

Marek Wójtowicz, Franciszek Wielebski

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Poznaniu

Zdolności kompensacyjne rzepaku uszkodzonego przez czynniki stresogenne na różnych etapach jego rozwoju oraz ich efektywność (artykuł przeglądowy)

Compensation ability in oilseed rape damaged by stress factors occurring in different stages of plant development and their effectiveness (a review)

Słowa kluczowe: rzepak, kompensacja, czynniki stresowe

Zjawisko kompensacji polega na wykorzystaniu zdolności każdego żywego organizmu do wyrównania skutków działania czynników szkodliwych. W świecie roślin proces kompensacji występuje powszechnie. Bardzo dużymi zdolnościami kompensacyjnymi charakteryzuje się rzepak. Przebieg zjawiska kompensacji oraz jego efektywność zależą od rodzaju, natężenia i terminu wystąpienia czynnika stresowego. Rośliny rzepaku najsilniej kompensują uszkodzenia pąków kwiatowych pędu głównego, słabiej uszkodzenia łuszczyn, a na ogół największy negatywny wpływ na plon nasion wywierają duże straty roślin w okresie spoczynku zimowego lub znaczne uszkodzenia bezpośrednio przed zbiorem.

Key words: oilseed rape, compensation, stress factors

The process of compensation is based on ability of every living organism to equalize effects of detrimental factors. In plant world compensation process is universally present. Oilseed rape is characterized by a very high compensation ability. The course of compensation process and its effectiveness is dependent on the kind, intensity and term of stress factor occurrence. Oilseed rape plants compensate most intensively the injury of flower buds of the main raceme, to a smaller degree the injury of pods, and generally the highest detrimental effect on seed yield is exerted by high plant losses in winter or strong injury directly before harvest.

Definicja zjawiska kompensacji

Zjawisko kompensacji polega na ujawnieniu się naturalnych zdolności każdego żywego organizmu do całkowitego bądź częściowego wyrównywania efektów działania czynników szkodliwych. Zdolności kompensacyjne umożliwiają przejęcie utraconej funkcji przez inny zdrowy narząd, albo polegają na jej zastępowaniu

przez narząd częściowo uszkodzony. W świecie roślin proces kompensacji występuje powszechnie. Bardzo dużymi zdolnościami kompensacyjnymi charakteryzuje się rzepak. U tego gatunku znaczne możliwości kompensacji uszkodzeń (Dmoch 1996, Jankowski 1998, Podlaska i in. 1996) wynikają głównie z jego ogromnego potencjału genetycznego umożliwiającego roślinie wytworzenie 4–5 tys. pąków kwiatowych (Dmoch 1996).

Powyższą definicję należy uzupełnić, ponieważ zjawisko kompensacji może polegać nie tylko na wyrównywaniu uszkodzeń przez pojedynczą roślinę, ale może być także definiowane jako wyrównywanie strat powstałych w zbiorowisku roślin — plantacji. W tym przypadku straty roślin na plantacji są kompensowane przez intensywny rozwój roślin nieuszkodzonych rosnących w sąsiedztwie roślin uszkodzonych. Rośliny, które nie zostały zniszczone przez działanie czynnika stresowego zajmują przestrzeń pierwotnie przeznaczoną dla sąsiednich roślin, które uległy uszkodzeniu. W ten sposób gatunki charakteryzujące się dużymi zdolnościami do rozgałęziania, takie jak rzepak, potrafią ograniczyć straty plonu wynikające ze strat liczby roślin.

Przebieg zjawiska kompensacji

Przebieg zjawiska kompensacji w dużej mierze zależy od terminu wystąpienia abiotycznych (susza, mróz, grad) lub biotycznych (szkodniki, choroby) czynników stresowych.

Wschody

Następstwem wystąpienia czynnika stresowego w okresie wschodów może być znacznie mniejsza od zakładanej liczba roślin na jednostce powierzchni. Większy dostęp do światła i składników pokarmowych pozwala roślinom, które pozostały na plantacji osiągnąć większą masę, a tym samym lepiej rozwinąć organy wegetatywne i generatywne. Rośliny rosnące w mniejszym zgęszczeniu przed zimą charakteryzują się większą liczbą liści, większą średnicą szyjki korzeniowej oraz mniejszym wyniesieniem paka wierzchołkowego (Budzyński i in. 1985, Jasińska i in. 1989, Muśnicki 1989, Szczygielski i in. 1990, Wielebski i Wójtowicz 1998, 2001, Wójtowicz i Wielebski 1999, Malarz i in. 2006), a wiosną wytwarzają większą liczbę łuszczyń wypełnionych większą liczbą nasion o większej masie (Budzyński i in. 1985, Muśnicki 1989, Wielebski i Wójtowicz 1999, 2001, Malarz i in. 2006).

Spoczynek zimowy

Efektem czynnika stresowego w tym okresie może być także przerzedzenie roślin. Po ustaniu oddziaływania czynnika stresowego nieuszkodzone rośliny dzięki mniejszemu współzawodnictwu o pokarm i wodę osiągają większą masę, co pozwala im na intensywniejszą produkcję organów generatywnych. W ten sposób

strata liczby roślin jest kompensowana przez rozwój innych komponentów plonu — głównie przez liczbę łuszczyń wytworzonych przez jedną roślinę rzepaku.

Przemarznięcie lub uszkodzenie pąka wierzchołkowego przez zwierzyne łowną roślina rzepaku kompensuje wytwarzając nowe pędy z pąków bocznych. Roślina taka silnie się rozgałęzia i nawet zawiązuje łuszczyzny (Dembiński 1975).

Pąkowanie

W okresie pąkowania zjawisko kompensacji może polegać na zwiększonym przepływie metabolitów do mających dopiero rozwinąć się organów. Następstwem uszkodzenia pąków kwiatowych na pędzie głównym może być zwiększenie liczby pąków kwiatowych, a tym samym liczby łuszczyń i nasion, na pędach bocznych. W takim przypadku rośliny utrzymują podobną liczbę łuszczyń i nasion pomimo zmniejszonej liczby łuszczyń na pędzie głównym. Jankowski (1998) i Podlaska i in. (1996) obserwowali zwiększenie liczby łuszczyń na pędach bocznych w wyniku zerowania słodyszka rzepakowego na pąkach kwiatowych pędu głównego. Kompensację uszkodzeń przez słodyszka rzepakowego dobrze dokumentują również prace innych autorów: Axelsen i Nielsen (1990), Free i in. (1983), Lerin (1987, 1988), Starzyński i Dmoch (1988, 1989, 1993), Sylven i Svenson. (1976); Szulc (1959), Tatchel (1983), Williams i Free (1979), Winfield (1962).

U roślin takich jak rzepak, u których organy generatywne wytwarzane są w nadmiarze, uszkodzenia mogą przyczyniać się do zmiany kierunku przepływu metabolitów do już istniejących organów i przez to ograniczać ich fizjologiczną stratę. Przy silnym uszkodzeniu pąków kwiatowych pędu głównego (60%) odnotowywano większą liczbę łuszczyń na tym pędzie niż można było się spodziewać na podstawie liczby zniszczonych pąków (Tatchel 1983). Świadczy to o tym, że po uszkodzeniu metabolity dostarczane do pędu głównego zapewniają roślinie rozwój owoców, które w przeciwnym razie opadłyby fizjologicznie (Adams 1967).

Kwitnienie i owocowanie

Zjawisko kompensacji uszkodzonych łuszczyń opiera się na dwóch mechanizmach. Pierwszy jest taki sam jak w przypadku uszkodzeń pąków kwiatowych tzn. w przypadku uszkodzenia łuszczyń na pędzie głównym wzrasta liczba łuszczyń na pędach bocznych. Drugi polega na ukierunkowaniu przepływu metabolitów do innych komponentów plonu. Rezultatem tego zjawiska jest wzrost masy 1000 nasion. Ten mechanizm kompensacji opisała Dembińska (1970). Masa 1000 nasion była największa, a liczba łuszczyń najmniejsza, gdy niedobory wody, które w tym doświadczeniu były czynnikiem wywołującym stres rośliny, wystąpiły w fazie kwitnienia. Adams (1967) tłumacząc mechanizm kompensacji komponentów plonu uważa, że komponenty plonu (liczba łuszczyń na roślinie, liczba nasion w łuszczyń i masa 1000 nasion) są zaopatrywane ze wspólnego „metabolicznego złoza”, do którego „wkład” jest limitowany, a zjawisko kompensacji zachodzi, gdy pobieranie produktów metabolizmu zostaje zakłócone.

Efektywność kompensacji

Efektywność kompensacji zależy od poziomu dostarczania metabolitów do organów rośliny oraz rodzaju, natężenia i terminu wystąpienia czynnika stresowego. Natężenie czynnika stresowego odgrywa bardzo istotną rolę w przypadku kompensacji uszkodzeń przez pojedynczą roślinę, jak również w sytuacji wyrównywania strat powstałych w zbiorowisku roślin. Efektywność kompensacji uszkodzeń przeredzenia roślin jest zależna od liczby i rozmieszczenia roślin nieuszkodzonych na plantacji. Gdy rośliny na plantacji są równomiernie rozmieszczone zadowalające plony można osiągnąć jeszcze przy obsadzie 25–30 roślin na 1 m². Jednak jak wykazał Wielebski (2007) będzie to plon istotnie mniejszy od plonu uzyskanego przy obsadzie 50–70 roślin na 1 m². Również wcześniejsze badania nad ilością wysiewu przeprowadzone przez Wielebskiego i Wójtowicza (1998) dowiodły, że przy stratach roślin w okresie wegetacji wynoszących 10–20% uzyskano istotnie niższe plony rzepaku wysianego w ilości 40 nasion na 1 m² w porównaniu z rzepakiem wysianym w ilości 80 nasion na 1 m². Ponadto często uszkodzenia roślin występują placowo, co praktycznie nie pozwala na osiągnięcie wysokich plonów. Wysokość plonu zależy od rozmiaru uszkodzeń oraz od poziomu dostarczania metabolitów. Na poziom dostarczania metabolitów ma znaczący wpływ aktualny stan rośliny, który jest pochodną poprawnego i terminowego przeprowadzenia wszystkich zabiegów agrotechnicznych oraz warunków glebowo-klimatycznych. O stanie rośliny na wiosnę decyduje jej jesienny rozwój, ponieważ już pod koniec października, poczynając od siódmego liścia, rozpoczyna się tworzenie zawiązków łuszczyń i nasion w łuszczyń. Tylko roślina dobrze rozwinięta i zaopatrzona we wszystkie niezbędne do prawidłowego wzrostu makro- i mikroelementy ma wystarczający potencjał do kompensacji uszkodzeń. Brak lub niedobór któregoś z nich zakłóca proces tworzenia organów odpowiedzialnych za plon nasion (Grzebisz i Gaj 2000).

Wśród zabiegów agrotechnicznych szczególnie istotne jest wiosenne nawożenie azotowe, decydujące o liczbie łuszczyń wytworzonych przez roślinę rzepaku. Według Dembińskiego (1983) lepsze zaopatrzenie rzepaku w azot zmniejsza skutki presji czynników stresujących, zwiększając możliwości regeneracji uszkodzeń. W warunkach intensywnego nawożenia azotem wykształca się lepiej pęd główny z większą liczbą łuszczyń (Diepenbrock 1979), a także wzrasta liczba łuszczyń na pędach bocznych, a więc i na całej roślinie (Wójtowicz i in. 1993) oraz masa 1000 nasion. Wielu autorów zwraca uwagę na zależność efektywności nawożenia azotem od uwilgotnienia gleby (Arche i Vaidyanathan 1982, Budzyński 1986, Dawkins 1983, Dembiński 1975, 1983, Horodyski i in. 1987, Muśnicki 1989, Wójtowicz 2004, Wielebski 2009). Prezentowane przez tych autorów wyniki potwierdzają niekorzystny wpływ niedoboru opadów w fazach krytycznych (pąkowanie, kwitnienie, dojrzewanie) na efektywność nawożenia tym tak ważnym dla prawidłowego

rozwoju roślin składnikiem pokarmowym. Badania przeprowadzone przez Budzyńskiego i Jankowskiego (2000) potwierdzają, że opadanie pąków kwiatowych pod wpływem stresów abiotycznych (przymrozki, susza) było mniejsze u roślin lepiej odżywionych azotem. Z kolei nawożenie azotem według Budzyńskiego i in. (1994) oraz Toboły i in. (1994) nie wywierało istotnego wpływu na zdolności kompensacyjne rzepaku nie chronionego przed szkodnikami. W świetle prezentowanej literatury uprawniony wydaje się wniosek, że zdolności kompensacyjne mogą nie zostać odnotowane w przypadku długiego czasu oddziaływania czynnika stresowego, jakim jest porażenie roślin przez szkodniki. Większa produkcja pąków kwiatowych na roślinach mocniej nawożonych azotem może zostać skonsumowana w czasie długotrwałego nalotu szkodników.

Obok długości oddziaływania i natężenia, istotny jest również termin wystąpienia czynnika stresowego. Bardzo niekorzystne dla dalszego rozwoju roślin, a więc i dla plonu nasion, jest przemarznięcie pąka wierzchołkowego. Pędy boczne umożliwiające dalszy rozwój uszkodzonej rośliny są opóźnione w rozwoju i dojrzewają znacznie później niż pędy roślin zdrowych. Dlatego nasiona z tych roślin podczas zbioru są niedostatecznie wykształcone lub nawet zaledwie zawiązane. Z tego względu rośliny z przemarzniętym pąkiem wierzchołkowym mają bardzo mały, albo nie mają w ogóle dodatniego wpływu na plon nasion (Dembiński 1975). Mniejsze konsekwencje dla plonowania roślin rzepaku, dzięki ich ogromnemu potencjałowi do wytwarzania pąków kwiatowych, odnotowuje się, gdy uszkodzenia wystąpią w fazie pąkowania i początku kwitnienia. Niewielkie uszkodzenia pojawiające się w tym okresie mogą zostać skompensowane w warunkach równomiernie rozłożonych opadów i przy odpowiednim do wymagań zaopatrzeniu roślin w składniki pokarmowe. W późniejszych fazach efektywność kompensacji jest ograniczona. Wzrost masy 1000 nasion tylko częściowo może kompensować mniejszą liczbę łuszczyń wytworzonych przez roślinę rzepaku. Schlott i Sauerman (2003) oraz Sauerman i Gronow (2007) wskazują, że straty plonów w wyniku uszkodzeń roślin obciętych poniżej najniższych odgałęzień w fazie początku, pełni i końca kwitnienia oraz owocowania i dojrzewania wzrastają ze wzrostem natężenia stresu i opóźnieniem terminu jego wystąpienia. Z prac wspomnianych autorów wynika również, że już przy uszkodzeniu 25% roślin kompensacja nie równoważy strat plonu powstałych w wyniku tych uszkodzeń. Z kolei straty plonu nasion będące następstwem uszkodzeń imitujących gradobicie, które monitorowano od początku kwitnienia do końca owocowania, były największe, gdy czynnik stresowy odnotowano w fazie końca kwitnienia (Schlott i Sauerman 2003). Niewątpliwie najbardziej niekorzystnie na wysokość plonu oddziałuje gradobicie bezpośrednio przed zbiorem rzepaku. Zatem rośliny rzepaku najsilniej kompensują uszkodzenia pąków kwiatowych pędu głównego, słabiej uszkodzenia łuszczyń, a na ogół największy negatywny wpływ na plon nasion wywierają duże straty roślin w okresie spoczynku zimowego lub znaczne uszkodzenia bezpośrednio przed zbiorem.

Podsumowanie

Podsumowując zebrany materiał należy stwierdzić, że przebieg zjawiska kompensacji jest zróżnicowany ponieważ proces ten jest w bardzo silnym stopniu warunkowany czynnikami środowiskowymi. Nie występują tu proste zależności pozwalające na łatwe definiowanie przebiegu tego zjawiska. Niemniej jednak można starać się określić przebieg tego procesu w konkretnych warunkach środowiskowych. Zdolności kompensacyjne rzepaku w zależności od natężenia i terminu wystąpienia czynnika stresowego opisali Schlott i Sauerman (2003) oraz Sauerman i Gronow (2007). Oszacowanie zjawiska kompensacji przez wspomnianych autorów znalazło zastosowanie w praktycznej ocenie szkód w rzepaku. Prezentowana metoda pozwala na określenie poziomu kompensacji w zależności od rodzaju i natężenia uszkodzeń oraz stadium wegetacji roślin, w którym odnotowano oddziaływanie czynnika stresowego.

Literatura

- Adams M.W. 1967. Basis of yield component compensation in Crop plants with special references to the field bean, *Phaseolus vulgaris*. Crop Science, 7: 505-510.
- Archer J.R., Vaidyanathan L.V. 1982. Fertilizer for winter oilseed rape. J. Sc. Food a. Agricult., 33, 12: 1262-1263.
- Axelsen J., Nielsen P.S. 1990. Compensation in spring sown oilseed rape after attack by pollen beetles (*Meligethes aeneus* F.). Tidsskrift for Planteavl., 94, 2: 195-199.
- Budzyński W. 1986. Studium nad wpływem niektórych czynników agrotechnicznych na zimowanie i plonowanie odmian podwójnie uszlachetnionego rzepaku ozimego. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricult., 41, B: 3-54.
- Budzyński W., Jankowski K. 2000. Wpływ azotu na plonowanie rzepaku w warunkach zróżnicowanej ochrony przed szkodnikami. W: Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy. Grzebisz W. (red). AR, Poznań, 99-120.
- Budzyński W., Muśnicki Cz., Kotecki A., Jankowski K. 1994. Produktywność azotu w rzepaku chronionym i nie chronionym przeciwko owadom. Rośliny Oleiste, XV (2): 34-40.
- Budzyński W., Majkowski K., Wróbel E. 1985. The effect of plant density on the wintering and yields of winter rape doubly improved cultivars. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricult., 42: 67-79.
- Dawkins T.C.K. 1983. Some factors in successful cropping. 2. Oilseed rape. Span, 26, 3: 116-117.
- Dembińska H. 1970. Wpływ jesiennych i wiosennych niedoborów wody na rozwój i strukturę plonu rzepaku ozimego. Roczn. Nauk Rol., Ser. A, 96, 4: 74-94.
- Dembiński F. 1975. Rośliny oleiste. PWRiL, Warszawa.
- Dembiński F. 1983. Jak uprawiać rzepak i rzepik. PWRiL, Warszawa.
- Diepenbrock W. 1979. Einfluss der Stickstoffernahrung auf qualitative und quantitative Samen-eigenschaften von Raps (*Brassica napus* L.). Z. L. Pflanzenernahrung u. Bodenkunde, 142, 5: 740-750.

- Dmoch J. 1996. Uwagi na temat ochrony rzepaku przed szkodnikami. *Postępy Nauk Roln.*: 90-97.
- Free J.B., Ferguson A.W., Winfield S. 1983. Effect of various levels of infestation by the seed weevil (*Ceutorhynchus assimilis* Payk.) on the seed yield of oil-seed rape (*Brassica napus* L.). *J. Agric. Sci., Camb.*, 10: 589-596.
- Grzebisz W., Gaj R. 2000. Zbilansowane nawożenie rzepaku ozimego. Materiały monograficzne nt. „Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy” red. W. Grzebisz W. Wyd. AR, Poznań, 83-98.
- Jankowski K. 1998. Skutki uszkodzeń owadzych rzepaku w różnych warunkach odżywiania azotem. Artykuł przeglądowy. *Fragm. Agron.*, XV (1): 40-52.
- Jasińska Z., Kotecki A., Malarz W., Horodyski A., Muśnicka B., Muśnicki Cz., Jodłowski M., Budzyński W., Majakowski K., Wróbel E., Sikora B. 1989. Wpływ terminu siewu i ilości wysiewu na rozwój i plon nasion odmian rzepaku ozimego. *Biul. IHAR*, 169: 111-119.
- Horodyski A., Wałkowski T., Dembiński M., Wielebski F., Wójtowicz M. 1987. Evaluation of winter rape growing in Poland based on inquiry in 1984–1986. *Proc. 7th Int. Rapeseed Congr.*, Poznań, 4: 879-885.
- Lerin J. 1987. Compensation in winter rape following simulated pollen beetle damage. *Bulletin SORP* 10, 4: 57-63.
- Lerin J. 1988. Yield losses associated with 2 successive pests *Ceuthorhynchus napi* Gyll. and *Meligethes aeneus* F. on winter rape (cultivar Bienvenu). *Agronomie*, 8, 3: 251-256.
- Malarz W., Kozak M., Kotecki A. 2006. Wpływ zagęszczenia roślin w łanie na wysokość i jakość plonu trzech odmian rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVII (2): 299-310.
- Muśnicki Cz. 1989. Charakterystyka botaniczno-rolnicza rzepaku ozimego i jego plonowanie w zmienionych warunkach środowiskowo-agrotechnicznych. *Rocz. AR w Poznaniu. Rozp. naukowe*, 191: 154.
- Podlaska J., Markus J., Dmoch J., Łoboda T., Pietkiewicz T., Lewandowski M. 1996. Kompensacja uszkodzeń powodowanych przez słodyszka (*Meligethes aeneus* F.) na rzepaku ozimym przy różnej obsadzie i nawożeniu. I. Niektóre cechy morfologiczne. *Rośliny Oleiste*, XVII (2): 311-318.
- Sauerman W., Gronow J. 2007. Einfluss von sehr starkem Befall mit Rapsglanzkäfern auf die Ertragsleistung von Winterraps. http://www.ufop.de/downloads/Bericht_Rapsglanzkaefer_300507.pdf.
- Schlott W., Sauerman W. 2003. Regenerationsfähigkeit von Winterrapsbeständen. *Raps*, 4: 176-182.
- Starzyński A.W., Dmoch J. 1988. Reakcja kompensacyjna roślin 3 odmian rzepaku ozimego na symulowane uszkodzenia słodyszka rzepakowca (*Meligethes aeneus* L.). *Zeszyty Problemowe IHAR. Wyniki badań nad rzepakiem ozimym. Rok 1987*: 347-351.
- Starzyński A.W., Dmoch J. 1989. Ocena możliwości kompensowania uszkodzeń powodowanych przez słodyszka rzepakowca *M. aeneus* F. *Zeszyty Problemowe IHAR. Wyniki badań nad rzepakiem ozimym. Rok 1988*: 217-227.
- Starzyński A.W., Dmoch J. 1993. Kompensacja uszkodzeń powodowanych przez słodyszka rzepakowca (*M. aeneus* F.) na 3 odmianach rzepaku. *Materiały XXXIII Sesji Naukowej. Część II Postery*: 90-95.
- Sylen E., Svenson G. 1976. Effect on yield of damage caused by *Meligethes aeneus* F. (Col.) to winter rape as indicated by cage experiments. *Annales Agriculturae Fenniae, Ser. Animalia Nocentia* N. 76, 15: 24-33.
- Szczygielski T., Owczarek E., Wszyński Z. 1990. Wzrost, rozwój i plonowanie rzepaku ozimego w różnych warunkach przyrodniczych i agrotechnicznych. *Zesz. Probl. Rośliny Oleiste*, (2): 17-31.

- Szulc P. 1959. Badania nad wpływem zabiegów uprawowych na straty w plonie rzepaku ozimego wywołane przez szkodniki. *Prace Naukowe IOR*, 1: 231-276.
- Tatchel G.M. 1983. Compensation in spring sown oil seed rape (*Brassica napus* L.) plants in response to injury to their flower buds and pods. *J. Agric. Sci., Camb.*, 101: 565-573.
- Toboła P., Budzyński W., Muśnicki Cz., Malarz W. 1994. Skutki zaniechania ochrony rzepaku przed szkodnikami w zależności od intensywności nawożenia azotem. *Rośliny Oleiste*, XV (2): 41-48.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 1998. Zagęszczenie roślin w łanie jako istotny element kształtowania plonu nasion odmian populacyjnych i odmiany mieszańcowej rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XIX (2): 645-651.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 1999. Wpływ zagęszczenia roślin i procentu zapylacza na elementy struktury plonu roślin pyłących i niepyłących mieszańca złożonego rzepaku ozimego POH 595. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XX (1): 101-108.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 2001. Wpływ gęstości siewu na plon nasion oraz cechy morfologiczne i elementy struktury plonu odmian populacyjnych i mieszańcowych rzepaku ozimego. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXII (2): 349-362.
- 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*, XXVIII (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.
- Williams I., Free J.B. 1979. Compensation of oil seed rape. (*Brassica napus* L.) plants after damage to their flower buds and pods. *J. Agric. Sci., Camb.*, 92: 53-59.
- Winfield A.L. 1962. Effect of early flower-bud removal on subsequent development of some *Brassica* seed plants. *Plant. Path.*, 11: 17-22.
- Wójtowicz M., Krótka K., Wielebski F. 1993. Wpływ wiosennego nawożenia azotowego na plon, elementy plonotwórcze oraz jakość nasion rzepaku podwójnie ulepszanego. *Postępy Nauk Roln.*, 6: 51-58.
- Wójtowicz M., Wielebski F. 1999. Przeżywalność roślin zapylacza mieszańców złożonych rzepaku ozimego w zależności od gęstości siewu, procentu zapylacza i terminu siewu. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XX (1): 109-116.
- Wójtowicz M. 2004. Wpływ nawożenia azotowego i warunków środowiskowych na cechy biologiczne i użytkowe złożonych odmian mieszańcowych rzepaku ozimego Kaszub i Mazur. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXV (1): 109-123.