

STANISŁAW PLUTA <sup>1</sup>  
WIESŁAW MĄDRY <sup>2</sup>  
EDWARD ŻURAWICZ <sup>1</sup>  
MARCIN KOZAK <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa, ul. Pomologiczna Skierniewice

<sup>2</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

## Analiza statystyczna zależności plonu owoców u porzeczki czarnej (*Ribes nigrum* L.) od dwóch składowych multiplikatywnych

### Statistical assessment of determination of fruit yield in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) by two multiplicative yield components

W pracy przedstawiono wyniki uwarunkowania plonu owoców na roślinie porzeczki czarnej od dwóch multiplikatywnych składowych plonu (liczby owoców na krzewie (szt.) i średniej masy owocu (g), w obrębie zmienności genetycznej oraz łącznie środowiskowej i osobniczej, przy wykorzystaniu sekwencyjnej analizy składowych plonu (SYCA). Badania przeprowadzono na krzewach 14 genotypów w doświadczeniu polowym, założonym jesienią 1996 roku w Sadzie Doświadczalnym Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa (ISK) w Dąbrowicach /k Skierniewic. Obserwacje plonu owoców na krzewie i jego dwóch multiplikatywnych wykonano w latach 1998–2001. Sekwencyjna analiza składowych plonu wykazała, że liczba owoców na krzewie determinowała od 50 do 90% genotypowej zmienności plonu, zależnie od warunków pogodowych w latach badań. Średnia masa owocu determinowała tylko od 6% do 24% tej zmienności plonu. Stwierdzone relacje w uwarunkowaniu środowiskowej zmienności plonu owoców na roślinie badanych genotypów przez obie składowe plonu były podobne do tych wykazanych dla genotypowej zmienności plonu owoców. Liczba owoców na roślinie warunkowała od 72 do 96% środowiskowej zmienności plonu, zaś średnia masa owocu warunkowała tylko od 3 do 20% tej zmienności plonu badanych genotypów.

**Słowa kluczowe:** porzeczka czarna, *Ribes nigrum* L., multiplikatywne składowe plonu, sekwencyjna analiza składowych plonu (SYCA), plon owoców na roślinie, liczba owoców na roślinie, średnia masa owocu

Results of studies on determination of blackcurrant fruit yield per plant by two multiplicative yield components (number of fruits per plant and mean fruit weight) are presented. The genetic as well as joint environmental and individual variability was considered. A field experiment with 14 genotypes (15 plants per genotype) was established at the Experimental Orchard of the Research Institute of Pomology and Floriculture (RIPF) in Dąbrowice, near Skierniewice, in 1996. Measurements of the fruit yield per plant and its two multiplicative components were performed in 1998–2001. The sequential yield component analysis (SYCA) has shown that the number of fruits per plant had determined 50% to 90% of genotypic variability of the fruit yield, depending on weather conditions in the years of

investigation. Mean fruit weight determined only 6% to 24% of genotypic variability of the fruit yield. The relations found in determining the environmental variability pattern for both yield components were similar to those detected for the genotypic variability. The number of fruits per plant determined 72% to 96% of the environmental variability of fruit yield, whereas the mean fruit yield determined only 3% to 20% of this variability among the examined genotypes.

**Key words:** blackcurrant, *Ribes nigrum* L., multiplicative yield components, sequential yield component analysis (SYCA), fruit yield per plant, fruit number per plant, mean fruit weight

## WSTĘP

Plon owoców u porzeczki czarnej (na roślinie lub na jednostce powierzchni) jest cechą ilościową uwarunkowaną zarówno przez czynniki genetyczne, jak i środowiskowe. Wszystkie te czynniki wpływają na plon owoców poprzez wpływ na plonotwórcze cechy roślin, mające określone znaczenie w kształtowaniu plonu w trakcie całej ontogenezy. Zatem, ocena zależności plonu od cech plonotwórczych roślin uprawnych, w tym porzeczki czarnej, wzbogaca wiedzę o mechanizmach biologicznych warunkujących plonowanie roślin. Ta wiedza może mieć duże znaczenie zarówno naukowe, jak i praktyczne w hodowli twórczej i uprawie roślin (Fraser i Eaton, 1983; Kang, 1994, 2003; Rozbicki, 1997; Mądry i in., 2005). Cechy plonotwórcze roślin są zwykle nazywane składowymi plonu. Najczęściej rozpatruje się składowe plonu w sensie szerokim, to znaczy każdą plonotwórczą cechę roślin traktuje się jako składową plonu (Eaton i McPherson, 1978; Fraser i Eaton, 1983; Yadav i in., 1994; Mądry i in., 2005). Rozpatruje się także składowe plonu w sensie wąskim, jako multiplikatywne składowe plonu, to znaczy takie cechy plonotwórcze roślin, których iloczyn obserwacji stanowi plon na roślinie lub jednostce powierzchni (Fraser i Eaton 1983; Sparnaaij i Bos, 1993; Piepho, 1995; Gołaszewski, 1996; Kozak, 2002; Board i in., 2003; Kozak i Mądry, 2006).

U jagodowych roślin sadowniczych, w tym także porzeczki czarnej, zwykle rozpatruje się składowe plonu w sensie szerokim (Lacey 1973; Webb 1976 a, b; Strik i Proctor, 1988; Freeman i in., 1989; Baumann i in., 1993; Cortell i Strik, 1997; Panteyev i Korolenko, 2000; Mądry i in., 2003, 2005). U porzeczki czarnej plon owoców na roślinie można traktować jako iloczyn następujących składowych multiplikatywnych: liczby pędów owoconośnych na roślinie, średniej liczby owoców w owocostanie na roślinie, średniej liczby owoców na pędzie owoconośnym na roślinie i średniej masy owocu. Drugim, prostszym pod względem wymogów eksperymentalnych i interpretacyjnych, ujęciem plonu owoców na roślinie porzeczki czarnej jest traktowanie go jako iloczynu tylko dwóch składowych, tj. liczby owoców na roślinie oraz średniej masy owocu. Składowe plonu w każdym z dwóch podejść są uszeregowane według ontogenetycznej kolejności ich kształtowania się w procesie tworzenia plonu na roślinie. Są one wzajemnie skorelowane i zwykle dodatkowo skorelowane z plonem owoców na roślinie porzeczki czarnej.

Celem badań w niniejszej pracy była analiza zależności plonu owoców na roślinie porzeczki czarnej od dwóch multiplikatywnych składowych plonu, tj. liczby owoców na roślinie oraz średniej masy owocu, w obrębie zmienności genetycznej, środowiskowej i osobniczej, za pomocą sekwencyjnej analizy składowych plonu (SYCA).

## MATERIAŁ I METODY

**Materiał roślinny**

Badania były wykonane na 4–7 letnich krzewach porzeczki czarnej w pełni owocowania, rosnących w doświadczeniu odmianowo-porównawczym, założonym jesienią 1996 roku w Sadzie Doświadczalnym w Dąbrowicach k/ Skierniewic. W doświadczeniu, założonym w układzie losowanych bloków w 3 powtórzeniach z 5 roślinami na każdym poletku, oceniano 14 genotypów; w tym 8 odmian zróżnicowanych pod względem cech użytkowych i pochodzących z różnych rejonów geograficznych Europy (Pluta, 1994, 1996; Pomologia — aneks, 2003) oraz 6 klonów hodowli ISK. Badania i obserwacje prowadzono w latach 1998–2001.

**Pomiary i obserwacje**

W każdym roku badań wykonano pomiary na 210 roślinach w doświadczeniu (14 genotypów  $\times$  15 roślin). Na każdej roślinie dokonano pomiarów plonu owoców ( $Y$ ) i masy 100 owoców (na podstawie próby reprezentatywnej 100 owoców wybranych losowo z plonu każdej rośliny). Dwie multiplikatywne składowe plonu owoców na roślinie uzyskano za pomocą następującej metody obliczeń. Liczbę owoców na roślinie (sztuk/krzew),  $K_1$ , obliczono z ilorazu plonu owoców zebranego z rośliny i średniej masy owocu, ( $g$ ),  $K_2$ , uzyskanej z podzielenia masy 100 owoców przez 100.

**Sekwencyjna analiza składowych plonu (SYCA)**

Sekwencyjna analiza składowych plonu (SYCA) jest metodą opartą na pewnym zastosowaniu teorii analizy liniowej regresji wielokrotnej, wzorowanym na analizie regresji krokowej. Jest ona tak opracowana, aby oceniać odrębny wpływ sekwencyjnych składowych plonu (w szerokim i wąskim sensie) na plon, zgodnie z kolejnością ich kształtowania w ontogenezie roślin. Odrębny wpływ danej składowej plonu na plon, określony w kategoriach sekwencyjnej analizy składowych plonu, jest rozumiany jako dodatkowy (względny) wpływ tej składowej, po uwzględnieniu wpływu wcześniej wykształconych składowych plonu. Zatem, sekwencyjna analiza składowych plonu w wymieniony sposób określa (opisuje) ilościowo uwarunkowanie plonu roślin przez jego sekwencyjne składowe (Eaton i Kyte, 1978; Gołaszewski, 1996; Mądry i Kozak, 2000; Mądry i in., 2003, 2005). W tej metodzie zakłada się, że plon ( $Y$ ) i jego składowe w szerokim lub wąskim sensie ( $X_1, X_2, \dots, X_k$ ) są opisane matematycznie przez wektor wzajemnie skorelowanych zmiennych losowych ( $Y, X_1, X_2, \dots, X_k$ ) o wielowymiarowym rozkładzie normalnym lub do niego zbliżonym. Kolejne składowe plonu są zapisywane zgodnie z kolejnością ich wykształcania się w trakcie ontogenezy roślin. Zgodnie ze statystyczną teorią analizy regresji, przyjmuje się, że wektor zmiennych losowych ( $Y, X_1, X_2, \dots, X_k$ ) o rozkładzie zbliżonym do normalnego, realizuje się w badanej populacji jednostek doświadczalnych lub obserwacyjnych (pojedynczych roślin w łanie, poletek, łanów produkcyjnych itp.), których zmienność jest warunkowana przez przyczyny środowiskowe i (lub) genetyczne. Założenie to pozwala wykluczyć ekstremalne obserwacje (obserwacje odstające) w uzyskanych danych z materiału badawczego. Obserwacje odstające mogą pojawić się zwłaszcza w badaniach uprawowych, z powodu niekorzystnych warunków siedliskowych i/lub agrotechnicznych.

W celu oceny względnego wpływu składowych plonu na plon roślin, niezależnego od wpływu poprzedzających ją w ontogenezie badanych cech plonotwórczych, w sekwencyjnej analizie składowych plonu stosuje się ortogonalizację Grama-Schmidta (Winer, 1971; Bock, 1975; Bonney i Kissling, 1986; Kozak, 2002). W ten sposób uzyskuje się  $(k+1)$  — wymiarowy wektor plonu oraz  $k$  ortogonalnych składowych plonu, oznaczony jako  $(Y, Z_1, Z_2, \dots, Z_k)$ . W następnym kroku, ten wektor wzajemnie ortogonalnych (nie skorelowanych) zmiennych standaryzuje się według zmiennej standaryzowanej  $Z$ . Dla wektora zmiennych standaryzowanych stosuje się analizę liniowej regresji wielokrotnej. Estymuje się cząstkowe współczynniki regresji (współczynniki ścieżek,  $p_i$ ) oraz testuje się hipotezę ogólną o braku liniowej zależności między plonem a jednocześnie wszystkimi ortogonalnymi składowymi plonu. Sprawdza się także hipotezy szczegółowe o braku liniowego wpływu każdej  $i$ -tej ( $i=1,2,\dots,k$ ) ortogonalnej składowej plonu na plon (Neter i in., 1990). Współczynniki ścieżek,  $p_i$ , dla każdej  $i$ -tej ortogonalnej składowej plonu są porównywalną miarą kierunku (dodatniego lub ujemnego) i wielkości liniowego względnego (dodatniego) wpływu  $i$ -tej rzeczywistej składowej plonu na plon, po uwzględnieniu wpływu na plon poprzedzających ją w ontogenezie  $(i-1)$  składowych plonu. Kwadrat współczynnika ścieżki, czyli  $p_i^2$  stanowi współczynnik determinacji plonu przez  $i$ -tą składową plonu po uprzednim wyłączeniu wpływu na plon poprzedzających ją  $(i-1)$  składowych plonu. Ten współczynnik determinacji nazywany jest udziałem  $i$ -tej składowej plonu w zmienności plonu.

Jeden rodzaj analizy składowych plonu za pomocą metody SYCA wykonano w celu oceny uwarunkowania środowiskowej zmienności plonu owoców na roślinie porzeczki czarnej przez dwie sekwencyjne, multiplikatywne składowe plonu  $K_1$  i  $K_2$ , oddzielnie dla każdego genotypu. W tych analizach składowych plonu, przyjmujemy założenie, że rośliny oceniane w doświadczeniu pod względem wymienionych cech, są próbą reprezentatywną z nieskończenie licznej populacji roślin o danym genotypie (danego klonu), której liczebność wynosiła 15 dla każdego genotypu. W związku z powtarzaniem obserwacji na tych samych roślinach w czterech latach badań, liczba obserwacji (jednostek obserwowanych) dla każdego genotypu wynosiła 60 (4 lata  $\times$  15 roślin). Te jednostki obserwacyjne podlegają zmienności (różnorodności) osobniczej i środowiskowej, spowodowanej przez warunki pogodowe w latach i błąd doświadczalny. Uzyskane wyniki z wymienionych analiz dla 14 genotypów opisują środowiskowe uwarunkowanie zmienności plonu owoców przez te dwie składowe w populacjach roślin porzeczki czarnej o różnych genotypach (odmianach i klonach).

Drugi rodzaj analizy składowych plonu za pomocą metody SYCA wykonano w celu oceny uwarunkowania genotypowej zmienności plonu owoców na roślinie przez składowe plonu  $K_1$  i  $K_2$ , oddzielnie dla każdego roku badań. W tych analizach SYCA przyjmujemy założenie, że badane w doświadczeniu odmiany i klony hodowlane są w przybliżeniu próbą reprezentatywną z populacji hodowlanej genotypów porzeczki czarnej, zaadaptowanych do warunków Polski. Liczebność próby obserwowanych roślin w każdym roku pod względem wymienionych cech wynosiła 210 (14 genotypów  $\times$  15 roślin). Charakter ocenianych zależności cech roślin jest w dużym stopniu genotypowy (zależności

genotypowe). Wobec tego wyprowadzone wnioski mogą mieć znaczenie hodowlane i wzbogacać podstawową wiedzę genetyczno-hodowlaną tego gatunku roślin.

## WYNIKI I DYSKUSJA

### Zależność plonu owoców od dwóch składowych multiplikatywnych

#### Metoda SYCA dla genotypów w obrębie zmienności środowiskowej

Zróznicowanie genotypów pod względem średniej oraz współczynnika zmienności dla plonu owoców na roślinie oraz obu składowych multiplikatywnych było bardzo duże (tab. 1).

Tabela 1

**Charakterystyka zmienności środowiskowej plonu owoców na roślinie (Y) porzeczki czarnej i jego składowych multiplikatywnych ( $K_1$  i  $K_2$ ) dla 14 genotypów (liczba obserwacji dla każdego genotypu,  $n = 60$ )**  
**Characterization of the environmental variation in the blackcurrant fruit yield per plant (Y) and its multiplicative components ( $K_1$  and  $K_2$ ) for 14 genotypes, (number of observations of each genotype,  $n = 60$ )**

Odmiana lub klon Cultivar or clone	Średnia Mean			Odchylenie standardowe Standard deviation			Współczynnik zmienności <sup>1</sup> Coefficient of variation		
	$K_1$	$K_2$	Y	$K_1$	$K_2$	Y	$K_1$	$K_2$	Y
Ojebyn	1004,9	0,82	741,7	772,4	0,17	451,4	77	21	61
Ben Lomond	834,6	0,95	689,0	569,4	0,29	355,8	68	30	52
Titania	1670,5	1,01	1683,6	431,3	0,15	452,8	26	15	27
Lentaj	1290,7	1,48	1832,2	807,4	0,26	1091,1	63	17	60
Sjuta Kijev.	1238,2	1,40	1718,7	786,2	0,24	1182,9	63	17	69
Czereznieva	1294,3	1,19	1466,2	809,5	0,19	753,8	63	16	51
Czornyj Ż.	680,2	1,12	693,6	448,0	0,21	379,0	66	18	55
Sanjuta	1097,1	1,29	1453,6	607,8	0,22	933,9	55	17	64
PC 1	2717,9	1,03	2540,4	1315,9	0,25	744,5	48	25	29
PC 3	1446,2	0,81	1142,9	446,6	0,11	340,8	31	14	30
PC 8	867,8	0,93	746,4	517,5	0,18	316,1	60	20	42
PC 9	1559,2	0,74	1104,7	786,1	0,09	460,1	50	13	42
PC 20	1529,8	0,93	1404,2	404,0	0,22	388,9	26	24	28
PC 26	1014,7	1,01	989,1	492,0	0,15	434,9	48	15	44

Y — Plon owoców na roślinie,  $K_1$  — Liczba owoców na roślinie w szt.,  $K_2$  — Średnia masa owocu w g

Y — Fruit yield per plant,  $K_1$  — Number of fruits per plant,  $K_2$  — Mean fruit weight in g

<sup>1</sup> Współczynnik zmienności (CV); Coefficient of variation (CV)  $CV = \frac{S \times 100\%}{sr.}$ ; *sr.* — średnia; mean

S — Odchylenie standardowe; S — Standard deviation

Współczynniki zmienności dla plonu owoców na roślinie i liczby owoców na roślinie wszystkich genotypów były kilkakrotnie większe, niż dla średniej masy owocu, jako drugiej składowej plonu. Także współczynniki zmienności dla pierwszej składowej plonu były bardziej zróżnicowane między genotypami, niż dla plonu i jego drugiej składowej. Wskazuje to, że pierwsza składowa plonu podlega zmienności środowiskowej, której stopień jest większy i bardziej zróżnicowany dla genotypów, w stosunku do drugiej z tych zmiennych. Jest to ilustracją interakcji genotypowo-środowiskowej.

Na podstawie uzyskanych wyników za pomocą sekwencyjnej analizy składowych plonu stwierdzono, że liniowa zależność plonu owoców na roślinie porzeczki czarnej od

jego obu multiplikatywnych składowych wyjaśniała ponad 90% środowiskowej zmienności plonu wszystkich genotypów (tab. 2).

Tabela 2

**Wyniki sekwencyjnej analizy multiplikatywnych składowych plonu owoców porzeczki czarnej na roślinie dla 14 genotypów w obrębie zmienności środowiskowej (liczba obserwacji dla każdego genotypu, n = 60)**

**Results of sequential multiplicative yield component analysis of blackcurrant fruit yield per plant for 14 genotypes within environmental variation (number of observations of each genotype, n = 60)**

Odmiana lub klon Cultivar or clone	Liczba owoców na roślinie Number of fruits per plant ( $K_1$ )		Średnia masa owocu Mean fruit weight ( $K_2$ )		Współczynnik determinacji wielokrotnej Multiple coefficient of determination
	$p_i^{(1)}$	$p_i^{(2)}$	$p_i^{(1)}$	$p_i^{(2)}$	$R^2$ (%)
Ojebyn	0,93**	87,4	0,26**	6,9	94,21
Ben Lomond	0,94**	87,6	0,21**	4,5	92,07
Titania	0,88**	78,5	0,44**	19,8	98,26
Lenta	0,98**	96,2	0,16**	2,4	98,58
Sjuta Kijevskaja	0,94**	88,7	0,30**	8,9	97,58
Czeresznieva	0,89**	79,7	0,32**	10,5	90,21
Czornyj Żemczug	0,96**	92,6	0,17**	3,0	95,58
Sanjuta	0,94**	87,7	0,31**	9,9	97,65
PC 1	0,85**	72,1	0,42**	17,5	89,59
PC 3	0,91**	82,6	0,38**	14,2	96,76
PC 8	0,95**	90,4	0,25**	6,4	96,72
PC 9	0,96**	92,3	0,23**	5,5	97,77
PC 20	0,63**	40,2	0,74**	54,4	94,59
PC 26	0,96**	91,7	0,24**	5,8	97,44

(1) — Współczynniki ścieżek; Path coefficients

(2) — Udział składowych plonu w zmienności plonu owoców %; Contribution of yield components to variation of fruit yield %

\*\* Współczynniki ścieżek istotnie różne od zera przy poziomie istotności  $\alpha = 0,01$ ; Path coefficients significantly different from zero at the  $\alpha = 0.01$  level

Zatem, dopasowanie modelu liniowego regresji wielokrotnej do zależności multiplikatywnej było bardzo dobre. Uzyskane wyniki o znaczeniu każdej składowej w uwarunkowaniu środowiskowej zmienności plonu owoców na roślinie porzeczki czarnej dobrze odzwierciedlają badane zależności przyczynowo-skutkowe. Podobnie dobre dopasowanie modelu liniowego do multiplikatywnej zależności plonu roślin od jego składowych stwierdzili Gołaszewski (1996) i Kozak (2002). Decydującą o plonie owoców na roślinie każdego badanego genotypu, z wyjątkiem klonu PC 20, była pierwsza składowa multiplikatywna, tj. liczba owoców na roślinie. Warunkowała ona od 72 do 96% zmienności plonu owoców na roślinie badanych genotypów. Jej dominujący wpływ na plon współistniał z jej relatywnie dużą zmiennością (tab. 1). Natomiast średnia masa owocu, stanowiąca drugą składową plonu, warunkowała tylko od 3 do 20% zmienności plonu owoców na roślinie badanych genotypów, współistniejąc z jej relatywnie małą zmiennością. Natomiast, uwarunkowanie zmienności środowiskowej plonu owoców na roślinie klonu PC 20 było odmienne, niż u pozostałych genotypów. Każda składowa multiplikatywna tego genotypu warunkowała podobną część (około 50%) zmienności plonu owoców na roślinie. Podobny udział obu składowych w zmienności środowiskowej

plonu owoców na roślinie klonu PC 20 współistniał z podobną zmiennością każdej z nich (podobne współczynniki zmienności, tab. 1).

#### Metoda SYCA dla lat badań w obrębie zmienności genotypowej

Stwierdzono podobne relacje zmienności genotypowej plonu i jego składowych w poszczególnych latach prowadzenia badań, jak dla zmienności środowiskowej genotypów. Zróżnicowanie średniej plonu owoców na roślinie oraz obu składowych multiplikatywnych w latach było bardzo duże (tab. 3). Współczynniki zmienności dla plonu owoców na roślinie i liczby owoców na roślinie w latach badań (oprócz roku 2000) były znacznie większe, niż dla drugiej składowej plonu. Współczynniki zmienności dla wszystkich trzech cech roślin były znacznie zróżnicowane w latach.

Tabela 3

**Charakterystyka zmienności genotypowej plonu owoców na roślinie (*Y*) porzeczki czarnej i jego składowych multiplikatywnych (*K*<sub>1</sub> i *K*<sub>2</sub>) w latach 1998–2001 (liczba obserwowanych roślin w każdym roku, *n* = 210)**

**Characterization of the genetic variation for the blackcurrant fruit yield per plant (*Y*) and its multiplicative components (*K*<sub>1</sub> and *K*<sub>2</sub>) in 1998–2001 (number of observed plants in each year, *n* = 210)**

Lata badań Years	Średnia Mean			Odchylenie standardowe Standard deviation			Współczynnik zmienności <sup>1</sup> Coefficient of variation		
	<i>K</i> <sub>1</sub>	<i>K</i> <sub>2</sub>	<i>Y</i>	<i>K</i> <sub>1</sub>	<i>K</i> <sub>2</sub>	<i>Y</i>	<i>K</i> <sub>1</sub>	<i>K</i> <sub>2</sub>	<i>Y</i>
1998	378,17	0,87	327,00	122,64	0,13	103,96	32	15	32
1999	1211,99	1,05	1275,19	471,88	0,20	573,08	39	19	45
2000	1934,44	0,94	1781,48	944,56	0,35	972,31	49	37	55
2001	840,78	1,16	900,14	608,25	0,28	582,56	72	24	65

*Y* – plon owoców na roślinie, *K*<sub>1</sub> – liczba owoców na roślinie w szt., *K*<sub>2</sub> – średnia masa owocu w g,

*Y* – fruit yield per plant, *K*<sub>1</sub> – number of fruits per plant, *K*<sub>2</sub> – mean fruit weight in g

<sup>1</sup> Współczynnik zmienności (CV); Coefficient of variation (CV)  $CV = \frac{S \times 100\%}{sr.}$ ;

sr. – średnia; mean

S – Odchylenie standardowe; S – Standard deviation

Podobnie, jak w analizie SYCA dla pojedynczych genotypów w obrębie zmienności środowiskowej, stwierdzono, że liniowa zależność plonu owoców od obu jego multiplikatywnych składowych wyjaśniała ponad 95% genotypowej zmienności plonu we wszystkich latach badań (tab. 4).

Decydującą o plonie owoców na roślinie w populacji genotypów w każdym roku badań, z wyjątkiem roku 2000, była liczba owoców na roślinie. Determinowała ona od 73 do 90% zmienności genotypowej plonu, zależnie od warunków pogodowych w latach 1998, 1999 i 2001. Natomiast w roku 2000 ta składowa plonu warunkowała około 50% zmienności plonu. Natomiast średnia masa 100 owoców, jako druga składowa plonu, determinowała tylko od 6 do 24% genotypowej zmienności plonu w latach 1998, 1999 i 2001, zaś w roku 2000, wyjaśniała ona około 50% zmienności plonu. Podobny udział obu składowych w zmienności genotypowej plonu wynikał z podobnej zmienności każdej z nich (podobne współczynniki zmienności, tab. 4)

**Wyniki sekwencyjnej analizy multiplikatywnych składowych plonu owoców porzeczki czarnej na roślinie w latach 1998–2001 w obrębie zmienności genotypowej, (liczba obserwowanych roślin w każdym roku, n = 210)**

**Results of sequential multiplicative yield component analysis of blackcurrant fruit yield per plant in 1998–2001 within genotypic variation, (number of observed plants in each year, n = 210)**

Lata badań Years		Składowe plonu Yield components		Współczynnik determinacji wielokrotnej Multiple coefficient of determination
		Liczba owoców na roślinie ( $K_1$ ) Number of fruits per plant ( $K_1$ )	Średnia masa owocu ( $K_2$ ) Mean fruit weight ( $K_2$ )	R <sup>2</sup> (%)
1998	$p_i^{(1)}$	0,86**	0,49**	97,62
	$p_i^{2(2)}$	73,20	24,42	
1999	$p_i^{(1)}$	0,90**	0,40**	97,74
	$p_i^{2(2)}$	81,36	16,38	
2000	$p_i^{(1)}$	0,70**	0,68**	95,40
	$p_i^{2(2)}$	49,34	46,06	
2001	$p_i^{(1)}$	0,95**	0,25**	96,23
	$p_i^{2(2)}$	89,94	6,29	

(1) — Współczynniki ścieżek; Path coefficients

(2) — Udział składowych plonu w zmienności plonu owoców %; Contribution of yield components to variation of fruit yield %

\*\* Współczynniki ścieżek istotnie różne od zera przy poziomie istotności  $\alpha = 0,01$ ; Path coefficients significantly different from zero at the  $\alpha = 0.01$  level

#### WNIOSKI

1. Decydującą o genotypowej zmienności plonu owoców na roślinie porzeczki czarnej jest liczba owoców na roślinie, która determinuje znacznie powyżej połowy tej zmienności plonu w różnych warunkach pogodowych w latach badań — średnia masa owocu warunkuje niewielką część, tj. poniżej jednej czwartej genotypowej zmienności plonu owoców badanego gatunku roślin,
2. Podobnie jest uwarunkowana środowiskowa zmienność plonu owoców na roślinie badanych genotypów porzeczki czarnej przez jego obie składowe multiplikatywne — liczba owoców na roślinie warunkuje powyżej trzech czwartych środowiskowej zmienności plonu owoców na roślinie rozpatrywanych genotypów, zaś średnia masa owocu warunkuje bardzo niewielką, tj. znacznie poniżej jednej czwartej środowiskowej zmienności plonu owoców tych genotypów.

#### LITERATURA

- Baumann T. E.; Eaton G.W.; Spaner D. 1993. Yield components of day-neutral and short-day strawberry varieties on raised beds in British Columbia. HortScience 28 (9): 891 — 894.
- Board, J. E., Kang, M. S., Bodrero, M. L. 2003. Yield components as indirect selection criteria for late-planted soybean cultivars. Agronomy Journal 95: 420 — 429.
- Bonney G. E., Kissling G. E. 1986. Gram-Schmidt Orthogonalization of Multinormal Variates: Applications in Genetics. Biometrical Journal 28: 417 — 425.
- Bock R. D. 1975. Multivariate statistical methods in behavioural research. Toronto: McGraw-Hill.



- Cortell J. M.; Strik B. C. 1997. Effect of florican number in 'Marion' trailing blackberry. II. Yield components and dry mass partitioning. *Journal-of-the-American-Society-for-Horticultural-Science*. 122: 611 — 615.
- Eaton, G. W., Kyte, T. R. 1978. Yield component analysis in strawberry. *J. Am. Soc. Horticult. Sci.*, 103:578 — 583.
- Eaton G. W., McPherson E. A. 1978. Morphological components of yield in cranberry. *Horticultural Research* 17: 73 — 82.
- Fraser J., Eaton G. W. 1983. Applications of yield component analysis to crop research. *Field Crop Abstracts* 36:787 — 796.
- Freeman J. A., Eaton G. W., Baumann T. E., Daubeny H. A., Dale A. 1989. Primocane removal enhances yield component of raspberries. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 114: 6 — 9.
- Gołaszewski J. 1996. A method of yield component analysis. *Biometrical Letters* 33: 79 — 88.
- Kang M. S. 1994. *Applied quantitative genetics*. Baton Rouge, LA: M.S. Kang Publication.
- Kang M. S. 2003. *Formulas and software for plant geneticists and plant breeders*. New York: Food Products Press.
- Kozak M. 2002. Statystyczna analiza uwarunkowania zmienności plonu roślin przez jego składowe. Praca doktorska, SGGW, Warszawa.
- Kozak M., Mądry W. 2006. Note on yield component analysis. *Cereal Res. Commun.* 34:933 — 940.
- Lacey C. N. D. 1973. Phenotypic correlations between vegetative characters and yield components in strawberry. *Euphytica* 22: 546 — 554.
- Mądry W., Kozak M. 2000. Analiza ścieżek i sekwencyjna analiza plonu w badaniach zależności plonu od cech łanu. *Cz. I. Opis metod. Roczn. N. Roln., Seria A*, 115:143 — 157.
- Mądry W., Kozak M., Pluta S., Żurawicz E. 2003. Zastosowanie sekwencyjnej analizy plonu w badaniach nad uwarunkowaniem zmienności plonu owoców porzeczki czarnej (*Ribes nigrum* L.) na roślinie przez cechy plonotwórcze. *Biul. IHAR* 226/227/1: 31 — 40.
- Mądry W., Kozak M., Pluta S., Żurawicz E. 2005. A New approach to sequential yield component analysis (SYCA): Application to fruit yield in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.). *Journal of New Seeds*, 7: 85 — 107.
- Neter J., Wasserman W., Kutner M. H. 1990. *Applied linear statistical models. Regression, analysis of variance and experimental designs*. IRWIN, New York.
- Panteyev A. V., Korolenko A. V. 2000. Correlative relationships between the main yield components in black currant. *Plodowodstwo*. 13:116 — 118.
- Piepho H. P. 1995. A simple procedure for yield component analysis. *Euphytica* 84: 43 — 48.
- Pluta S. 1994. Analiza dialleliczna cech użytkowych porzeczki czarnej. Praca doktorska, ISK Skierniewice
- Pluta S. 1996. *Zeszyty Pomologiczne. Porzeczki i Agrest*. Wyd. ISK:1 — 89.
- Pomologia odmianoznawstwo roślin sadowniczych — aneks. 2003. Porzeczka czarna. Porzeczka czerwona. Agrest. Praca zbiorowa pod red. E. Żurawicza, PWRiL, Warszawa 2003: 165 — 173; 175 — 180; 182 — 188.
- Rozbicki J. 1997. Agrotechniczne uwarunkowania wzrostu, rozwoju i plonowania pszenżyta ozimego. Rozprawa habilitacyjna, Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Sparnaaij L.D. and Bos I. 1993. Component analysis of complex characters in plant breeding. I. Proposed method for quantifying the relative contribution of individual components to variation of the complex character. *Euphytica* 70: 225 — 235.
- Strik B.C. and Proctor J.T.A. 1988. Yield component analysis of strawberry genotypes differing in productivity. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 113: 124 — 129.
- Webb R. A. 1976 a. The components of yield in black currants. *Scientia Horticulturae*, 4: 247 — 254.
- Webb R. A. 1976 b. The influence of yield components on cultivar differences in black currants. *Scientia Horticulture*, 5:119 — 126.
- Winer B. J. 1971. *Statistical principles in experimental design*. New York: McGraw-Hill
- Yadav O. P., Manga V. K., Saxena M. B. L. 1994. Ontogenetic approach to grain production in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) based on path-coefficient analysis. *Indian J. Agric. Sci.* 64: 233 — 236.