	6,66	7,38	6,99	6,99	7,39	7,19	7,10	6,95	7,05	7,01	7,03[b]
$\bar{x}$		7,89	7,91	7,42	7,38	7,65[a]	7,36	7,13	7,25	6,82	7,14[b]	7,65	7,24	7,09	7,27	7,31[ab]	7,63	7,43	7,25	7,16	7,37

Tabela A 42. Całkowita zawartość glukozynolanów ogółem w nasionach (μM g^{-1} s.m.)

Sezon wegetacyjny	Termin siewu	Typ odmiany															$\bar{x}$				$\bar{x}$
		populacyjna					mieszańcowa długołodygowa					mieszańcowa krótkołodygowa									
		Gęstość siewu (szt. nasion m^{-2})																			
		30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	$\bar{x}$	30	50	70	90	
2020/21	20.08	12,90	13,47	13,06	11,81	12,81	12,97	12,68	11,55	12,86	12,51	12,79	12,96	13,73	12,61	13,02	12,89	13,04	12,78	12,43	12,78
	27.08	13,83	13,85	13,31	12,86	13,46	13,22	12,36	11,24	11,65	12,12	13,24	12,45	12,81	12,60	12,78	13,43	12,89	12,46	12,37	12,79
	03.09	12,47	12,19	12,92	13,62	12,80	12,49	11,61	11,14	10,78	11,50	12,26	12,57	13,00	11,73	12,39	12,41	12,12	12,36	12,04	12,23
2021/22	20.08	13,60	11,80	12,10	12,00	12,38	12,10	12,40	12,70	11,50	12,18	14,20	11,80	6,20	11,60	10,95	13,30	12,00	10,33	11,70	11,83
	27.08	12,00	12,00	11,40	11,20	11,65	11,00	11,40	12,10	11,40	11,48	12,10	11,80	12,50	12,50	12,23	11,70	11,73	12,00	11,70	11,78
	03.09	10,20	12,40	11,20	11,20	11,25	11,40	10,30	12,60	10,60	11,23	11,40	11,30	12,00	11,60	11,58	11,00	11,33	11,93	11,13	11,35
2022/23	20.08	15,70	15,80	14,20	14,60	15,08	15,10	14,70	14,50	14,90	14,80	14,00	16,00	17,53	14,50	15,51	14,93	15,50	15,41	14,67	15,13
	27.08	13,20	13,10	12,40	12,70	12,85	13,10	12,40	13,50	12,60	12,90	14,73	14,50	13,40	13,40	14,01	13,68	13,33	13,10	12,90	13,25
	03.09	13,10	12,20	12,20	12,60	12,53	11,90	12,00	13,30	11,70	12,23	15,30	13,80	13,30	16,00	14,60	13,43	12,67	12,93	13,43	13,12
2020/21	—	13,07	13,17	13,10	12,76	13,02	12,89	12,21	11,31	11,76	12,05	12,76	12,66	13,18	12,31	12,73	12,91	12,68	12,53	12,28	12,60[b]
2021/22		11,93	12,07	11,57	11,47	11,76	11,50	11,37	12,47	11,17	11,63	12,57	11,63	10,23	11,90	11,58	12,00	11,69	11,42	11,51	11,66[c]
2022/23		14,00	13,70	12,93	13,30	13,48	13,37	13,07	13,77	13,07	13,31	14,68	14,77	14,74	14,63	14,71	14,01	13,83	13,81	13,67	13,83[a]
—	20.08	14,07	13,69	13,12	12,80	13,42	13,39	13,26	12,92	13,09	13,16	13,66	13,59	12,49	12,90	13,16	13,71	13,51	12,84	12,93	13,25[a]
	27.08	13,01	12,98	12,37	12,25	12,65	12,44	12,05	12,28	11,88	12,16	13,36	12,92	12,90	12,83	13,00	12,94	12,65	12,52	12,32	12,61[ab]
	03.09	11,92	12,26	12,11	12,47	12,19	11,93	11,30	12,35	11,03	11,65	12,99	12,56	12,77	13,11	12,85	12,28	12,04	12,41	12,20	12,23[b]
$\bar{x}$		13,00	12,98	12,53	12,51	12,76[ab]	12,59	12,20	12,52	12,00	12,33[b]	13,34	13,02	12,72	12,95	13,01[a]	12,97	12,73	12,59	12,49	12,70

8. SPIS LITERATURY

Abbadi, A.; Leckband, G. Rapeseed breeding for oil content, quality, and sustainability. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2011, 113, 1198–1206.

Abdoli, P.; Siadat, S.A.; Fatah, G.; Farshadfar, E. Effect of planting date on grain yield and oil yield components of rapeseed cultivars in Kermanshah. Sci. Agric. 2004, 27, 105–117.

Aftab, T.; Hakeem, K.R. Plant Abiotic Stress Physiology: Volume 1: Responses and Adaptations. Apple Academic Press, 2022.

Agahi, K.; Ahmadi, J.; Oghan, H.A.; Fotokian, M.H.; Orang, S.F. Analysis of genotype × environment interaction for seed yield in spring oilseed rape using the AMMI model. Crop Breed. Appl. Biot. 2020, 20, e26502012.

Aksouh-Harradj, N.M.; Campbell, L.C.; Mailer, R.J. Canola response to high and moderately high temperature stresses during seed maturation. Can. J. Plant Sci. 2006, 86, 967–980.

Al-Ahmad, H.; Gressel, J. Mitigation using a tandem construct containing a selectively unfit gene precludes establishment of *Brassica napus* transgenes in hybrids and backcrosses with weedy *Brassica rapa*. Plant Biotechnol. J. 2006, 4, 23–33.

Al-Doori, S.A.M. A study of the importance of sowing dates and plant density affecting some rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). Coll. Basic Educ. Res. 2011, 11, 615–632.

Alford, D.V.; Nilsson, C.; Ulber, B. Insect pests in oilseed rape crops. W: Alford, D.V. (Ed.), Biocontrol of oilseed rape pests., Blackwell Sci. 2003, pp. 9–41.

Alizadeh, B.; Rezaizad, A.; Hamedani, M.Y.; Shiresmaeili, G.; Nasserghadimi, F.; Khademhamzeh, H.R.; Gholizadeh, A. Genotype × environment interactions and simultaneous selection for high seed yield and stability in winter rapeseed (*Brassica napus*) multi-environment trials. Agric. Res. 2022, 11, 185–196.

Andert, S.; Ziesemer, A.; Zhang, H. Farmers' perspectives of future management of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A case study from north-eastern Germany. Eur. J. Agronomy 2021, 130, 126350.

Andelić, E.; Antunović, M.; Stošić, M.; Iljkić, D.; Varga, I. Yield components of winter oilseed rape regard to plant population. Columella-J. Agric. Environ. Sci. 2018, 5, 33–41.

Andrew, I.K.; Storkey, J. Using simulation models to investigate the cumulative effects of sowing rate, sowing date and cultivar choice on weed competition. Crop Prot. 2017, 95, 109–115.

Assefa, Y.; Prasad, P.V.; Foster, C.; Wright, Y.; Young, S.; Bradley, P.; Ciampitti, I.A. Major management factors determining spring and winter canola yield in North America. Crop Sci. 2018, 58, 1–16.

Asseng, S.; Ewert, F.; Martre, P.; Rötter, R.P.; Lobell, D.B.; Cammarano, D.; Kimball, B.A.; Ottman, M.J.; Wall, G.W.; White, J.W.; Reynolds, M.P.; Alderman, P.D.; Prasad, P.V.V.; Aggarwal, P.K.; Anothai, J.; Basso, B.; Biernath, C.; Challinor, A.J.; De Sanctis, G.; Doltra, J.; Fereres, E.; Garcia-Vila, M.; Gayler, S.; Hoogenboom, G.; Hunt, L.A.; Izaurralde, R.C.; Jabloun, M.; Jones, C.D.; Kersebaum, K.C.; Koehler, A.K.; Müller, C.; Kumar, S.N.; Nendel, C.; O'leary, G.; Olesen, J.E.; Palosuo, T.; Priesack, E.; Rezaei, E.E.; Ruane, A.C.; Semenov, M.A.; Shcherbak, I.; Stöckle, C.; Stratonovitch, P.; Streck, T.; Supit, I.; Tao, F.; Thorburn, P.J.; Waha, K.; Wang, E.; Wallach, D.; Wolf, J.; Zhao, Z.; Zhu, Y. Rising temperatures reduce global wheat production. Nat. Clim. Change 5, 2014, 143–147.

Auer, S.; Zamani-Noor, N.; Mahfoud, Y.; Ludwig-Müller, J. Suppression of clubroot disease in rapeseed through an endophytic fungus, *Acremonium alternatum*. Res. Square 2024, 1–24.

Baker, C.J.; Sterling, M.; Berry, P. A generalised model of crop lodging. J. Theor. Biol. 2014, 363, 1–12.

Balalić, I.; Marjanovic-Jeromela, A.; Crnobarac, J.; Terzic, S.; Radic, V.; Miklic, V.; Jovicic, D. Variability of oil and protein content in rapeseed cultivars affected by seeding date. Emir. J. Food Agric. 2017, 29, 404–410.

Balodis, O.; Gaile, Z. Influence of agroecological factors on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) autumn growth. W: Gaile, Z., Ciproviča, I., Kaķītis, A. (Ed.), Researchfor rural development–2009. International scientific confer-enceproceedings., Jelgava: LLU., 2009, pp. 36–43.

Balodis, O.; Gaile, Z. Winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) autumn growth. W: Annual 17th International Scientific Conference Proceedings, "Research for rural development 2011", Jelgava, Latvia, 1, 2011a, pp. 6–12.

Balodis, O.; Gaile, Z. Influence of sowing date and rate on winter oilseed rape (*Brassica napus ssp.oleifera*) straw yield and seed/straw ratio W: 13th International Rapeseed Congress, "Research for rural development 2011", Prague, Czech Republic, 5 – 9 June 2011b, pp. 193–196.

Balodis, O.; Gaile, Z. Oilseed rape (*Brassica napus ssp. oleifera*) seed yield depending on several agroecological factors. Renew. Energy Energy Effic. 2012, 39–44.

Balodis, O.; Gaile, Z.; Strikauska, S. Changes in sugar content of winter oilseed rape plant during winter. W: Research for Rural Development 2012 (Annual 18th International Scientific Conference Proceedings Jelgava, Latvia, 2012, 1, 24–30.

Balodis, O.; Gaile, Z. Changes of winter oilseed rape plant survival during vegetation. Proc. Latv. Univ. Agr. 2015, 33, 35–45.

Balodis, O.; Gaile, Z. Sowing date and rate effect on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) yield components formation. Proc. Latv. Acad. Sci. Sect. B 2016, 70, 384–392.
Bankina, B.; Balodis, O.; Gaile, Z. Advances of fungicide application for winter oilseed rape. W: Carisse (Ed.), Fungicide. InTech, Rijeka, 2010, 538, 157–176.
Barth, C.A. Nutritional value of rapeseed oil and its high oleic/low linolenic variety–A call for differentiation. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2009, 111, 953–956.
Bartkowiak-Broda, I. 70-te urodziny Profesora Jana Krzymańskiego. Rośliny Oleiste-Oilseed Crops, 2000, 21, 1–6.
Bartomeus, I.; Gagic, V.; Bommarco, R. Pollinators, pests and soil properties interactively shape oilseed rape yield. Basic Appl. Ecol. 2015, 16, 737–745.
Bečka, D.; Cihlář, P.; Béreś, J.; Vašák, J.; Mikšík, V.; Zukalová, H. Performance comparison of winter rapeseed varieties—small plot trials in Cerveny Újezd 2013/14. W: Proc. Conference Agricultura Scientia-Prosperitas, Praha, Czech, 2014, pp. 21–32 (in Czech).
Bečka, D.; Vašák, J.; Kroutil, P.; Štranc, P. Autumn growth and development of different winter oilseed rape variety types at three input levels. Plant Soil Environ. 2004, 50, 168–174.
Begna, S. H.; Angadi, S.V. Effects of planting date on winter canola growth and yield in the southwestern US. Am. J. Plant Sci. 2016, 7, 201–217.
Bełdycka-Bórawska, A. Changes in the production of rapeseed in Poland after accession to the European Union. Roczniki (Annals) 2023, 4, 11–25.
Berry, P.M.; Spink, J.H. A physiological analysis of oilseed rape yields: past and future. J. Agric. Sci. 2006, 144, 381–392.
Berry, P.M.; Spink, J.H. Understanding the effect on a triazole with anti-gibberelin activity on the growth and yield of oilseed rape (*Brassica napus*). J. Agric. Sci. 2009, 147, 273–285.
Bhattarai, M. Seed yield, oil and protein content, and pollinator potential of winter canola ETD Collection for Tennessee State University. Paper, 2023, pp. 1–129.
Bindi, M.; Olesen, J.E. The responses of agriculture in Europe to climate change. Reg. Environ. Change, 2011, 11, 151–158.
Bocianowski, J.; Nowosad, K.; Liersch, A.; Popławska, W.; Łącka, A. Genotype-by-environment interaction for seed glucosinolate content in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) using an additive main effects and multiplicative interaction model. Biom. Lett. 2018, 55, 85–96.
Bocianowski, J.; Liersch, A. Multi-environmental evaluation of winter oilseed rape genotypic performance using mixed models. Euphytica 2021, 217, 1–9.
Böttcher, U.; Weymann, W.; Pullens, J.W.M.; Olesen, J.E.; Kage, H. Development and evaluation of HUME-OSR: a dynamic crop growth model for winter oilseed rape. Field Crops Res. 2020, 246, 107679.
Brandt, S.A.; Malhi, S.S.; Ulrich, D.; Lafond, G.P.; Kutcher, H.R.; Johnston, A.M. Seeding rate, fertilizer level and disease management effects on hybrid versus open-pollinated canola (*Brassica napus* L.). Can. J. Plant Sci. 2007, 87, 255–266.
Brčić, M.; Krička, T.; Pospišil, A.; Pospišil M. Effects of genotype and nitrogen topdressing on rapeseed seed yield and stalk combustion properties. Turk. J. Agric. For. 2023, 47, 894–906.
Brewing, D.G.; Malla, S. The consequences of biotechnology: A broad view of the changes in the Canadian canola sector, 196–2012. AgBioForum 2012, 15, 257–275.
Broniarz, J.; Waszak, K. Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych. Oleiste 2023 (rzepak ozimy, rzepak jary, gorczyca biała, słonecznik), COBORU, Słupia Wielka, 2024.
Budzyński, W.; Ojczyk, T (Ed.). Rzepak – produkcja surowca olejarskiego. ART, Olsztyn, 1996, pp. 172.
Budzyński, W. Effectiveness of selected production factors. W: Milewski, G. (Ed.), Rzepak (Oilseed rape), 2nd edition. Wydawnictwo Biznes-Press sp. z o.o., 2006, pp. 34–40.
Budzyński, W. Kapusta rzepak. W: Budzyński, W., Zając, T. (Ed.), Rośliny oleiste-uprawa i zastosowanie. PWRiL Poznań, 2010, pp. 15–109.
Butkevičienė, L.M.; Kriaučiūnienė, Z.; Pupalienė, R.; Velička, R.; Kosteckienė, S.; Kosteckas, R.; Klimas, E. Influence of sowing time on yield and yield components of spring rapeseed in Lithuania. Agronomy 2021, 11, 2170.
Butkutė, B.; Šidlauskas, G.; Brazauskienė, I. Seed yield and quality of winter oilseed rape as affected by nitrogen rates, sowing time, and fungicide application. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 2006, 37, 2725–2744.
Çağlı, İ.; Kıvrak, B.E.; Altunbaş, O.; Sönmez, Ç. Unveiling the impact of vernalization on seed oil content and fatty acid composition in rapeseed through simulated shorter winters. bioRxiv 2024, 01.
Ceglar, A.; Zampieri, M.; Toreti, A.; Dontener, F. Observed northward migration of agro-climate zones in Europe will further accelerate under climate change Earth's Fut. 2018, 7, 1088–1101.
Chand, S.; Patidar, O.P.; Chaudhary, R.; Saroj, R.; Chandra, K.; Meena, V.K.; Limbalkar, O.M.; Patel, M.K.; Pardeshi, P.P.; Vasisth, P. Rapeseed-mustard breeding in India: Scenario, achievements and research needs. Brassica Breed. Biotechnol. 2021, 174, 1–22.
Chang, T.; Wu, J.; Wu, X.; Yao, M.; Zhao, D.; Guan, C.; Guan, M. Comprehensive evaluation of high-oleic rapeseed (*Brassica napus)* based on quality, resistance, and yield traits: A new method for rapid identification of high-oleic acid rapeseed germplasm. PLOS One 2022, 17, e0272798.

Channaoui, S.; Mazouz, H.; Labhilili, M.; El Fechtali, M.; Nabloussi, A. Inheritance of dwarfism and narrow lobed-leaf in two rapeseed (*Brassica napus* L.) mutant lines. Heliyon 2022, 8, e12649.
Charles, R.; Baux, A.; Dierauer, H.; Daniel, C. Organic rapeseed in Switzerland: 20 years of practice. Oilseeds Fats Crios Lipids 2020, 27, 68.
Chengula, L.K. Exploring the agricultural innovation continuum—The case of Kenya climate smart agriculture project. W: Agriculture Global Practice; The World Bank Group, World Bank: Washington, DC, USA, 2018.
Chiriac, G.; Raus, L.; Coroi, I.G.; Gales, D.C.; Jitareanu, G. Effect of tillage and cultivar on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) yield and economic efficiency in Suceava Plateau. ProEnvironment Promediu 2013, 6, 130–135.
Chmielewska, A.; Kozłowska, M.; Rachwał, D.; Wnukowski, P.; Amarowicz, R.; Nebesny, E.; Rosicka-Kaczmarek, J. Canola/rapeseed protein–nutritional value, functionality and food application: a review. Critical Rev. Food Sci. Nutri. 2021, 61, 3836–3856.
Ciampitti, I.A.; Vyn, T.J. A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages. Field Crop Res. 2011, 121, 2–18.
Clarke, S.M.; Berry, P.M.; Roques, S. A comparison of semi-dwarf and standard height oilseed rape varieties on N use efficiency and its components. Asp. Appl. Biol. 2010, 105, 115–123.
Craufurd, P.Q.; Wheeler, T.R. Climate change and the flowering time of annual crops. J. Exp. Bot. 2009, 60, 2529–2539.
Crnobarac, J.; Marinković, B.; Jeromela-Marjanović, A.; Balalić, I.; Jaćimović, G.; Latković, D. The effect of variety and sowing date on oilseed rape yield and quality. Agric. Food 2015, 3, 241–245.
Cvejić, S.; Jocić, S.; Mitrović, B.; Bekavac, G.; Mirosavljević, M.; Jeromela, A. M.; Zorić, M.; Radanović, A.; Kondić-Špika, A.; Miladinović, D. Inovative approaches in breeding of climate-resilient crops. W: Benkeblia, N. (Ed.), Climate Change and Agriculture: Perspectives, Sustainability and Resilience; John Wiley & Sons Ltd.: Hoboken, NJ, USA, 2022, Chapter 6, pp. 111–156.
Darby, H.; Harwood, H.; Cummings, E.; Madden, R.; Monahan, S. Winter canola planting date trial. Technical Report. Burlington, University of Vermont, 2013, 10.
Dembiński, F. Jak uprawiać rzepak i rzepik. PWRiL, Warszawa, 1983.
Diepenbrock, W. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Field Crops Res. 2000, 67, 35–49.
Dinç, S.; Ünay, A. The effect of sowing date, cultivar, and seed rate on yield and quality characteristics in rapeseed (*Brassica napus* L). J. Adnan. Menderes Univ. Agric. Fac. 2021, 18, 97–102.
Ding, L.N.; Li, T.; Guo, X.J.; Li, M.; Liu, X.Y.; Cao, J.; Tan, X.L. Sclerotinia stem rot resistance in rapeseed: Recent progress and future prospects. J. Agric. Food Chem. 2021, 69, 2965–2978.
Dolatparast, B.; Ahmadvand, G.; Mehrshad, B.; Hamzei, J.; Yazdandoost Hamedani, M. Effect of late sowing date on agronomic and quality traits of four winter oilseed rape (*Brassica napus*) cultivars in Hamedan, Iran. Agrotech. Ind. Crops 2021, 1, 160–169.
Dolatabadian, A.; Cornelsen, J.; Huang, S.H.; Zou, Z.; Fernando, W.D. Sustainability on the farm: Breeding for resistance and management of major canola diseases in Canada contributing towards an IPM approach. Can. J. Plant Pathol. 2022, 44, 157–190.
Dong, H.Z.; Kong, X.Q.; Li, W.J.; Tang, W.; Zhang, D.M. Effects of plant density and nitrogen and potassium fertilization on cotton yield and uptake of major nutrients in two fields with varying fertility. Field Crop Res. 2010, 119, 106–113.
Drebenstedt, I.; Hart, L.; Poll, C.; Marhan, S.; Kandeler, E.; Böttcher, C.; Meiners, T.; Hartung, J.; Högy, P. Do soil warming and changes in precipitation patterns affect seed yield and seed quality of field-grown winter oilseed rape? Agronomy 2020, 10, 520.
Dresbøll, D.B.; Rasmussen, I.S.; Thorup-Kristensen, K. The significance of litter loss and root growth on nitrogen efficiency in normal and semi-dwarf winter oilseed rape genotypes. Field Crops Res. 2016, 186, 166–178.
Eskin, N.A.M. Canola research: Historical and recent aspects. W: Thiyam-Holländer, U.; Eskin, N.A.M.; Thiyam-Holländer, U. (Ed.), Canola and rapeseed, Boca Raton, FL: CRC Press, 2013, pp. 1–20.
Faostat. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Database on Crops Statistics. 2024. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (dostępne online 15 Sierpnia 2024).
Faraji, A.; Latifi, N.; Soltani, A.; Rad, A.H.S. Effect of high temperature stress and supplemental irrigation on flower and pod formation in two canola (*Brassica napus* L.) cultivars at Mediterranean climate. Asian J. Plant Sci. 2008, 7, 343–351.
Faraji, A.; Latifi, N.; Soltani, A.; Rad, A.H.S. Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agric. Water Manag. 2009, 96, 132–140.
Faraji, A. Determination of phenological response of spring canola genotypes (*Brassica napus* L.) to planting date, temperature and photoperiod. Seed Plant Prod. J. 2010, 1, 25–41.
Fard, N.S.; Abad, H.H.S.; Rad, A.S.; Heravan, E.M.; Daneshian, J. Effect of drought stress on qualitative characteristics of canola cultivars in winter cultivation. Ind. Crops Prod. 2018, 114, 87–92.
Farré, I.; Robertson, M.J.; Walton, G.H.; Asseng, S. Simulating phenology and yield response of canola to sowing date in Western Australia using the APSIM model. Australian J. Agric. Res. 2002, 53, 1155–1164.

Fathi, G.; Siadat, S.A.; Hemaiaty, S.S. Effect of sowing date on yield and yield components of three oilseed rape varieties. Acta Agron. Hung. 2003, 51, 249–255.
Flakelar, C.L.; Adjonu, R.; Doran, G.; Howitt, J.A.; Luckett, D.J.; Prenzler, P.D. Phytosterol, tocopherol and carotenoid retention during commercial processing of *Brassica napus* (canola) oil. Processes 2022, 10, 580.
Fredua-Agyeman, R.; Jiang, J.; Hwang, S.F.; Strelkov, S.E. QTL mapping and inheritance of clubroot resistance genes derived from Brassica rapa subsp. rapifera (ECD 02) reveals resistance loci and distorted segregation ratios in two F2 populations of different crosses. Front. Plant Sci. 2020, 11, 537416.
French, R.J.; Seymour, M.; Malik, R.S. Plant density response and optimum crop densities for canola (*Brassica napus* L.) in Western Australia. Crop Past. Sci. 2016, 67, 397–408.
French, B. Optimum density and optimum seed rate for canola in Western Australia: how important are they and what factors affect them?. W: Doing more with less", Proceedings of the 18th Australian Agronomy Conference 2017", Ballarat, Victoria, Australia, 2017, pp. 24–28
Frick, J.; Nielsen, S.S.; Mitchell, C.A. Yield and seed oil content response of dwarf, rapid-cycling Brassica to nitrogen treatments, planting density, and carbon dioxide enrichment. J. Am. Soc. Horti. Sci. 1994, 119, 1137–1143.
Fridrihsone, A.; Romagnoli, F.; Cabulis, U. Environmental life cycle assessment of rapeseed and rapeseed oil produced in Northern Europe: A Latvian case study. Sustainability 2020, 12, 5699.
Friedt, W.; Snowdon, R. Oilseed rape. W: Vollmann, J.; Rajcan, I. (Ed.), Oil Crops, Springer Sci., 2009, pp. 91–126.
Fu, T.; Zhou, Y. Progress and future development of hybrid rapeseed in China. Eng. Sci. 2013, 11, 13–18.
Fu, D.H.; Jiang, L.Y.; Mason, A.S.; Xiao, M.L.; Zhu, L.R.; Li, L-z.; Zhou, Q-h.; Shen, C-j.; Huang, C.H. Research progress and strategies for multifunctional rapeseed: A case study of China. J. Int. Agric. 2016, 15, 1673–1684.
Gacek, K.; Bayer, P.E.; Anderson, R.; Severn-Ellis, A.A.; Wolko, J.; Łopatyńska, A.; Matuszczak, M.; Bocianowski, J.; Edwards, D.; Batley, J. QTL genetic mapping study for traits affecting meal quality in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Genes, 2021, 12, 1235.
Gawrysiak-Witulska, M.; Rudzińska, M.; Siger, A.; Bartkowiak-Broda, I. A high drying temperature causes degradation of sterols and tocopherols in yellow-seeded *Brassica napus* oils. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2015, 117, 483–490.
Gehringer, A.; Snowdon, R.; Spiller, T.; Basunanda, P.; Friedt, W. New oilseed rape (*Brassica napus*) hybrids with high levels of heterosis for seed yield under nutrient-poor conditions. Breeding Sci. 2007, 57, 315–320.
Ghafoor, A.; Karim, H.; Asghar, M.A.; Raza, A.; Hussain, M.I.; Javed, H.H.; Shafiq, I.; Xiao, P.; Yue, H.; Ahmad, B.; Manzoor, A.; Ali, U.; Wu., Y. Carbohydrates accumulation, oil quality and yield of rapeseed genotypes at different nitrogen rates. Plant Prod. Sci. 2022, 25, 50–69.
Gharechaei, N.; Paknejad, F.; Shirani Rad, A.H.; Tohidloo, G.; Jabbari, H. Change in oil fatty acids composition of winter oilseed rape genotypes under drought stress and different temperature regimes. Plant Soil Environ. 2019, 65, 503–507.
Gołębiewska, K.; Fraś, A.; Gołębiewski, D. Rapeseed meal as a feed component in monogastric animal nutrition–a review. Annals Animal Sci. 2022, 22, 1163–1183.
Gomez, N.V.; Miralles, D.J. Factors that modify early and late reproductive phases in oilseed rape (*Brassica napus* L.): its impact on seed yield and oil content. Ind. Crops Prod. 2011, 34, 1277–1285.
Groth, D.A.; Sokólski, M.; Jankowski, K.J. Multi-criteria evaluation of the effectiveness of nitrogen and sulfur fertilization in different cultivars of winter rapeseed—Productivity, economic and energy balance. Energies 2020, 13, 4654.
Gu, J.; Guan, Z.; Jiao, Y.; Liu, K.; Hong, D. The story of a decade: genomics, functional genomics and molecular breeding in *Brassica napus*. Plant Comm. 2024, 5, 100884.
Guan, M.; Li, X.; Guan, C. Microarray analysis of differentially expressed genes between Brassica napus strains with high-and low-oleic acid contents. Plant Cell Rep. 2012, 31, 929–943.
Gupta, M.; Kaur, G. Nutraceutical potential of rapeseed: breeding and biotechnological approaches. W: Kole, C. (Ed.) Compendium of crop genome designing for nutraceuticals. Springer, Singapore, 2023.
Gugała, M.; Sikorska, A.; Zarzecka, K.; Kapela, K.; Mystkowska, I. The effect of sowing method and biostimulators on autumn development and overwintering of winter rape. Acta Sci. Polon. Agric. 2017, 16, 111–120.
Gugała, M.; Sikorska, A.; Findura, P. Kapela, K.; Malaga-Tobola, U.; Zarzecka, K.; Domański, L. Effect of selected plant preparations containing biologically active compounds on winter rape (*Brassica napus* L.) yielding. Appl. Ecol. Environ. Res. 2019, 17, 2779–2789.
Guo, Y.; Liu, C.; Long, W.; Gao, J.; Zhang, J.; Chen, S.; Pu, H.; Hu, M. Development and molecular analysis of a novel acetohydroxyacid synthase rapeseed mutant with high resistance to sulfonylurea herbicides. Crop J. 2022, 10, 56–66.
GUS, 2024. Produkcja upraw rolnych i ogrodniczych w 2023 roku, Warszawa 2024.
Hansen, J.;Hellin, J.; Rosenstock, T.; Fisher, E.; Cains, J.; Stirling, C.; Lamanna, C.; van Etten, J.; Rose, A.; Cmpbell, B. Climate risk management and rural poverty reduction. Agric. Sust. 2019, 172, 28–46.
Hansen, J.Ø.; Øverland, M.; Skrede, A.; Anderson, D.M.; Collins, S.A. A meta-analysis of the effects of dietary canola/double low rapeseed meal on growth performance of weanling and growing-finishing pigs. Animal Feed Sci. Technol. 2020, 259, 114302.

Harker, K.N.; O'Donovan, J.T.; Turkington, T.K.; Blackshaw, R.E.; Lupwayi, N.Z.; Smith, E.G.; Klein-Gebbinck, H.; Dosdall, L.M.; Hall, L.M.; Willenborg, C.J.; Kutcher, H.R.; Malhi, S.S.; Vera, C.L.; Gan, Y.; Lafond, G.P.; May, W.E.; Grant, C.A.; McLaren, D.L. High-yield no-till canola production on the Canadian prairies. Can. J. Plant Sci. 2012, 92, 221–233.

Hashim, J.J.; Mahmood, B.J. Effect of sowing dates, seeding rates on growth, yield and its component of some rapeseed (*Brassica nupus* L.) genotypes. J. Pure Appl. Sci. 2021, 33, 160–174.

Hauska, D.; Oertel, C.; Alpmann, L.; Stelling, D.; Busch, H. Breeding progress towards high oil content in oilseed rape (*Brassica napus* L.)—Essential innovations to meet current and future market needs. In: Proceedings of the 12th International Rapseed Congress, Wuhan, China, 26–30 March; 2007, pp. 159–162.

Hiltbrunner, J.; Streit, B.; Liedgens, M. Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover? Field Crop Res. 2007, 102, 163–171.

Hirose, T.; Ackerly, D.D.; Traw, M.B.; Ramseier, D.; Bazzaz, F.A. CO_2 elevation, canopy photosynthesis and optimal leaf area index. Ecology 1997, 78, 2339–2350.

Hocking, P.J.; Stapper, M. Effect of sowing time and nitrogen fertilizer on canola and wheat, and nitrogen fertilizer on Indian mustard. I. Dry matter production, grain yield, and yield components. Aust. J. Agric. Res. 2001, 52, 623–634.

Jankovska-Bortkevič, E.; Gavelienė, V.; Koryznienė, D.; Jankauskienė, J.; Mockevičiūtė, R.; Jurkonienė, S. Response of winter oilseed rape to imitated temperature fluctuations in autumn-winter period. Environ. Exp. Botany, 2019, 166, 103801.

Jankowski, K.; Budzyński, W. Reakcja różnych form hodowlanych rzepaku ozimego na termin i gęstość siewu. II. Plon nasion i jego składowe. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops 2007a, 28, 195–207.

Jankowski, K.; Budzyński W. Reakcja różnych form hodowlanych rzepaku ozimego na termin i gęstość siewu. Cz. 1. Jesienny wzrost i rozwój oraz przezimowanie roślin. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops 2007b, 28, 177–194.

Jankowski, K.J.; Budzyński, W.S.; Załuski, D.; Hulanicki, P S.; Dubis, B. 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 Crops Res. 2016, 188, 50–61.

Jankowski, K.J.; Sokólski, M.; Szatkowski, A. The effect of autumn foliar fertilization on the yield and quality of winter oilseed rape seeds. Agronomy 2019, 9, 849.

Jankowski, K.J. Rzepak ozimy. W: Kotecki, A. (Ed.), Uprawa roślin, tom III, AR. Wrocław, 2020.

Jannat, A.; Ishikawa-Ishiwata, Y.; Furuya, J. Does climate change affect rapeseed production in exporting and importing countries? Evidence from market dynamics syntheses. Sustainability 2022, 14, 6051.

Jarecki, W.; Bobrecka-Jamro, D.; Noworól, M. Reakcja rzepaku ozimego na zróżnicowaną ilość wysiewu nasion w rejonie podkarpackim. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops 2013, 34, 65–74.

Jarecki, W.; Bobrecka-Jamro, D. The influence of delayed sowing of winter rape on the quantity and quality of seed yield. J. Central Europ. Agric. 2019a, 20, 823–830.

Jarecki, W.; Bobrecka-Jamro, D. Reakcja kiłotolerancyjnych odmian rzepaku ozimego na zróżnicowaną ilość wysiewu nasion. Agronomy Sci. 2019b, 74(4), 73–82.

Jiang, J; Xu, P.; Zhang, J.; Li, Y.; Zhou, X.; Jiang, M.; Zhu, J.; Wang, W. Yang, L. Global transcriptome analysis reveals potential genes associated with genic male sterility of rapeseed (*Brassica napus* L.). Front. Plant Sci. 2022, 13, 1004781.

Kalninš, E.; Gaile, Z. Winter oilseed rape yield formation depending on sowing time and application of plant growth regulator. W: Proceedings of the 14th International Scientific Conference "Students on Their Way to Science", , Latvia, 2019.

Kebede, B.; Thiagarajah, M.; Zimmerli, C.; Rahman, M.H. Improvement of open-pollinated spring rapeseed (*Brassica napus* L.) through introgression of genetic diversity from winter rapeseed. Crop Sci. 2010, 50, 1236–1243.

Kessel, B.; Schierholt, A.; Becker, H.C. Nitrogen use efficiency in a genetically diverse set of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Crop Sci. 2012, 52, 2546–2554.

Khajehpour, M.R. Principles and Fundamentals of Crop Production; Jahad-e Daneshgahi Isfahan Press, Persian, Mashhad, Iran, 2006, pp. 654.

Khaliq, A.M.; Javed, M.; Sohail, M.; Sagheer, M. Environmental effects on insects and their population dynamics. J. Entomol. Zool. Stud. 2014, 2, 1–7.

Khan, S.; Anwar, S.; Kuai, J.; Ullah, S.; Fahad, S.; Zhou, G. Optimization of nitrogen rate and planting density for improving yield, nitrogen use efficiency, and lodging resistance in oilseed rape. Front. Plant Sci. 2017, 8, 532.

Khan, S.; Anwar, S.; Kuai, J.; Noman, A.; Shahid, M.; Din, M.; Zhou, G. Alteration in yield and oil quality traits of winter rapeseed by lodging at different planting density and nitrogen rates. Sci. Rep. 2018, 8, 634.

Khayat, M.; Rahnama, A.; Lorzadeh, S.; Lack, S. Effect of planting date on yield of spring canola (*Brassica napus* L.) genotypes. Int. J. Biosci. 2014, 5, 94–99.

Kole, C.; Thormann, E.; Karlsson, B.H.; Palta, J.P.; Gaffney, P.; Yandell, B.; Osborn, T.C. Comparative mapping of loci controlling winter survival and related traits in oilseed *Brassica rapa* and *B. napus*. Mol. Breed. 2002, 9, 201–210.
Komarek, A.M.; De Pinto, A.; Smith, V.H. A review of types of risks in agriculture: What we know and what we need to know. Agric. Syst. 2020, 178, 102738.
Körber, N.; Bus, A.; Li, J.; Parkin, I.A.P.; Wittkop, B.; Snowdon, R.J.; Stich, B. Agronomic and seed quality traits dissected by genome-wide association mapping in *Brassica napus.* Front. Plant Sci. 2016, 7, 386.
Kraling, K.; Pruvot, J.C.; Juergen, R.K.; Charne, D. Use of a green revolution gene in winter canola hybrids. Proceedings of the 13th International Rapeseed Congress, Prague, Czech Republic, 2011.
Kotecki, A.; Malarz, W.; Kozak, M.; Pogorzelec, A. Wpływ rozmieszczenia roślin w łanie na rozwój i plonowanie mieszańcowych i populacyjnych odmian rzepaku. Część I. Morfologia roślin i plony nasion. Zesz. Nauk. Uniwersytetu we Wrocławiu. Rolnictwo 2007; 90, 553, 7–39.
Krček, V.; Baranyk, P.; Pulkrabek, J.; Urban, J.; Skerikova, M.; Brant, V.; Zabransky, Z. Influence of crop management on winter oilseed rape yield formation-evaluation of first year of experiment. W: Proceedings of the Conference Mendelnet Brno, Czech Republic, 2014, pp. 57–63.
Krzymański, J. Variation in thioglucosides in rapeseed meal (*Brassica napus* L.). W: Proceedings of the Meeting of the Associate Committees of National Research Council on Plant Breeding, Winnipeg, MB, Canada, 1968.
Kuai, J.; Sun, Y.; Zuo, Q.; Huang, H.; Liao, Q.; Wu, C.; Lu, J.; Wu, J.; Zhou, G. The yield of mechanically harvested rapeseed (Brassica napus L.) can be increased by optimum plant density and row spacing. Sci. Rep. 2015, 5, 18835.
Kwiatkowski, C.A. Response of winter rape (*Brassica napus* L. *ssp. oleifera* Metzg., Sinsk) to foliar fertilization and different seeding rates. Acta Agrobot. 2012, 65, 161–170.
Lääniste, P.; Jõudu, J.; Eremeev, V.; Mäeorg, E. Sowing date influence on winter oil seed rape overwintering in Estonia. Acta Agric. Scand. B57 2007, 342–348.
Lääniste, P.; Jõudu, J.; Eremeev, V.; Mäeorg, E. Effect of sowing date and increasing sowing rates on plant density and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) under Nordic climate conditions. Acta Agric. Scand. Section B–Soil Plant Sci. 2008, 58, 330–335.
Lääniste, P.; Eremeev, V.; Mäeorg, E.; Jõudu, J. Effect of sowing date on oil, protein and glucosinolate concentration of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Agronomy Res. 2016, 14, 1384–1395
Laidig, F.; Feike, T.; Lichthardt, C.; Schierholt, A.; Piepho, H.P. Breeding progress of nitrogen use efficiency of cereal crops, winter oilseed rape and peas in long-term variety trials. Theor. Appl. Genet. 2024, 137, 45.
Lankinen, Å.; Larsson, M.C. Conflicting selection pressures on reproductive functions and speciation in plants. Evol. Ecol. 2007, 23, 147–157.
Le Roux, P.J.G. Establishment, growth and yield of canola (*Brassica napus* L.) as affected by seed-drill opener, soil quality and crop residue in the Swartland. Doctoral dissertation, Stellenbosch University, 2018.
Leach, J.E.; Darby, R.J.; Williams, I.H.; Fitt, B.D.; Rawlinson, C.J. Factors affecting growth and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus*). J. Agr. Sci. 1994, 122, 405–413.
Leach, J.E.; Stevenson, H.J.; Rainbow, A.J.; Mullen, L.A. Effects of high plant populations on the growth and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Agric. Sci. Camb. 1999, 132, 173–180.
Li, Y.S.; Yu, C.B.; Zhu, S.; Xie, L.H.; Hu, X.J.; Liao, X.; Che, Z. High planting density benefits to mechanized harvest and nitrogen application rates of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Soil Sci. Plant Nutri. 2014, 60, 384–392.
Li, M.; Naeem, M.S.; Ali, S.; Zhang, L.; Liu, L.; Ma, N.; Zhang, C. Leaf senescence, root morphology, and seed yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) at varying plant densities. BioMed Res. Int. 2017, 8581072.
Li, Q.; Ding, G.; Yang, N.; White, P. J.; Ye, X.; Cai, H.; Lu, J., Shi, L.; Xu, F. Comparative genome and transcriptome analysis unravels key factors of nitrogen use efficiency in *Brassica napus* L. Plant Cell Environ. 2020, 43, 712–731.
Li, F.Y.; Huang, H.; Mei, G.; Guan, C.Y. Research progress toward the ideal type of rapeseed plant. Chinese J. Oil Crop Sci. 2023, 45, 4–16.
Liersch, A.; Bocianowski, J.; Nowosad, K.; Mikołajczyk, K.; Spasibionek, S.; Wielebski, F.; Matuszczak, M.; Szała, L.; Cegielska-Taras, T.; Sosnowska, K.; Bartkowiak-Broda, I. Effect of genotype× environment interaction for seed traits in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Agriculture 2020, 10, 607.
Lima, M.A.P.; Cutler, G.C.; Mazzeo, G.; Hrncir, M. The decline of wild bees: Causes and consequences. Front. Ecol. Evolut. 2022, 10, 1027169.
Lindström, S.A.; Herbertsson, L.; Rundlöf, M.; Smith, H.G.; Bommarco, R. Large-scale pollination experiment demonstrates the importance of insect pollination in winter oilseed rape. Oecologia 2016, 180, 759–776.
Lipșa, F.D.; Snowdon, R.J.; Wittkop, B.; Friedt, W. Quantitative genetic analysis of phenolic acids in oilseed rape meal. J. Appl. Life. Sci. Environ. 2023, 190, 133–144.
Liu, J.; Lobb, D.A. An overview of crop and crop residue management impacts on crop water use and runoff in the Canadian Prairies. Water 2021, 13, 2929.
Liu, S.; Raman, H.; Xiang, Y.; Zhao, C.; Huang, J.; Zhang, Y. De novo design of future rapeseed crops: Challenges and opportunities. The Crop J. 2022, 10, 587–596.

Lundin, O.; Malsher, G.; Högfeldt, C.; Bommarco, R. Pest management and yield in spring oilseed rape without neonicotinoid seed treatments. Crop Prot. 2020, 137, 105261.
Łopatyńska, A.; Wolko, J.; Bocianowski, J.; Cyplik, A.; Gacek, K. Statistical multivariate methods for the selection of high-yielding rapeseed lines with varied seed coat color. Agriculture 2023, 13, 992.
Macleod, K.; Greer, S.F.; Bramham, L.E.; Pimenta, R.J.; Nellist, C.F.; Hackenburg, D.; Teakle G.R; Barker, G.C.; Walsh, J.A. A review of sources of resistance to turnip yellows virus (TuYV) in *Brassica* species. Annal. Appl. Biol. 2023, 183, 200–208.
Mahli, S.S.; Brandt, S.; Ulrich, D.; Lafond, G.P.; Johnston, A.M.; Zentner, R.P. Comparative nitrogen response and economic evaluation for optimum yield of hybrid and open-pollinated canola. Can. J. Plant Sci. 2007, 87, 449–460.
Malarz W.; Kozak M.; Kotecki A. Wpływ zagęszczenia roślin w łanie na wysokość i jakość plonu trzech odmian rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops 2006, 27, 299–310.
Marjanović-Jeromela, A.; Nagl, N.; Gvozdanovi–Varga, J.; Hristov, N.; Kondi-Špika, A.; Marinkovi, M. Genotype by environment interaction for seed yield per plant in rapeseed using AMMI model. Pesqui. Agropecu. Bras. 2011, 46, 174–181.
Marjanović-Jeromela, A.; Terzić, S.; Jankulovska, M.; Zorić, M.; Kondić-Špika, A.; Jocković, M.; Hristov, N.; Crnobarack, N.; Nagl, N. Dissection of year related climatic variables and their effect on winter rapeseed (*Brassica napus* L.) development and yield. Agronomy 2019, 9, 517.
Martinez-Feria, R. Suitability of winter canola (*Brassica napus*) for enhancing summer annual crop rotations in Iowa. MS thesis. Iowa State Univ. Ames, 2015.
Matysiak, K.; Kaczmarek, S. Effect of chlorocholine chloride and triazoles–tebuconazole and flusilazole on winter oilseed rape (*Brassica napus* var. *oleifera* L.) in response to the application term and sowing density. J. Plant Prot. Res. 2013, 53, 79–88.
Mądry, W.; Laudański, Z.; Kozak, M.; Rozbicki, J. Empiryczne porównanie sekwencyjnej analizy składowych plonu i analizy ścieżek pojedynczych dla plonu ziarna pszenżyta ozimego i jego składowych. Biul. IHAR 2003, 230, 147–156
Meena, A.; Talekar, N. Breeding for quality in rapeseed-mustard: A review. Pharma Innov. 2022, 11, 235–241.
Merkel, U.G.; Rathke, W.; Schuster, C.; Warnstorff, K.; Diepenbrock, W. Use of glufosinate-ammonium to control cruciferous weed species in glufosinate-resistant winter oilseed rape. Field Crops Res. 2004, 85, 237–249.
Michalski, K.; Kołodziej, K.; Krzymański, J. Quantitative analysis of glucosinolates in seeds of oilseed rape – effect of sample preparation on analytical results. Proceedings 9th International Rapeseed Congress, Cambridge, UK, 1995, 1, pp. 911–913.
Mikołajczak, N. Fatty acids in different rapeseed varieties and their impact on human health. J. Educ. Health Sport 2018, 8, 69–80.
Miersch, S.; Gertz, A.; Breuer, F.; Schierholt, A.; Becker, H.C. Influence of the semi-dwarf growth type on seed yield and agronomic parameters at low and high nitrogen fertilization in winter oilseed rape. Crop Sci. 2016, 56, 1573–1585.
Monfared, B.B.; Noormohamadi, G.; Rad, A.H.S.; Hervan, E.M. Effects of sowing date, cultivar and chitosan on quality and quantity of rapeseed (*Brassica napus* L.) Oil. J. Agric. Sci. 2018, 25, 508–517.
Montvilas, R.; Mittas, V. Sėjos laiko ir sėklos normos itaka žieminiu rapsu sėklu derliui lengvuose priemoliuose. Agric. Sci. Art. 2000, 72, 103–117.
Morrison, M.J. Effect of row spacing and seeding rates on summer rape in southern Manitoba. Can. J. Plant Sci. 1990, 70, 127–137.
Morrison, M.J.; Stewart, D.W. Heat stress during flowering in summer *Brassica*. Crop Sci. 2002, 42, 797–803.
Mrówczyński, M.; Pruszyński, S. 2008. Integrowana produkcja rzepaku ozimego i jarego. Instytut Ochrony Roślin, Poznań, 2008.
Muangprom, A.; Osborn, T.C. Characterization of a dwarf gene in *Brassica rapa*: including the identification of a candidate gene. Theor. Appl. Genet. 2004, 108, 1378–1384.
Muangprom, A.; Mauriera, I.; Osborn, T.C. Transfer of dwarf gene from *Brassica rapa* to oilseed *B. napus* effects on agronomic traits, and development of perfect marker for selection. Mol. Breed. 2006, 17, 101–110.
Mustafa, H.S.B.; Ejaz, U.H.; Tariq, M.; Muhammad, A.; Sundas, S.; Rizwana, Q.; Ahmad, N.G.; Qamar, A.T. Sandal canola (RBN-13028): Rapeseed cultivar with better qualitative and quantitative traits under the scenario of climate change. Plant Cell Biotechnol. Mol. Biol. 2022, 23, 111–120.
Muśnicki, Cz.; Budzyński, W. Uprawa roli i siew. W: Technologia produkcji, Wieś Jutra, Warszawa, 2005, pp. 90–96.
Mwendwa, J.M.; Brown, W.B.; Weston, P.A.; Haque, K.S.; Preston, C.; Weston, L.A. Evaluation of selected commercial oilseed rape cultivars for early vigour, weed suppression and yield in southern New South Wales. Weed Res. 2020, 60, 450–463.
Nafi, E.; Torrion, J.A. Response of seeding rate and cultivar maturity with planting dates in canola. Agronomy J. 2024, 1–15.

Nazeri, P.; Shirani Rad, A.H.; Valad Abadi, S.A.; Mirakhori, M.; Hadidi Masoule, E. Effect of sowing dates and late season water deficit stress on quantitative and qualitative traits of canola cultivars. Outlook Agric. 2018, 47, 291–297.
Negawoldes, T.Y. Review on nutritional limitations and opportunities of using rapeseed meal and other rape seed by-products in animal feeding. J. Nutr. Health Food Eng. 2018, 8, 43–48.
Nijs, L. Challenges in agricultural production and natural-resources management. W: The Handbook of Global Agricultural Markets. Palgrave Macmillan, London, 2014.
Noel J.M. Lutin ouvre la voie des colzas de petite taille. La France Agricole, 1999, pp. 65.
Nowosad, K.; Liersch, A.; Popławska, W.; Bocianowski, J. Genotype by environment interaction for seed yield in rapeseed (*Brassica napus* L.) using additive main effects and multiplicative interaction model. Euphytica 2016, 208, 187–194.
Olejniczak, J.; Adamczak, M.; Wojciechowski, A. Characteristic of semi-dwarf mutants in rapeseed (*Brassica napus* L.). In the 12 th international rapeseed congress, 2007, pp. 356).
Olesen, J.E.; Børgesen, C.D.; Elsgaard, L.; Palosuo, T.; Rötter, R.P.; Skjelvåg, A.O.; Peltonen-Sainio, P.; Börjesson, T.; Trnka, M.; Ewert, F.; Siebert, S.; Brisson, N.; can Asselt, E.D.; Oberforster, M.; van der Fels-Klerx.; H.J. Changes in time of sowing, flowering and maturity of cereals in Europe under climate change. Food Additives Contam. Part A 2012, 29, 1527–1542.
Ortega-Ramos, P.A.; Cook, S.M.; Mauchline, A.L. How contradictory EU policies led to the development of a pest: the story of oilseed rape and the cabbage stem flea beetle. GCB Bioenergy 2022, 14, 258–266.
Panak, H. Przewodnik metodyczny do ćwiczeń z chemii rolnej. Akademia Rolniczo-Techniczna w Olsztynie, Olsztyn, 1995.
Piekarczyk, J.; Wójtowicz, M.; Wójtowicz, A. Estimation of agronomic parameters of winter oilseed rape from field reflectance data. Acta Agrophys. 2006, 8, 205–218.
Pinochet, X.; Renard, M. Progrès génétique en colza et perspectives. Oilseeds Fats, Crops Lipids 2012, 19, 147–154.
Pokharel, M.; Chiluwal, A.; Stamm, M.; Min, D.; Rhodes, D.; Jagadish, S.K. High night-time temperature during flowering and pod filling affects flower opening, yield and seed fatty acid composition in canola. J. Agron. Crop Sci. 2020, 206, 579–590.
Pospišil, M.; Pospišil, A.; Butorac, J.; Mustapić, Z.; Galović, S. Influence of sowing density and fungicide application on rapeseed yield and yield components. Cereal Res. Commun. 36, 2008, 1347–1350.
Pruvot, J.; Kraling, K.; Charne, D.; Tulsieram, L. Development of low glucosinolate restorer and OGU CMS winter rape hybrid. In Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress, Canberra, Australia, 26–29 September 1999, pp. 270–273.
Przybylski, R. Canola/rapeseed oil. W: Gunstone, F.D. (Ed.), Vegetable oils in food technology: Composition properties and uses. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2011, pp. 107–136.
Przybylski, R.; Gruczyńska, E.; Aladedunye, F. Performance of regular and modified canola and soybean oils in rotational frying. J. Am. Oil Chem. Soc. 2013, 90, 1271–1280.
Pullens, J.W.M.; Sharif, B.; Trnka, M.; Balek, J.; Semenov, M.A.; Olesen, J.E. Risk factors for European winter oilseed rape production under climate change. Agric. Forest Meteorol. 2019, 272, 30–39.
Pullens, J.W.M.; Kersebaum, K.C.; Böttcher, U.; Kage, H.; Olesen, J.E. Model sensitivity of simulated yield of winter oilseed rape to climate change scenarios in Europe. Eur. J. Agronomy 2021, 129, 126341.
Raboanatahiry, N.; Li, H.; Yu, L.; Li, M. Rapeseed (*Brassica napus*): processing, utilization, and genetic improvement. Agronomy 2021, 11, 1776.
Rahman, H. Review: Breeding spring canola (*Brassica napus* L.) by the use of exotic germplasm. Can. J. Plant Sci. 2013, 93, 363–373.
Rajković, D.; Marjanović-Jeromela, A.; Pezo, L.; Lončar, B.; Zanetti, F.; Monti, A.; Kondić Špika, A. Yield and quality prediction of winter rapeseed—Artificial neural network and random forest models. Agronomy 2021, 12, 58.
Rakow, G.; Relf-Eckstein, J.A.; Raney, J.P. Rapeseed genetic research to improve its agronomic performance and seed quality. Helia 2007, 30, 199–206.
Ramazani, S.H.R.; Kalantari, R.T. Evaluating the effect of sowing date and drought stress on morphological and functional characteristics of three genotypes of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Acta. Agric. Slov. 2019, 113, 63.
Ranabhat, G.; Tiwari, P.; Dhakal, A.; Oli, P.; Chapagain, A.; Neupane, S. Effect of sowing dates on different rapeseed varieties under rain fed condition. J. Agric. Nat. Res. 2021, 4, 176–190.
Ratajczak, K.; Sulewska, H.; Szymańska, G. New winter oilseed rape varieties–seed quality and morphological traits depending on sowing date and rate. Plant Prod. Sci. 2017, 20, 262–272.
Ratajczak, K.; Sulewska, H.; Szymańska, G. Effects of growth type, sowing date, and sowing rate on the canopy architecture, protein yields, and oil yields of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Bot. Res. 2019, 1, 1–6.

Rathke, G.W.; Behrens, T.; Diepenbrock, W. 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. 2006, 117, 80–108.
Rathod, V.; Solanki, H.V. Breeding for oil quality improvement in *Brassica*. J. Pharmacog. Phytochem. 2020, 9, 1532–1540.
Risnoveanu, L.; Buzdugan, L. Some aspects the influence of sowing time of winter oilseed rape production in the conditions north-east Bărăgan. Luc. Stiinţ. 2011, 54, 163–169.
Robertson, M.J.; Holland, J.F.; Bambach, R.W. Response of canola and Indian mustard to sowing date in the grain belt of north-eastern Australia. Australian J. Exp. Agric. 2004, 44, 43–52.
Rondanini, D.P.; Gomez, N.V.; Agosti, M.B.; Miralles, D.J. Global trends of rapeseed grain yield stability and rapeseed-to-wheat yield ratio in the last four decades. Eur. J. Agron. 2012, 37, 56–65
Rondanini, D.P.; Menendez, Y.C.; Gomez, N.V.; Miralles, D.J.; Botto, J.F. Vegetative plasticity and floral branching compensate low plant density in modern spring rapeseed. Field Crops Res. 2017, 210, 104–113.
Roques, S.E.; Berry, P.M. The yield response of oilseed rape to plant population density. J. Agric. Sci. 2016, 154, 305–320.
Różyło, K.; Pałys, E. New oilseed rape (*Brassica napus* L.) varieties–canopy development, yield components, and plant density. Acta Agric. Scand. Sect. B–Soil Plant Sci. 2014, 64, 260–266.
Russo, M.; Yan, F.; Stier, A.; Klasen, L.; Honermeier, B. Erucic acid concentration of rapeseed (*Brassica napus* L.) oils on the German food retail market. Food Sci. Nutri. 2021, 9, 3664–3672.
Sachan, D.S.; Naimuddin, S.K.; Patra, D.; Subha, L.; Senthilkumar, T.; Chittibomma, K.; Khan, N.; Prasad, S.V. Advancements in enhancing oil quality in rapeseed and mustard: A Comprehensive Review. J. Exp. Agric. Int. 2024, 46, 181–193.
Sattar, A.; Cheema, M.A.; Wahid, M.A.; Saleem, F.; Ghaffari, M.A.; Hussain, S.; Arshad, M.S. 2013. Effect of sowing time on seed yield and oil contents of canola varieties. J. Glob. Innov. Agric. Soc. Sci. 2013, 1, 1–4.
Scarth, R.; McVetty, P.B. Designer oil canola–a review of new food-grade *Brassica* oils with focus on high oleic, low linolenic types. In: Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress, Canberra, Australia, September, 1999, pp. 26–29.
Schaap, B.F.; Reidsma, P.; Verhagen, J.; Wolf, J.; van Ittersum, M.K. Participatory design of farm level adaptation to climate risks in an arable region in The Netherlands. Eur. J. Agronomy 2013, 48, 30–42.
Schierholt, A.; Becker, H.C.; Ecke, W. Mapping a high oleic mutation in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.), Theor. Appl. Genet. 2000, 101, 897–901.
Schierholt, A.; Holzenkamp, K.; Hartwig, H.; Gertz, A.; Becker, H. Winter oilseed rape semi-dwarf hybrids are not discriminated by front-border effects in yield trials. Crop Sci. 2020, 60, 1789–1797.
Schuster, W. Rapeseed Rübsen. W: Hanbuch der Pflanzenernährung Düngung, Band. III. Springer Verlag, Wien-New-York, 1965, pp. 678–708.
Schuster, C.; Rathke, G.W. Nitrogen fertilisation of transgenic winter oilseed rape. W: Plant Nutrition; Spinger, Dordrecht, The Netherlands, 92, 2001, pp. 336–337.
Seassau, C.; Dechamp-Guillaume, G.; Mestries, E.; Debaeke, P. Low plant density can reduce sunflower premature ripening caused by *Phoma macdonaldii*. Eur. J. Agron. 2012, 43, 185–193.
Secchi, M.A.; Bastos, L.M.; Stamm, M.J.; Wright, Y.; Foster, C.; Messina, C.D.; Ciampitti, I.A. Winter survival response of canola to meteorological variables and adaptative areas for current canola germplasm in the United States. Agric. Forest Meteo. 2021, 297, 108267.
Siahbidi, A.Z.; Asgari, A. Determination of the optimal plant population and rapeseed genotype (*Brassica napus* L.) in western Iran. Int. J. Agric. Nat. Res. 2023, 50, 1–11.
Shafigi, A.; Ardakani, M.R.; Rad, A.H.S.; Alavifazel, M.; Rafiei, F. Grain yield and associated physiological traits of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars under different planting dates and drought stress at the flowering stage. Ital. J. Agron. 2021, 16, 1648.
Shirani Rad, A.H.; Shahsavari, N.; Safavi Fard, N. Response of canola advanced lines to delay plantings upon late season drought stress. J. Sci. Agric. 2017, 1, 307–313.
Siadat, S.A.; Hemayati, S.S. Effect of sowing date on yield and yield components of three oilseed rape varieties. Plant Ecophys. 2009, 1, 31–35.
Šidlauskas, G.; Pranckietienė, I.; Dromantienė, R.; Pranckietis, V. The effect of agronomic and climatic factors on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) root neck growth in autumn. W: International Scientific Conference Rural Development, 2015.
Sieling, K.; Kage, H. The potential of semi-dwarf oilseed rape genotype to reduce the risk of N leaching. J. Agric. Sci. 2008, 146, 77–84.
Sieling, K.; Böttcher, U.; Kage, H. Sowing date and N application effects on tap root and above-ground dry matter of winter oilseed rape in autumn. Eur. J. Agron. 2017, 83, 40–46.
Siger, A.; Michalak, M.; Cegielska-Taras, T.; Szała, L.; Lembicz, J.; Nogala-Kałucka, M. Genotype and environment effects on tocopherol and plastochromanol-8 contents of winter oilseed rape doubled haploid lines derived from F1 plants of the cross between yellow and black seeds. Ind Crops Prod. 2015, 65, 134–141.

Sikorska, A.; Gugała, M.; Zarzecka, K.; Kapela, K. The effect of biostimulants on the glucosinolate content in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) seeds. Plant. Soil Environ. 2018a, 64, 7–12.
Sikorska, A.; Gugala, M.; Zarzecka, K. Response of winter rapeseed to biostimulator application and sowing method. Part I. Field architecture elements. Acta Sci. Polon. Agric. 2018b, 17, 205–214.
Sikorska, A.; Gugała, M.; Zarzecka, K. The impact of foliar feeding on the yield components of three winter rape morphotypes (*Brassica napus* L.). Open Agric. 2020a, 5, 107–116.
Sikorska, A.; Gugała, M.; Zarzecka, K. Winter oilseed rape yield depending on foliar fertilization. Acta Scient. Polon. Agric. 2020b, 19, 11–20.
Sikorska, A.; Gugała, M.; Zarzecka, K. The response of different kinds of rapeseed cultivars to foliar application of nitrogen, sulphur and boron. Sci. Rep. 2021, 11, 21102.
Sikorska, A.; Gugała, M.; Zarzecka, K.; Domański, Ł.; Mystkowska, I. Morphological features of winter rape cultivars depending on the applied growth stimulators. Agriculture 2022, 12, 1747.
Sikorska, A.; Gugała, M.; Zarzecka, K.; Domański, Ł. Effect of organic and inorganic stimulants on the content of glucosinolates in winter rape seed. J. Elementol. 2023a, 28, 189–198.
Sikorska, A; Gugała, M.; Zarzecka, K, Mystkowska, I.; Ginter, A.; Fidura, P.; Pristavka, M. Biometric characteristics of winter rape plants (*Brassica napus* L.) before harvest in the soil and climatic conditions of north-eastern Poland. PLOS One 2023b, 18, e0289947
Sikorska, A.; Gugała, M.; Zarzecka, K.; Domański, Ł. The effect of microorganisms and inorganic preparations applied into the soil and leaves on the yield of winter rape (*Brassica napus* L.). J. Ecol. Eng. 2024, 25 1010–1019.
So, K.K.; Duncan, R.W. Breeding canola (*Brassica napus* L.) for protein in feed and food. Plants, 2021, 10, 2220.
Sokólski, M.; Jankowski, K.J.; Załuski, D.; Szatkowski, A. Productivity, energy and economic balance in the production of different cultivars of winter oilseed rape. A case study in north-eastern Poland. Agronomy 2020, 10, 508.
Spasibionek, S.; Mikołajczyk, K.; Ćwiek–Kupczyńska, H.; Piętka, T.; Krótka, K.; Matuszczak, M.; Nowakowska, J.; Michalski, K.; Bartkowiak-Broda, I. Marker assisted selection of new high oleic and low linolenic winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) inbred lines revealing good agricultural value. PloS One 2020, 15, e0233959.
Springer, B.; Mikołajczyk, S.; Świątek, P. Zastosowanie kultur in vitro izolowanych zarodków w krzyżowaniach oddalonych rzepaku (*Brassica napus* L.) z wybranymi żółtonasiennymi gatunkami *Brassica*. Rośliny Oleiste-Oilseed Crops 2007, 28, 55–66.
Spychaj-Fabisiak, E.; Murawska, B.; Pacholczyk, L. Values of quality traits of oilseed rape seeds depending on the fertilisation and plant density. J. Elementol. 2011, 16, 115–124.
Stahl, A.; Pfeifer, M.; Frisch, M.; Wittkop, B.; Snowdon, R.J. Recent genetic gains in nitrogen use efficiency in oilseed rape. Front. Plant Sci. 2017, 8, 963.
Stahl, A.; Vollrath, P.; Samans, B.; Frisch, M.; Wittkop, B.; Snowdon, R.J. Effect of breeding on nitrogen use efficiency-associated traits in oilseed rape. J. Exp. Bot. 2019, 70, 1969–1986.
Stefansson, B.R.; Hougen, F.W.; Downey, R.K. Note on the isolation of rape plants with seed oil free from erucic acid. Can. J. Plant Sci. 1961, 41, 218–219.
Svanes, E.; Waalen, W.; Uhlen, A.K. Environmental impacts of rapeseed and turnip rapeseed grown in Norway, rape oil and press cake. Sustainability 2020, 12, 10.
Szała, L.; Kaczmarek, Z.; Matuszczak, M.; Cegielska-Taras, T. Genetic variability in a population of oilseed rape DH lines developed from F1 hybrids of a cross between black-and yellow-seeded DH lines. II. seed quality. Agriculture 2022, 12, 340–407.
Śmiatacz K. Wzrost, rozwój i plonowanie różnych typów odmian rzepaku ozimego w zależności od terminu i gęstości siewu. (Rozprawa doktorska), Wydział Rolnictwa i Bioinżynierii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 2013.
Święcicki, W.K.; Surma, M.; Koziara, W.; Skrzypczak, G.; Szukała, J.; Bartkowiak-Broda, I.; Zimny, J.; Banaszak, Z.; Marciniak, K. Nowoczesne technologie w produkcji roślinnej – przyjazne dla człowieka i środowiska. Pol. J. Agron. 2011, 7, 102–112.
Tao, F.; Zhang, S.; Zhang, Z.; Rötter, R.P. Maize growing duration was prolonged across China in the past three decades under the combined effects of temperature, agronomic management, and cultivar shift. Glob. Change Biol. 2014, 20, 3686–3699.
Taylor, A.J.; Smith. C.J. Effect of sowing date and seeding rate on yield and yield components of irrigated canola (*Brassica. napus* L.) grown on arid-brown earth in south eastern Australia. Aust. J. Agric. Res. 1992, 43, 1629–1641.
Tian, C.; Zhou, X.; Fahmy, A.E.; Ding, Z.; Zhran, M.A.; Liu, Q.; Eissa, M.A. Balanced fertilization under different plant densities for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on paddy soils in Southern China. Ind. Crops Prod. 2020a, 151, 112413.
Tian, C.; Zhou, X.; Liu, Q.; Peng, J.; Zhang, Z.; Song, H.; Ding, Z.; Zhran, M.A.; Eissa, M.A.; Kheir, A.M.; Fahmy, A.E.; Abou-Elwafa, S.F. Increasing yield, quality and profitability of winter oilseed rape (*Brassica napus*) under combinations of nutrient levels in fertiliser and planting density. Crop Pasture Sci. 2020b, 71, 1010–1019.

TIBCO Software Inc. 2017. Statistica (data Analysis Software System), version 13.
Tobiasz-Salach, R. Rapeseed, its modifications and the danger of dissemination in the natural environment. Acta Sci. Polon. Agric. 2021, 20, 71–80.
Tommasini, L.; Batley, J.; Arnold, G.M.; Cooke, R.J.; Donini, P.; Lee, D.; Law, J.R.; Lowe, C.; Moule, C.; Trick, M.; Edwards, K.J. The development of multiplex simple sequence repeat (SSR) markers to complement distinctness, uniformity, and stability testing of rape (*Brassica napus* L.) varieties. Theor. Appl. Genet. 2003, 106, 1091–1101.
Toosi, A.F. Measuring of yield and yield components of winter rapeseed varieties on different planting dates. Sci. Papers-Series A, Agron. 2015, 58, 195–197.
Trnka, M.; Rötter, R.P.; Ruiz-Ramos, M.; Kersebaum, K.C.; Olesen, J.E.; Žalud, Z.; Semenov, M.A. Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. Nature Climate Change 2014, 4, 637–643.
Turhan, H.; Gül, M.K.; Egesel, C.Ö.; Kahriman, F. Effect of sowing time on grain yield, oil content, and fatty acids in rapeseed (*Brassica napus subsp. oleifera*). Tur. J. Agric. For. 2011, 35, 225–234.
Uleberg, E.; Hanssen-Bauer, I.; van Oort, B.; Dalmannsdottir, S. Impact of climate change on agriculture in Northern Norway and potential strategies for adaptation. Clim. Change 2014, 122, 27–39.
USDA. World Agricultural Production; United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service: Washington, DC, USA, 2024. https://fas.usda.gov/data/world-agricultural-production-03082024 (dostępne online 20 Sierpnia 2024).
Uzun, B.; Zengin, U.; Furat, S.; Akdesir, O. Sowing date effects on growth, flowering, seed yield and oil content of canola cultivars. Asian J. Chem. 2009, 21, 1957–1965.
Valantin-Morison, M.; Meynard, J.M.; Doré, T. Effects of crop management and surrounding field environment on insect incidence in organic winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Crop Prot. 2007, 26, 1108–1120.
Velička, R.; Martsinkyavichené, A.; Raudonius, S.; Rimkevichené, M. Integrated evaluation of rape readiness for overwintering. Acta Agric. Scand. Sec. B-Soil Plant Sci. 2006, 56, 110–116.
Velička, R.; Anisimovienė, N.; Pupalienė, R.; Jankauskienė, J.; Butkevičienė, L.M.; Kriaučiūnienė, Z. Preparation of oilseed rape for over-wintering according to autumnal growth and cold acclimation. Zemdirb. Agric. 2010, 97, 69–76.
Velička, R.; Pupalienė, R.; Butkevičienė, L.M.; Kriaučiūnienė, Z. The influence of sowing date on winter rape over-wintering and yield in the middle Lithuania. J. Food, Agric. Environ. 2011, 9, 348–353.
Velička, R.; Pupalienė, R.; Butkevičienė, L.M. Peculiarities of overwintering of hybrid and conventional cultivars of winter rapeseed depending on the sowing date. Acta Sci. Pol. Agric. 2012, 11, 53–66.
Vick, B.A.; Jan, C.C.; Miller, J.F. Inheritance of reduced saturated fatty acid content in sunflower oil. Helia 2002, 25, 113–122.
Vincze, É. The effect of sowing date and plant density on yield elements of different winter oilseed rape (*Brassica napus var. napus f. biennis* L.) genotypes. J. Agric. Environ. Sci. 2017, 4, 21–25.
Vincze, É.; Pepó, P. The effect of sowing date and plant density of winter oilseed rape (*Brassica napus var. napus f. biennis* L.) population. Acta Agrar. Debr. 2018, 74, 213–215.
Vollmann, J.; Rajcan, I. Oilseed Rape. W: Vollmann, J.; Rajcan, I. (Ed.), Oil Crops; Springer: New York, USA; 2009, pp. 91–126.
Vujaković, M.; Marjanović-Jeromela, A.; Jovičić, D.; Lečić, N.; Marinković, R.; Jakovljević, N.; Mehandžić-Stanišić, S. Effect of plant density on seed quality and yield of oilseed. J. Process. Energy Agric. 2014, 18, 73–76.
Vujaković, M.; Marjanović-Jeromela, A.; Jovičić, D.; Marinković, R. Dependence of rapeseed quality and yield on density, variety and year of production. Field Veg. Crops Res. 2015, 52, 61–66.
Waalen, W.; Øvergaard, S.I.; Åssveen, M.; Eltun, R.; Gusta, L.V. Winter survival of winter rapeseed and winter turnip rapeseed in field trials, as explained by PPLS regression. Eur. J. Agron. 2013, 51, 81–90.
Wang, X.; Mathieu, A.; Courneède, P.H.; Allirand, J.M.; Jullien, A.; Reffye, P.; Zhang, B.G. Variability and regulation of the number of ovules, seeds and pods according to assimilate availability in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Field Crop Res. 2011, 122, 60–69.
Wang, J.; Yang, X.; Xu, H.; Chi, X.; Zhang, M.; Hou, X. Identification and characterization of microRNAs and their target genes in *Brassica oleracea*. Gene 2012, 505, 300–308.
Wang, L.; Mühling, K.H.; Schulte auf'm Erley, G. Nitrogen efficiency and leaf nitrogen remobilisation of oilseed rape lines and hybrids. Annal. Appl. Biol. 2016, 169, 125–133.
Wang, Z.; Wang, F.; Yu, Z.; Shi, X.; Zhou, X.; Wang, P.; Song, Y.; Hong, D.; Yang, G. Pyramiding of multiple genes generates rapeseed introgression lines with clubroot and herbicide resistance, high oleic acid content, and early maturity. Crop J. 2023, 11, 895–903.
Weiser, C.; Fuß, R.; Kage, H.; Flessa, H. Do farmers in Germany exploit the potential yield and nitrogen benefits from preceding oilseed rape in winter wheat cultivation?. Archives Agronomy Soil Sci. 2018, 64, 25–37.
Wenda-Piesik A.; Hoppe, S. Evaluation of hybrid and population cultivars on standard and high-input technology in winter oilseed rape. Acta Agric. Scand. Sect. B—Soil Plant Sci. 2018, 68, 678–689.
Whitfield, D.M. Effects of temperature and ageing on CO2 exchange of pods of oilseed rape (*Brassica napus*). Field Crops Res. 1992, 28, 271–280.

Wielebski, F. Reakcja różnych typów odmian rzepaku ozimego na zmienne zagęszczenie roślin w łanie. I. Plon nasion i jego składowe. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops 2007a, 28, 209–225.
Wielebski, F. Reakcja różnych typów odmian rzepaku ozimego na zmienne zagęszczenie roślin w łanie. II. Jakość plonu nasion. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops 2007b, 28, 227–235.
Wielebski, F. Reakcja rzepaku ozimego na nawożenie siarką w zależności od poziomu zaopatrzenia roślin w azot. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops 2012, 33, 245–272.
Wielebski, F. Response of different types of winter oilseed rape varieties to sowing date and to various plant density in the field (in Czech). W: Proc. Conference Agricultura-Scientia-Prosperitas, Praha, Czech Republic, 2014, pp. 48–52.
Wielebski, F.; Wójtowicz, M. Wpływ terminu i gęstości siewu oraz warunków pogodowych na plonowanie morfotypów rzepaku ozimego o tradycyjnym i półkarłowym typie wzrostu. Fragm. Agron. 2018a, 35, 129–141.
Wielebski, F.; Wójtowicz, M. Wpływ terminu i gęstości siewu oraz warunków pogodowych na jesienny wzrost i rozwój oraz przezimowanie morfotypów rzepaku ozimego o tradycyjnym i półkarłowym typie wzrostu. Fragm. Agron. 2018b, 35, 133–145.
Wielebski, F.; Wójtowicz, M.; Liersch, A. Response of new forms of winter oilseed rape with modified fatty acid composition to nitrogen and sulfur fertilization. J. Plant Nutri. 2022, 45, 2360–2379.
Wilczewski, E.; Harasimowicz-Hermann, G.; Lemańczyk, G. Effect of sowing method and density on the physical properties of the seed bed and oilseed rape yield. Agron. Res. 2020, 18, 628–639.
Wittkop, B.; Snowdon, R.J.; Friedt, W. Status and perspectives of breeding for enhanced yield and quality of oilseed crops for Europe. Euphytica 2009, 170, 131–140.
Wolko, J.; Dobrzycka, A.; Bocianowski, J.; Bartkowiak-Broda, I. Estimation of heterosis for yield-related traits for single cross and three-way cross hybrids of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Euphytica 2019, 215, 156.
Wood, T.J.; Michez, D.; Paxton, R.J.; Drossart, M.; Neumann, P.; Gerard, M.; Vanderplanck, M.; Barraud, B.M.; Leclercq, N.; Vereecken, N.J. Managed honey bees as a radar for wild bee decline? Apidologie 2020, 51, 1100–1116.
Worku, M.; Astatkie, T. Row and plant spacing effects on yield and yield components of soya bean varieties under hot humid tropical environment of Ethiopia. J. Agron. Crop. Sci. 2011, 197, 67–74.
Wójtowicz, M.; Wielebski, F. Wpływ podstawowych czynników agrotechnicznych na plonowanie i strukturę plonu mieszańców złożonych rzepaku ozimego. II. Reakcja odmian mieszańcowych złożonych rzepaku ozimego POH 495 i POH 595 na termin siewu i wiosenne nawożenie azotem. Rośliny Oleiste-Oilseed Crops 2001, 22, 381–396.
Wójtowicz, M.; Muśnicki Cz. Udział komponentów struktury w kształtowaniu plonu nasion podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego. Rocz. AR Poznań 2001a, 61, 105–122.
Wójtowicz, M.; Muśnicki, Cz. Zmienność i współzależność pomiędzy plonem nasion podwójnie ulepszonych odmian rzepaku ozimego a komponentami jego struktury. Rocz. AR Poznań, 2001b, 61, 123–137.
Wójtowicz, M.; Jajor, E.; Wójtowicz, A.; Korbas, M.; Wielebski, F. Effect of sowing density and nitrogen fertilization on growth and yield of winter oilseed rape. Fragm. Agron. 2017, 34, 130–141.
Wójtowicz, M.; Wójtowicz, A.; Jajor, E.; Korbas, M.; Wielebski, F. Effect of intensity of agronomic practices on the yield of two breeding types of winter oilseed rape cultivars. bioRxiv 2019, 1–29.
Wójtowicz, M.; Wójtowicz, A. The effect of climate change on linolenic fatty acid in oilseed rape. Agronomy 2020, 10, 2003.
Wójtowicz, M.; Wielebski, F.; Wójtowicz, A.; Jajor, E.; Korbas, M. Effect of fungicide treatment and nitrogen fertilization on the yield of two breeding types of winter oilseed rape cultivars. Emir. J. Food Agric. 2022, 35, 357–369.
Wrucke, D.F.; Talukder, Z.I.; Rahman, M. Genome-wide association study for frost tolerance in rapeseed/canola (*Brassica napus*) under simulating freezing conditions. Plant Breed. 2020, 139, 356–367.
Xiao, Z.; Pan, Y.; Wang, C.; Li, X.; Lu, Y.; Tian, Z.; Kuang, L.; Wang, X.; Dun, X.; Wang, H. Multi-functional development and utilization of rapeseed: Comprehensive analysis of the nutritional value of rapeseed sprouts. Foods 2022, 11, 778.
Xu, Z.H.; Luo, T.; Rao, N.; Yang, L.; Liu, J.H.; Zhang, C.N.; Hu, L.Y. High yield achieved by early-maturing rapeseed with high light energy and temperature production efficiencies under ideal planting density. Crop Sci. 2018, 59, 351–62.
Yadav, Y.; Khichar, M. L.; Bishnoi, O. P.; Niwas, R. M. Effect of sowing dates on energy balance and yield in raya (*Brassica juncea*). Ind. J. Agric. Res. 2011, 21, 118–120.
Yadava, D.K.; Vasudev, S.; Singh, N.; Mohapatra, T.; Prabhu, K.V. Breeding major oil crops: present status and future research needs. W: Technological innovations in major world Oil Crops, Volume 1, Breeding, Springer, New York, USA, 13, 2012, pp. 405.
Zając, T.; Oleksy, A.; Stokłosa, A.; Klimek-Kopyra, A. 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. 2011, 84, 183–191.

Zając, T.; Klimek-Kopyra, A.; Oleksy, A.; Lorenc-Kozik, A.; Ratajczak, K. Analysis of yield and plant traits of oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivated in temperate region in light of the possibilities of sowing in arid areas. Acta Agrobot. 2016, 69, 1–13.

Zali, H.; Sofalian, O.; Hasanloo, T.; Asghari, A. AMMI and GGE biplot analysis of yield stability and drought tolerance in *Brassica napus* L. Agric. Commun. 2016, 4, 1–8.

Zand, E.; Beckie, H.J. 2002. Competitive ability of hybrid and open-pollinated canola (*Brassica napus*) with wild oat (*Avena fatua*). Can. J. Plant Sci. 2002, 82, 473–480.

Zhang, S.; Liao, X.; Zhang, C.; Xu, H. Influences of plant density on the seed yield and oil content of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Ind. Crop. Prod. 2012, 40, 27–32.

Zhao, C.; Liu, B.; Piao, S.; Wang, X.; Lobell, D.B.; Huang, Y.; Huang, M.; Yao, Y.; Bassu, S.; Ciais, P.; Durand, J.L.; Elliott, J.; Ewart, F.; Janssens, I.A.; Li, T.; Liu, Q.; Martre, P.; Muller, C.; Peng, A.; Penuelas, J.; Ruane, A.; Wallach, D.; Wang, T.; Wu., D.; Liu, Z.; Zhu, Y.; Zhu, Z.; Asseng, S. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2017, 114, 9326–9331.

Zhao, J.; Bindi, M.; Eitzinger, J.; Ferrise, R.; Gaile, Z.; Gobin, A.; Holzkämper, A.; Kersebaum, K.C.; Kozyra, J.; Kriaučiūnienė, Z.; Loit, E.; Nejedlik, P.; Nendel, C.; Niinemets, U.; Palosuo, T.; Palosuo, T.;Peltonen-Sainio, P.; Potopová, V.; Ruiz-Ramos, M.; Reidsma, P.; Rijk, B.; Olesen, J.E. Priority for climate adaptation measures in european crop production systems. Eur. J. Agron. 2022, 138, 126516.

Zheng, M.; Terzaghi, W.; Wang, H.; Hua, W. Integrated strategies for increasing rapeseed yield. Trends Plant Sci. 2022, 27, 742–745.

Zukalová, H.; Bečka, D.; Cihlář, P.; Mikšík, V.; Vašák, J. Quality of three types of winter rapeseed varieties. Prosperující olejniny 2014, 1, 93–97.