

Teresa Piętka, Krystyna Krótka, Jan Krzymański
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu

Gorczyca biała podwójnie ulepszona – alternatywna jara roślina oleista

**Double low white mustard (*Sinapis alba* L.)
– alternative spring oilseed crop**

Słowa kluczowe: gorczyca biała (*Sinapis alba* L.), kwas erukowy, sinalbina, glukozynolany, selekcja linii

Poszukuje się jarych roślin oleistych, których plon nasion byłby najbardziej stabilny i najmniej zależny od warunków agroklimatycznych. Z dotychczasowych badań wynika, że gorczyca biała po ulepszeniu jej składu chemicznego mogłaby być taką jarą rośliną oleistą. W wyniku dotychczasowych prac uzyskano nowe genotypy gorzycy białej o znacznie obniżonych zawartościach kwasu erukowego i glukozynolanów. Wysokie współczynniki zmienności dla kwasu erukowego i glukozynolanów wskazują na możliwość dalszej selekcji w kierunku obniżania zawartości tych związków.

Key words: white mustard (*Sinapis alba* L.), erucic acid, sinalbin, glucosinolates, selection of lines

In Poland there are no plants that can be grown profitably after winter losses on winter oilseed rape plantations. It is necessary to have a spring oilseed plant giving good and stable seed yield, independent of climatic conditions during the growing period. Yellow mustard (*Sinapis alba* L. syn. *Brassica hirta*) may be such a plant providing, that it would be improved in chemical composition. Cultivated varieties of yellow mustard contain erucic acid in seed oil and glucosinolates in seed, which are left mainly in extraction meal or press cake during processing in the oil mill. If we wanted like to have yellow mustard as an oil and protein bearing plant, we should improve it by removing erucic acid and lowering glucosinolate content as it was done in the case of double low oilseed rape.

Presented results concern research works in the breeding of yellow mustard for double low quality. Initial materials for selection were composed by crosses between our low glucosinolate lines and low erucic lines obtained in previous stages of research. Progenies of the crosses were selected for low erucic acid in oil and low glucosinolate in seed at once. Individual selection was conducted with several methods. The bases for these selections were chemical analyses made on seeds collected from single plants. Differentiations in erucic acid and glucosinolate contents are shown on histograms. Calculated correlation coefficients between examined traits are significant and differentiated according to known ways of their biosynthesis. High coefficients of variability for erucic acid and for glucosinolate, but first of all for main mustard glucosinolate sinalbin, convince us that further possibilities for lowering the contents of these unwanted components exist and effective selection is possible.

Wstęp

Rzepak ozimy jest podstawową rośliną oleistą w Polsce, jednak potrzebna jest również jara roślina oleista, którą możnaby wysiewać w przypadku znaczniejszych strat zimowych rzepaku ozimego. Zazwyczaj wykorzystuje się do tego celu rzepak jary. Jest on jednak rośliną zawodną, plonującą niewiernie ze względu na występujące w naszym kraju niedobory opadów w czasie jego wegetacji. Tak więc brakuje jarych roślin oleistych dostosowanych do uprawy w warunkach polskiego rolnictwa. Poszukuje się takich jarych roślin oleistych, których plon nasion byłby najbardziej stabilny i najmniej zależny od warunków agroklimatycznych podczas wegetacji (Dembiński 1975, Wałkowski 1997).

Z badań Muśnickiego i in. (1997) wynika, że gorczyca biała jest najwierniej plonującą spośród jarych roślin oleistych. Wskazuje na to najniższy współczynnik zmienności plonu między latami. Również średni plon nasion tej rośliny za wieloletnie był najwyższy. W warunkach Wielkopolski w 20-letnim okresie prowadzonych badań plon tej rośliny nie był nigdy niższy niż 10 dt/ha. Gorczyca biała przewyższała także zdecydowanie rzepak jary dynamiką rozwoju (Toboła, Muśnicki 1999). Podobnie w badaniach Jankowskiego i Budzyńskiego (2003) gorczyca biała odznaczała się wysokim potencjałem plonotwórczym.

Nasiona gorzycy białej mają kolor żółty, co wiąże się z mniejszą zawartością włókniaka (Ochodzki, Piotrowska 1997), ponadto są bogate w białko o dobrym składzie aminokwasowym (Krzymański i in. 1991; Słomiński i in. 1999).

Uprawiane obecnie odmiany (tab. 1) zawierają jednak kwas erukowy w oleju nasion oraz glukozynolan (Dembiński 1975; Krzymański 1966; Krzymański i in. 1990, 1991), które pozostają w poekstrakcyjnej śrucie lub wytloku. Aby gorczyca biała stała się bardziej wartościową rośliną oleisto-białkową musi zostać uszlachetniona, tak jak rzepak poprzez wyhodowanie nowych odmian podwójnie ulepszonych to jest bezerukowych i niskoglukozynolanowych (Krzymański 1995; Krzymański i in. 1990, 1991; Piętka i in. 1998; Raney i in. 1999; Katepa-Mupondwa i in. 1999; Słomiński i in. 1999).

Material i metody

W pierwszym etapie badań nad gorzycą białą uzyskano linie niskoerukowe i linie niskoglukozynolanowe. Linie te skrzyżowane między sobą dały początek populacji mieszańców, którą poddano badaniom i selekcji w kierunku otrzymania podwójnie ulepszonych linii gorzycy białej (Piętka i in. 1998). Selekcję prowadzono zarówno w kierunku dalszego obniżania zawartości kwasu erukowego jak i zawartości glukozynolanów, a szczególnie zawartości sinalbiny — głównego glukozynolanu występującego w nasionach gorzycy białej.

Tabela 1

Skład chemiczny nasion dwóch polskich odmian gorczycy białej
Chemical seed composition of two Polish varieties of white mustard (Sinapis alba L.)

Cecha — <i>Trait</i>	Borowska	Nakielska
Zawartość tłuszczu — <i>Oil content</i> [%]	25,6	28,1
Kwasy tłuszczowe — <i>Fatty acids</i>		
C _{16:0} — kwas palmitynowy — <i>palmitic acid</i>	2,8	2,6
C _{18:0} — kwas stearynowy — <i>stearic acid</i>	0,9	1,1
C _{18:1} — kwas oleinowy — <i>oleic acid</i>	22,5	29,5
C _{18:2} — kwas linolowy — <i>linoleic acid</i>	11,8	9,7
C _{18:3} — kwas linolenowy — <i>linolenic acid</i>	8,5	9,9
C _{20:1} — kwas eikozenowy — <i>eicosenoic acid</i>	9,7	11,6
C _{22:1} — kwas erukowy — <i>erucic acid</i>	43,8	35,7
Glukozyzyny — <i>Glucosinolates</i>		
sinigrina — <i>sinigrin</i>	0,0	0,0
sinalbina — <i>sinalbin</i>	143,0	143,0
glukonapina — <i>gluconapin</i>	0,0	0,2
glukobrassicapina — <i>glucobrassicapin</i>	0,0	0,1
progoitryna — <i>progoitrin</i>	2,1	1,3
napoleiferyna — <i>napoleiferin</i>	0,0	0,0
indolowe — <i>indolyl</i>	0,2	0,3
4-hydroksybrassicyna — <i>4-hydroxybrassicin</i>	0,0	0,0
Suma glukozyzynianów — <i>Total of glucosinolates</i>	145,3	145,0
Suma glukozyzynianów alkenowych <i>Total of aliphatic glucosinolates</i>	2,1	1,6

Genotypy pozbawione kwasu erukowego uzyskano stosując:

- 1) selekcję roślin prowadzonych w chowie wsobnym bliźniaczym;
- 2) selekcję pojedynczych roślin uzyskanych z analizy połówek nasion.

Nasiona zebrane z linii o niskiej zawartości glukozyzynianów i obniżonej zawartości kwasu erukowego poddawano selekcji pod względem zawartości kwasu erukowego na podstawie analizy połówek nasion. Z drugiej połowy nasion regenerowano rośliny i z nich otrzymywano nasiona. Metoda ta okazała się skuteczna, a selekcyjonowane w ten sposób linie zawierały coraz mniej kwasu erukowego.

Obniżanie zawartości glukozyzynianów prowadzono następującymi metodami selekcji:

- 1) w potomstwach pojedynczych roślin uzyskanych ze swobodnego przepylecia (mało skuteczna metoda);
- 2) w potomstwach roślin otrzymanych z chowu wsobnego krewniaczego;

- 3) na nasionach z chowu wsobnego, otrzymanych przez zapylenie w stadium zamkniętych pączków kwiatowych własnym pyłkiem (opis tej metody podają także Brown i in. 1999).
- 4) w potomstwach roślin selekcyonowanych na podstawie analiz nasion w pierwszych łuszczynach i następnie swobodnie przepylonych.

W nasionach zebranych z pierwszych dojrzałych łuszczyn oznaczano zawartość glukozyzolanów, a następnie wybrane rośliny pobudzano do dalszego kwitnienia, poprzez usunięcie zawiązanych łuszczyn i dodatkowe nawożenie azotowe. Doniczki z tymi roślinami zestawiano razem celem swobodnego przepylenia. Takie postępowanie było konieczne, ponieważ gorczyca biała należy do roślin typowo obcopennych i otrzymanie nasion przy samozapyleniu z pojedynczych zaizolowanych roślin jest niezmiernie trudne (Olsson 1960). Dokonanie selekcji poprzez analizy nasion zebranych z głównego pędu, a następnie uzyskanie nasion z wybranych roślin było najskuteczniejszą metodą. Dokładny opis tej metody zamieszczono w publikacji Krzymański i in. (1990).

Zastosowane metody selekcji w różnym stopniu powodowały wzrost poziomu wsobności linii hodowlanych. Uzyskane linie gorzycy białej o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych i glukozyzolanów były prowadzone dalej w chowie krewniaczym, co pozwoliło nie tylko uzyskać wystarczającą ilość nasion, ale także częściowo odbudować plenność linii.

W zebranych nasionach zawartość i skład kwasów tłuszczowych oznaczano metodą chromatografii gazowej (Byczyńska, Krzymański 1969). Metoda ta jest zgodna z polskimi normami PN-EN-ISO 5508:1996 i PN-ISO 5509:1996. Zawartość glukozyzolanów oznaczano również metodą chromatografii gazowej, rozdzielając je w formie pochodnych siliłowych desulfoglukozyzolanów (Michalski i in. 1995). Wzorcem wewnętrznym jest sinigryna wydzielona z nasion gorzycy czarnej (*Brassica nigra*).

Wyniki i dyskusja

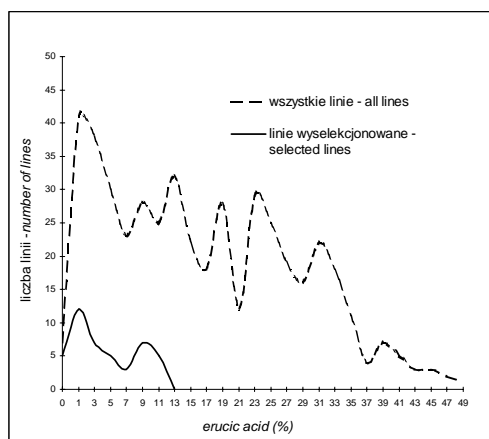
Badaniom poddano populację 469 linii gorzycy białej o zróżnicowanej zawartości kwasu erukowego i glukozyzolanów. Charakterystykę zmienności dla zawartości tych składników przedstawiono w tabeli 2. Zawartość kwasu erukowego wahała się w szerokich granicach od 0 do 47,1%, przy współczynniku zmienności 74,5%. Wskazuje on na znaczne zróżnicowanie badanych linii pod względem tej cechy, oraz duże możliwości selekcji w kierunku obniżania zawartości kwasu erukowego. Rozkład wartości dla cechy zawartości kwasu erukowego przedstawiono w postaci histogramu (rys. 1). 128 linii w badanej populacji wykazało najniższą zawartość (0–6,0%) kwasu erukowego, co stanowi 27,3% badanej populacji, natomiast 2,6% linii charakteryzowało się o zawartością kwasu erukowego powyżej 40%.

Tabela 2

Charakterystyka badanych linii gorzycy białej — *Characteristics of investigated lines of white mustard*

Parametry statystyczne <i>Statistical parameters</i>	Kwas erukowy <i>Erucic acid</i>		Progoitryna <i>Progoitrin</i>		Glukozytolany alkenowe <i>Total of aliphatic glucosinolates</i>		4-hydroksybrassicyna <i>4-hydroxybrassicin</i>		Sinalbina <i>Sinalbin</i>		Suma glukozytolanów <i>Total of glucosinolates</i>	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Średnia — <i>Mean</i>	15,7	3,8	12,5	10,2	13,0	10,6	2,7	1,9	4,9	2,1	20,6	14,6
Błąd stand. średniej <i>Standard error of mean</i>	0,54	0,55	0,26	0,69	0,27	0,70	0,07	0,19	0,16	0,15	0,37	0,89
Odchylenie standardowe <i>Standard deviation</i>	11,67	3,68	5,71	4,60	5,79	4,64	1,47	1,25	3,37	1,02	7,92	5,88
Minimum	0,0	0,0	0,4	0,4	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,0
Maksimum	47,1	10,4	41,2	18,6	43	18,7	8,6	5,9	29,6	3,5	54,2	24,1
Współczynnik zmienności <i>Coefficient of variability</i>	74,5	97,7	45,7	44,9	44,7	43,8	54,4	65,7	68,3	48,1	38,4	40,2

A — wszystkie linie — *all lines* B — linie wybrane — *selected lines*



Rys. 1. Zawartość kwasu erukowego w oleju z nasion linii gorczycy białej — *Erucic acid content in seed oil of white mustard lines*

Stwierdzono także wysoki współczynnik zmienności — 68,3% sinalbiny, głównego glukozynolanu nasion gorczycy białej (tab. 2). Rozkład wartości dla tej cechy przedstawiony na rysunku 2 jest asymetryczny przedłużający się w kierunku wysokich wartości, jednakże 250 linii nie przekroczyło 5,0 $\mu\text{M/g}$ nasion w badanej populacji selekcjonowanych linii. Podobnie asymetryczne histogramy otrzymano dla zawartości progoitryny, sumy glukozynolanów alkenowych, sumy wszystkich glukozynolanów i 4-hydroksybrassicyny, głównego glukozynolanu indolowego (rys. 3–6). Także dla tych cech uzyskano wysokie współczynniki zmienności świadczące o znacznym zróżnicowaniu badanej populacji.

Porównując populację 44 linii wybranych do dalszych prac badawczych i selekcyjnych z populacją wyjściową stwierdzono występowanie w dalszym ciągu wysokich współczynników zmienności badanych cech, co stwarza możliwości uzyskiwania dalszego postępu selekcyjnego pod względem tych cech (tab. 2). Najwyższy współczynnik zmienności stwierdzono dla cechy zawartości kwasu erukowego — 97,7%. Wysokie współczynniki zmienności uzyskano także dla zawartości 4-hydroksybrassicyny i sinalbiny. Dla pozostałych badanych glukozynolanów: progoitryny, sumy glukozynolanów alkenowych i sumy wszystkich glukozynolanów współczynniki zmienności są także wysokie i przekraczają 40%.

Duża liczba prób pozwoliła na ustalenie nawet słabszych korelacji pomiędzy badanymi cechami w sposób istotny statystycznie na poziomie $\alpha = 0,01$ (tab. 3 i 4). Wszystkie badane glukozynolany są ze sobą dodatnio skorelowane. Najsilniejsze korelacje stwierdzono pomiędzy zawartością progoitryny a sumą glukozynolanów alkenowych oraz sumą wszystkich glukozynolanów. Te ostatnie są silnie dodatnio skorelowane między sobą, a ich współzmienność jest wysoka i wynosi 74,9%. Jest to zgodne z przewidywaniem, bowiem glukozynolany alkenowe, a szczególnie

Tabela 3

Współczynniki korelacji dla zawartości różnych glukozynolanów w liniach gorczycy białej
Correlation coefficients for glucosinolate contents in lines of white mustard

Cecha — Trait	Progoitryna <i>Progoitrin</i>	Glukozynolany alkenowe <i>Total of aliphatic glucosinolates</i>	4-hydroksybrassicyna <i>4-hydroxybrassicin</i>	Sinalbina <i>Sinabin</i>	Suma glukozynolanów <i>Total of glucosinolates</i>
Progoitryna — <i>Progoitrin</i>	1				
Glukozynolany alkenowe <i>Total of aliphatic glucosinolates</i>	0,995**	1			
4-hydroksybrassicyna <i>4-hydroxybrassicin</i>	0,142**	0,131**	1		
Sinalbina — <i>Sinabin</i>	0,267**	0,258**	0,335**	1	
Suma glukozynolanów <i>Total of glucosinolates</i>	0,868**	0,866**	0,424**	0,676**	1

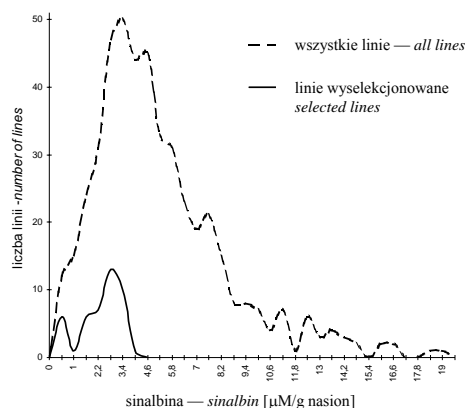
* — istotne na poziomie — *significant at level* $\alpha = 0,05$

** — istotne na poziomie — *significant at level* $\alpha = 0,01$

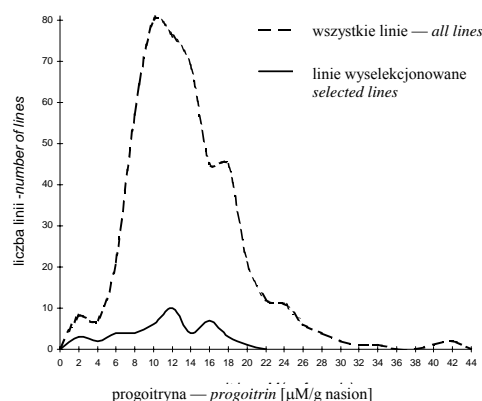
Tabela 4

Współczynniki determinacji dla zawartości różnych glukozynolanów w liniach gorczycy białej
Determination coefficients for glucosinolate contents in lines of white mustard

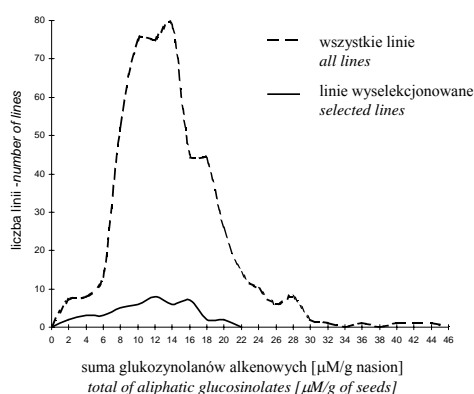
Cecha — Trait	Progoitryna <i>Progoitrin</i>	Glukozynolany alkenowe <i>Total of aliphatic glucosinolates</i>	4-hydroksybrassicyna <i>4-hydroxybrassicin</i>	Sinalbina <i>Sinabin</i>	Suma glukozynolanów <i>Total of glucosinolates</i>
Progoitryna — <i>Progoitrin</i>	1				
Glukozynolany alkenowe <i>Total of aliphatic glucosinolates</i>	0,99	1			
4-hydroksybrassicyna <i>4-hydroxybrassicin</i>	0,20	0,02	1		
Sinalbina — <i>Sinabin</i>	0,07	0,07	0,11	1	
Suma glukozynolanów <i>Total of glucosinolates</i>	0,75	0,75	0,18	0,46	1



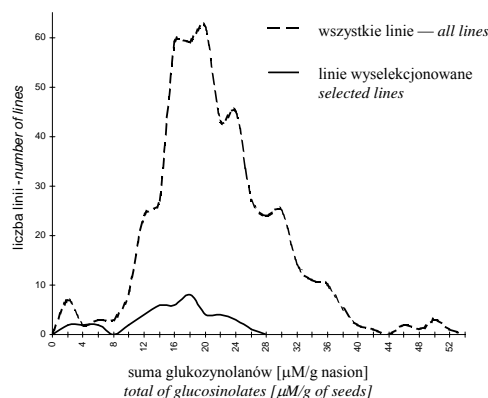
Rys. 2. Zawartość sinalbinu w oleju z nasion linii gorczycy białej — *Sinalbin content in seed oil of white mustard lines*



Rys. 3. Zawartość progoitryny w oleju z nasion linii gorczycy białej — *Progoitrin content in seed oil of white mustard lines*



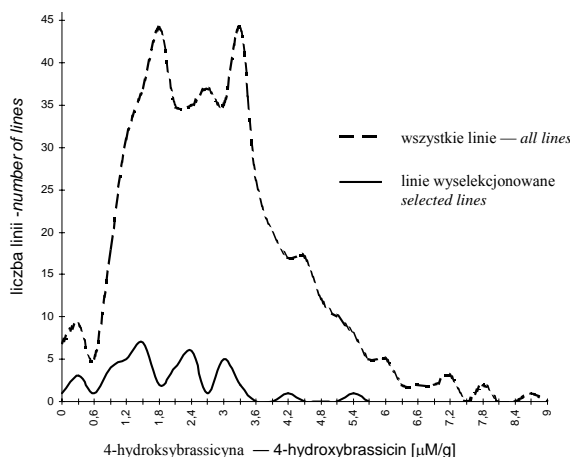
Rys. 4. Zawartość sumy glukozyzolanów alkenowych w oleju z nasion linii gorczycy białej — *Total of aliphatic glucosinolates content in seed oil of white mustard lines*



Rys. 5. Zawartość wszystkich glukozyzolanów w oleju z nasion linii gorczycy białej — *Total of glucosinolates content in seed oil of white mustard lines*

progoitryna stanowią główny składnik sumy glukozyzolanów w nasionach selekcyjowanych linii gorczycy białej. Słabsze, ale również wysoce istotne statystycznie korelacje stwierdzono pomiędzy zawartością sinalbinu a pozostałymi glukozyzolanami. Najsilniej jest ona skorelowana z sumą glukozyzolanów co stanowi 45,7%, oraz z glukozyzolanami indolowymi — 11,2%. Nieco mniejsze, ale również wysoce istotnie dodatnie korelacje stwierdzono pomiędzy zawartością sinalbinu

a zawartością progoitryny i sumą glukozynolanów alkenowych. Słaba, ale wysoce istotna statystycznie korelacja wystąpiła pomiędzy zawartością glukozynolanów indolowych i alkenowych co stanowi 1,7% ich zmienności.



Rys. 6. Zawartość 4-hydroksybrassicyny w oleju z nasion linii gorzycy białej — *4-hydroxybrassicin content in seed oil of white mustard lines*

Podobnie, jak u innych roślin oleistych, różni autorzy próbowali uzyskać większą zmienność cech morfologicznych i składu jakościowego nasion gorzycy białej poprzez zastosowanie mutageny chemicznej i fizycznej (Olejniczak, Adamska 1999). Formy karłowe gorzycy białej uzyskano pod wpływem promieni X (Olsson 1960). Zróżnicowanie gorzycy białej osiągnięte w wyniku mutageny okazały się jednak znacznie mniejsze od uzyskanego w naszych pracach. Krzyżowanie odpowiednio dobranych materiałów wyjściowych i zastosowanie skutecznych metod selekcji dało znacznie lepsze rezultaty.

Wnioski

- Prowadzone badania mają na celu wyhodowanie podwójnie ulepszonej gorzycy białej jako alternatywnej jarej rośliny oleistej o zerowej zawartości kwasu erukowego i niskiej zawartości glukozynolanów. Prezentowane wyniki wskazują na wyraźny postęp w tych pracach.
- W wyniku dotychczasowych prac uzyskano nowe genotypy o znacznie obniżonych zawartościach kwasu erukowego i glukozynolanów. Udało się otrzymać linie o zerowej zawartości kwasu erukowego, a zawartość glukozynolanów obniżono o około 50% w porównaniu do wartości prezentowanych w po-

przedniej pracy w 1998 roku. Uzyskane genotypy wykazują nadal istotne różnicowanie pod względem tych cech.

- Wysokie współczynniki zmienności dla zawartości kwasu erukowego i glukozynolanów, a szczególnie dla sinalbiny, wskazują na możliwości selekcji w kierunku dalszego obniżania zawartości tych związków.
- Połączenie w jednym genotypie dwóch pożądaných cech jakościowych — niskiej zawartości kwasu erukowego i niskiej zawartości glukozynolanów jest możliwe, ponieważ cechy te są determinowane genetycznie w sposób niezależny.

Literatura

- Brown J., Davis J.B., Brown A.P., Erickson D.A., Seip L. 1999. Developing Canola-Quality cultivars of yellow mustard (*Sinapis alba* L.). Proc. 10th International Rapeseed Congress Canberra, Australia 26-29.09.1999-CD.
- Byczyńska B., Krzymański J. 1969. Szybki sposób otrzymywania estrów metylowych kwasów tłuszczowych do analizy metodą chromatografii gazowej. Tłuszcze Jadalne, XIII: 108-113.
- Dembiński F.: Rośliny Oleiste. PWRiL Warszawa 1975: 291-301.
- Jankowski K., Budzyński W. 2003. Rola elementów struktury plonu w kształtowaniu plonu niektórych jarych roślin oleistych. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXIV (2): 443-454.
- Katepa-Mupondwa F., Rakow G., Raney Ph. 1999. Meal quality characteristics yellow mustard (*Sinapis alba* L.). Proc. 10th International Rapeseed Congress Canberra, Australia 26-29.09.1999-CD.
- Krzymański J. 1966. Skład olejów w nasionach krajowych roślin oleistych. Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo, 10/5: 535-546.
- Krzymański J. 1995. Standarization of glucosinolate content in seed of double low oilseed rape cultivars – problem of indolyl glucosinolates. Proc. 9th International Rapeseed Congress, 4-7. 07. 1995 Cambridge, 3: 914-915.
- Krzymański J., Piętka T., Ratajska I., Byczyńska B., Krótka K. 1990. Selekcja gorczycy białej o niskiej zawartości glukozynolanów (Selection of white mustard for low glucosinolate content). Rośliny Oleiste Wyniki badań: 115-121.
- Krzymański J., Piętka T., Ratajska I., Byczyńska B., Krótka K. 1991. Development of low glucosinolate White Mustard (*Sinapis alba* L. syn. *Brassica hirta*). GCIRC. VIII th. International Rapeseed Congress. 9-11.07. 1991, Saskatoon, Canada, 5: 1545-1548.
- Michalski K., Kołodziej K., Krzymański J. 1995. Quantitative analysis of glucosinolates in seeds of oilseed rape - effect of sample preparation on analytical results. Proc. 9th International Rapeseed Congress, UK 4-7. VII, Cambridge, 3: 911-913.
- Muśnicki Cz., Toboła P., Muśnicka B. 1997. Produkcyjność alternatywnych roślin oleistych w warunkach Wielkopolski oraz zmienność ich plonowania. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XVIII (2):269-278.
- Ochodzki P., Piotrowska A. 1997. Zmienność składu chemicznego odtłuszczonych nasion rzepaku o niskiej zawartości włókna. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XVIII (2): 211-524.
- Olejniczak J., Adamska E. 1990. Efekt działania różnych mutagenów w pokoleniu roślin M₁ i M₂ gorczycy białej (*Sinapis alba* L.). Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XX (1): 235-242.

- Olsson G. 1960. Self-incompatibility and outcrossing in rape and white mustard. *Hereditas*, 46: 241-242.
- Piętka T., Krzymański J., Michalski K., Krótka K. 1998. Postępy prac nad tworzeniem gorczycy białej podwójnie ulepszonej (Progress in the breeding of white mustard (*Sinapis alba* L.) for double low quality). *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XIX (2): 455-462.
- Polskie Normy:
- PN-EN-ISO 5508: 1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metyloowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
- PN-ISO 5509: 1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Przygotowanie estrów metyloowych kwasów tłuszczowych.
- Raney J.Ph., Rakow G., Olson T.V. 1999. Selection for high oleic acid in „zero” erucic acid *Sinapis alba*. Proc. 10th International Rapeseed Congress 26-29.09.1999, Canberra, Australia, CD.
- Słomiński B.A., Kienzle H.D., Ping Jiang, Campbell L.D., Pickard M., Rakow G. Chemical composition and nutritive value of Canola-Quality *Sinapis alba* mustard. roc. 10th International Rapeseed Congress 26-29.09.1999, Canberra, Australia, CD.
- Toboła P., Muśnicki Cz. 1999. Zmienność plonowania jarych roślin oleistych z rodziny krzyżowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XX (1): 93-100.
- Wałkowski T. 1997. Gorczyce. IHAR Poznań: 5-19.