

DARIUSZ GOZDOWSKI¹
WIESŁAW MĄDRY¹
ZDZISŁAW WYSZYŃSKI²

¹ Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

² Katedra Agronomii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Analiza korelacji i współczynników ścieżek w ocenie współzależności plonu ziarna i jego składowych u dwóch odmian jęczmienia jarego

Analysis of correlation and path coefficients in evaluation of relationships between grain yield and its components of two spring barley cultivars

Wyniki badań nad plonem ziarna i jego składowymi pochodzą z doświadczenia polowego z dwiema odmianami jęczmienia jarego (Rasbet — odmiana o ziarnie oplewionym i Rastik — odmiana o ziarnie nieoplewionym). Doświadczenie przeprowadzono na Polu Doświadczalnym SGGW w Chylicach w latach 1999–2002. Do oceny uwarunkowania plonu ziarna każdej z odmian przez jego składowe zastosowano analizę współczynników korelacji i analizę współczynników ścieżek. Wyniki analiz ścieżek wskazują, że liczba kłosów na 1m² jest składową plonu najsilniej wpływającą bezpośrednio na zmienność plonu jęczmienia, przy czym większą wartość współczynnika ścieżki stwierdzono dla nieoplewionej odm. Rastik (0,909) niż dla odmiany oplewionej Rasbet (0,788). Wpływ pozostałych 2 składowych plonu tj. liczby ziaren w kłosie i MTZ na plon ziarna jest znacznie mniejszy w porównaniu z liczbą kłosów i podobny u obydwu badanych odmian (współczynnik ścieżki dla liczby ziaren w kłosie dla odm. Rasbet był równy 0,537, zaś dla odm. Rastik, 0,494, parametr ten dla MTZ był odpowiednio równy 0,441 i 0,442). Efekty pośrednie wszystkich składowych były relatywnie niewielkie, przy czym nieco większe u odmiany nieoplewionej.

Słowa kluczowe: analiza ścieżek, jęczmień jary, plon ziarna, składowe plonu, współczynniki korelacji

A field experiment with two spring barley cultivars (Rasbet — with hulled grain and Rastik with hullless grain) was conducted at the Experimental Station of Warsaw Agricultural University in Chylce in the years 1999–2002. Correlation coefficient analysis and path coefficients analysis was applied for evaluation of grain yield determination by its components. The results prove the highest direct effect of number of pikes per 1 m² on grain yield for both cultivars. Path coefficient was equal to 0.909 for Rastik (with hullless grain) and was higher than for Rasbet (0.788). The other two components had small influence on grain yield for both cultivars. Slightly smaller effect was caused by number of kernels per spike, compared with the effect of weight of thousand grains. Values of path coefficients for number of kernels per spike were similar for both cultivars and were equal to 0.537 and 0.494 (Rasbet and Rastik respectively) and for weight of thousand grains 0.441 and 0.442 (respectively for Rasbet and

Rastik). Indirect effects of yield components were relatively small, but slightly higher for the hulless cultivar.

Key words: correlation coefficients, grain yield, path analysis, spring barley, yield components

WSTĘP

Zmienność plonu ziarna jęczmienia, podobnie jak i innych gatunków zbóż, zależy bezpośrednio od zmienności trzech składowych tj. liczby kłosów na jednostce powierzchni, średniej liczby ziaren w kłosie oraz średniej masy ziarniaka. Składowe te kształtują się od początku okresu wegetacji do osiągnięcia przez rośliny pełnej dojrzałości (Klepper i in. 1998). Poszczególne składowe wpływają na wielkość plonu, przy czym stopień wpływu każdej z tych cech jest zróżnicowany. Określenie, która ze składowych w największym stopniu determinuje zmienność plonu, a która ma najmniejszy wpływ jest ważne przede wszystkim dla ustalenia kryteriów selekcji w hodowli roślin. Ustalenie, które cechy najsilniej wpływają na plon, umożliwia uwzględnienie tych cech przy selekcji nowych bardziej produktywnych genotypów. Dotychczasowe badania nad wpływem składowych plonu na zmienność plonu ziarna dotyczyły wszystkich gatunków zbóż o dużym znaczeniu gospodarczym (Mądry i in. 1995, Akanda, Mundt 1996, García del Moral i in., 2003).

Do określenia wpływu składowych na plon wykorzystywano różne metody statystyczne, jedną z nich dość powszechnie wykorzystywaną jest analiza ścieżek. Analiza ścieżek umożliwia porównywalną ilościową ocenę wpływu każdej ze składowych na zmienność plonu, niezależnie od jednostek, w których wyrażone są te składowe. Ponadto wpływ każdej składowej plonu możemy rozdzielić na efekt bezpośredni oraz pośredni, poprzez inne składowe. Metoda ta po raz pierwszy została zastosowana przez Wrighta (1921), a obecnie często jest wykorzystywana w doświadczeniach rolniczym do oceny różnych zależności przyczynowo-skutkowych między zmiennymi badanymi zjawiskami.

W niniejszej pracy analiza ścieżek została zastosowana do oceny wpływu trzech składowych plonu na plon ziarna dwóch odmian jęczmienia jarego, zróżnicowanych pod względem fenotypowym i genetycznym. Odmiana Rasbet ma ziarno oplewione, wykorzystywana jest przede wszystkim jako surowiec do produkcji słodu, zaś odmiana Rastik jest pierwszą zarejestrowaną w Polsce pod koniec XX wieku odmianą jęczmienia o ziarnie nieoplewionym.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny

Wyniki doświadczalne pochodzą z 4-letniego doświadczenia z jęczmieniem jarym przeprowadzonego w Polsce centralnej na Polu Doświadczalnym Katedry Agronomii w Chylicach. Doświadczenie przeprowadzono w latach 1999–2002 na czarnych ziemiach zdegradowanych, kompleksu glebowego żytanego bardzo dobrego i pszennego dobrego. Warunki pogodowe były zróżnicowane w latach przede wszystkim pod względem ilości i rozkładu opadów. Ilość opadów w okresie wzrostu jęczmienia była najmniejsza w roku 2000, w pozostałych latach ilość opadów była zbliżona do wymagań wodnych jęczmienia.

Z powodu niedostatecznej ilości opadów kombinacje z opóźnionym terminem siewu w roku 2000 nie były oceniane.

Doświadczenie polowe przeprowadzono w każdym z lat w układzie split-plot (AB-C) w 4 powtórzeniach, w którym czynniki doświadczenia i ich poziomy były następujące:

- A: odmiana (Rasbet, Rastik);
- B: termin siewu (wczesny, opóźniony)
- C: dawka azotu (0, 30, 60, 90 kg · ha⁻¹)

Liczba kombinacji doświadczenia wynosiła 16 (2·2·4), liczba poletek 64, natomiast powierzchnia pojedynczego poletka była równa 30 m².

Zastosowane terminy siewu jęczmienia jarego to termin wczesny przypadający w zależności od warunków pogodowych na ostatnią dekadę marca lub pierwszą dekadę kwietnia, oraz opóźniony wysiew o około 3 tygodnie po terminie wczesnym. Nawożenie azotem w dawkach 30 i 60 kg N/ha stosowane było przedsiewnie, w formie saletry amonowej, dawkę 90 kg N/ha podzielono na dwie: 60 kg N przedsiewnie i dodatkowo 30 kg N zastosowano w fazie strzelania w źdźbło. Wysiewano 350 żywych ziaren na 1m² odmiany Rasbet oraz 400 ziaren na 1 m² odmiany Rastik (ze względu na niższą polową zdolność wschodów).

Plon i jego składowe oceniano po osiągnięciu przez rośliny pełnej dojrzałości (koniec lipca-początek sierpnia). Na próbie roślin z powierzchni 1m² z środkowej części poletka oceniano plon, liczbę kłosów, masę 1000 ziaren (MTZ) oraz pośrednio średnią liczbę ziarniaków w kłosie. Łącznie dla 4 lat badań liczba poletek dla każdej z odmian wynosiła n=112.

Analiza statystyczna

Do badania zależności między trzema składowymi plonu, a plonem na podstawie obserwacji tych cech na n=112 poletkach dla każdej odmiany zastosowano analizę ścieżek.

Analizę ścieżek wykonano na podstawie następującego modelu liniowego regresji wielokrotnej:

$$Z_y = p_{y1}Z_1 + p_{y2}Z_2 + p_{y3}Z_3 + \varepsilon_i,$$

gdzie zmienne Z_y , Z_1 , Z_2 , Z_3 są odpowiednio zmiennymi Y , X_1 , X_2 , X_3 po standaryzacji.

Cząstkowe współczynniki regresji wielokrotnej dla zmiennych standaryzowanych (p_{yi}) nazywane współczynnikami ścieżek wyrażają wpływ bezpośredni poszczególnych składowych plonu (X_i) na plon ziarna. Dzięki standaryzacji zmiennych wartości cząstkowych współczynników regresji możemy porównywać między sobą, wnioskując o stopniu wpływu każdej składowej na plon, jako zmienną skutkową.

Wyznaczono także efekty pośrednie każdej ze składowych plonu na zmienność plonu ziarna poprzez pozostałe składowe. Efekty pośrednie składowych plonu na plon są wyrażone jako suma iloczynów współczynników korelacji między parami składowych i odpowiedniej wartości współczynnika ścieżki. Efekty pośrednie dla poszczególnych składowych plonu zostały wyznaczone według następujących wzorów:

$$\text{Efekt pośredni } X_1 = r_{12} \cdot p_{y2} + r_{13} \cdot p_{y3},$$

$$\text{Efekt pośredni } X_2 = r_{12} \cdot p_{y1} + r_{23} \cdot p_{y3},$$

$$\text{Efekt pośredni } X_3 = r_{13} \cdot p_{y1} + r_{23} \cdot p_{y2}.$$

Suma efektów bezpośredniego i pośredniego dla każdej ze składowych na plon ziarna równa jest współczynnikowi korelacji prostej Pearsona, czyli całkowitemu efektowi danej zmiennej. Wartości współczynników korelacji między poszczególnymi składowymi a plonem ziarna jęczmienia można przedstawić, zatem według następujących wzorów:

$$r_{1y} = p_{y1} + r_{12} \cdot p_{y2} + r_{13} \cdot p_{y3}; r_{2y} = p_{y2} + r_{12} \cdot p_{y1} + r_{23} \cdot p_{y3}; r_{3y} = p_{y3} + r_{13} \cdot p_{y1} + r_{23} \cdot p_{y2}$$

Całkowity wpływ wszystkich składowych na zmienność plonu ziarna wyraża współczynnik determinacji wielokrotnej liniowej (R^2), który mówi o udziale zmienności wyjaśnianej przez składowe w całkowitej zmienności plonu.

WYNIKI BADAŃ

Zmienność plonu ziarna oraz liczby kłosów na 1 m² wyrażona za pomocą współczynnika zmienności była większa dla odmiany Rastik (tab. 1) natomiast zmienność pozostałych dwóch składowych była podobna dla obydwu odmian. Spośród badanych cech największą zmiennością charakteryzował się plon ziarna, wartość współczynnika zmienności dla odmiany Rasbet wynosiła 0,283, natomiast dla odmiany Rastik była nieco większa (0,309). Składową plonu o największej zmienności była liczba kłosów na 1 m², a najmniejszą zmienność miała masa 1000 ziaren, wartości współczynników zmienności dla tych cech wynosiły dla odmian Rasbet i Rastik odpowiednio 0,241 i 0,284 oraz 0,135 i 0,130. Wyższe wartości współczynników zmienności dla plonu ziarna i liczby kłosów świadczą o mniejszej stabilności tych cech, które są szczególnie ważne z agronomicznego punktu widzenia.

Tabela 1

Średnie arytmetyczne, odchylenia standardowe oraz współczynniki zmienności badanych cech dla odm. Rasbet i odm. Rastik
Average values, standard deviations and coefficients of variation for the examined traits for the cultivars Rasbet and Rastik

	Liczba kłosów na 1 m ² Number of spikes per 1 m ² (X ₁)	Liczba ziaren w kłosie Number of kernels per spike (X ₂)	Masa 1000 ziaren Weight of thousand grains (X ₃)	Plon ziarna (t·ha ⁻¹) Grain yield (Y)
Rasbet				
Średnia — Mean	535,0	17,36	39,34	3,63
Odchylenie standardowe Standard deviation	128,7	2,79	5,31	1,03
Współczynnik zmienności Coefficient of variation	0,241	0,161	0,135	0,283
Rastik				
Średnia — Mean	407,4	17,10	38,21	2,62
Odchylenie standardowe Standard deviation	115,6	2,88	4,95	0,81
Współczynnik zmienności Coefficient of variation	0,284	0,168	0,130	0,309

Przeprowadzona analiza korelacji wykazała brak istotnych współzależności między liczbą kłosów na 1 m² a pozostałymi składowymi (liczbą ziaren w kłosie i MTZ) u obydwu odmian, natomiast wzajemne zależności między liczbą ziaren w kłosie a MTZ były ujemne

i istotne (tab. 2). Silniejszą ujemną współzależność stwierdzono u odmiany Rastik (-0,369) niż u odmiany Rasbet (-0,232), co świadczy o wzajemnym dość silnym związku między tymi cechami u odmiany nieoplewionej (zwiększenie liczby ziaren w kłosie powoduje zmniejszenie MTZ). Analizując wartości współczynników korelacji między składowymi plonu a plonem szczególną uwagę należy zwrócić na brak istotnej zależności między MTZ a plonem ziarna u odmiany Rastik, a jednocześnie występowanie takiej zależności u odmiany Rasbet, co świadczy o niewielkim znaczeniu tej składowej plonu w jego zmienności u odmiany nieoplewionej.

Tabela 2

Macierz współczynników korelacji dla składowych i plonu ziarna
Matrix of correlation coefficients for yield components and grain yield

	Rasbet			
	X ₁	X ₂	X ₃	Y
Liczba kłosów na 1 m ² (X ₁) Number of spikes per 1m ²	1,000			
Liczba ziaren w kłosie (X ₂) Number of kernels per spike	-0,022	1,000		
Masa 1000 ziaren w g (X ₃) Weight of 1000 grains in g	0,007	-0,232*	1,000	
Plon ziarna w t/ha (Y) Grain yield in t·ha ⁻¹	0,779*	0,417*	0,322*	1,000
	Rastik			
	X ₁	X ₂	X ₃	Y
Liczba kłosów na 1 m ² (X ₁) Number of spikes per 1m ²	1,000			
Liczba ziaren w kłosie (X ₂) Number of kernels per spike	-0,068	1,000		
Masa 1000 ziaren w g (X ₃) Weight of 1000 grains in g	-0,087	-0,369*	1,000	
Plon ziarna w t/ha (Y) Grain yield in t·ha ⁻¹	0,837*	0,269*	0,181	1,000

*-Istotne przy poziomie $\alpha = 0,05$; Significant at level $\alpha = 0,05$

Przeprowadzona analiza ścieżek wykazała bardzo wysoką determinację plonu ziarna jęczmienia przez jego składowe w zastosowanym modelu liniowym, wartości współczynników determinacji wynosiły odpowiednio 98,0% i 97,4% co uzasadnia stosowanie modelu liniowego do oceny wpływu składowych na plon. Na podstawie wyników analizy ścieżek możemy określić wpływ bezpośredni i pośredni poszczególnych składowych tj. liczby kłosów na 1m², liczby ziaren w kłosie i masy tysiąca ziaren (tab. 3). Wszystkie składowe dodatnio istotnie wpływały na zmienność plonu ziarna, największy wpływ na zmienność plonu ziarna jęczmienia u obydwu odmian miała liczba kłosów na 1 m². Wyższa wartość współczynnika ścieżki u odmiany Rastik (0,909) w porównaniu z odmianą Rasbet (0,788) świadczy o silniejszym wpływie tej składowej w kształtowaniu plonu odmiany nieoplewionej. Pozostałe 2 składowe miały znacznie mniejszy wpływ na zmienność plonu, wartości współczynników ścieżek dla liczby ziaren w kłosie wynosiły dla odmiany Rasbet 0,537 a dla odmiany Rastik 0,494, natomiast dla MTZ odpowiednio 0,441 i 0,442. Różnice między wartościami współczynników ścieżek dla MTZ są bardzo

niewielkie, a jednocześnie wartości współczynników ścieżek relatywnie małe, co świadczy o niewielkim wpływie tej składowej u obydwu odmian. Również różnice między współczynnikami ścieżek dla liczby ziaren w kłosie są dość małe, jednak nieco większy wpływ tej składowej był obserwowany u odmiany o ziarnie oplewionym.

Tabela 3

Efekty bezpośrednie i pośrednie oraz współczynniki korelacji między poszczególnymi składowymi a plonem ziarna
Direct and indirect effects and correlation coefficients between the yield components and grain yield

Zmienna przyczynowa Causal variable	Rasbet			Rastik		
	efekt bezpośredni direct effect	efekt pośredni indirect effect	wsp. korelacji correlation coefficient	efekt bezpośredni direct effect	efekt pośredni indirect effect	wsp. korelacji correlation coefficient
Liczba kłosów na 1 m ² (X ₁) Number of spikes per 1 m ²	0,788*	-0,009	0,779*	0,909*	-0,072	0,837*
Wpływ pośredni poprzez X ₂ Indirect effect via X ₂		-0,012			-0,033	
Wpływ pośredni poprzez X ₃ Indirect effect via X ₃		0,003			-0,038	
Liczba ziaren w kłosie (X ₂) Number of kernels per spike	0,537*	-0,120	0,417*	0,494*	-0,225	0,269*
Wpływ pośredni poprzez X ₁ Indirect effect via X ₁		-0,017			-0,062	
Wpływ pośredni poprzez X ₃ Indirect effect via X ₃		-0,102			-0,163	
Masa 1000 ziaren (X ₃) Weight of 1000 grains	0,441*	-0,119	0,322*	0,442*	-0,261	0,181
Wpływ pośredni poprzez X ₁ Indirect effect via X ₁		0,005			-0,079	
Wpływ pośredni poprzez X ₂ Indirect effect via X ₂		-0,125			-0,182	

*-istotne przy poziomie $\alpha=0,05$; significant at level $\alpha=0,05$

Efekty pośrednie były zazwyczaj ujemne, co wskazuje na wzajemny ujemny wpływ składowych, zwiększenie wartości jednej składowej często powoduje zmniejszenie wartości dwóch pozostałych składowych, jednak wpływ ten był relatywnie słaby (tab. 2). Spośród składowych plonu najsłabsze efekty pośrednie stwierdzono dla liczby kłosów na 1m², suma tych efektów (przez liczbę ziaren w kłosie i MTZ) była niewielka dla obu badanych odmian i wynosiła dla odmiany Rasbet -0,009 a dla odm. Rastik -0,072. Większe efekty pośrednie na plon ziarna stwierdzono dla pozostałych dwóch składowych plonu, efekty te były większe dla odmiany Rastik w porównaniu z odmianą Rasbet, co świadczy o silniejszym wzajemnym ujemnym powiązaniu między składowymi u odmiany nieoplewionej, w porównaniu z odmianą oplewioną. Wpływ pośredni liczby ziaren w kłosie poprzez 2 pozostałe składowe wynosił łącznie -0,120 dla odmiany Rasbet natomiast -0,225 dla odmiany Rastik. Wpływ ten wynikał przede wszystkim z efektu pośredniego przez masę tysiąca ziaren, a w niewielkim stopniu z efektu pośredniego przez liczbę kłosów na 1m². Efekty pośrednie dla MTZ na plon ziarna przez pozostałe 2 składowe wynosiły -0,119 dla odmiany Rasbet, a -0,261 dla odmiany Rastik.

Efekty pośrednie dla MTZ wynikały przede wszystkim z ujemnego efektu przez liczbę ziaren w kłosie, natomiast wpływ pośredni MTZ przez liczbę kłosów na 1m^2 był niewielki. Powyższe wyniki wskazują na umiarkowane zależności między liczbą ziaren w kłosie i MTZ, liczba kłosów na 1m^2 jest w niewielkim stopniu zależna od pozostałych składowych. Wzajemny ujemny wpływ MTZ i liczby ziaren w kłosie jest większy u odmiany Rastik (nieoplewionej) niż u odmiany Rasbet (oplewionej). Efekty pośrednie składowych plonu na plon poprzez inne składowe były relatywnie niewielkie, nieco większy wpływ pośredni stwierdzony dla odmiany Rastik w porównaniu z odmianą Rasbet świadczy o silniejszych powiązaniach między składowymi u tej odmiany o ziarnie nieoplewionym.

DYSKUSJA

Na podstawie współczynników korelacji między składowymi plonu można stwierdzić, że jedynymi istotnymi współzależnościami między nimi była ujemna zależność między liczbą ziaren w kłosie a MTZ, wartości współczynników korelacji $-0,232$ i $-0,369$ odpowiednio dla odmiany Rasbet i Rastik. Słabe zależności między składowymi wskazują na niewielkie możliwości wzrostu składowych przy jednoczesnym zmniejszeniu jednej z nich. Słabe związki korelacyjne, między poszczególnymi składowymi wykazali w swoich badaniach Szafranski i Kulig (1998), Fotyma i Pietrasz-Kęsik (1993).

Otrzymane wyniki analizy ścieżek potwierdzają, że największy wpływ na zmienność plonu jęczmienia, niezależnie od genotypu, spośród składowych plonu ma liczba kłosów na jednostce powierzchni. Dotychczasowe badania nad jęczmieniem w różnych warunkach glebowo-klimatycznych nad różnymi genotypami jęczmienia potwierdzają tą tezę. Silny związek między liczbą kłosów na 1m^2 a plonem ziarna zaobserwowali na podstawie doświadczeń z jęczmieniem m.in. Baethgen i wsp. (1995), Zajac i wsp. (1997), Szafranski i Kulig (1998), Ostrowska, Kucińska (1999), Garcia del Moral i wsp. (2003). Badania Mazurka i wsp. (1980) oraz Fotymy i Pietrasz-Kęsik (1993) wykazały, że znaczenie liczby kłosów na jednostce powierzchni, w kształtowaniu plonu ziarna u jęczmienia, jest większe w porównaniu z innymi gatunkami zbóż.

Ocena wpływu poszczególnych składowych na plon w tych badaniach dokonywana była zazwyczaj na podstawie wartości współczynnika korelacji prostej, regresji prostej lub też na podstawie wartości współczynników ścieżek, czyli metody wielowymiarowej opartej na regresji wielokrotnej. W badaniach własnych uzyskano nieco większy wpływ liczby kłosów na 1m^2 na plon ziarna u odmiany Rastik w porównaniu z odmianą Rasbet (wartości współczynników ścieżek odpowiednio $0,909$ i $0,788$), co wskazuje na szczególną konieczność uzyskania dużej obsady kłosów dla wysokiego plonu u odmiany nieoplewionej (Rastik), zwłaszcza ze względu na wzajemne ujemne współzależności między pozostałymi dwoma składowymi plonu (MTZ i liczbą ziaren w kłosie) u tej odmiany nieoplewionej. Różnice w kształtowaniu plonu przez liczbę kłosów między genotypami zaobserwowali w swoich badaniach Garcia del Moral M. i Garcia del Moral (1995). Wpływ liczby kłosów na plon może się zmniejszać przy bardzo dużych obsadach na jednostce powierzchni (Zajac i in., 1997).

Wpływ pozostałych dwóch składowych na zmienność plonu jęczmienia w badaniach własnych był znacznie mniejszy, obydwie składowe tj. liczba ziaren w kłosie i masa tysiąca ziaren w podobnym stopniu oddziaływały na kształtowanie się plonu. Mniejszy wpływ tych dwóch składowych stwierdzono również w badaniach Mazurka i wsp. (1980), Fotymy i Pietrasz-Kęsik (1993), Zająca i wsp. (1997), Szafrąńskiego i Kuliga (1998). Cechy te zazwyczaj charakteryzują się mniejszą zmiennością i za wyjątkiem warunków, w których obsada kłosów na jednostce powierzchni jest bardzo wysoka (Zajac i in., 1997) ich wpływ jest względnie niewielki, choć istotny.

W badaniach własnych nie stwierdzono dużego zróżnicowania determinacji plonu przez MTZ i liczbę ziaren w kłosie u obu badanych odmian (oplewionej i nieoplewionej), jednak stwierdzono zróżnicowanie pośredniego wpływu tych dwóch składowych między tymi odmianami.

Pośredni wpływ składowych na plon był relatywnie niewielki, efekty pośrednie były znacznie mniejsze od efektów bezpośrednich. Niewielki pośredni wpływ poszczególnych składowych wynikał z słabych wzajemnych zależności między poszczególnymi składowymi. Porównując pośredni wpływ każdej ze składowych między badanymi odmianami można stwierdzić większe pośrednie efekty liczby ziaren w kłosie i MTZ u odmiany Rastik w porównaniu z odmianą Rasbet. Wartości efektów pośrednich dla tych składowych były ujemne dla obydwu odmian, przy czym u odmiany Rastik około 2-krotnie mniejsze niż u odmiany Rasbet.

WNIOSKI

1. Liczba kłosów na 1 m² jest składową plonu najsilniej wpływającą bezpośrednio na zmienność plonu obydwu odmian jęczmienia, pośredni wpływ tej składowej plonu poprzez pozostałe 2 składowe jest niewielki. Większy wpływ tej składowej plonu w jego determinacji stwierdzono u odmiany nieoplewionej (Rastik) w porównaniu z odmianą oplewioną (Rasbet).
2. Wpływ pośredni pozostałych 2 składowych na zmienność plonu tj. liczby ziaren w kłosie i MTZ jest podobny, ale znacznie mniejszy w porównaniu z wpływem liczby kłosów, efekty pośrednie tych składowych były relatywnie niewielkie. Nieco większy pośredni ujemny wpływ miała liczba ziaren w kłosie oraz MTZ odmiany Rastik w porównaniu z odmianą Rasbet, co potwierdza różnice w determinacji plonu między odmianami. Spowodowane mogło to być mniejszym zagęszczeniem łanu odmiany Rastik.

LITERATURA

- Akanda S., Mundt C. 1996. Path coefficient analysis of the effects of stripe rust and cultivar mixtures on yield and yield components of winter wheat. *Theor. Appl. Genet.*, 92 (6): 666 — 672
- Baethgen W., Christianson C., Lamothe A. 1995. Nitrogen fertilizer effects on growth, grain yield, and yield components of malting barley. *Field Crop Res.* 43 (2–3), s. 87 — 99.
- Balkema-Boomstra A. 1992. The relation between grain yield and some related traits of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) and their usefulness in a breeding program. *Euphytica* 65 (2): 99 — 106.

- Fotyma E., Pietrasz-Kęsik G. 1993. Struktura plonu zbóż jarych zależnie od nawożenia azotem. *Frag. Agronom.*, 4 (40): 103 — 104.
- Garcia del Moral L., Garcia del Moral B., Molina-Cano J., Slafer G. 2003. Yield stability and development two- and six-rowed winter barleys under Mediterranean conditions. *Field Crop Res.* 81: 109 — 119.
- Garcia del Moral M., Garcia del Moral L. 1995. Tiller production and survival in relation to grain yield in winter and spring barley. *Field Crop Res.*, 44 (2-3): 85 — 93.
- Klepper B., Rickman R.W., Waldman S., Chevalier P. 1998. The physiological life cycle of wheat: Its use in breeding and crop management. *Euphytica* 100: 341 — 347.
- Mądry W., Pietrzykowski R., Rozbicki J. 1995. Analiza współczynników ścieżek dla cech rozwijających się w trakcie ontogenezy oraz plonu ziarna pszenżyta ozimego. *Rocz. Nauk Rol., ser. A*, 111 (3-4): 9 — 22
- Mazurek J., Mazurek J., Maj L., Wilczyńska-Kostrzewa W. 1980: Zależność między strukturą plonu a produktywnością zbóż jarych. *Pam. Puławski*, 72: 77 — 89.
- Ostrowska D., Kucińska K. 1999. Wpływ wzrastających dawek azotu na plon i jakość ziarna jęczmienia jarego. *Mat. konf. Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania jakości płodów rolnych*. SGGW Warszawa: 55 — 59.
- Szafranski W., Kulig B. 1998. Metoda współczynników ścieżek w ocenie współzależności cech determinujących plon ziarna jęczmienia jarego. *Zesz. Nauk. AR Kraków ser. Rolnictwo*, 35: 93 — 101.
- Wright S. 1921. Correlation and causation. *J. Agric. Research* 20: 557 — 585.
- Zajac T., Krawontka J., Szmigiel A. 1997. Oszacowanie determinacji plonu ziarna jęczmienia jarego na podstawie predykcji regresyjnej i zmienności elementów struktury plonu. *Zesz. Nauk. AR Kraków ser. Rolnictwo* 34: 141 — 151.