Krzysztof Jankowski, Wojciech Budzyński
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Produkcji Roślinnej

Rola elementów struktury plonu w kształtowaniu plonu niektórych jarych roślin oleistych

The role of yield components in the management of yielding of some spring oilseed crops

Słowa kluczowe: gorczyca biała, gorczyca sarepska, lnianka, katran, plon i jego składowe, analiza współczynników ścieżek

Key words: white mustard, Indian mustard, false flax, camelina, crambe, yield and its components, analysis of path coefficient

W pracy przedstawiono rolę elementów struktury plonu w kształtowaniu plonu nasion gorczycy białej, gorczycy sarepskiej, lnianki jarej oraz owoców katranu abisyńskiego. W ocenie związku plonu z jego komponentami wykorzystano analizę współczynników ścieżek. Plonowanie gorczycy białej było determinowane głównie zagęszczeniem roślin na 1 m^2 oraz liczbą łuszczyn na roślinie. Główną rolę w kształtowaniu plonu nasion gorczycy sarepskiej odgrywała liczba łuszczyn na roślinie. Plonowanie lnianki jarej było kształtowane przede wszystkim przez masę 1000 nasion. Plonowanie katranu abisyńskiego było determinowane obsadą roślin na 1 m^2. Efekt bezpośredniego (istotnego) oddziaływania liczby łuszczyn na plon owoców katranu był osłabiany poprzez negatywne (ujemne) oddziaływanie obsady roślin.

In the paper the role of yield components in final yield creation of white mustard, Indian mustard, false flax and crambe was presented. Analysis of path coefficient was applied in the estimation of the relation of yield to yield components. Yield of white mustard was mainly determined by plant density per 1 m^2 and the number of siliques per plant whereas the main role of the number of siliques per plant in case of Indian mustard was found. Yielding of false flax was determined by weight of 1000 seeds. For crambe yield was related to plant density per 1 m^2. Direct (significant) effect of siliques number on yield of crambe fruit was diminished by negative (adverse) effect of plant density.

Wstęp

Z jarych roślin oleistych najlepiej przystosowane do warunków klimatycznych naszego kraju są (poza rzepakiem): gorczyca biała, gorczyca sarepska, lnianka siewna i katran abisyński. Jakkolwiek w ostatnich latach rodzimy przemysł tłuszczowy nie wykazuje zainteresowania nasionami innych gatunków niż rzepak, to jednak mogą mieć one pozakonsumpcyjne znaczenie, np. w przemyśle oleo-

petrochemicznym (Szczebiot 2002). W warunkach Wspólnej Polityki Rolnej Unii Europejskiej znaczenie jarych roślin oleistych może wzrosnąć na areałach odłogowanych (10% powierzchni uprawy roślin żywieniowych) ze względu na ich bardzo wysoką wartość przedplonową dla zbóż w długich ciągach monokulturowych. Badania Szczebiota i Ojczyk (2002) dowiodły, iż pszenica ozima plonowała po jarych roślinach oleistych wyżej (o 1,8–7,0 dt·ha^{-1}) niż po owsie.

Gorczyce, lnianka i katran stanowią w krajach azjatyckich oraz Stanach Zjednoczonych i Europie Zachodniej cenny surowiec w przemyśle spożywczym, kosmetycznym i farmaceutycznym (Niewiadomski 1984). Konsumpcyjne wykorzystanie oleju gorczycy białej i sarepskiej jest limitowane wysoką zawartością kwasu erukowego (22–50%). Znaczenie nasion gorczyc wynika głównie z ich aseptycznego działania powodowanego przez obecność glukozynolanów (Niewiadomski 1984). Plonowanie gorczyc w warunkach Polski waha się od 0,9 do 3,5 t·ha^{-1} w przypadku gorczycy białej i od 0,8 do 2,1 t·ha^{-1} w przypadku gorczycy sarepskiej (Muśnicki i in. 1997, Jankowski i Budzyński 1999, Budzyński i Jankowski 2001). Nasiona lnianki są źródłem szybkoschnącego oleju, bogatego w kwas linolenowy (ok. 23–28%) i linolowy (ok. 16–18%) (Zadernowski i in. 1999). Olej ten może być wykorzystywany do produkcji pokostu, farb i specjalistycznych mydeł. W warunkach Wielkopolski gatunek ten znacznie przewyższał (o ok. 28%) plennością rzepak jary (Muśnicki i in. 1997). Na Warmii i Mazurach plony tego gatunku wynoszą średnio ok. 2 t·ha^{-1} (Budzyński i Jankowski 1999, Szczebiot 2002). Olej katranu cechuje wysoka zawartość kwasu erukowego (ok. 60%) — pożądanego przy nieżywieniowym (technicznym) wykorzystaniu tłuszczów roślinnych (Zadernowski i in. 1999). Zaletą tego gatunku jest również duża tolerancja na gleby skażone metalami ciężkimi — nie wzrasta ich zawartość w owocach (Kulig i in. 1998). Plony tego gatunku w Polsce wynoszą od 0,5 do 1,6 t·ha^{-1} (Muśnicki i in. 1997, Budzyński i Jankowski 1999, Szczebiot 2002).

W warunkach klimatyczno-siedliskowych Polski reakcja jarych roślin oleistych na czynniki agrotechniczne jest słabo poznana. Czynniki agrotechniczne kształtują plon roślin uprawnych poprzez bezpośredni wpływ na elementy struktury plonu. Jednym z możliwych sposobów opisu takiego przyczynowo-skutkowego układu jest metoda współczynników ścieżek (Konys i Wiśniewski 1984, Idźkowska i in. 1993). Siłę oddziaływania czynników agrotechnicznych na składowe plonu najczęściej przedstawia się za pomocą równań regresji i/lub współczynników korelacji. Jednak wykorzystanie tych instrumentów do oceny roli poszczególnych elementów struktury plonu w jego kształtowaniu może być niezadowalające (Idźkowska i in. 1993). W badaniach Konysa i Wiśniewskiego (1984) porównanie współczynników korelacji ze współczynnikami ścieżek wykazało zasadnicze różnice (wielkości te nie tylko różniły się od siebie, ale wręcz miały przeciwne znaki). Różnice te wynikały z faktu, iż współczynniki korelacji, w przeciwieństwie do analizy współczynników ścieżek, nie uwzględniają wpły-

wów pośrednich zmiennych na analizowaną cechę. Współczynniki ścieżek oddając ilościowy stopień wpływu poszczególnych składowych plonu (zmienne niezależne) na plon (zmienna zależna) mogą być porównywane w celu uzyskania rankingu znaczenia poszczególnych składowych w kształtowaniu plonu. Określenie tego związku może być pomocne w opracowywaniu metodyk ścisłych badań agrotechnicznych. Wyniki także mogą przyczynić się do lepszego wykorzystania potencjału plonotwórczego tych gatunków w kraju.

Celem badań było skwantyfikowanie roli poszczególnych komponentów w kształtowaniu plonu nasion gorczycy białej, gorczycy sarepskiej, lnianki jarej i owocków katranu abisyńskiego.

Materiał i metody

Do określenia związku przyczynowo-skutkowego pomiędzy składowymi plonu a plonem badanych gatunków roślin oleistych wykorzystano wyniki pomiarów morfologicznych głównych cech plonotwórczych pokroju roślin oraz plony uzyskane w ścisłych doświadczeniach polowych realizowanych na polach stacji badawczej w Bałcynach w latach 1997–1999. Zmienną doświadczalną były cztery gatunki roślin oleistych — gorczyca biała (Nakielska), gorczyca sarepska (Małopolska), lnianka jara (Borowska) i katran abisyński (Borowski).

Doświadczenia corocznie lokalizowano na glebie płowej typowej, średniopylastej wytworzonej z gliny lekkiej, kompleksu pszennego dobrego. Zasobność gleby w makroelementy była następująca: 13,6–14,2 mg $P_2O_5 \cdot 100\ g^{-1}$ gleby; 15,0–19,6 mg $K_2O \cdot 100\ g^{-1}$ gleby; 7,6–9,7 mg $Mg \cdot 100\ g^{-1}$ gleby; 0,61 mg $S–SO_4 \cdot 100\ g^{-1}$ gleby. Odczyn gleby był lekko kwaśny (pH 6,2–6,6 w 1 M KCl).

Przedplonem były zboża uprawiane po mieszance strączkowo-zbożowej. Po zbiorze przedplonu wykonano uprawki pożniwne, a następnie orkę przedzimową. Badane gatunki wysiewano w I lub III dekadzie kwietnia w ilości: 120 (gorczyca biała), 220 (gorczyca sarepska), 300 (lnianka jara) i 100 (katran abisyński) kiełkujących nasion (owoców) na 1 m^2 poletka o powierzchni 7,5 m^2, w rozstawie 20 cm.

Gorczyce białą oraz sarepską nawożono przedsiewnie 60 kg $N \cdot ha^{-1}$, 36 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, 65 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$. Nawożenie to uzupełniono dawką 30 kg $N \cdot ha^{-1}$ w fazie wytwarzania pędu. Przed siewem nasion lnianki jarej oraz katranu abisyńskiego zastosowano 40 kg $N \cdot ha^{-1}$, 30 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, 55 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$. W fazie wytwarzania pędu zastosowano doglebowo 40 kg $N \cdot ha^{-1}$. Składniki nawozowe aplikowano przedsiewnie w formie nawozu wieloskładnikowego, zaś pogłównie w formie saletry amonowej. Rośliny po osiągnięciu dojrzałości technicznej (od III dekady lipca do II dekady sierpnia) zbierano dwuetapowo.

Plon z każdego poletka przeliczono na 1 ha przy stałej 13% wilgotności nasion (owoców). Wyniki plonowania oraz pomiarów biometrycznych roślin plonujących

opracowano metodą analizy wariancji dla doświadczenia dwuczynnikowego (lata, gatunek). Średnie wartości z kombinacji dla badanych cech porównano testem Duncana. NIR podano dla 5% błędu statystycznego.

Do badań związku pomiędzy plonem (zmienna zależna) z jednostki powierzchni i jego składowymi (zmienne niezależne) wykorzystano metody korelacji oraz regresji prostej i wielokrotnej. Cząstkowe współczynniki regresji dla zmiennych standaryzowanych (współczynników ścieżek) obliczono według metody opisanej w pracy Wright (1934).

W analizach wariancji, korelacji i regresji wykorzystano pakiet statystyczny STATISTICA®, natomiast podstawą analizy współczynników ścieżek był skrypt programu komputerowego zamieszczony w pracy Idźkowskiej i współautorów (1993). W pozostałych obliczeniach wykorzystano arkusz kalkulacyjny EXCEL®.

Wyniki badań

Układ warunków meteorologicznych

Układ warunków termicznych w poszczególnych latach badań nie odbiegał znacznie od średnich z wielolecia. Zdecydowanie większemu zróżnicowaniu podlegały opady atmosferyczne (tab. 1). W pierwszym roku badań w okresie wschodów, pąkowania i początku kwitnienia roślin zanotowano opady na poziomie średnich wieloletnich. W pełni kwitnienia i w okresie dojrzewania roślin opady przewyższały ponad 2-krotnie średnią wieloletnią. Drugi cykl badań był, w porównaniu do pozostałych, najsuchszy (361 mm deszczu w okresie IV–VII). W początkowych 3 miesiącach wegetacji zanotowano opady przekraczające średnie wieloletnie od 3 (maj) do 108% (czerwiec). Opady w lipcu i sierpniu (kwitnienie, dojrzewanie) były zdecydowanie poniżej średnich wieloletnich. Podobny rozkład opadów wystąpił w 3 roku badań, jednak przy wyższej (o 94 mm) sumie opadów (tab. 1).

Plonowanie jarych roślin oleistych

Średnio z 3 lat badań najwyżej plonowała (26,8 $dt \cdot ha^{-1}$) gorczyca biała. Następne w kolejności zmniejszającej się plenności były lnianka jara (80% plonu nasion gorczycy białej), gorczyca sarepska (54%) i katran abisyński (41%). Największą zmiennością plonowania w latach odznaczał się katran abisyński i lnianka jara (współczynnik zmienności plonu odpowiednio 36 i 28%) (tab. 2).

Wyniki te potwierdzają spotykany w literaturze pogląd o dużym potencjale plonowania gorczycy białej — w wieloleciu przewyższa ona plennością rzepak jary (Toboła i Muśnicki 1999). W warunkach Wielkopolski spośród jarych roślin oleistych z rodziny krzyżowych największym potencjałem plonowania odznaczała się również gorczyca biała (średni plon nasion z 42 lat badań — 1,53 $t \cdot ha^{-1}$)

Tabela 1

Układ warunków wilgotnościowo-termicznych — *Pattern of weather conditions*

Lata badań — *Years of the studies*	Miesiące — *Months*				
	IV	V	VI	VII	VIII
Średniodobowa temperatura powietrza — *Daily mean temperature* [°C]					
1997	4,0	11,4	15,7	16,9	18,3
1998	9,0	13,3	16,2	16,3	15,2
1999	8,3	11,0	16,7	19,2	16,9
Średniodobowa temperatura (1961–90) *Daily mean temperature (1961–90)*	9,0	12,4	15,7	16,9	16,5
Opady atmosferyczne — *Precipitation* [mm]					
1997	22,6	99,0	71,7	187,6	25,1
1998	44,5	58,3	141,9	57,5	58,3
1999	101,6	69,1	155,6	75,5	53,0
Średnia suma opadów (1961–90) *Sum precipitation (1961–90)*	35,2	56,7	68,3	81,3	78,1

Tabela 2

Plonowanie jarych roślin oleistych — *Yielding of oilseed crops in years of experiment*

Gatunek — *Species*	Lata badań — *Years of the study*				Współczynnik zmienności (%) *Coefficient of variation*
	1997	1998	1999	średnio *means*	
Gorczyca biała — *White mustard*	34,8	22,6	23,0	26,8	22,9
Gorczyca sarepska — *Indian mustard*	17,8	14,3	11,5	14,5	19,3
Lnianka jara — *Spring false flax*	28,9	16,9	18,6	21,5	28,0
Katran abisyński — *Crambe*	13,4	5,9	13,9	11,1	35,5

NIR: gatunek — 2,0; interakcja — 1,8; *LSD for species — 2,0; for interaction — 1.8*

(Muśnicki i in. 1997). Pozostałe gatunki plonowały na poziomie 80% (katran abisyński), 62% (lnianka jara) i 58% (gorczyca sarepska) średniego plonu gorczycy białej. Na mniejszą wierność plonowania, wyrażoną współczynnikiem zmienności plonu, katranu abisyńskiego i lnianki jarej w porównaniu z gorczycami wskazują również 39–42 letnie wyniki badań Muśnickiego i współautorów (1997).

Związek pomiędzy plonem a jego składowymi

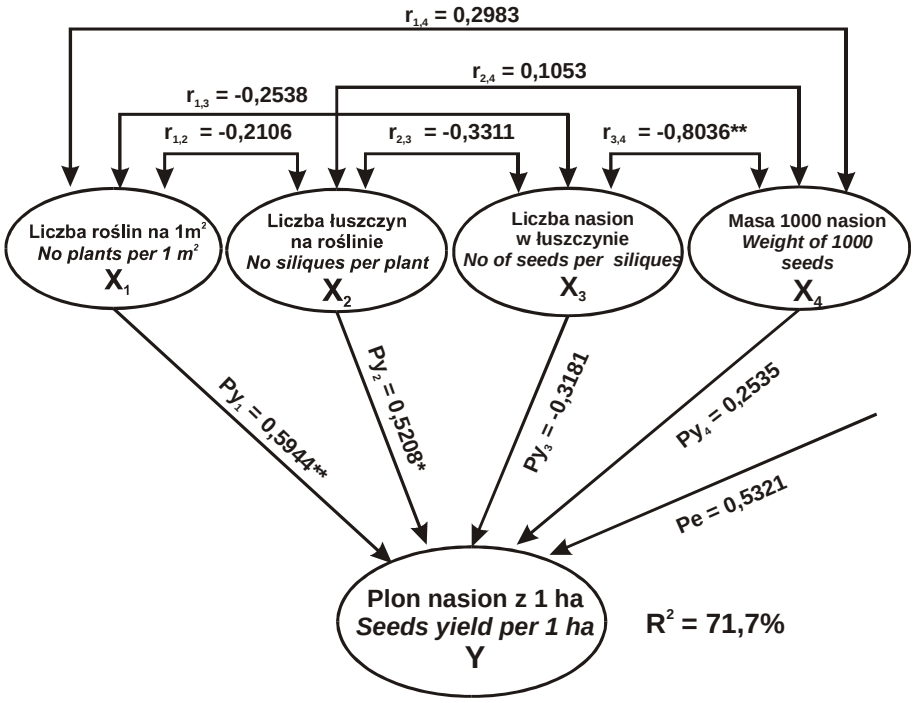
Na rysunkach 1–4 przedstawiono diagramy współczynników ścieżek dla komponentów warunkujących plon nasion badanych roślin oleistych. Strzałki jedno-

stronne występujące na poniższych diagramach są ścieżkami elementarnymi obrazującymi wpływ bezpośredni zmiennych przyczynowych (elementy struktury plonu), natomiast strzałki podwójne oznaczają korelacje proste między tymi zmiennymi. Każdej ścieżce elementarnej podporządkowana jest liczba (współczynnik ścieżki). Współczynnik ścieżki dla zmiennej przyczynowej X_1 (liczba roślin na 1 m^2) do zmiennej zależnej Y (plon nasion) na diagramie oznaczono jako Py_1. Analogicznie oznaczono współczynniki ścieżek dla pozostałych elementów struktury plonu, tj. liczby łuszczyn/owocków na roślinie (Py_2), liczby nasion w łuszczynie (Py_3) oraz masy 1000 nasion/owocków (Py_4). Współczynniki korelacji prostej pomiędzy analizowanymi komponentami plonu oznaczono jako $r_{1,2}$, $r_{1,3}$, $r_{1,4}$, $r_{2,3}$, $r_{2,4}$, $r_{3,4}$ (gdzie $r_{1,2}$ oznacza korelację między cechami X_1 i X_2, etc.).

Gorczyca biała (*Sinapis alba* L.)

Związek pomiędzy analizowanymi elementami struktury plonu a plonem nasion gorczycy białej przyjmował postać funkcji

$$Y = 0{,}5944\ X_1 + 0{,}5208\ X_2 - 0{,}3181\ X_3 + 0{,}2535\ X_4 \text{ (rys. 1).}$$



Rys. 1. Diagram współczynników ścieżek komponentów warunkujących plon nasion gorczycy białej (średnio z 3 lat) — *Diagram of the path coefficients of the components conditioning the seed yield of white mustard (means from three years)*

Znormalizowane cząstkowe współczynniki regresji tego równania odpowiadają efektom bezpośrednim zmiennych przyczynowych. Wzajemne relacje w układzie badanych zmiennych przedstawiono na diagramie ścieżkowym (rys. 1). Wysoka wartość współczynnika determinacji (R^2 = 72%) świadczy o dużym udziale analizowanych składowych plonu w jego kształtowaniu. Dominujący wpływ na plonowanie tego gatunku ma obsada roślin na 1 m^2 (X_1) oraz liczba łuszczyn na roślinie (X_2). Efekt bezpośredni oddziaływania obsady roślin na plon był większy niż wartość współczynnika korelacji fenotypowej dla tej cechy.

Tabela 3

Efekty bezpośrednie i pośrednie składowych plonu jarych roślin oleistych (średnio z 3 lat)
Direct and indirect effects of spring oilseed crop yield structure components (means from three years)

Elementy struktury plonu *Yield components*	X_1	X_2	X_3	X_4	Korelacja fenotypowa z plonem *Phenotypic correlation with yield*
gorczyca biała — *white mustard*					
X_1	0,5944**	–0,1097	–0,1221	–0,0643	0,2983
X_2	–0,1252	0,5208*	0,1053	0,0381	0,5390*
X_3	0,2282	–0,1724	–0,3161	–0,2037	–0,4660*
X_4	–0,1509	0,0783	0,2256	0,2535	0,4365
gorczyca sarepska — *Indian mustard*					
X_1	0,1617	0,1703	–0,0617	–0,1725	0,0978
X_2	0,0414	0,6649**	0,0561	–0,2042	0,5582**
X_3	0,0224	–0,0837	–0,4458*	0,0646	–0,4425*
X_4	0,0844	0,4109	0,0872	–0,3303	0,2522
lnianka jara— *spring false flax*					
X_1	0,3127	–0,2996	0,0501	0,2136	0,2768
X_2	–0,2257	0,4149	–0,0589	0,1087	0,2390
X_3	0,1259	–0,1963	0,1245	–0,1179	–0,0638
X_4	0,1089	0,0736	–0,0240	0,6130**	0,7715**
katran abisyński — *crambe*					
X_1	0,8733**	–0,4402	×	0,0209	0,4540*
X_2	–0,5161*	0,7448**	×	0,1845	0,4132
X_4	0,0568	0,4283	×	0,3209	0,8060**

* różnice istotne dla poziomu α = 0,05 — *significant effects at the level α = 0.05*
** różnice istotne dla poziomu α = 0,01 — *significant effects at the level α = 0.01*
X_1 ... X_4 — jak na rys. 1 — *X_1 ... X_4 – see Fig. 1*

Oznacza to, że efekt bezpośredni obsady roślin był maskowany przez ujemne efekty pośrednie pozostałych elementów struktury plonu (tab. 3). Stwierdzono również występowanie istotnej ujemnej (–0,4425) korelacji fenotypowej liczby nasion w łuszczynie z plonem (tab. 3).

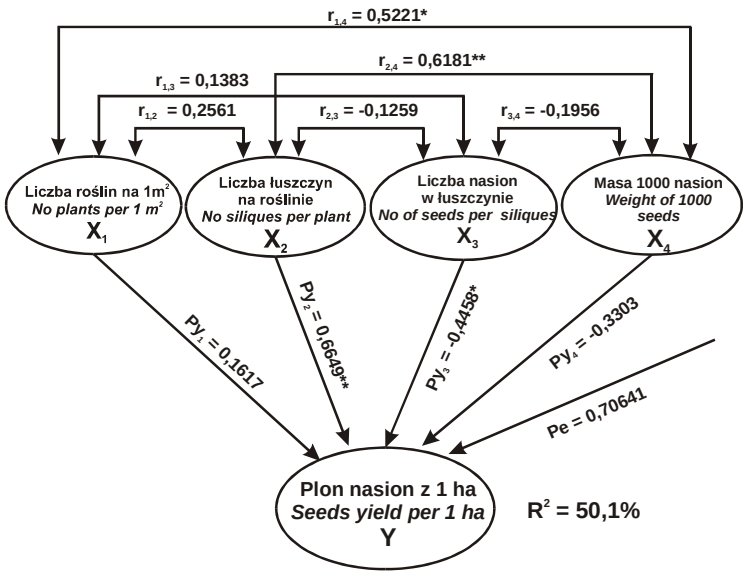
Wysoka, ujemna wartość tego współczynnika wynikała z bezpośredniego negatywnego oddziaływania na plon liczby nasion w łuszczynie (Py_3 = –0,3181) (rys. 1) oraz ujemnego efektu pośredniego poprzez liczbę (–0,1724) łuszczyn na roślinie i masę 1000 nasion (–0,2037) (tab. 3).

Wzajemne relacje pomiędzy elementami struktury plonu przedstawiono za pomocą współczynników korelacji prostej (rys. 1). Z analizy wartości tych współczynników wynika, iż występuje bardzo silna ujemna korelacja pomiędzy liczbą nasion w łuszczynie a masą 1000 nasion (r_{12} = –0,8036) (rys. 1). Zatem najbardziej efektywnym plonotwórczo sposobem złagodzenia negatywnego oddziaływania liczby nasion w łuszczynie na plon gorczycy białej jest stymulowanie (np. zabiegami agrotechnicznymi) wykształcania przez nią nasion o dużej masie.

Gorczyca sarepska (*Brassica juncea* L.)

Związek pomiędzy analizowanymi elementami struktury plonu a plonem nasion gorczycy sarepskiej przyjmował postać funkcji

$$Y = 0{,}1617\ X_1 + 0{,}6649\ X_2 - 0{,}4458\ X_3 - 0{,}3303\ X_4 \text{ (rys. 2).}$$



Rys. 2. Diagram współczynników ścieżek komponentów warunkujących plon nasion gorczycy sarepskiej (średnio z 3 lat) — *Diagram of the path coefficients of the components conditioning the seed yield of Indian mustard (means from three years)*

Z analizy współczynników ścieżek wynika, iż na plonowanie gorczycy sarepskiej korzystnie wpływa duża liczba zawiązanych łuszczyn na roślinie (Py_2 = 0,6649) oraz mała (ze względu na ujemną wartość współczynnika ścieżki) liczba nasion w łuszczynie (rys. 2). Efekt pośredniego oddziaływania na plon tych elementów struktury plonu poprzez inne składowe był słaby i nieistotny. Wobec powyższego wartości współczynników korelacji fenotypowej dla liczby łuszczyn na roślinie i liczby nasion w łuszczynie przyjmowały wartości liczbowe zbliżone do współczynników ścieżek (rys. 2, tab. 3). Tak więc w uprawie tego gatunku zabiegi agrotechniczne winny być bezpośrednio ukierunkowane na zwiększenie procesu butonizacji oraz ograniczenie redukcji pąków i łuszczyn przez czynniki stresu środowiskowego.

Należy zwrócić uwagę na fakt dodatniego skorelowania zagęszczenia roślin i liczby łuszczyn na roślinie z masą 1000 nasion. Gorczyca sarepska wykształcała dorodniejsze nasiona w warunkach zwiększonej obsady i większej liczby łuszczyn. Niestety fakt ten może nie mieć znaczenia dla plonu gorczycy sarepskiej, gdyż rola masy 1000 nasion w jego kształtowaniu jest mała (niska wartość współczynnika ścieżki) (rys. 2).

Z analizy współczynników ścieżek przedstawionych na rysunku 1 i 2 wynika, iż plon nasion gorczycy białej i sarepskiej jest odmiennie kształtowany przez elementy struktury plonu. Dowodzi to, że o plonie tych gatunków decydują inne czynniki technologii uprawy.

Lnianka jara (*Camelina sativa* L. Cr.)

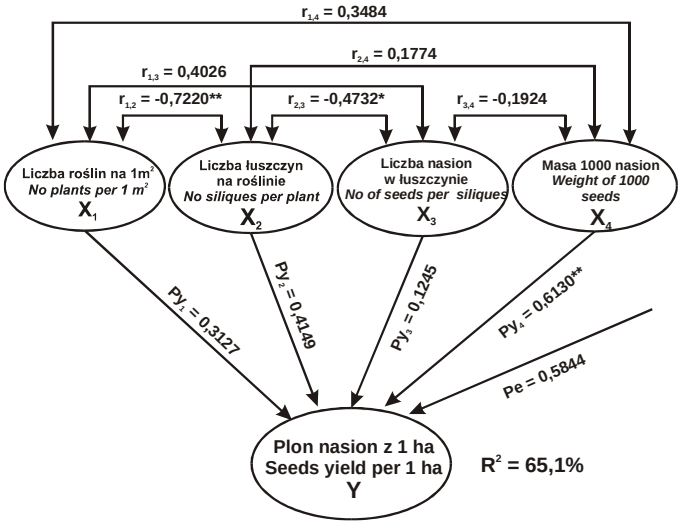
Równanie regresji wielokrotnej dla plonu nasion lnianki jarej, po standaryzacji zmiennych, przyjmowało postać

$$Y = 0{,}3127\ X_1 + 0{,}4149\ X_2 + 0{,}1245\ X_3 + 0{,}6130\ X_4 \text{ (rys. 3).}$$

Plon lnianki jarej był bezpośrednio kształtowany przede wszystkim poprzez masę 1000 nasion (Py_4 = 0,6130). Relatywnie niski udział wariancji resztowej (P_e = 0,5844) świadczy o tym, iż plonowanie tego gatunku było silnie determinowane analizowanymi zmiennymi niezależnymi (rys. 3). Efekty pośredniego oddziaływania elementów struktury plonu były słabe i nie miały istotnego znaczenia w kształtowaniu wartości współczynnika korelacji fenotypowej (tab. 3). Należy zwrócić uwagę na niskie wartości współczynników korelacji prostej pomiędzy masą 1000 nasion a innymi elementami struktury plonu (rys. 3). Świadczy to o małej możliwości zwiększenia wartości liczbowych masy 1000 nasion (a tym samym plonu) poprzez pośrednie (agrotechniczne) oddziaływanie na inne elementy struktury plonu.

Należy zwrócić uwagę na bardzo wysokie ujemne współczynniki korelacji prostej pomiędzy liczbą roślin na jednostce powierzchni a liczbą łuszczyn na roślinie (r_{12} = –0,7220) oraz liczbą łuszczyn na roślinie a liczbą nasion w łusz-

czynie (r_{23} = –0,4732) (rys. 3). Wzajemne oddziaływania na siebie tych elementów struktury plonu, choć istotne, nie odgrywało większej roli w kształtowaniu plonu nasion lnianki, gdyż ich współczynniki ścieżek były niskie (nieistotne) (rys. 3).



Rys. 3. Diagram współczynników ścieżek komponentów warunkujących plon nasion lnianki jarej (średnio z 3 lat) — *Diagram of the path coefficients of the components conditioning the seed yield of spring false flax (means from three years)*

Katran abisyński (*Crambe abyssinica* Hochst.)

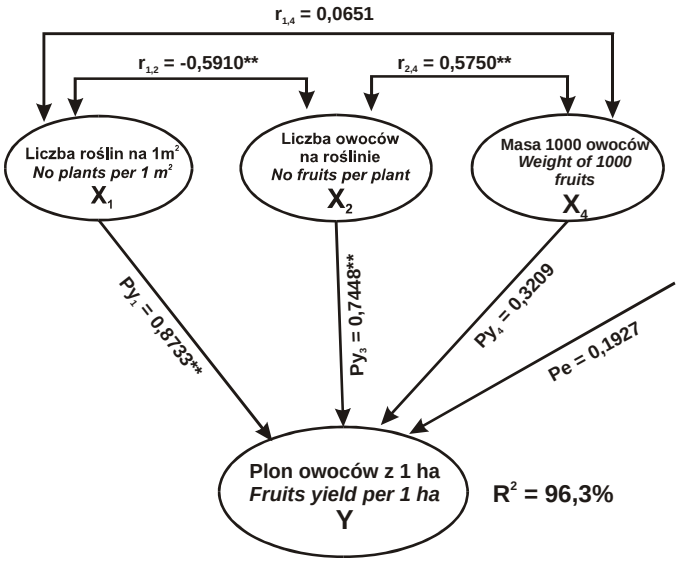
Zmienne niezależne najsilniej determinowały plonowanie katranu abisyńskiego (R^2 = 96%). Równanie regresji wielokrotnej dla plonu owoców katranu, po standaryzacji zmiennych, przyjmowało postać

$$Y = 0{,}8733\ X_1 + 0{,}7448\ X_3 + 0{,}3209\ X_4 \text{ (rys. 4).}$$

Analiza współczynników ścieżek dowodzi, że na plonowanie katranu abisyńskiego bardzo silnie wpływały dwie cechy — liczba roślin na 1 m^2 (Py_1 = 0,8733) oraz liczba owocków na roślinie (Py_2 = 0,7488) (rys. 4). Ujemna korelacja prosta pomiędzy tymi elementami struktury plonu (r_{12} = –0,5910) powodowała, iż ich bezpośrednie oddziaływanie na plon było wzajemnie osłabiane (współczynnik korelacji fenotypowej osiągał niższe wartości liczbowe niż współczynniki ścieżek) (tab. 3). Tak więc wzrost zagęszczenia roślin może korzystnie wpływać na plonowanie katranu, jednak po przekroczeniu wartości optymalnych może powodować depresję plonu — poprzez negatywne pośrednie oddziaływanie na liczbę owoców na roślinie (tab. 3).

Masa 1000 owoców katranu, chociaż bezpośrednio nie kształtowała plonowania tego gatunku (niska wartość Py_4) to była istotnie fenotypowo skorelowana

(0,8060) z plonem (rys. 4, tab. 3). Wynikało to z relatywnie silnego dodatniego efektu pośredniego poprzez liczbę owoców na 1 roślinie (tab. 3).



Rys. 4. Diagram współczynników ścieżek komponentów warunkujących plon owoców katranu abisyńskiego (średnio z 3 lat) — *Diagram of the path coefficients of the components conditioning the fruit yield of crambe (means from three years)*

Podsumowanie

Wykazano, iż udział komponentów plonu w kształtowaniu plonu nasion (owoców) gorczycy białej, gorczycy sarepskiej, katranu i lnianki jest zróżnicowany. Plonowanie gorczycy białej było kształtowane przede wszystkim zagęszczeniem roślin na 1 m^2 oraz liczbą łuszczyn na roślinie. Główną rolę w kształtowaniu plonu nasion gorczycy sarepskiej odgrywała liczba łuszczyn na roślinie. Dlatego też zabiegi agrotechniczne zwiększające ich wiązanie sprzyjają zwiększaniu potencjału plonotwórczego tego gatunku. W kształtowaniu plonu nasion lnianki jarej decydującą rolę odgrywała masa 1000 nasion. Pozostałe elementy struktury plonu, choć silnie nawzajem na siebie oddziaływały, w małym stopniu różnicowały wydajność jednostkową tego gatunku. Plonowanie katranu abisyńskiego było kształtowane przede wszystkim przez obsadę roślin na 1 m^2. Istotny efekt bezpośredniego oddziaływania liczby łuszczyn na plon owoców katranu był osłabiany negatywnym (ujemnym) oddziaływaniem obsady roślin. Poznanie związków pomiędzy elementami struktury plonu a plonem może być pomocne w programowaniu technologii uprawy tych gatunków.

Conclusion

It was found that share of yield components in seed (fruit) yield determination of white mustard, Indian mustard, crambe and false flax was differentiated. Yield of white mustard was determined by plants density per 1 m^2 and siliques number per plant. The main role in yield determination of Indian mustard was played by siliques number per plant. Therefore all agricultural practises increasing fruit setting were favourable for its yield. In false flax yield determination the main factor was 1000 seed weight. Other yield components were closely related to one another but did not affect yield of this crop. Yield of crambe was determined first of all by plants density per 1 m^2. The significant direct effect of siliques number per plant was diminished by negative effect of stand density. Better understanding of the relations among yield components might be helpful in planning the methods of growing studied crops.

Literatura

Budzyński W., Jankowski K. 1999. Wpływ nawożenia siarką, magnezem i azotem na plonowanie i strukturę plonu lnianki jarej i katranu abisyńskiego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 468: 311-321.

Budzyński W., Jankowski K. 2001. Wpływ nawożenia siarką, magnezem i azotem ma wzrost, rozwój i plonowanie gorczycy białej i sarepskiej. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXII (1): 45-58.

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. 1999. The effects of some agronomic factors on *Sinapis alba* yield. Proc. 10th Intern. Rapeseed Congress, Cannbera. CD-ROM.

Konys L., Wiśniewski P. 1984. Analiza ścieżkowa w układach przyczynowo-skutkowych. Rocz. AR w Poznaniu, CLIII: 37-56.

Kulig B., Kołodziejczyk M., Zając T. 1998. Nagromadzenie składników mineralnych w owockach katranu w zależności od gęstości siewu i nawożenia mineralnego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XIX (2): 515-521.

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.

Niewidomski H. 1984. Surowce tłuszczowe. WNT, Warszawa.

Szczebiot M. 2002. Effect of mineral fertilization on yielding of spring flase flax and crambe. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XXIII (1): 141-150.

Szczebiot M., Ojczyk T. 2002. Wartość nawozowa resztek pożniwnych jarych roślin oleistych dla pszenicy ozimej. Fragm. Agron. 2: 198-206.

Toboła P., Muśnicki Cz. 1999. Zmienność plonowania jarych roślin oleistych z rodziny krzyżowych. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XX (1): 93-100.

Wright S. 1934. The method of path coefficients. Ann. Mathem. Stat. 5: 161-215.

Zadernowski R., Budzyński W., Nowak-Polakowska H., Rashed A.A., Jankowski K. 1999. Wpływ nawożenia na skład frakcji lipidowej nasion lnianki (*Camelina sativa* L. Cr.) i katranu (*Crambe abyssinica* Hochst.). Rośliny Oleiste – Oilseed Crops XX (2): 503-510.