

Maria Ogrodowczyk, Maria Wawrzyniak
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu

Zastosowanie analizy współczynników ścieżek do badań zależności i współzależności plonu oraz wybranych cech plonotwórczych rzepaku ozimego

Adoption of the path-coefficient analysis for assessment of relationships and interrelationships of yield and yield parameters of winter oilseed rape

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, cechy plonotwórcze, korelacje, analiza współczynników ścieżek

Celem przedstawionej pracy jest określenie wielkości wpływu wybranych cech plonotwórczych na plon nasion rzepaku ozimego w warunkach klimatycznych północno-wschodniej Polski. Doświadczenia polowe przeprowadzono w dwóch stacjach w ciągu dwóch lat badań. Porównano wzajemne relacje pomiędzy cechami plonotwórczymi a plonem wyznaczone przez współczynniki korelacji oraz analizy ścieżek w różnych warunkach klimatycznych.

Key words: winter oilseed rape, correlations, analysis of path coefficients

The aim of the study was to determine the influence of chosen traits on yield of winter oilseed rape in climatic conditions of north-eastern Poland. The investigated traits were: score of plant development in autumn and in spring, per cent of overwintering plants, beginning and length of flowering and plant height. The research was carried out on 18 strains and lines of winter oilseed rape sown during the two years of research in two locations. Each of the experiments was statistically analyzed. Relations between investigated traits and seed yield were determined by correlation coefficients and path-coefficient analysis. In all experiments large variation of seed yield and smaller variation of other traits were observed. Analysis of simple correlation showed in all experiments a significant positive correlation of score made in spring and seed yield, in three experiments also significant positive correlation of plant height and seed yield and in two – significant correlation of beginning of flowering with seed yield were observed. Path analysis proved significant correlation of plant height and seed yield. Direct effects statistically significant in three experiments proved that this trait to be correlated with yield. Similar direct effect of influence on seed yield, observed in all experiments independent of environment, was also characteristic for the length of flowering. In the case of the score of plant made in spring the situation was inverse. Path-analysis showed that the significant positive correlation of plant score with seed yield was confirmed by direct effect only in one experiment. Indirect effects slightly influenced corresponding correlation coefficients. In two years of research in those two stations. Most visible indirect effects on seed yield were caused by traits describing plant flowering.

Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się wyraźnie zwiększone zapotrzebowanie rynku na nasiona rzepaku — czołowej rośliny oleisto-białkowej na świecie. Jest to spowodowane wzrastającą wartością użytkową nasion, które stanowią ważny surowiec dla przemysłu tłuszczowego i paszowego (Krzymański 1993; Rakow, Raney 2003).

Światowa produkcja nasion rzepaku zwiększyła się z 24,5 mln ton w 1990 roku do 42,4 mln ton w 2004 roku. W Polsce całkowita produkcja rzepaku w 2004 roku kształtowała się na poziomie około 1,5 mln ton (Bartkowiak-Broda i in. 2004, Rosiak 2004). Produkcja ta zapewnia pokrycie zapotrzebowania na nasiona przez istniejący w Polsce przemysł tłuszczowy, którego obecna moc przerobowa wynosi 1,3 mln ton nasion rocznie.

Możliwy jest jednak przerób oleju także na cele niespożywcze, głównie produkcję estrów metylowych wyższych kwasów tłuszczowych jako biokomponentów paliwa dla silników wysokoprężnych, a także do produkcji olejów przemysłowych, smarów, farb drukarskich, farb, pokostów, oleochemikalii, linoleum itp. (Krzymański 2002). Pokrycie zapotrzebowania na nasiona rzepaku dla tych celów będzie wymagało zwiększenia powierzchni uprawy, także na terenach nie będących dotąd tradycyjnymi rejonami uprawy ze względu na trudne warunki klimatyczne.

Celem przedstawionej pracy jest określenie wielkości wpływu poszczególnych cech plonotwórczych na plon nasion rzepaku ozimego w warunkach klimatycznych północno-wschodniej Polski. Wzajemne relacje pomiędzy cechami plonotwórczymi a plonem są zazwyczaj opisywane za pomocą współczynników korelacji, ale jak podaje Idźkowska i in. (1993) nie zawsze informacje uzyskane na tej podstawie są wystarczające dla hodowcy. Zastosowanie analizy współczynników ścieżek do oceny wpływu cech plonotwórczych na plon pozwala na lepsze określenie istniejących zależności, uwzględnia bowiem bezpośredni i pośredni wpływ badanych cech na plon. Wyjaśnienie jakie cechy mają decydujący wpływ na kształtowanie plonu w określonych warunkach klimatycznych ułatwiłoby hodowcom wybór cech, które należałoby oceniać w procesie hodowli.

Założenia statystyczne metody współczynników ścieżek dla badań genetycznych opracował Wright w 1921 roku (Śmiałowski, Bichoński 2003), a w hodowli roślin jako pierwsi zastosowali ją Dewey i Lu (1959). W Polsce analizę ścieżek w układach przyczynowo-skutkowych opisali Konys i Wiśniewski (1984). Problemem tym zajmowali się również inni autorzy. Mądry (2000) przedstawił analizę ścieżek z wykorzystaniem współczynników korelacji fenotypowej pszenżyta ozimego. Jankowski i Budzyński (2003) oceniali rolę elementów struktury plonu w kształtowaniu plonu nasion gorczyicy białej, gorczyicy sarepskiej, Inianki jarej oraz owoców katanu abisyńskiego, wykorzystując analizę współczynników ścieżek.

Celem podjętych badań była ocena związków przyczynowo-skutkowych między plonem nasion rzepaku ozimego a cechami plonotwórczymi metodą analizy ścieżek.

Material i metoda

Materiałem do badań było 20 rodów i linii rzepaku ozimego o zmodyfikowanej zawartości kwasów tłuszczowych. Obiekty te oceniano w doświadczeniach polowych w dwóch miejscowościach i w dwóch latach (2000/2001 i 2001/2002). Doświadczenia założono metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach. Powierzchnia całkowita poletek wynosiła 6,6 m².

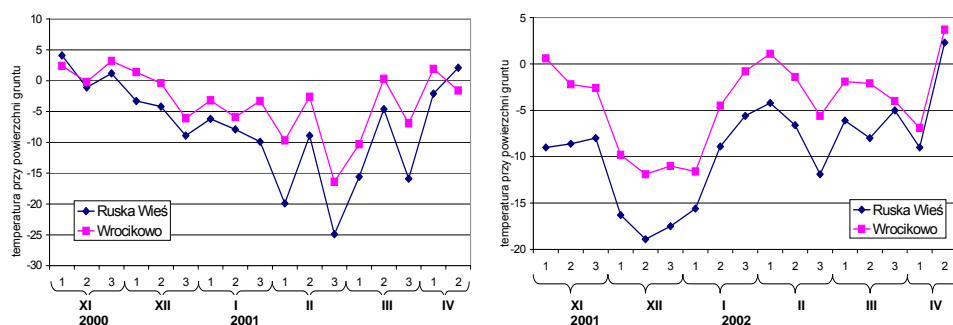
Dla przeprowadzenia doświadczeń wybrano dwie stacje w północno-wschodniej Polsce należące do COBORU. Stacja Doświadczalna Oceny Odmian (SDOO) Wrocikowo leży na granicy tradycyjnych rejonów uprawy rzepaku ozimego (okolice Olsztyna). Natomiast w rejonie SDOO Ruska Wieś (okolice Ełku) obecnie nie uprawia się tego gatunku z powodu zbyt ostrych warunków klimatycznych. Wybór miejsc założenia doświadczeń miał zapewnić poddanie badanych obiektów zjawiskom atmosferycznym charakterystycznym dla rejonów o zaostrzonym klimacie, przy założeniu że pozostałe warunki przyrodnicze (gleba, opady) są dla uprawy rzepaku sprzyjające.

Warunki klimatyczne w stacji Ruska Wieś były znacznie ostrzejsze, spadki temperatur na powierzchni gleby sięgały -25°C , co nawet przy zalegającej okrywie śnieżnej stanowiło poważne zagrożenie dla roślin rzepaku ozimego. Stacja Wrocikowo charakteryzowała się nieco łagodniejszymi warunkami zimowymi pod względem układu temperatur (rys. 1). W obu stacjach w okresie przeprowadzanych doświadczeń były podobne ilości opadów (rys. 2).

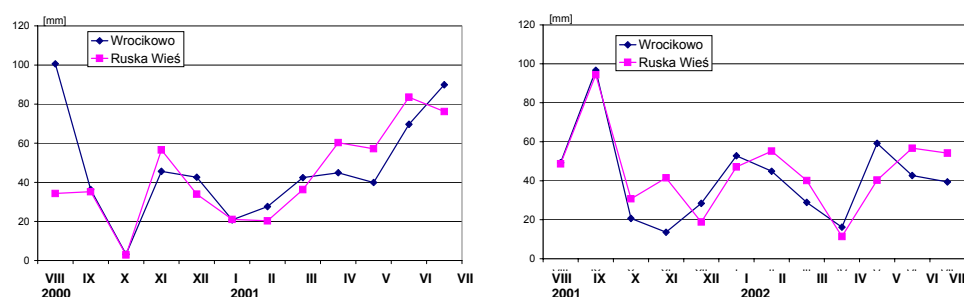
Parametry klimatyczne w obu sezonach prowadzenia badań nie odbiegały znacznie od średniej wielolecia dla rejonów w jakich założono doświadczenia.

Rośliny narażone były w trakcie badań na wszystkie niekorzystne zjawiska atmosferyczne występujące w warunkach zimowych w obu stacjach, a stanowiące zagrożenie dla zimujących roślin (Dembiński 1962, Muśnicki 1999). Znacznym spadkom temperatur w okresie zimy towarzyszyła okrywa śnieżna łagodząca skutki mrozu, za wyjątkiem przedwiośnia w 2001 roku, gdy w warunkach braku okrywy wystąpiły silnie wysmalające wiatry. W trakcie badań notowano także okresowe rozmrażania i zamarzania powierzchni gleby, okresy zimowego pobudzenia wegetacji (styczeń/luty 2002 r.), znaczne spadki temperatur wiosną po ruszeniu wegetacji (2002 r.) i okresowe niedobory wody (rys. 1 i 2).

Badanymi cechami były: plon z poletka, bonitacja rozwoju roślin jesienią i wiosną oceniana w skali 9^o (1 — najgorszy, 9 — najlepszy stan roślin), przezimowanie roślin określone procentowo, początek kwitnienia określany liczbą dni od początku roku, długość kwitnienia oraz wysokość roślin oceniana na podstawie średniej z pięciu roślin. Każde z doświadczeń opracowano statystycznie wykonując analizę wariancji, wyliczając współczynniki zmienności oraz współczynniki korelacji. W dalszym etapie wykonano analizę statystyczną współczynników ścieżek w oparciu o współczynniki korelacji pomiędzy badanymi cechami. Porównano współzależności wybranych cech plonotwórczych w różnych warunkach klimatycznych.



Rys. 1. Porównanie temperatur mierzonych przy powierzchni gruntu w doświadczeniach w Ruskiej Wsi i Wrocikowie w latach 2000–2002 — *Comparison of temperature on the ground in experiments conducted in Ruska Wieś and Wrocikowo in years 2000–2002*



Rys. 2. Porównanie ilości opadów w rejonie doświadczeń w Ruskiej Wsi i Wrocikowie w latach 2000–2002 — *Comparison of rainfalls in Ruska Wieś and Wrocikowo in years 2000–2002*

Do badań związku pomiędzy plonem (zmienna objaśniana) z jednostki powierzchni i jego składowymi (zmiennie objaśniające) wykorzystano macierz współczynników korelacji.

Obliczenia wykonano wykorzystując arkusz kalkulacyjny MS Excel®.

Wyniki

W tabelach 1 i 2 przedstawiono charakterystykę zmienności badanych cech w doświadczeniach wykonanych w Ruskiej Wsi i Wrocikowie. Tabele zawierają wartości średnie cech, zakres zmienności, współczynniki zmienności oraz współczynniki korelacji w dwóch latach badań.

We wszystkich doświadczeniach stwierdzono znaczną zmienność plonu nasion (współczynniki zmienności: 17,74, 17,69, 18,46 i 8,89) oraz mniejsze współczynniki zmienności pozostałych cech z wyjątkiem przezimowania roślin w Ruskiej Wsi w 2000/2001 roku.

Tabela 1

Zmienność badanych cech oraz ich korelacja z plonem – doświadczenia w Ruskiej Wsi w latach 2000/2001 i 2001/2002
Variability of investigated traits and their correlation with yield – trials in Ruska Wieś in years 2000/2001 and 2001/2002

Cecha <i>Trait</i>	2000/2001				2001/2002			
	średnia <i>mean</i>	zakres zmiennosci <i>range of variability</i>	współczynnik zmiennosci <i>coefficient of variability [%]</i>	współczynnik korelacji z plonem nasion <i>coefficient of correlation with seed yield</i>	średnia <i>mean</i>	zakres zmiennosci <i>range of variability</i>	współczynnik zmiennosci <i>coefficient of variability [%]</i>	współczynnik korelacji z plonem nasion <i>coefficient of correlation with seed yield</i>
Bonitacja jesienia <i>Score in autumn</i>	7,75	7–8	5,62	0,174	6,89	5–9	10,74	0,222
Przezimowanie roślin [%] <i>Plant overwintering</i>	70,5	28–100	25,94	0,469 **	95,2	79–100	6,34	–0,078
Bonitacja wiosną <i>Score in spring</i>	4,88	4–6	9,44	0,528 **	7,05	7–8	3,19	0,237 *
Początek kwitnienia [dni] <i>Beginning of flowering [days]</i>	123,6	122–131	1,52	0,037	116,6	113–124	2,77	0,463 **
Długość kwitnienia [dni] <i>Duration of flowering [days]</i>	33,0	30–38	5,96	–0,451 **	21,76	16–25	8,35	–0,395 **
Wysokość roślin [cm] <i>Plant height</i>	133,0	110–148	5,87	0,284 *	131,1	90–167	10,48	0,474 **
Plon nasion [dt/ha] <i>Seed yield</i>	41,29	21–61	17,74	–	32,47	19–50	17,69	–

Tabela 2

Zmienność badanych cech oraz ich korelacja z plonem – doświadczenia we Wrocławiu w latach 2000/2001 i 2001/2002
Variability of investigated traits and their correlation with yield – trials in Wrocław in years 2000/2001 and 2001/2002

Cecha <i>Trait</i>	2000/2001				2001/2002			
	średnia <i>mean</i>	zakres zmienności <i>range of variability</i>	współczynnik zmienności <i>coefficient of variability</i> [%]	współczynnik korelacji z plonem nasion <i>coefficient of correlation with seed yield</i>	średnia <i>mean</i>	zakres zmienności <i>range of variability</i>	współczynnik zmienności <i>coefficient of variability</i> [%]	współczynnik korelacji z plonem nasion <i>coefficient of correlation with seed yield</i>
Bonitacja jesienia <i>Score in autumn</i>	6,61	5–8	8,23	0,107	8,18	7–9	9,30	0,115
Przezimowanie roślin [%] <i>Plant overwintering</i>	89,33	76–100	8,35	0,295 *	91,8	73–100	8,45	0,200
Bonitacja wiosną <i>Score in spring</i>	6,58	5–7	7,95	0,251 *	7,08	6–8	5,03	0,232 *
Początek kwitnienia [dni] <i>Beginning of flowering [days]</i>	126,9	125–130	1,25	-0,045	122,0	117–126	1,97	0,264 *
Długość kwitnienia [dni] <i>Duration of flowering [days]</i>	32,0	29–35	4,51	-0,277 *	21,71	18–28	10,03	-0,264 *
Wysokość roślin [cm] <i>Plant height</i>	130,0	115–140	3,76	0,104	131,6	120–150	5,59	0,353 **
Plon nasion [dt/ha] <i>Seed yield</i>	37,5	24–59	18,46	-	45,2	38–57	8,89	-

Analiza korelacji prostych wykazała we wszystkich doświadczeniach istotną dodatnią korelację oceny stanu roślin wiosną z plonem nasion (współczynniki korelacji 0,23–0,53, tab. 3). W trzech doświadczeniach zaobserwowano również istotną dodatnią korelację wysokości roślin z plonem (0,28, 0,47, 0,35), a w dwóch doświadczeniach — początku kwitnienia z plonem (0,26 i 0,46). Natomiast korelacja długości kwitnienia z plonem nasion była we wszystkich doświadczeniach istotnie ujemna (tab. 3).

W celu wyjaśnienia zależności plonu od badanych cech wykonano analizę ścieżek wg Wrighta obejmującą obliczenie efektów bezpośrednich i pośrednich pomiędzy cechami objaśniającymi a cechą objaśnianą — plonem. Analizę współczynników ścieżek w oparciu o współczynniki korelacji pomiędzy badanymi cechami wykonano dla każdego z doświadczeń. Uzyskane wyniki przedstawia tabela 4.

Analiza ścieżek w pełni pokazała istotną korelację wysokości roślin z plonem nasion. Potwierdziły to w trzech doświadczeniach statystycznie istotne efekty bezpośrednie wpływu tej cechy na plon nasion. W czwartym doświadczeniu (Wrocikowo 2000/2001) efekt bezpośredni był wyższy, ale wobec wyraźnego ujemnego wpływu pośredniego długości kwitnienia współczynnik korelacji nie był istotny statystycznie. Oznacza to, że w trudnych warunkach klimatycznych w rejonie prowadzenia doświadczeń preferowane były rośliny wysokie.

Odwrotnie było w przypadku oceny roślin wiosną. Analiza ścieżek wykazała, że istotna dodatnia korelacja oceny stanu roślin z plonem nasion tylko w jednym doświadczeniu została potwierdzona istotnym wpływem bezpośrednim (Ruska Wieś 2000/2001). W pozostałych doświadczeniach bezpośredni wpływ tej cechy na plon był słabszy.

W doświadczeniach przeprowadzonych w latach 2000/2001 współczynnik korelacji przezimowania roślin z plonem był wysoce istotny (0,469, 0,295). Jednak obliczona wartość efektu bezpośredniego w doświadczeniu w Ruskiej Wsi (0,075) nie potwierdziła istnienia takiej zależności. Dalsza analiza efektów pośrednich wykazała, że w warunkach tego doświadczenia (bardzo ostra zima spowodowała znaczne straty roślin) decydująca o plonie była kondycja roślin (określana wskaźnikiem bonitacji wiosną). Potwierdza to wysoka wartość efektu pośredniego bonitacji wiosną dla kształtowania wysokości plonu (0,316). Natomiast dla doświadczenia wykonanego we Wrocikowie istotna korelacja przezimowania z plonem została potwierdzona wysokim efektem bezpośrednim wpływu przezimowania na plon nasion (tab. 3).

Bardzo ciekawą okazała się kolejna badana cecha — początek kwitnienia (określający wczesność roślin). Współczynniki korelacji tej cechy z plonem były wprawdzie w doświadczeniach w latach 2001/2002 istotne statystycznie, ale zależności te nie zostały potwierdzone analizą ścieżek. W doświadczeniach we Wrocikowie efekty bezpośrednie wpływu początku kwitnienia na plon były wyraźnie ujemne. Natomiast bardzo wyraźny okazał się wpływ pośredni długości kwitnienia.

Tabela 3

Współczynniki korelacji pomiędzy badanymi cechami w doświadczeniach wykonanych w Ruskiej Wsi i Wrocikowie w dwóch latach badań — *Correlation coefficients of investigated traits in experiments conducted in two years in Wrocikowo and Ruska Wieś*

A — bonitacja jesienią — *score in autumn* E — długość kwitnienia — *duration of flowering*
 B — przezimowanie roślin — *plant overwintering* F — wysokość roślin — *plant height*
 C — bonitacja wiosną — *score in spring* G — plon nasion — *seed yield*
 D — początek kwitnienia — *beginning of flowering*

	A	B	C	D	E	F	G
Ruska Wieś 2000/2001							
A	1						
B	0,12	1					
C	-0,02	0,63**	1				
D	0,21	0,11	-0,02	1			
E	-0,27*	-0,20	-0,22*	-0,25*	1		
F	-0,10	0,45**	0,29*	0,31**	0,09	1	
G	0,17	0,47**	0,53**	0,04	-0,45**	0,28*	1
Ruska Wieś 2001/2002							
A	1						
B	-0,22*	1					
C	-0,05	0,13	1				
D	0,04	0,11	0,03	1			
E	-0,24*	0,20	0,03	-0,59**	1		
F	0,35**	0,24*	0,25	0,45**	-0,18	1	
G	0,22*	-0,08	0,24*	0,46**	-0,39**	0,47**	1
Wrocikowo 2000/2001							
A	1						
B	0,08	1					
C	0,16	-0,05	1				
D	-0,18	-0,33**	-0,17	1			
E	-0,12	0,17	-0,19	-0,66**	1		
F	-0,13	0,05	0,11	0,21*	0,01	1	
G	0,11	0,29*	0,25*	-0,04	-0,28*	0,10	1
Wrocikowo 2001/2002							
A	1						
B	-0,36**	1					
C	0,04	0,00	1				
D	0,15	0,11	0,20	1			
E	-0,17	-0,09	-0,18	-0,94**	1		
F	0,11	0,38**	0,26*	0,55**	-0,39**	1	
G	0,12	0,20	0,23*	0,26*	-0,26*	0,35**	1

* — poziom istotności — *significance level* $\alpha = 0,05$

** — poziom istotności — *significance level* $\alpha = 0,01$

Tabela 4
 Porównanie wpływu efektów bezpośrednich i pośrednich sześciu cech plonotwórczych na plon nasion w doświadczeniach wykonanych w dwóch miejscowościach — *Comparison of influence of direct and indirect effects of traits of six yield make elements on seed yield in experiments conducted in two locations*

Cecha <i>Trait</i>	Współ. korelacji z plonem <i>Coefficient of correlation with yield</i>	Efekt bezpośredni <i>Direct effect</i>	Efekty pośrednie — <i>Indirect effects</i>					
			1	2	3	4	5	6
Ruska Wieś 2000/2001								
1. Bonitacja jesienią <i>Score in autumn</i>	0,174	0,123	0,009	-0,005	-0,035	0,108	-0,026	
2. Przezimowanie roślin [%] <i>Plant overwintering</i>	0,469	0,075	0,015	0,199	-0,018	0,081	0,116	
3. Bonitacja wiosną <i>Score in spring</i>	0,528	0,316	-0,002	0,047	0,004	0,089	0,075	
4. Początek kwitnienia [dni] <i>Beginning of flowering [days]</i>	0,037	-0,169	0,026	0,008	-0,007	0,099	0,081	
5. Długość kwitnienia [dni] <i>Duration of flowering [days]</i>	-0,451	-0,396	-0,034	-0,015	-0,071	0,042	0,022	
6. Wysokość roślin [cm] <i>Plant height</i>	0,284	0,258	-0,012	0,034	0,092	-0,053	-0,034	
Ruska Wieś 2001/2002								
1. Bonitacja jesienią <i>Score in autumn</i>	0,222	0,032	0,036	-0,008	0,008	0,039	0,115	
2. Przezimowanie roślin [%] <i>Plant overwintering</i>	-0,078	-0,164	-0,007	0,023	0,024	-0,033	0,079	
3. Bonitacja wiosną <i>Score in spring</i>	0,237	0,176	-0,001	-0,022	0,007	-0,005	0,082	
4. Początek kwitnienia [dni] <i>Beginning of flowering [days]</i>	0,463	0,230	0,001	-0,017	0,006	0,097	0,146	
5. Długość kwitnienia [dni] <i>Duration of flowering [days]</i>	-0,395	-0,165	-0,008	-0,033	0,005	-0,136	-0,059	
6. Wysokość roślin [cm] <i>Plant height</i>	0,474	0,324	0,011	-0,040	0,022	0,044	0,030	

ciąg dalszy tabeli 4

Cecha <i>Trait</i>	Współ. korelacji z plonem <i>Coefficient of correlation with yield</i>	Efekt bezpośredni <i>Direct effect</i>	Efekty pośrednie — <i>Indirect effects</i>					
			1	2	3	4	5	6
Wrocław 2000/2001								
1. Bonitacja jesienią <i>Score in autumn</i>	0,107	-0,026	0,023	0,017	0,053	0,059	-0,019	
2. Przezimowanie roślin [%] <i>Plant overwintering</i>	0,295	0,281	-0,002	-0,005	0,101	-0,086	0,007	
3. Bonitacja wiosną <i>Score in spring</i>	0,251	0,106	-0,004	-0,014	0,051	0,096	0,016	
4. Początek kwitnienia [dni] <i>Beginning of flowering [days]</i>	-0,045	-0,304	0,005	-0,094	-0,018	0,336	0,029	
5. Długość kwitnienia [dni] <i>Duration of flowering [days]</i>	-0,277	-0,509	0,003	0,047	-0,020	0,200	0,001	
6. Wysokość roślin [cm] <i>Plant height</i>	0,104	0,143	0,003	0,013	0,012	-0,063	-0,005	
Wrocław 2001/2002								
1. Bonitacja jesienią <i>Score in autumn</i>	0,115	0,107	-0,048	0,007	-0,051	0,070	0,031	
2. Przezimowanie roślin [%] <i>Plant overwintering</i>	0,200	0,133	-0,038	0,001	-0,037	0,037	0,104	
3. Bonitacja wiosną <i>Score in spring</i>	0,232	0,152	0,005	0,001	-0,067	0,072	0,070	
4. Początek kwitnienia [dni] <i>Beginning of flowering [days]</i>	0,264	-0,332	0,016	0,015	0,031	0,385	0,148	
5. Długość kwitnienia [dni] <i>Duration of flowering [days]</i>	-0,264	-0,412	-0,018	-0,012	-0,027	0,310	-0,106	
6. Wysokość roślin [cm] <i>Plant height</i>	0,353	0,271	0,012	0,051	0,039	-0,181	0,161	

W warunkach tych dwóch doświadczeń wczesność kwitnienia roślin wywierała wyraźnie korzystny, bezpośredni wpływ na plon. Analizując efekty pośrednie zauważa się maskujący wpływ długości kwitnienia i stąd wynikała dość niska wartość współczynnika korelacji prostej.

Długość kwitnienia w kolejnych sezonach wegetacyjnych prowadzonych badań znacznie się różniła, co było spowodowane warunkami wilgotnościowymi — wystarczająca ilość opadów w 2001 roku, a w 2002 długotrwała susza skracająca kwitnienie. Pomimo to ujemna korelacja długości kwitnienia z plonem była dla wszystkich przypadków podobna, a efekt bezpośredni w doświadczeniach przeprowadzonych we Wrocikowie nawet przewyższał korelację prostą. Dłuższe kwitnienie może świadczyć o dużej liczbie kwiatów na roślinie, ale może być też rezultatem uszkodzeń mrozowych — wskutek uszkodzenia pąków wierzchołkowych rośliny rozwijają się z opóźnieniem (Muśnicki 1999). Ten sam autor podaje, że wartościowe rolniczo odmiany powinny kwitnąć krótko i wybuchowo. W warunkach klimatycznych w jakich przeprowadzono badania zostało to potwierdzone bardzo wyraźnie.

Ocena związków przyczynowo-skutkowych wykonana metodą analizy ścieżek dla przedstawionych doświadczeń pozwoliła wskazać na istotne dla hodowców cechy roślin rzepaku ozimego uprawianego w dość ostrych warunkach klimatycznych. W takich warunkach szczególnie ważne były: wczesność kwitnienia roślin, zdolność do dynamicznego kwitnienia i dobra wysokość roślin.

Podziękowanie

Autorki składają podziękowanie Pani Elżbiecie Januszewicz za udostępnienie programu ułatwiającego obliczanie współczynników ścieżek.

Wnioski

1. Analiza korelacji prostych wykazała we wszystkich doświadczeniach istotną dodatnią korelację oceny stanu roślin wiosną z plonem nasion, w trzech doświadczeniach zaobserwowano również istotną dodatnią korelację wysokości roślin z plonem, a w dwóch doświadczeniach — początku kwitnienia z plonem. Natomiast korelacja długości kwitnienia z plonem nasion była we wszystkich doświadczeniach istotnie ujemna.
2. Analiza ścieżek w pełni potwierdziła istotną korelację wysokości roślin — statystycznie istotne efekty bezpośrednie w trzech doświadczeniach w pełni potwierdziły korelację tej cechy z plonem. Takim samym efektem bezpośrednim wpływu na plon nasion, obserwowanym we wszystkich badanych

doświadczeniach, niezależnym od środowiska charakteryzowała się także długość kwitnienia.

3. Odwrotnie było w przypadku oceny roślin wiosną. Analiza ścieżek wykazała, że istotna dodatnia korelacja oceny stanu roślin z plonem nasion tylko w jednym doświadczeniu została potwierdzona istotnym wpływem bezpośrednim.
4. W dwuletnich badaniach w dwóch stacjach efekty pośrednie korygujące efekty bezpośrednie pomiędzy plonem a innymi cechami sporadycznie wpływały na odpowiadające tym zależnościom współczynniki korelacji. Najwyraźniejsze efekty pośrednie na plon nasion wywierały cechy opisujące kwitnienie roślin.
5. Wyniki przeprowadzonych badań pokazują, że w różnych warunkach agroklimatycznych wielkość wpływu poszczególnych cech na kształtowanie plonu jest zróżnicowana.

Literatura

- Bartkowiak-Broda I., Wałkowski T., Ogrodowczyk M. 2004. Przyrodnicze i agrotechniczne możliwości kształtowania jakości nasion rzepaku. Pamiętniki Puławskie, w druku.
- Dewey D.R., Lu K.H. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production. *Agron. J.*, 51: 51-58.
- Dembiński F. 1962. Uprawa roślin oleistych. PWRiL, Warszawa.
- Gołaszewski J., Puzio-Idźkowska M. 1996. Analiza ścieżkowa w ocenie współzależności niektórych komponentów plonu nasion grochopeluski. *Biuletyn IHAR*, 200: 317-322.
- Idźkowska M., Gołaszewski J., Koczowska I., Grabowski S. 1993. Analiza współczynników ścieżek u żyta ozimego (*Secale cereale* L.). Cz. I. Analiza współczynników ścieżek w ocenie współzależności cech determinujących masę ziarna z kłosa. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst.* 56: 25-30.
- Jankowski K., Budzyński W. 2003. Rola elementów struktury plonu w kształtowaniu plonu niektórych jarych roślin oleistych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXIV (2): 443-454.
- Konys L., Wiśniewski P. 1984. Analiza ścieżkowa w układach przyczynowo-skutkowych. *Rocz. Akademii Rolniczej w Poznaniu*, CLIII: 37-56.
- Krzymański J. 1993. Możliwości pełniejszego wykorzystania rzepaku podwójnie ulepszanego. *Postępy Nauk Rolniczych*, 6/246: 161-166.
- Krzymański J. 2002. Niespożywcze zastosowanie olejów roślinnych. XXIV Konferencja Rośliny Oleiste, 16-17.04.2002 w Poznaniu, Streszczenia, 15.
- Mądry W., Kozak M. 2000. Analiza ścieżek i sekwencyjna analiza plonu w badaniach zależności plonu od cech łanu. *Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A*, z. 1-4: 143-172.
- Muśnicki Cz. 1999. Szczegółowa uprawa roślin. *Rośliny oleiste*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, cz. 10; 365-493.
- Rakow G. Raney J.P. 2003. Present status and future perspectives of breeding for seed quality in Brassica oilseed crops. *Proc. of 11th Int. Rapeseed Congress, Copenhagen, Denmark, 8-10 July 2003*, vol. 1: 181-185.

- Rosiak E. 2004. Rynek rzepaku – stan obecny i prognoza na sezon 2004/05. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXV (1): 237-245.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2003. Zastosowanie analizy współczynników ścieżek do badań genotypowych zależności i współzależności wybranych cech plonotwórczych żyta ozimego (*Secale cereale*). *Biuletyn IHAR*, 228: 141-149.
- Śmiałowski T., Bichoński A. 2003. Zastosowanie analizy współczynników ścieżek do oceny współzależności między wybranymi cechami jęczmienia jarego browarnego. *Biuletyn IHAR*, 230: 275-284.