

Tadeusz Zając¹, Andrzej Oleksy¹, Bogdan Kulig¹, Norbert Styrac², Kazimierz Pyziak³

¹ Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Instytut Produkcji Roślinnej

² Stacja Oceny Odmian w Pawłowicach, ³ Stacja Oceny Odmian w Głubczycach

Autor korespondencyjny – A. Oleksy, e-mail: rroleksy@cyf-kr.edu.pl

DOI: 10.5604/12338273.1083022

Porównanie potencjału plonowania roślin oraz wpływu wysokości cięcia ładu na kształtowanie się wskaźnika plonowania odmian rzepaku ozimego*

Comparison of crop yield potential
and the impact of cutting height of canopy on the formation
of harvest index of cultivars of winter oilseed rape

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, miejscowości, odmiana, plonowanie, wskaźnik plonowania, wysokość cięcia, biomasa ścierni

Streszczenie

W latach 2010–2012 przeprowadzono dwie serie ścisłych doświadczeń polowych w trzech miejscowościach Polski południowej, w których oceniono plonowanie i wartość wskaźnika plonowania dwóch odmian mieszańcowych rzepaku: Adam i Poznaniak. Zastosowano symulację wysokości koszenia ładu roślin na następującej wysokości: 20, 40 i 60 cm. Zmierzono masę i średnicę odcinków dolnej części łodygi, które pozostały na polu w formie ścierni. Potencjał produkcyjny ładu rzepaku ozimego był wyższy w części zachodniej kraju – Głubczyce. Nowe odmiany mieszańcowe plonowały na podobnym poziomie. Wyżej plonowała odm. Adam w wyniku nieco większego zagęszczenia roślin, a także większej liczby nasion w łuszczyńce. Miała również lepszy wskaźnik plonowania. Podwyższenie cięcia roślin w czasie zbioru rzepaku ozimego optymalizowało wskaźnik plonowania u obydwu odmian. Podniesienie cięcia roślin rzepaku ozimego do 60 cm poprawiało wartości wskaźnika plonowania ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) odpowiednio o 0,079 (Adam) i 0,070 (Poznaniak). Wyższe straty powietrznie suchej biomasy ścierni rzepaku ozimego w sezonie wegetacji 2011/2012, wynoszące $4,03 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, stwierdzono przy wysokości cięcia na 60 cm.

Key words: winter oilseed rape, localities, cultivar, yield, harvest index, cutting height, stubble biomass

Abstract

In the years 2010–2012 two series of field experiments have been carried out in three southern Polish localities where the yield and value of the harvest index of two hybrid cultivars of winter

* Praca została wykonana ze środków finansowych Narodowego Centrum Nauki, przyznanych na realizację projektu badawczego NN 310 169139.

oilseed rape Adam and Poznaniak were evaluated. The applied simulation used the canopy cutting height at 20, 40 and 60 cm. The mass and diameter of the lower part of the stem segments that have remained in the field in the form of stubble were assessed. Production potential of winter oilseed rape canopy was higher in the western part of the country – Głubczyce. New hybrid cultivars yielded at a similar level. The cv Adam yielded higher due to a slightly larger plant density and greater number of seeds per silique and also had a higher rate of harvest index. Increasing plant cutting during harvest of winter oilseed rape optimize the rate harvest index in both cultivars. Increasing of cutting winter oilseed rape to 60 cm improved values of harvest index ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), respectively 0.079 (Adam) and 0.070 (Poznaniak). Higher losses of dry biomass of winter oilseed rape stubble, growing in season 2011/2012, and amounting to $4.03\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ was found at the cutting height of 60 cm.

Wstęp

Systematyczny wzrost plonowania rzepaku ozimego jest skutkiem wprowadzania do uprawy plenniejszych odmian, wcześniej populacyjnych, a obecnie głównie mieszańcowych (Arseniuk i Oleksiak 2012). Nowo wprowadzone odmiany mieszańcowe rzepaku ozimego plonują coraz wyżej, co jest wynikiem postępu hodowlanego (Liersch i in. 2004, Bartkowiak-Broda 2012). Obserwowanym skutkiem produkcyjnym wdrożenia do uprawy odmian mieszańcowych, z równoczesnym doskonaleniem agrotechniki tego gatunku, są rosnące plony nasion, uzyskiwane w doświadczeniach i praktyce produkcyjnej (Jankowski 2007). Rekordowe plonowanie mieszańcowych odmian rzepaku ozimego zarejestrowano w ścisłych doświadczeniach polowych (Jankowski i Budzyński 2007; Wielebski 2007). W latach sprzyjających dobremu plonowaniu formy ozimej tego gatunku, uzyskiwano w kraju znaczący przyrost zbioru nasion, w następstwie którego z roku na rok zwiększał się areal zasiewów, zwłaszcza w zachodniej części kraju (Rosiak 2012). Istnieje jednak i często ujawnia się zróżnicowana reakcja genotypowo-środowiskowa odmian rzepaku ozimego na warunki glebowo-klimatyczne miejsca i roku uprawy wykazana przez Kaczmarka i in. (2003). Wykazana interakcja genotypów ze środowiskiem wskazuje na celowość określania produktywności nowych odmian mieszańcowych rzepaku jako wiodącej rośliny oleistej w kilku miejscowościach, ponieważ na plonowanie najsilniej oddziałują warunki atmosferyczne panujące w okresie wegetacji.

Zaproponowany przez Donalda i Hamblina (1976) wskaźnik plonowania jest szeroko wykorzystywany w hodowli i uprawie roślin rolniczych, głównie jednak zbożowych. Na tle roślin zbożowych, dane dla rzepaku odnoszące się do kształtowania się tego współczynnika (ang. harvest index) należy ocenić jako wyjątkowo nieliczne. Diepenbrock (2000) podaje, że wartość współczynnika plonowania w przedziale 0,25–0,3 jest tożsama dla plonu suchej masy nadziemnych części łanu rzepaku w wysokości $20\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, któremu towarzyszy plon nasion na poziomie $5\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Huehn (1993) w warunkach północnych Niemiec (Szlezwig-Holsztyn) oszacował dla 10 odmian i rodów rzepaku ozimego zakres wskaźnika plonowania

od 0,22 do 0,34, a indywidualne fluktuacje (poletka) plasowały się w szerszych granicach, od 0,16 do 0,41. Scott i in. (1999) określili dla warunków środkowej Anglii ten wskaźnik dla odm. Capricorn w przedziale 0,26–0,3. Dla warunków południowej Polski wartości wskaźnika plonowania łąnu rzepaku ozimego odm. Adam i Poznaniak wyniosły odpowiednio: 0,41 i 0,39 (Zajac i in. 2013). W oparciu o przedstawione dane z literatury należy stwierdzić, że dotychczas sporadycznie określano wskaźnik plonowania rzepaku ozimego. Można także z dużym prawdopodobieństwem rokować, że dawniejsze dane odnoszą się do wskaźnika plonowania, oszacowanego w większości przypadków dla odmian populacyjnych. Na podstawie logicznej dedukcji uzasadniona jest hipoteza, że wartość wskaźnika plonowania dla nowych odmian mieszańcowych rzepaku ozimego może być wyższa, a w dodatku ten parametr można również optymalizować (w pewnym zakresie) poprzez zwiększenie wysokości cięcia roślin w czasie zbioru kombajnem. Z drugiej strony słoma rzepakowa ma współcześnie znaczenie jako ściółka w hodowli krów mlecznych, dlatego spotykana jest też opcja zbioru rzepaku, z niską wysokością koszenia łąnu (Sikora 2013).

Celem poznawczym podjętych badań było oszacowanie wskaźnika plonowania łąnu odmian mieszańcowych rzepaku ozimego i biomasy ścierny w zależności od przyjętej wysokości cięcia roślin w czasie zbioru. W niniejszych badaniach zasięg porównań poszerzono o potencjał produkcyjny pojedynczej rośliny i zbiorowości, czyli łąnu.

Material, metody, teren i warunki badań

W dwóch sezonach wegetacji rzepaku ozimego, w latach 2010/2011 i 2011/2012, prowadzono ściśle doświadczenia polowe w trzech miejscowościach południowej Polski: Głubczyce (17°50'E 50°12'N) – Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w woj. opolskim, Pawłowice (18°31'E 50°28'N) – Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w woj. śląskim, Prusy (20°05'E 50°07'N) – Stacja Doświadczalna Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie w woj. małopolskim. Dobór lokalizacji miejscowości miał na celu określenie potencjału produkcyjnego dwóch odmian mieszańcowych (F₁) rzepaku ozimego: Adam hodowli Deutsche Saatveredelung AG i Poznaniak Hodowli Roślin Strzelce sp. z o.o. Grupa IHAR, w warunkach południowej Polski. W Głubczycach i Prusach doświadczenie założono na zdegradowanym czarnoziemie, położonym na lessie, natomiast w Pawłowicach na glebie płowej, wytworzonej z gliny zwałowej. Zasobność gleby w podstawowe makroelementy: P, K i Mg, dawki nawozów, środki ochrony i inne dane agrotechniczne przedstawiono w tabeli 1. Nasiona odmian rzepaku ozimego w sezonach wegetacji 2010/2011 i 2011/2012 wysiano odpowiednio w ilości 60 i 50 sztuk na 1 m². Rozstaw rzędów w Głubczycach i Pawłowicach wynosił 30 cm, a w Prusach 28 cm.

Tabela 1

Podstawowe dane agrotechniczne dla lokalizacji doświadczeń — *Basic agro-technical data for localities of experiments*

| Wyszczególnienie <i>Specification</i> | Miejscowość — <i>Locality</i> | | | | | | | |
|--|---|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|----------------------------------|
| | Głubczyce | | Pawłowice | | Prusy | | | |
| | 2010/2011 | 2011/2012 | 2010/2011 | 2011/2012 | 2010/2011 | 2011/2012 | 2010/2011 | 2011/2012 |
| Przedplon <i>Forecrop</i> | jęczmień jary <i>spring barley</i> | pszenica ozima <i>winter wheat</i> | pszenica ozima <i>winter wheat</i> | pszenica ozima <i>winter wheat</i> | pszenica ozima <i>winter wheat</i> | pszenica ozima <i>winter wheat</i> | pszenica ozima <i>winter wheat</i> | owies <i>oat</i> |
| Termin siewu <i>Sowing date</i> | 04.09.2010 | 29.08.2011 | 04.09.2010 | 23.08.2011 | 26.08.2010 | 29.08.2011 | 26.08.2010 | 29.08.2011 |
| Początek kwitnienia <i>Beginning of flowering</i> | 30.04.2011 | 24.04.2012 | 28.04.2011 | 24.04.2012 | 02.05.2011 | 29.04.2012 | 02.05.2011 | 29.04.2012 |
| Koniec kwitnienia <i>End of flowering</i> | 28.05.2011 | 22.05.2012 | 24.05.2011 | 15.05.2012 | 30.05.2011 | 20.05.2012 | 30.05.2011 | 20.05.2012 |
| Termin zbioru <i>Harvest date</i> | 19.07.2011 | 20.07.2012 | 29.07.2011 | 13.07.2012 | 02.08.2011 | 19.07.2012 | 02.08.2011 | 19.07.2012 |
| Poziom nawożenia N; P; K; S [kg·ha ⁻¹] <i>Level of fertilizers N; P; K; S</i> | 218; 67,5; 142,5; 42,3 | 210; 75; 150; 35 | 217,5; 54; 114; 54 | 172; 36; 136; 84 | 200; 100; 181; 70 | 200; 100; 181; 70 | 200; 100; 181; 70 | 200; 100; 181; 70 |
| P ₂ O ₅ | 25,0 bardzo wysoka <i>very high</i> | 25,3 bardzo wysoka <i>very high</i> | 19,2 wysoka <i>high</i> | 19,9 wysoka <i>high</i> | 14,6 średnia <i>medium</i> | 13,8 średnia <i>medium</i> | 14,6 średnia <i>medium</i> | 13,8 średnia <i>medium</i> |
| K ₂ O | 19,4 średnia <i>medium</i> | 30 wysoka <i>high</i> | 20,7 średnia <i>medium</i> | 14,8 niska <i>low</i> | 13,5 niska <i>low</i> | 12,5 niska <i>low</i> | 13,5 niska <i>low</i> | 12,5 niska <i>low</i> |
| Mg | 15,3 bardzo wysoka <i>very high</i> | 12,8 wysoka <i>high</i> | 11,5 wysoka <i>high</i> | 11,7 wysoka <i>high</i> | 14,2 bardzo wysoka <i>very high</i> | 13,8 wysoka <i>high</i> | 14,2 bardzo wysoka <i>very high</i> | 13,8 wysoka <i>high</i> |
| pH | 6,5 | 6,36 | 6,27 | 6,11 | 6,19 | 6,11 | 6,19 | 6,11 |
| | słabo kwaśny — <i>slightly acid</i> | | | | | | | |

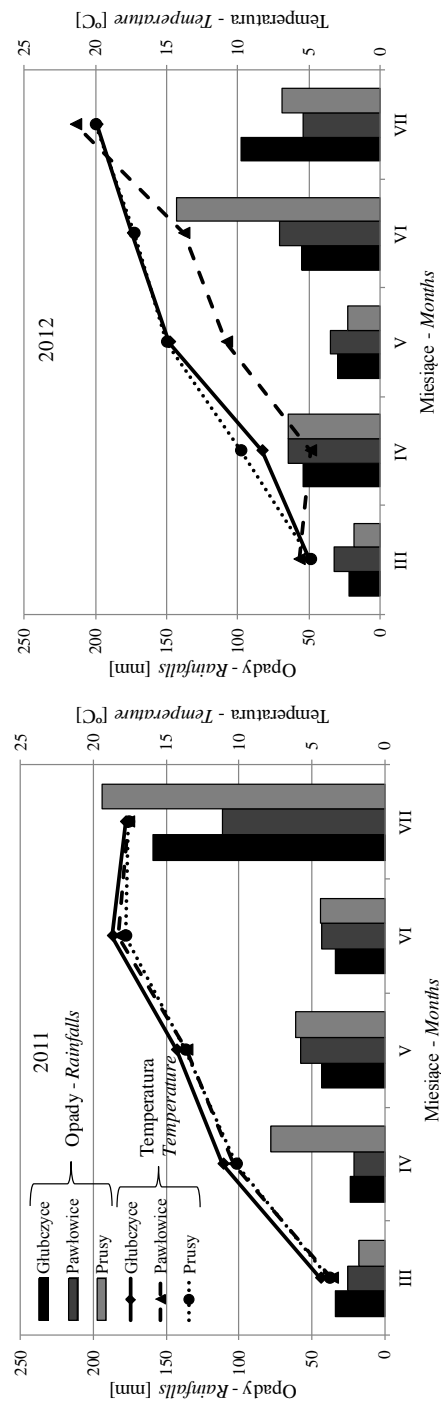
| Wyszczególnienie Specification | Miejscowość — Locality | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|---|
| | Głubczyce | | Pawłowice | | Prusy | |
| | 2010/2011 | 2011/2012 | 2010/2011 | 2011/2012 | 2010/2011 | 2011/2012 |
| Herbicydy (termin oprysku) Herbicides (dates of spraying) | Butisan Star 416 SC – 2,5 l·ha ⁻¹ (2.09.11) Agil 100 EC – 0,8 l·ha ⁻¹ (29.09.11) Kerb 50 WP – 1,0 l·ha ⁻¹ (20.10.11) Lontrel 300 SL – 0,15 l·ha ⁻¹ (20.10.11) | Butisan Star 416 SC – 2,5 l·ha ⁻¹ (2.09.11) Agil 100 EC – 0,8 l·ha ⁻¹ (29.09.11) Kerb 50 WP – 1,0 l·ha ⁻¹ (20.10.11) Lontrel 300 SL – 0,15 l·ha ⁻¹ (20.10.11) | Butisan Star 416 SC – 3,0 l·ha ⁻¹ (4.09.10) | Butisan Star 416 SC – 3,0 l·ha ⁻¹ (24.08.11) | Butisan Star 416 SC – 3,0 l·ha ⁻¹ (4.10.10) Fusilade Forte 150 EC – 0,8 l·ha ⁻¹ (4.10.10) Galera 334 SL – 0,35 l·ha ⁻¹ (15.04.11) | Butisan Star 416 SC – 3,0 l·ha ⁻¹ (2.09.11) Fusilade Forte 150 EC – 1,7 l·ha ⁻¹ (12.09.11) Targa Super 05 EC – 2,0 l·ha ⁻¹ (12.04.12) |
| | Dursban 480 EC – 0,75 l·ha ⁻¹ (22.09.10) Decis 2.5 EC – 0,25 l·ha ⁻¹ (22.09.10) Decis 2.5 EC – 0,3 l·ha ⁻¹ (4.04.11) Dursban 480 EC – 0,6 l·ha ⁻¹ (16.04.11) Karate Zeon 050 CS – 0,15 l·ha ⁻¹ (9.05.11) | Danadim 400 EC – 0,5 l·ha ⁻¹ (28.09.11) Proteus 110 OD – 0,5 l·ha ⁻¹ (21.03.12) + 20.04.12 Fosforek cynku (rodentycydy) (16.03.12) + 23.03.12 | Fury 100 EW – 0,1 l·ha ⁻¹ (8.10.10) Mospilan 20 SP – 0,1 kg·ha ⁻¹ (22.04.11) Patriot 100 EC – 0,08 l·ha ⁻¹ (28.03.11) | Proteus 110 OD – 0,6 l·ha ⁻¹ (23.03.12) Mospilan 20 SP – 0,1 kg·ha ⁻¹ (18.04.12) Fastac 100 EC – 0,1 l·ha ⁻¹ (25.04.12) | Caramba 60 SL + Talstar 100 EC – 1,25 + 0,1 l·ha ⁻¹ (19.04.11) Talstar 100 EC – 0,1 l·ha ⁻¹ (29.04.11) Mospilan 20 SP – 0,1 kg·ha ⁻¹ (18.05.11) | Decis 2.5 EC – 0,25 l·ha ⁻¹ (13.04.12) + 23.04.12 + 27.04.12) Mospilan 20 SP – 0,12 kg·ha ⁻¹ (17.05.11) |
| Desykant (termin oprysku) Desiccant (dates of spraying) | Reglone 200 SL – 2,5 l·ha ⁻¹ (13.07.11) | | – | | Basta 150 SL – 2,5 l·ha ⁻¹ (15.07.11) | |

W fazie dojrzałości technicznej rzepaku określono liczbę roślin na jednostce powierzchni, licząc wszystkie rośliny rzepaku w dwóch sąsiednich rzędach na długości 2 m w środkowej części każdego poletka. Rośliny ścinano sekatorem tuż przy poziomie gleby. Następnie określono ich wysokość, liczbę rozgałęzień bocznych I rzędu i liczbę łuszczyń. Rośliny po zebraniu z pola suszono w przewiewnym miejscu przez miesiąc. Wysuszone do powietrznie suchej masy rośliny rzepaku zważono, po czym odcinano 20 cm odcinki pędu głównego i bocznych, symulując cięcie łań w trakcie zbioru kombajnowego. Cięcia dolnych odcinków pędu głównego i bocznych roślin rzepaku dokonano na wysokości: 20, 40 i 60 cm. Uzyskane odcinki pędów roślin indywidualnie wazono, a średnicę mierzono suwmiarką elektroniczną firmy Yato®. Następnie pobierano z każdego pędu – głównego i bocznych – po trzy łuszczyńy, wybierając je z dolnej, środkowej i górnej części każdego grona owocującego, wykorzystując procedurę opisaną w pracy Zajac i in. (2012). Indywidualnie w każdej łuszczyńie oznaczono liczbę i masę nasion. Bezpośrednio po zbiorze, w nasionach rzepaku z każdego poletka oznaczono zawartość wody w dwóch próbach nasion po 100 g każda przy pomocy wilgotnościomierza firmy Asonik®. W 0,2 kg próbach nasion oznaczono udział zanieczyszczeń organicznych. W próbie nasion z każdego poletka oznaczono zawartość tłuszczu przy pomocy analizatora próbek w bliskiej podczerwieni firmy Foss®. Uzyskane dane poddano analizie statystycznej, wykorzystując do tego celu pakiet Statistica®. Istotność różnic określono testem Tuckeya.

Wyniki

W porównywanych sezonach wegetacji przezimowanie rzepaku ozimego było dobre, dlatego nie zanotowano strat w obsadzie roślin, ocenionej na początku wznowienia wiosennej wegetacji. Suma opadów atmosferycznych w czasie wiosenno-letniej wegetacji rzepaku ozimego była zróżnicowana zarówno pomiędzy sezonami prowadzenia badań, jak i miejscowościami. W pierwszym sezonie badań notowano bardzo wysokie opady w lipcu oraz znacznie wyższe kwietniowe opady w Prusach w porównaniu do Głubczyc i Pawłowic. W drugim cyklu badań odnotowano znacznie większe opady czerwcowe w Prusach w porównaniu do pozostałych lokalizacji badań (rys. 1). Temperatury powietrza w kolejnych miesiącach sezonu 2010/11 były podobne w ocenianych miejscowościach. W drugim sezonie wegetacji – 2011/12, wiosną chłodniej było w miejscowości Pawłowice.

Z danych zamieszczonych w tabeli 2, wynika, że obsadę roślin odmian rzepaku ozimego nie różnicowały istotnie właściwości rolnicze tych kreacji hodowlanych. Również obsada roślin w miejscowościach nie różniła się istotnie. Istotne różnice w zagęszczeniu roślin obserwowano w latach prowadzenia doświadczenia, co było wynikiem obniżonej ilości wysiewu z 60 do 50 na 1 m² w drugim cyklu doświadczenia. Analizowane czynniki doświadczenia nie wpłynęły istotnie na liczbę



Rys. 1. Przebieg warunków agroklimatycznych w dwóch wiosennych sezonach wegetacji rzepaku ozimego w miejscowościach południowej Polski — *Agro-climatic conditions in the two growing seasons of winter oilseed rape in the southern Polish localities*

Tabela 2
 Porównanie elementów struktury plonu nasion odmian rzepaku ozimego oraz zawartości tłuszczu w nasionach w zależności od miejscowości i sezonu wegetacji — *Comparison of yield components of winter oilseed rape seed and seed oil content, depending on the localities and the vegetation period*

| Wyszczególnienie <i>Specification</i> | Odmiana <i>Cultivar</i> | | NIR _{0,05} <i>LSD_{0,05}</i> | Miejscowości <i>Localities</i> | | | NIR _{0,05} <i>LSD_{0,05}</i> | Okresy wegetacji <i>Vegetation period</i> | | NIR _{0,05} <i>LSD_{0,05}</i> |
|--|----------------------------|-------|--|-----------------------------------|-------|-------|--|--|---------|--|
| | *Ada | Poz | | **Glu | Paw | Pru | | 2010/11 | 2011/12 | |
| Obsada roślin <i>Number of plants per m²</i> | 39,6 | 36,4 | r.n. | 38,8 | 38,3 | 36,9 | r.n. | 40,1 | 35,9 | 3,94 |
| Liczba łuszczyń na roślinie <i>Number of siliques per plant</i> | 183,8 | 198,6 | r.n. | 225,1 | 185,3 | 163,3 | r.n. | 173,8 | 208,7 | r.n. |
| Liczba nasion w łuszczyńie <i>Number of seeds per silique</i> | 25,3 | 22,0 | 1,02 | 23,8 | 24,2 | 22,9 | r.n. | 23,1 | 24,1 | r.n. |
| Masa 1000 nasion <i>Weight of 1000 seeds [g]</i> | 4,45 | 5,02 | 0,159 | 4,07 | 5,40 | 4,72 | 0,178 | 4,61 | 4,85 | 0,164 |
| Plon nasion <i>Seed yield [dt·ha⁻¹]</i> | 49,9 | 47,5 | r.n. | 61,7 | 49,0 | 35,4 | 3,64 | 47,8 | 49,5 | r.n. |
| Zawartość tłuszczu <i>Seed oil content [g·kg⁻¹]</i> | 345,9 | 357,5 | r.n. | 333,0 | 357,7 | 364,3 | 22,67 | 345,0 | 358,4 | r.n. |

* Ada – cv Adam, Poz – cv Poznaniak

** Glu – Głubczyce, Paw – Pawłowice, Pru – Prusy

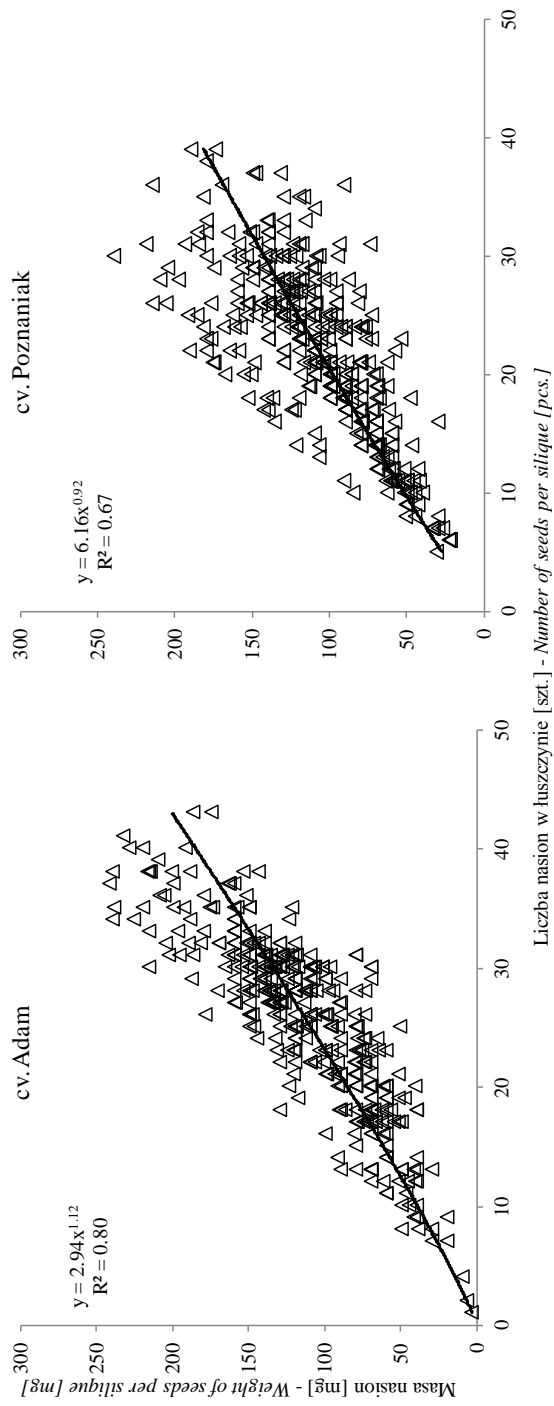
r.n. – różnica nieistotna — *difference insignificant*

łuszczyn wykształconych na pojedynczej roślinie rzepaku. Porównywane odmiany różniły się istotnie liczbą nasion w łuszczynie. Więcej nasion zawierały owoce odm. Adam w porównaniu z odm. Poznaniak. Miejscowości i sezony wegetacji nie różnicowały ilości nasion w łuszczynie. Odmiany charakteryzowały się różną masą 1000 nasion. Nasiona odm. Poznaniak miały większą masę, co do pewnego stopnia wynika ze zjawiska kompensacji, ponieważ ta odmiana w owocach wykształcała ich mniejszą liczbę w porównaniu do odm. Adam. Również miejscowości i sezony wegetacji wpłynęły istotnie na masę 1000 nasion rzepaku. Plonowanie rzepaku było wysokie. Nie obserwowano istotnego zróżnicowania plonów pomiędzy odmianami. Duże zróżnicowanie plonu nasion wystąpiło w miejscowościach. Bardzo wysokie plony nasion obydwu odmian rzepaku ozimego uzyskano w Głubczycach, wysokie w Pawłowicach, a średnie w Prusach. Jednak przy wysokich plonach nasion w miejscowości Głubczyce, zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego zmniejszyła się.

Na rysunku 2 przedstawiono współzależności pomiędzy masą nasion z 1 łuszczyny poszczególnych odmian rzepaku a liczbą nasion występujących w tych owocach. Odmiana Adam, zawierająca więcej nasion w łuszczynie, odznaczała się większą współliniowością tych cech, o czym informuje wartość współczynnika R^2 (rys. 2). Powiązanie tych cech u odm. Poznaniak, charakteryzującej się mniejszą liczbą nasion o większej masie, było słabsze (0,67).

Wartość wskaźnika plonowania (ang. harvest index — HI) na ogół nie była silnie zróżnicowana w obrębie porównywanych czynników (tab. 3). Zwłaszcza różnice pomiędzy odmianami były nieistotne przy wszystkich wysokościach cięcia. Oszacowane wartości tego wskaźnika ilorazowego w odniesieniu do nowych odmian mieszańcowych rzepaku ozimego, należy ocenić jako interesujące. Wskaźnik plonowania dla całych roślin odmian Adam i Poznaniak wyniósł odpowiednio: 0,387 i 0,364. Podwyższanie wysokości cięcia roślin w czasie zbioru z 0 do 60 cm poprawiało wartość wskaźnika plonowania u obydwu odmian, odpowiednio o 0,079 (Adam) i 0,070 (Poznaniak). Jednak jedynie u odm. Adam zwiększanie wysokości cięcia roślin rzepaku ozimego spowodowało uzyskanie istotnych różnic wskaźnika plonowania.

Ciekawy układ wyników wskaźnika plonowania ujawnił się w odniesieniu do miejscowości. Wyższe rośliny rzepaku w Głubczycach odznaczały się największymi wartościami wskaźnika plonowania w porównaniu z niższymi roślinami badanych odmian w Prusach. Rośliny rzepaku w tej miejscowości były niskie, a zarazem dosyć masywne, co spowodowało uzyskanie gorszych wartości wskaźnika plonowania, jednak oszacowane różnice były statystycznie nieistotne. Podwyższenie wysokości cięcia roślin rzepaku ozimego w czasie zbioru z 0 do 60 cm zwiększyło wartość wskaźnika plonowania w Głubczycach, Pawłowicach i Prusach odpowiednio o: 0,073, 0,071 i 0,080. Taki układ wartości wskaźnika plonowania dowodzi, że adaptacja roślin odmian mieszańcowych rzepaku ozimego w danej



Rys. 2. Współzależność pomiędzy masą nasion z łuszczyńcy a ich liczbą w łuszczyńce — *The relationship between the weight of seeds from siliques and their number per silique*

Tabela 3
 Wpływ symulowanej wysokości cięcia roślin odmian rzepaku ozimego na zmiany wskaźnika plonowania [g·g⁻¹] w zależności od miejscowości i sezonów wegetacji — *Effects of simulated cutting-height of plantis cultivars of winter oilseed rape on the change of harvest index [g·g⁻¹], depending on the localities and the vegetation period*

| Wysokość cięcia roślin Cutting height of plants [cm] | Odmiana Cultivar | | NIR _{0,05} LSD _{0,05} | Miejscowości Localities | | | NIR _{0,05} LSD _{0,05} | Okresy wegetacji Vegetation period | | NIR _{0,05} LSD _{0,05} |
|--|---------------------|-------|--|----------------------------|-------|-------|--|---------------------------------------|---------|--|
| | *Ada | Poz | | **Glu | Paw | Pru | | 2010/11 | 2011/12 | |
| 0 – kontrola — control | 0,387 | 0,364 | r.n. | 0,391 | 0,387 | 0,347 | r.n. | 0,401 | 0,349 | 0,051 |
| 20 | 0,412 | 0,387 | r.n. | 0,415 | 0,410 | 0,374 | r.n. | 0,424 | 0,375 | r.n. |
| 40 | 0,438 | 0,411 | r.n. | 0,440 | 0,434 | 0,400 | r.n. | 0,448 | 0,400 | r.n. |
| 60 | 0,466 | 0,434 | r.n. | 0,464 | 0,458 | 0,427 | r.n. | 0,474 | 0,426 | r.n. |
| NIR _{0,05} LSD _{0,05} | 0,028 | r.n. | – | r.n. | r.n. | r.n. | – | 0,029 | r.n. | – |

* Ada – cv Adam, Poz – cv Poznaniak

** Glu – Głubczyce, Paw – Pawłowice, Pru – Prusy

r.n. – różnica nieistotna — *difference insignificant*

miejsowości nie zmienia istotnie wartości wskaźnika plonowania. Można stwierdzić, że systematyczne zwiększanie wysokości cięcia roślin rzepaku ozimego prowadziło do optymalizacji wskaźnika plonowania ładu. We wszystkich miejscowościach cięcie roślin rzepaku ozimego na wysokości 60 cm poprawiało wartości wskaźnika plonowania o ok. 0,078–0,08. Systematyczny wzrost wartości tego wskaźnika wskazuje, że techniczne warunki zbioru rzepaku ozimego są czynnikiem korygującym i zarazem poprawiającym ten miernik ładu.

W sezonie 2010/11 rzepak ozimy posiadał lepszy wskaźnik plonowania ładu, zwłaszcza gdy rośliny były ścinane na wysokości 0 i 20 cm. Ponadto, w pierwszym sezonie wegetacji rzepaku ozimego podwyższanie wysokości cięcia roślin o 40 cm prowadziło do istotnego zwiększania się wartości wskaźnika plonowania. Przy maksymalnym zwiększeniu wysokości cięcia roślin z 0 do 60 cm, w rozpatrywanych sezonach wegetacji rzepaku ozimego – 2010/11 i 2011/12 – wartości wskaźnika plonowania ładu wzrosły odpowiednio o 0,073 i 0,077.

Wyniki dotyczące masy odcinków pędu głównego roślin rzepaku zamieszczono w tabeli 4. Zgodnie z oczekiwaniem najwyższą masą odznaczały się odcinki łądyg o długości 20 cm, pochodzące z dolnych fragmentów roślin rzepaku ozimego, ścinane na wysokości 20 cm. W miarę podnoszenia wysokości cięcia ładu rzepaku w czasie zbioru, masa odcinków ścinanych wyżej systematycznie malała, co należy przyjąć za logiczne następstwo założonej technologii sprzętu żniwnego. Obydwie odmiany zareagowały identycznie na wzrastającą wysokość koszenia roślin i nie różniły się istotnie masą wydzielonych odcinków pędu głównego. W Głębzczykach wyróżnione odcinki łądygi nie różniły się istotnie masą. W pozostałych miejscowościach wzrastająca wysokość koszenia ładu spowodowała istotne zróżnicowanie masy odcinków pędu głównego, znajdujących się w strefie (hipotetycznego) cięcia w czasie zbioru kombajnem. Warunki sezonów wegetacji rzepaku ozimego silnie różnicowały masę odcinków. Obserwowano także znaczne zróżnicowanie masy dolnych odcinków łądyg w kolejnych latach.

Średnica odcinków z dolnych części łądyg układała się podobnie jak ich masa. Nieistotnie grubsze łądygi posiadała odm. Poznaniak. Również średnica wydzielonych fragmentów łądyg rzepaku ozimego w miejscowościach nie była istotnie zróżnicowana. We wszystkich miejscowościach dolne odcinki łądyg, w zakresie 0–20 cm, miały istotnie większą średnicę w porównaniu do pozostałych, uzyskanych z wyższego poziomu ścinania. Cieńsze łądygi wykształciły rośliny rzepaku ozimego w sezonie 2010/2011 w porównaniu do 2011/2012. Porównywane wysokości ścinania roślin istotnie różnicowały średnicę wyróżnionych odcinków łądyg w obydwu sezonach wegetacji.

Zróżnicowana wysokość cięcia roślin ładu rzepaku ozimego rzutowała na rozmiary strat powietrznie suchej biomasy dolnych fragmentów łądyg, pozostawionej na polu jako ściern (tab. 5). Przy założonych wysokościach ścinania ładu rzepaku w czasie zbioru, porównywane odmiany rzepaku nie różniły się istotnie

Tabela 4
 Porównanie masy i średnicy odcinków łodyg roślin odmian rzepaku ozimego w zależności od wysokości cięcia łanu podczas zbioru
 żniwnego — Comparison of weight and diameter sections of stems of winter oilseed rape plant cultivars depending on the height
 of canopy cutting during harvesting

| Wysokość cięcia roślin Cutting height of plants [cm] | Odmiana Cultivar | | NIR _{0,05} LSD _{0,05} | Miejscowości Localities | | | NIR _{0,05} LSD _{0,05} | Okresy wegetacji Vegetation period | | NIR _{0,05} LSD _{0,05} |
|--|---------------------|-------|--|----------------------------|-------|-------|--|---------------------------------------|---------|--|
| | *Ada | Poz | | **Glu | Paw | Pru | | 2010/11 | 2011/12 | |
| Masa [g] odcinków łodyg o długości 20 cm — Weight [g] stem segments with a length of 20 cm | | | | | | | | | | |
| 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20 | 3,73 | 4,32 | r.n. | 3,95 | 3,75 | 4,39 | r.n. | 2,76 | 5,29 | 1,65 |
| 40 | 2,34 | 2,74 | r.n. | 2,63 | 2,61 | 2,39 | r.n. | 1,81 | 3,27 | 0,91 |
| 60 | 1,79 | 2,12 | r.n. | 2,13 | 2,01 | 1,74 | r.n. | 1,27 | 2,64 | 0,73 |
| NIR _{0,05} LSD _{0,05} | 1,09 | 1,44 | — | r.n. | 1,32 | 1,63 | — | 0,73 | 1,41 | — |
| Średnica [mm] odcinków łodyg o długości 20 cm — Diameter [mm] stem segments with a length of 20 cm | | | | | | | | | | |
| 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20 | 10,34 | 11,51 | r.n. | 11,42 | 11,17 | 10,18 | r.n. | 9,12 | 12,73 | 2,09 |
| 40 | 9,07 | 9,99 | r.n. | 10,01 | 9,86 | 8,73 | r.n. | 7,91 | 11,16 | 1,55 |
| 60 | 8,16 | 8,67 | r.n. | 9,53 | 8,28 | 7,44 | r.n. | 6,65 | 10,18 | 1,35 |
| NIR _{0,05} LSD _{0,05} | 1,88 | 2,41 | — | 3,23 | 2,38 | 2,39 | — | 1,35 | 2,19 | — |

* Ada – cv Adam, Poz – cv Poznaniak

** Glu – Głubczyce, Paw – Pawłowice, Pru – Prusy

r.n. – różnica nieistotna — difference insignificant

Tabela 5

Oszacowanie strat [$t \cdot ha^{-1}$] powietrznie suchej masy ścierni odmian rzepaku ozimego pozostawionej na polu w zależności od wysokości cięcia podczas zbioru zniwnego, z uwzględnieniem miejscowości i okresu wegetacji — *Estimation of dry mass loss [$t \cdot ha^{-1}$] of cultivars of winter oilseed rape stubble, left on the field, depending on the height of cut during harvesting, including the localities and the vegetation period*

| Wysokość cięcia roślin Cutting height of plants [cm] | Odmiana Cultivar | | NIR _{0,05} LSD _{0,05} | Miejscowości Localities | | | NIR _{0,05} LSD _{0,05} | Okresy wegetacji Vegetation period | | NIR _{0,05} LSD _{0,05} |
|--|---------------------|------|--|----------------------------|------|------|--|---------------------------------------|---------|--|
| | *Ada | Poz | | **Glu | Paw | Pru | | 2010/11 | 2011/12 | |
| | 0 | – | | – | – | – | | – | – | |
| 20 | 1,46 | 1,54 | r.n. | 1,49 | 1,41 | 1,61 | r.n. | 1,11 | 1,90 | 0,52 |
| 40 | 2,38 | 2,53 | r.n. | 2,48 | 2,39 | 2,48 | r.n. | 1,83 | 3,08 | 0,83 |
| 60 | 3,08 | 3,29 | r.n. | 3,29 | 3,15 | 3,10 | r.n. | 2,34 | 4,03 | 1,05 |
| NIR _{0,05} LSD _{0,05} | 0,78 | r.n. | – | r.n. | 1,17 | 0,91 | – | 0,56 | 0,97 | – |

* Ada – cv Adam, Poz – cv Poznaniak

** Glu – Głubczyce, Paw – Pawłowice, Pru – Prusy

r.n. – różnica nieistotna — *difference insignificant*

rozmiarami strat pozostawionej na polu ścierni. Nieco mniejsze straty biomasy oszacowano dla odm. Adam, u której podnoszenie wysokości cięcia łąnu, istotnie rzutowało na wielkość strat biomasy. Dla określonych wysokości ścinania roślin rzepaku ozimego w czasie zbioru nie wystąpiło istotne zróżnicowanie biomasy ścierni w miejscowościach. Jedynie sezony wegetacji okazały się czynnikiem najsilniej zmieniającym rozmiary strat powietrznie suchej biomasy ścierni rzepaku ozimego. Podwyższanie wysokości cięcia roślin łąnu prowadziło w obydwu sezonach wegetacji rzepaku ozimego do istotnego zróżnicowania strat nadziemnej biomasy. Na podkreślenie zasługuje fakt, że wysokie straty rzepaku ozimego oszacowano w sezonie wegetacji 2011/2012, w którym przy wysokim cięciu roślin, na poziomie 60 cm ponad powierzchnią gruntu, na polu pozostało $4,03 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ biomasy.

Dyskusja

W pracy wykazano, że potencjał produkcyjny nowych odmian mieszańcowych rzepaku ozimego Adam i Poznaniak był zbliżony, a analizowane różnice morfologiczne roślin i produktywność łąnu, rozpatrywane na poziomie odmiany, okazały się na ogół nieistotne. Plonowanie obu odmian było wysokie, a duże i istotne zróżnicowanie plonu nasion wystąpiło w miejscowościach. Kierunek zmian poziomu plonowania rzepaku ozimego w miejscowościach prowadzenia doświadczeń nawiązywał do przebiegu warunków klimatycznych, panujących w okresie wegetacji rzepaku. W miejscowości Głubczyce potencjał produkcyjny roślin i łąnu był najwyższy, przeciwna sytuacja wystąpiła w miejscowości Prusy. Zatem optymalne warunki klimatyczne determinowały bardzo wysokie plony nasion obydwu odmian rzepaku ozimego w Głubczycach. W miarę przesuwania uprawy rzepaku w kierunku wschodnim potencjał plonowania obniżał się, dlatego wysokie plony nasion uzyskano w Pawłowicach, a tylko średnie w Prusach. Jankowski i Budzyński (2007) podkreślają, że w warunkach Warmii (północna Polska) wysokie plonowanie formy ozimej rzepaku uzyskano w latach sprzyjających dobremu zimowaniu roślin, zwłaszcza pochodzących z wczesnych siewów (połowa sierpnia). W oparciu o przeprowadzone w kraju badania wiadomo, że forma ozima rzepaku podwójnie ulepszona, jako wiodącego gatunku roślin oleistych, odznacza się zróżnicowaną produktywnością, determinowaną przez właściwości biologiczne odmian. W ocenie wielu autorów (Sieling i Christen 1997, Liersch i in. 2004, Rathke i in. 2006, Jankowski i Budzyński 2007, Wielebski 2009) cechy ilościowe nowych form hodowlanych rzepaku, rzutujące na możliwość uzyskiwania wysokiego plonu nasion i oleju z jednostki powierzchni, są silnie modyfikowane przez warunki środowiska uprawy, zmienne w czasie (lata wegetacji) i przestrzeni (gleba, przedplon, nawożenie, ochrona). Kaczmarek i in. (2003) uważają, że przestrzenna

zmiennosc plonowania rzepaku w kraju wynika z interakcji genotypow ze srodowiskiem, co wymusza koniecznosc badania produktywnosci nowych odmian mieszańcowych w kilku miejscowosciach, poniewaz modyfikacja plonowania jest wynikiem oddziaływania zmiennych warunków atmosferycznych, determinujacych produktywnosc łanu. Uzyskane wyniki badan własnych wskazują na widoczny w południowej czesci Polski regionalizm produktywnosci rzepaku.

W pracy wykazano, ze wysokość cięcia roślin rzepaku ozimego prowadzi do optymalizowania wskaźnika plonowania, ocenionego dla łanu. Oszacowane HI dla odm. Adam i Poznaniak wyniosły odpowiednio: 0,387 i 0,364, co jest istotnym novum, poniewaz podawano wcześniej nizsze wartości HI, oscylujace w zakresie 0,25–0,34 (Huehn 1993, Scott i in. 1999, Diepenbrock 2000). Siadat i Hemayati (2009) dla warunków subaridowych Iranu uzyskali dla rzepaku nizsze wartości HI, pozostajace na poziomie 0,2, a porównywane odmiany nie różniły się istotnie.

W pracy wykazano specyficzne rozloženie powietrznie suchej biomasy w dolnych odcinkach pędu głównego rzepaku. Udowodniono empirycznie logiczne zalozenie, ze podwyższanie wysokości cięcia roślin rzepaku ozimego w czasie zbioru prowadziło do oczekiwanej poprawy wartości HI łanu. Podniesienie wysokości cięcia roślin łanu rzepaku ozimego w czasie zbioru z 0 cm (kontrola) do 60 cm poprawiło wartość wskaźnika plonowania u obydwu odmian, odpowiednio o 0,079 (Adam) i 0,070 (Poznaniak). Łan rzepaku w Głubczycach odznaczał się największymi wartościami HI. Przeciwna sytuacja wystapila w Prusach, poniewaz rośliny rzepaku w tej miejscowosci były masywne, a przy tym mniej produktywne, co spowodowało uzyskanie gorszych wartości HI. Zajac i in. (2013) podkreślają, ze wysokie cięcie roślin łanu rzepaku ozimego na poziomie 60 cm, licząc od powierzchni gleby, wydaje się technicznie łatwiejsze, z uwagi na fakt pozostawienia na polu dolnych – grubszych fragmentów pędów – głównego i bocznych, w formie wysokiej ścierni. Należy zakładać, ze takie rozwiązanie agrotechnologiczne może optymalizować zbiór łanu rzepaku ozimego, poprzez techniczne ułatwienie i przyspieszenie wykonalności tej czynności. Oszacowane straty biomasy ścierni rzepaku różniły się zwłaszcza w sezonach wegetacji. Przy wysokim cięciu roślin, na poziomie 60 cm ponad powierzchnią gruntu, wysokie straty biomasy, wynoszące 4,03 t·ha⁻¹, obserwowano w sezonie wegetacji 2011/2012, natomiast w sezonie 2010/2011 były one mniejsze i kształtowały się na poziomie 2,34 t·ha⁻¹. Nie zawsze pozostawienie wysokiej ścierni jest požądane. W niektórych gospodarstwach z równoczesną uprawą rzepaku ozimego i hodowlą krów mlecznych przeprowadza się niskie koszenie rzepaku, poniewaz potrzeba gospodarstwa wymaga zebranie całego plonu słomy, która po rozdrobnieniu i wymieszaniu z niewielką ilością wapna palonego służy jako ściółka ograniczająca w znacznym stopniu choroby wymion, w porównaniu z trocinami drzew iglastych lub pociętą słomą zbóż (Sikora 2013).

Wnioski

1. Potencjał produkcyjny łanu badanych odmian mieszańcowych rzepaku ozimego był wyższy w Stacjach Doświadczalnych położonych w części zachodniej Polski. Reakcja obydwu odmian na przebieg pogody i warunki troficzne siedliska była analogiczna. Nieco wyższy indywidualny poziom plonowania odm. Adam był wynikiem większego zagęszczenia roślin oraz większej liczby nasion w łuszczynie. Natomiast odm. Poznaniak wykształciła na pojedynczej roślinie więcej łuszczyn, w których nasiona były bardziej dorodne.
2. Większy wskaźnik plonowania stwierdzono u odm. Adam. Podwyższenie cięcia roślin w czasie zbioru rzepaku ozimego optymalizowało ten ilorazowy miernik u obydwu odmian. Adaptacja roślin do różnych warunków siedliskowych, wynikająca z lokalizacji doświadczeń w miejscowościach południowej Polski, ograniczała zmienność wskaźnika plonowania.
3. Wyższe straty powietrznie suchej biomasy ścierni rzepaku ozimego wynoszące $4,03 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ stwierdzono w sezonie wegetacji 2011/2012, w którym rośliny lepiej się rozwijały, co wyrażało się większą powierzchnią asymilacyjną oraz wyższymi wartościami wszystkich komponentów plonu nasion. W sezonie wegetacyjnym 2010/2011 straty te były mniejsze i kształtowały się na poziomie $2,34 \text{ t}$ z 1 ha .

Literatura

- Arseniuk E., Oleksiak T. 2012. Polski wkład w rozwój hodowli i uprawy rzepaku. W: Rzepak nowe wyzwania (red. G. Milewski), s. 11-19. Wyd. Bizness-Press.
- Bartkowiak-Broda I. 2012. Nowe wyzwania dla hodowli rzepaku. W: Rzepak nowe wyzwania (red. G. Milewski), s. 20-22. Wyd. Bizness-Press.
- Diepenbrock W. 2000. Yield analysis of winter rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crop Res.*, 67, 35-49.
- Donald C.M., Hamblin J. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, 28: 361-405.
- Huehn M. 1993. Harvest index versus grain/straw ratio. Theoretical comments and experimental results on the comparison of variation. *Euphytica*, 68: 27-32.
- Jankowski K. 2007. Siedliskowe i agrotechniczno-ekonomiczne uwarunkowania produkcji nasion rzepaku ozimego na cele spożywcze i energetyczne. *Rozp. i Monogr. Wyd. UWM. Nr 131*: 5-172.
- Jankowski K., Budzyński W. 2007. Reakcja różnych form hodowlanych rzepaku ozimego na termin i gęstość siewu II. Plon nasion i jego składowe. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXV (2): 195-208.

- Liersch A., Bartkowiak-Broda I., Ogrodowczyk M. 2004. Analiza zmienności składników plonu oraz wielkości efektu heterozji mieszańców CMS *ogura* rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.). *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXV (2): 371-382.
- Rathke G.-W., Behrens T., Diepenbrock W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed field, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Agric. Ecosyst. & Environ.* 117: 80-108.
- Rosiak E. 2012. Dobre perspektywy dla rzepaku. W: *Rzepak nowe wyzwania* (red. G. Milewski), s. 3-10. Wyd. Business-Press.
- Scott R.K., Stokes D.T., McWilliams S.C., Spink J.H., Clare R.W. 1999. Yield improvement through canopy management. W: *Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress*, Canberra, Australia, Sept 26-29.
- Siadat S.A., Hemayati S.S. 2009. Effect of sowing date on yield and yield components of three oilseed rape varieties. *Plant Ecophysiology*, 1: 31-35.
- Sieling K., Christen O. 1997. Effect of preceding crop combination and N fertilization on field of six oil-seed rape cultivars (*Brassica napus* L.). *Europ. J. Agron.*, 7: 301-306.
- Sikora M. 2013. Wykorzystanie słomy rzepakowej jako ściółki w Kombinacie Kietrz. *Informacja ustna*, Kietrz 22.05.2013.
- Wielebski F. 2007. Reakcja różnych typów odmian rzepaku ozimego na zmienne zagęszczenie roślin w łanie I. Plon nasion i jego składowe. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXV (2): 209-226.
- Wielebski F. 2009. Reakcja różnych typów hodowlanych odmian rzepaku ozimego na poziom stosowanej agrotechniki. I. Charakterystyka dojrzewających roślin rzepaku oraz jego plonowanie i układ elementów plonotwórczych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXX (1): 75-90.
- Zajęc T., Kulig B., Oleksy A., Stokłosa A., Styrc N., Pyziak K. 2013. Development and yield of morphologically different groups of winter oilseed rape canopy. II. The harvest index value depending on the cutting height. *Acta Sci. Pol. Agricultura*, 12 (1): 57-64.
- Zajęc T., Oleksy A., Stokłosa A., Klimek-Kopyra A. 2011. Comparison of morphological traits, productivity and canopy architecture of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) and white mustard (*Sinapsis alba* L.). *J. Appl. Bot. & Food Qual.*, 84: 183-191.