

TERESA PIĘTKA
KRYSTYNA KRÓTKA
JAN KRZYMAŃSKI.

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu

Ogólna zdolność kombinacyjna i odziedziczalność zawartości glukozynolanów w nasionach rzepaku ozimego

General combining ability and heritability of glucosinolate content of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) seeds

Zawartość glukozynolanów alifatycznych w nasionach rzepaku jest bardzo ważną cechą określającą wartość żywieniową otrzymywanej z nich śruty poekstrakcyjnej. Dalsze obniżanie ich zawartości jest jednym z głównych celów prac hodowlanych. Lepsze poznanie zasad ich dziedziczenia powinno umożliwić skuteczną selekcję. Znajomość ogólnej zdolności kombinacyjnej (OZK) w odniesieniu do poszczególnych glukozynolanów ma duże znaczenie tak dla hodowli odmian populacyjnych, jak i mieszańców. Przebadano 11 linii wsobnych rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego o bardzo niskiej zawartości glukozynolanów. Do badań użyto nasion zebranych z pokoleń F_1 i F_2 mieszańców. Mieszańce uzyskano z krzyżowań linii wsobnych z pięcioma zarejestrowanymi odmianami jako testerami. Krzyżowania wykonano w obu kierunkach. Uzyskane mieszańce były oceniane w doświadczeniach polowych w dwu powtórzeniach. Wartości OZK i testy statystyczne ich istotności obliczono oddzielnie dla poszczególnych glukozynolanów oraz dla pokoleń F_1 i F_2 . Jako oszacowania stopnia odziedziczalności OZK w odniesieniu do glukozynolanów obliczono współczynniki: regresji, korelacji i determinacji pomiędzy obu pokoleniami. Większość obliczonych współczynników okazała się istotna statystycznie na poziomie $\alpha = 0,01$ lub $\alpha = 0,05$, co świadczy o dobrej powtarzalności oceny OZK.

Słowa kluczowe: glukozynolany, odziedziczalność, ogólna zdolność kombinacyjna, substancje antyżywieniowe

A content of aliphatic glucosinolates in seeds of winter oilseed rape is a very important trait determining the nutritional value of fodder. Further reduction of their content is one of the most important goals in breeding of improved cultivars. Better understanding of their inheritance should make selection more effective and speed up the breeding process. The knowledge of general combining ability (GCA) values in respect to individual glucosinolates is of great importance for breeding both population varieties and hybrids. Eleven inbred lines of winter oilseed rape characterized by a very low glucosinolate content were studied. These lines were crossed with five cultivars used as testers. The crosses were carried out in both directions. Hybrids were grown in field trials in two replications. Statistical analyses of GCA values were performed separately for particular glucosinolates as well as

F₁ and F₂ generations. To estimate the heritabilities analyses of regression, correlation and determination coefficients between both generations were made. Most of the calculated coefficients were significant at the level $\alpha = 0,01$ or $\alpha = 0,05$, which proved that the method of GCA estimation used in our experiments was satisfactorily reproducible.

Key words: antinutritive components, general combining ability, glucosinolate, heritability

WSTĘP

Bardzo ważną cechą jakościową nasion rzepaku określającą wartość żywieniową otrzymywanej z nich śruty poekstrakcyjnej jest zawartość glukozynolanów alifatycznych. Niski poziom glukozynolanów w wyhodowanych dotąd podwójnie ulepszonych odmianach populacyjnych, jak i wchodzących coraz szerzej do uprawy nowych odmianach mieszańcowych rzepaku ozimego (Bartkowiak-Broda, 1998; Friedt, 1999) pozwala na uzyskanie wartościowej śruty (Krzymański, 1970, 1993). Jednak badania żywieniowe wykazały, że dla polepszenia jej wartości biologicznej, konieczne jest dalsze obniżenie zawartości antyżywniowych związków jakimi są glukozynolany alifatyczne (Rakowska, Ochodźki, 1995; Frankiewicz i in., 1995; Kudła, 1997). Wymagania w tym kierunku będą ulegały zaostrzeniu przy rejestracji nowych odmian w Polsce i w krajach UE (Heimann, 1999). Konieczne jest zatem prowadzenie intensywnych prac badawczych i hodowlanych dla uzyskania nowych odmian i mieszańców rzepaku ozimego o jeszcze niższej zawartości glukozynolanów. Jednym z ważnych kierunków tych prac jest dobranie odpowiednich metod określania zdolności kombinacyjnej i zbadanie sposobu jej dziedziczenia.

MATERIAŁ I METODY

Jedenaście linii wsobnych o ekstremalnie obniżonej zawartości glukozynolanów (poniżej 5,0 $\mu\text{M/g}$ nasion) wybranych do krzyżowania zostało wyprowadzonych z plennych, dobrze zimujących rodów hodowlanych Zakładu Roślin Oleistych IHAR w Poznaniu. Linie te przekrzyżowano z testerami, którymi były rośliny wyselekcjonowane na podstawie analiz biochemicznych z pięciu zarejestrowanych odmian krajowych i zagranicznych: Lirajet, Silvia, Mar, Polo i Wotan. Krzyżowania wykonano ręcznie w obu kierunkach. Dokładny opis materiału roślinnego został podany w publikacjach (Krzymański i in., 1999; Piętka i in., 2000).

Do badań użyto nasion zebranych z pokoleń F₁ i F₂ mieszańców. Nasiona zostały zebrane z roślin rosnących w dwóch doświadczeniach z mieszańcami pokolenia F₁ i w dwóch doświadczeniach z mieszańcami F₂. Analizy na zawartość i skład glukozynolanów wykonano za pomocą chromatografii gazowej pochodnych siliowych desulfo-glukozynolanów (Michalski i in., 1995). W metodzie tej do kalibracji chromatografu zastosowano wzorzec europejski CRM-366 o sumarycznej zawartości glukozynolanów 12,1 $\mu\text{M/g}$ nasion z tolerancją 0,8 $\mu\text{M/g}$ nasion. Wzorzec ten został opracowany przez Community Bureau of Reference-BCR jako uśredniona wartość analiz z ring-testu pomiędzy osiemnastoma laboratoriami.

Obliczenia ogólnej zdolności kombinacyjnej (OZK) wykonano w układzie North Caroline'a II (NCII) (Garretsen, Keuls, 1985; Ubysz-Borucka, 1985). Współczynniki regresji, korelacji i determinacji obliczono za pomocą programu Microsoft Excel.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Obliczenia wykazały, że linie wsobne są wysoce istotnie zróżnicowane pod względem wartości OZK dla większości glukozynolanów w obu pokoleniach i w obu kierunkach krzyżowań (tab. 1 i 2). Współczynnik F jest wysoce istotny (na poziomie $\alpha = 0,01$) dla OZK zawartości glukonapiny, progoitryny i sumy glukozynolanów alkenowych w obu kierunkach krzyżowania zarówno w pokoleniu F_1 , jak i w pokoleniu F_2 mieszańców. Wysokie istotności wartości OZK wskazują na addytywne działanie genów w dziedziczeniu tych cech. Podobne wyniki otrzymano w uprzednio prowadzonych badaniach dla tych cech w krzyżowaniach diallelicznych (Krzymański i in., 1993, 1994, 1995). Wysokie istotności zróżnicowania efektów OZK pod względem zawartości glukobrassicanapiny obserwowano tylko w pokoleniu F_1 dla linii wsobnych użytych jako formy mateczne. Natomiast dla zawartości 4-hydroksybrassicyny wysoce istotne efekty OZK obserwowano w pokoleniu F_1 tylko dla linii wsobnych jeżeli były użyte jako zapylacze.

Ustalono, że linia PN 3734/95 jest szczególnie cenna pod względem hodowlanym, bowiem obniża istotnie zawartość glukozynolanów w mieszańcach, zarówno gdy występuje jako forma mateczna jak i ojcowska.

Współczynniki korelacji dla wartości OZK wyliczone pomiędzy kierunkami krzyżowań okazały się nie dla wszystkich glukozynolanów istotne (tab. 3). Wskazuje to na możliwość, że w niektórych wypadkach kierunek krzyżowania wpływał na wartość OZK. Dotyczy to glukobrassicanapiny i 4-hydroksybrassicyny. Otrzymany wynik może być również spowodowany brakiem wystarczającego zróżnicowania genetycznego tych cech u badanych linii wsobnych.

Ważne jest nie tylko poznanie wartości ogólnej zdolności kombinacyjnej, ale również na ile otrzymane wartości są powtarzalne w następnych pokoleniach, czyli jaka jest ich odziedziczalność. Ponieważ wartości OZK zależą od efektów addytywnych to do próby oceny ich odziedziczalności można wykorzystać wartości OZK obliczone dla dwu kolejnych pokoleń, tym bardziej, że rosły one w kolejnych dwóch latach. Oszacowania odziedziczalności uzyskano poprzez obliczenie współczynników regresji, korelacji i determinacji (tab. 4, 5 i 6). Mimo bardzo obniżonej i stosunkowo wyrównanej zawartości glukozynolanów w badanych liniach wsobnych uzyskano wysoką odziedziczalność OZK dla glukonapiny, progoitryny, sumy glukozynolanów alkenowych i sumy wszystkich glukozynolanów. Dla glukobrassicanapiny odziedziczalność jest istotna tylko w jednym kierunku krzyżowania. Brak odziedziczalności efektów OZK dla 4-hydroksybrassicyny wynika prawdopodobnie z braku wystarczającego zróżnicowania genetycznego pod względem tej cechy.

Tabela 1

**Wartości ogólnej zdolności kombinacyjnej dla linii wsobnych w odniesieniu do zawartości glukozynolanów badane w pokoleniach
F₁ i F₂ mieszańców**

Values of general combining ability for inbred lines in relation to a content glucosinolates estimated in F₁ and F₂ generations of hybrids

Linia Line	Glukonapina Gluconapin		Glukobrassicinapina Glucobrassicinapin		Progoitryna Progoitrin		Suma gluk.alkenowych Total aliphatic glucosin.		4-hidroksybrassicyna 4-hydroxybrassicin		Suma glukozynolanów Total glucosinolates	
	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂
jako rośliny mateczne — as maternal plants												
PN-3181	-0,14	0,03	-0,04*	-0,06	-0,60**	-0,40	-0,79**	-0,39	-0,44	0,17	-1,20**	-0,24
PN-3451	0,22*	0,06	-0,02	0,01	0,04	-0,67*	0,24	-0,65	0,27	0,04	0,49	-0,64
PN-3455	-0,20*	-0,24*	0,03	-0,04	0,05	-0,39	-0,11	-0,75	0,05	-0,09	-0,08	-0,86
PN-3462	0,06	-0,14	0,00	0,02	0,55**	0,21	0,62**	0,15	0,01	-0,18	0,64	0,01
PN-3707	-0,11	0,21	-0,08**	-0,01	0,10	0,85**	-0,11	1,06*	0,07	-0,20	-0,07	0,85
PN-3710	0,08	-0,22	0,05**	-0,02	-0,04	-0,36	0,09	-0,68	-0,68*	0,13	-0,60	-0,57
PN-3734	-0,37**	-0,26*	-0,02	-0,03	-0,85**	-0,63*	-1,25**	-0,80	0,33	-0,21	-0,90*	-0,98
PN-3999	-0,23**	0,12	-0,04*	0,04	-0,34**	0,30	-0,61**	0,41	0,06	0,36	-0,55	0,79
PN-4043	0,13	-0,05	0,16**	0,14**	-0,02	0,00	0,30	0,13	0,32	0,46	0,63	0,59
PN-4272	0,49**	0,35**	0,00	-0,03	1,15**	0,86**	1,68**	1,19**	0,41	-0,30	2,09**	0,88
PN-4287	0,09	0,14	-0,05	0,00	-0,08	0,23	-0,07	0,32	-0,44	-0,22	-0,46	0,16
F	6,52**	2,56*	10,28**	1,39	16,85**	3,80**	11,04**	2,69**	1,74	0,72	4,38**	1,15
jako zapylacze — as pollinators												
PN-3181	0,17	0,18*	0,02	0,00	-0,05	0,03	0,15	0,19	0,04	-0,23	0,20	-0,05
PN-3451	0,07	0,11	-0,02	0,04	-0,37*	-0,27	-0,35	-0,18	0,03	-0,02	-0,28	-0,18
PN-3455	-0,19	0,15	-0,01	0,02	-0,07	0,38	-0,27	0,55	-0,41*	-0,01	-0,74*	0,50
PN-3462	0,13	0,19*	-0,01	0,01	0,47*	0,68**	0,57	0,84**	0,18	0,59*	0,77*	1,45**
PN-3707	-0,26*	-0,27**	-0,05	-0,06*	0,25	0,16	-0,07	-0,18	-0,02	-0,04	-0,16	-0,26
PN-3710	-0,01	0,06	0,02	0,02	0,15	-0,16	0,14	-0,15	0,00	0,06	0,13	-0,12
PN-3734	-0,19	-0,29**	0,02	-0,01	-0,42*	-0,61**	-0,61*	-0,95**	-0,01	-0,04	-0,62	-0,99*
PN-3999	-0,27*	-0,04	-0,02	0,02	-0,57**	-0,25	-0,86**	-0,23	-0,38*	-0,38	-1,24**	-0,61
PN-4043	-0,26*	-0,37**	0,02	0,00	-0,56**	-0,93**	-0,79**	-1,27**	0,13	0,29	-0,63	-0,95*
PN-4272	0,82**	0,48**	0,06	-0,01	1,44**	1,18**	2,37**	1,78**	0,70**	-0,28	3,07**	1,53**
PN-4287	-0,03	-0,18*	0,01	-0,04	-0,26	-0,17	-0,26	-0,36	-0,27	0,03	-0,54	-0,34
F	6,93**	7,36**	1,40	1,14	9,07**	8,35**	8,35**	6,78**	2,75**	0,75	9,18**	2,96**

* — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,05$

* — Effects significant at the level $\alpha = 0.05$

** — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,01$

** — Effects significant at the level $\alpha = 0.01$

Tabela 2

**Wartości ogólnej zdolności kombinacyjnej dla linii wsobnych w odniesieniu do zawartości glukozynolanów badane w pokoleniach
F₁ i F₂ mieszańców**

Values of general combining ability for inbred lines in relation to a content of glucosinolates estimated in F₁ and F₂ generations of hybrids

Linia Line	Glukonapina Gluconapin		Glukobrassicinapina Glucobrassicinapin		Progoitryna Progoitrin		Suma gluk. alkenowych Total aliphatic glucosin.		4-hydroksybrassicyna 4-hydroxybrassicin		Suma glukozynolanów Total glucosinolates	
	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂
łącznie rośliny mateczne i zapylacze maternal plants and pollinators in total												
PN-3181	0,01	0,10	-0,01	-0,03	-0,32*	-0,19	-0,32	-0,10	-0,20	-0,03	-0,50	-0,14
PN-3451	0,14	0,08	-0,02	0,02	-0,16	-0,47*	-0,06	-0,42	0,15	0,01	0,11	-0,41
PN-3455	-0,20*	-0,04	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,19	-0,10	-0,18	-0,05	-0,41	-0,18
PN-3462	0,10	0,03	-0,01	0,02	0,51**	0,44*	0,59*	0,50	0,10	0,21	0,71*	0,73
PN-3707	-0,19*	-0,03	-0,07**	-0,04	0,18	0,50*	-0,09	0,44	0,03	-0,12	-0,11	0,30
PN-3710	0,04	-0,08	0,03	-0,00	0,06	-0,26	0,12	-0,42	-0,34*	0,10	-0,24	-0,34
PN-3734	-0,28**	-0,28**	0,00	-0,02	-0,63**	-0,62**	-0,93**	-0,88**	0,16	-0,12	-0,76*	-0,98*
PN-3999	-0,25**	0,04	-0,03	0,03	-0,45**	0,02	-0,74**	0,09	-0,16	-0,01	-0,89**	0,09
PN-4043	-0,07	-0,21*	0,09**	0,07*	-0,29*	-0,47*	-0,25	-0,57	0,23	0,38	0,00	-0,18
PN-4272	0,65**	0,42**	0,03	-0,02	1,30**	1,02**	2,02**	1,48**	0,56**	-0,29	2,58**	1,21**
PN-4287	0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,17	0,03	-0,17	-0,02	-0,35*	-0,09	-0,50	-0,09
F	8,26**	3,22**	3,24**	1,36	14,82**	5,96**	10,87**	4,05**	2,44*	0,72	8,58**	1,74

* — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,05$

* — Effects significant at the level $\alpha = 0.05$

** — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,01$

** — Effects significant at the level $\alpha = 0.01$

Tabela 3

Współczynniki korelacji między kierunkami krzyżowań obliczone na podstawie wartości OZK dla linii wsobnych

Coefficients of correlation between cross directions based on GCA values for inbred lines

Pokolenie Generation	Glukonapina Gluconapin	Glukobrassic. Glucobrassic.	Progoitryna Progoitrin	Suma gluk. alken. Total aliph. gluc.	4-hydroksybras. 4-hydroxybras.	Suma glukozy. Total glucos.
F ₁	0,734**	0,391	0,812**	0,762**	0,355	0,713*
F ₂	0,216	0,091	0,516	0,364	-0,069	0,130
F ₁ i F ₂ F ₁ and F ₂	0,526*	0,252	0,662**	0,577**	0,192	0,504*

* — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,05$ * — Effects significant at the level $\alpha = 0.05$ ** — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,01$ ** — Effects significant at the level $\alpha = 0.01$

Tabela 4

Współczynniki korelacji między pokoleniami F₁ i F₂ obliczone na podstawie wartości OZK dla linii wsobnych

Coefficients of correlation between generations F₁ and F₂ based on GCA values for inbred lines

	Glukonapina Gluconapin	Glukobrassic. Glucobrassic.	Progoitryna Progoitrin	Suma gluk. alken. Total aliph. gluc.	4-hydroksybras. 4-hydroxybras.	Suma glukozy. Total glucos.
Rośliny mateczne Maternal plants	0,525	0,636*	0,627*	0,530	-0,108	0,447
Zapyłacze Pollinators	0,814**	0,087	0,895**	0,870**	0,098	0,783**
Rośliny mateczne i zapyłacze Maternal plants and pollinators	0,706**	0,525*	0,773**	0,726**	-0,011	0,648**

Tabela 5

Współczynniki determinacji między pokoleniami F₁ i F₂ obliczone na podstawie wartości OZK dla linii wsobnych

Coefficients of determination between generations F₁ and F₂ based on GCA values for inbred lines

	Glukonapina Gluconapin	Glukobrassic. Glucobrassic.	Progoitryna Progoitrin	Suma gluk. alken. Total aliph. gluc.	4-hydroksybras. 4-hydroxybras.	Suma glukozy. Total glucos.
Rośliny mateczne Maternal plants	0,276	0,404*	0,393*	0,281	0,012	0,200
Zapyłacze Pollinators	0,663**	0,008	0,801**	0,757**	0,010	0,613**
Rośliny mateczne i zapyłacze Maternal plants and pollinators	0,498**	0,276*	0,598**	0,527**	0,000	0,420**

Większość obliczonych współczynników okazała się istotna statystycznie co świadczy o dobrej powtarzalności oceny OZK dokonanej zastosowaną metodą mimo, że ocena ta była oparta na wynikach z jednorocznych doświadczeń. Stwierdzenie to ma duże znaczenie dla wyboru skutecznego schematu pracy hodowlanej. Pozwala bowiem na wybór

najlepszych form rodzicielskich do krzyżowania i na wyeliminowanie mieszańców mało przydatnych gospodarczo z dalszych prac selekcyjnych.

Tabela 6

Współczynniki regresji wartości OZK pokolenia F₂ na wartościach OZK pokolenia F₁
Regression coefficients of GCA values of F₂ generation on GCA values of F₁ generation

	Glukonapina Gluconapin	Glukobrassic. Glucobrassic.	Progoitryna Progoitrin	Suma gluk.alken. Total aliph.gluc.	4-hidroksybras. 4-hydroxybras.	Suma glukozy. Total glucos.
Rośliny mateczne Maternal plants	0,434	0,530*	0,637*	0,490	-0,076	0,341
Zapylacze Pollinators	0,662**	0,085	0,901**	0,815**	0,086	0,575**
Rośliny mateczne i zapylacze Maternal plants and pollinators	0,578**	0,452*	0,781**	0,676**	-0,009	0,483**

* — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,05$

* — Effects significant at the level $\alpha = 0.05$

** — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,01$

** — Effects significant at the level $\alpha = 0.01$

Tabela 7

Współczynniki korelacji między glukozyzolanami zawartymi w nasionach rzepaku ozimego obliczone na podstawie wartości OZK dla linii wsobnych będących roślinami matecznymi (w pokoleniach F₁ i F₂ łącznie)

Coefficients of correlation between glucosinolate contents in seeds of winter rapeseed calculated based on GCA values for inbred lines used as maternal plants (for F₁ and F₂ generations in total)

	Glukonapina Gluconapin	Glukobrassicapina Glucobrassicapin	Progoitryna Progoitrin	Suma gluk. alkenowych Total aliphatic gluc.	4-hidroksybrassicyna 4-hydroxybrassicin	Suma glukozyzolanów Total glucocinolates
Glukonapina Gluconapin	1					
Glukobrassicapina Glucobrassicapin	0,166	1				
Progoitryna Progoitrin	0,775**	0,136	1			
Suma glukozyzolanów alkenowych Total aliphatic glucosinolates	0,877**	0,241	0,975**	1		
4-hidroksybrassicyna 4-hydroxybrassicin	0,028	0,327	0,040	0,066	1	
Suma glukozyzolanów Total glucocinolates	0,801**	0,344	0,895**	0,928**	0,431*	1

* — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,05$

* — Effects significant at the level $\alpha = 0.05$

** — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,01$

** — Effects significant at the level $\alpha = 0.01$

Tabela 8

Współczynniki korelacji między glukozynolanami zawartymi w nasionach rzepaku ozimego obliczone na podstawie wartości OZK dla linii wsobnych będących zapylaczami (w pokoleniach F₁ i F₂ łącznie)
Coefficients of correlation between glucosinolate contents in seeds of winter rapeseed calculated based on GCA values for inbred lines used as pollinators (for F₁ and F₂ generations in total)

	Glukonapina Gluconapin	Glukobrassicinapina Glucobrassicinapin	Progoitryna Progoitrin	Suma gluk. alkenowych Total aliphatic gluc.	4-hydroksybrassicyna 4-hydroxybrassicin	Suma glukozynolanów Total glucocinolates
Glukonapina Gluconapin	1					
Glukobrassicinapina Glucobrassicinapin	0,545**	1				
Progoitryna Progoitrin	0,821**	0,162	1			
Suma glukozynolanów alkenowych Total aliphatic glucosinolates	0,923**	0,323	0,976**	1		
4-hydroksybrassicyna 4-hydroxybrassicin	0,380	0,333	0,362	0,376	1	
Suma glukozynolanów Total glucocinolates	0,904**	0,380	0,933**	0,962**	0,613**	1

* — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,05$ * — Effects significant at the level $\alpha = 0.05$
 ** — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,01$ ** — Effects significant at the level $\alpha = 0.01$

Tabela 9

Współczynniki korelacji między glukozynolanami zawartymi w nasionach rzepaku ozimego obliczone na podstawie wartości OZK dla linii wsobnych przy krzyżowaniu w obu kierunkach (w pokoleniach F₁ i F₂ łącznie)
Coefficients of correlation between glucosinolate contents in seeds of winter rapeseed calculated based on GCA values for inbred lines after crossing in both directions (for F₁ and F₂ generations in total)

	Glukonapina Gluconapin	Glukobrassicinapina Glucobrassicinapin	Progoitryna Progoitrin	Suma gluk. alkenowych Total aliphatic gluc.	4-hydroksybrassicyna 4-hydroxybrassicin	Suma glukozynolanów Total glucocinolates
Glukonapina Gluconapin	1					
Glukobrassicinapina Glucobrassicinapin	0,281	1				
Progoitryna Progoitrin	0,799**	0,135	1			
Suma glukozynolanów alkenowych Total of aliphatic glucosinolates	0,904**	0,249	0,975**	1		
4-hydroksybrassicyna 4-hydroxybrassicin	0,216	0,315*	0,200	0,224	1	
Suma glukozynolanów Total of glucocinolates	0,864**	0,325*	0,915**	0,948**	0,522**	1

* — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,05$ * — Effects significant at the level $\alpha = 0.05$
 ** — Efekty istotne statystycznie przy $\alpha = 0,01$ ** — Effects significant at the level $\alpha = 0.01$

Wysokie współczynniki korelacji (tab. 7, 8 i 9) pomiędzy badanymi glukozynolanami obliczone na podstawie wartości OZK linii wsobnych będących formami matecznymi i ojcowskimi wskazują na bardzo istotne sprzężenie pomiędzy glukozynolanami alkenowymi, których prekursorem jest metionina. Jedynie glukozynolany indolowe, których prekursorem jest tryptofan nie są skorelowane z glukozynolanami alkenowymi.

Otrzymane wyniki wskazują, że mimo wyrównanej i niskiej zawartości glukozynolanów w badanych liniach wsobnych nadal występuje wystarczające zróżnicowanie umożliwiające hodowlę w kierunku bardzo niskiej zawartości tych związków w nasionach rzepaku.

WNIOSKI

1. Stwierdzono występowanie istotnych efektów OZK pod względem zawartości poszczególnych glukozynolanów u badanych linii wsobnych.
2. Szczególnie wartościowa okazała się linia PN 3734/95, bowiem w sposób istotny obniża zawartość glukozynolanów w mieszańcach niezależnie od kierunku krzyżowania.
3. Większość współczynników regresji, korelacji i determinacji dla wartości OZK pomiędzy kolejnymi pokoleniami okazała się istotna statystycznie na poziomie $\alpha = 0,01$ lub $\alpha = 0,05$, co świadczy o dobrej odziedziczalności oceny OZK zastosowaną metodą. Pozwala to na optymalny wybór form rodzicielskich do krzyżowania i na eliminację nie perspektywicznych mieszańców z dalszych prac selekcyjnych.
4. Wysokie współczynniki korelacji pomiędzy wartościami OZK badanych glukozynolanów, obliczone dla obu kierunków krzyżowań, wskazują na bardzo istotne sprzężenie pomiędzy glukozynolanami alkenowymi, których prekursorem jest metionina. OZK glukozynolanów indolowych, których prekursorem jest tryptofan, nie są skorelowane z OZK glukozynolanów alkenowych.

LITERATURA

- Bartkowiak-Broda I. 1998. Odmiany mieszańcowe rzepaku — osiągnięcia i perspektywy. *Rośliny Oleiste*, XIX (2): 359 — 370.
- Frankiewicz A., Potkański A., Warych H., Kliber A., Szkudelski T. 1995. Wpływ poziomu glukozynolanów w wyciekach rzepakowych na wyniki produkcyjne u młodych świń. *Rośliny Oleiste*, XVI (2): 375 — 381.
- Friedt W. 1999. Breeding of rapeseed (*Brassica napus* L.) for modified seed quality — Synergy of conventional and modern approaches. 10th International Rapeseed Congress. Canberra 26–29. 09. 1999. Australia.
- Garretsen F., Keuls M. 1978. A general method for the analysis of genetics variation of complete and incomplete diallels and North Carolina II design. Part II. Procedures and general formulae for the fixed model. *Euphytica* 27: 49 — 68.
- Heimann S. 1999. Ocena jakościowa odmian rzepaku ozimego za lata 1996-1998. *Rośliny Oleiste*, XX (2): 637 — 641.
- Krzyżmański J. 1970. Genetyczne możliwości ulepszania składu chemicznego nasion rzepaku ozimego. *Hod. Rośl. Aklim.* 14: 95 — 113.
- Krzyżmański J. 1993. Osiągnięcia i nowe perspektywy prac badawczych nad roślinami oleistymi w Polsce. *Post. Nauk Rol.* (5): 7 — 14.

- Krzymański J., Piętka T., Krótka K. 1993. Zdolność kombinacyjna i heterozja mieszańców diallelicznych rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. I. Pokolenie F_1 . Post. Nauk Rol. (5): 41 — 52.
- Krzymański J., Piętka T., Krótka K. 1994. Zdolność kombinacyjna i heterozja mieszańców diallelicznych rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. II. Pokolenie F_1 i F_2 . Rośliny Oleiste, XV (1): 21 — 32.
- Krzymański J., Piętka T., Krótka K., Michalski K. 1995. Zawartość glukozynolanów u mieszańców F_1 polskiego rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego. Rośliny Oleiste, XVI (1): 13 — 24.
- Krzymański J., Piętka T., Ogródowczyk M., Krótka K. 1999. Ocena wartości kombinacyjnych mieszańców między liniami wsobnymi rzepaku ozimego i odmianami wykonana w układzie czynnikowym. I. Pokolenie F_1 . Rośliny Oleiste, XX (2): 335 — 345.
- Kudła M. 1997. Zagadnienie glukozynolanów w hodowli jakościowej rzepaku (*Brassica napus* L.). Rośliny Oleiste, XVIII (1): 119 — 134.
- Michalski K., Kołodziej K., Krzymański J. 1995. Quantitative analysis of glucosinolates in seeds of oilseed rape. Effect of sample preparation on analysis results. Proceedings of 9th International Rapeseed Congress, Cambridge, UK, 4–7. 07.1995, 3: 911 — 913.
- Piętka T., Krótka K., Krzymański J. 2000. Ocena wartości kombinacyjnych mieszańców między liniami wsobnymi rzepaku ozimego i odmianami wykonana w układzie czynnikowym. II. Pokolenie F_1 i F_2 . Rośliny Oleiste, XX (2): 329 — 340.
- Rakowska M., Ochodzki P. 1995. Chemiczna i żywieniowa ocena śrut rzepakowych otrzymanych różnymi metodami. Rośliny Oleiste, XVI (2): 345 — 350.
- Ubysz-Borucka L., Mądry W., Muszyński S. 1985. Podstawy statystyczne genetyki cech ilościowych w hodowli roślin. SGGW-AR, Warszawa.