

MARZENA LISOWSKAKatedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Podlaska, Siedlce

Współzależności pomiędzy cechami plonotwórczymi wybranych form jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.)

Correlations between yield related characters of some forms of spring barley (*Hordeum vulgare* L.)

Obiektem badań były trzy formy jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.): sześciorzędowy mutant dwurzędowej odmiany Damazy, otrzymany w wyniku napromienienia powietrznie suchych nasion neutronami termicznymi, sześciorzędowa odmiana Klimek oraz dwurzędowa odmiana Rataj. Wyznaczono równania regresji wielokrotnej dla plonu ziarna z rośliny. Metodą Wrighta przeprowadzono analizę ścieżkową wykrytych zależności. Dla wyraźniejszego zobrazowania wpływu różnych cech na cechę wynikową, pogrupowano je na vegetatywne i generatywne, uwzględniając przy tym kolejność ich ujawniania się w trakcie ontogenezy. Na zmienność plonu ziarna z roślin badanych biotypów, z cech vegetatywnych, w największym stopniu wpływało rozkrzewienie produktywne. U roślin zmutowanych cechę tę determinowało ponadto rozkrzewienie ogólne; u odmiany Rataj — grubość drugiego międzywęźla oraz masa słomy. Z cech generatywnych, w przypadku wszystkich badanych form, najsilniej na plon ziarna z rośliny wpływała liczba ziaren z rośliny oraz masa tysiąca ziaren.

Słowa kluczowe: analiza ścieżek, cechy generatywne, cechy vegetatywne, jęczmień jary, korelacja, plon ziarna z rośliny, regresja

Three forms of spring barley (*Hordeum vulgare* L.): the six-rowed mutant of two-rowed Damazy variety, which was obtained after irradiating dry seeds by thermal neutrons, the six-rowed Klimek variety and the two-rowed Rataj variety were used as an experimental material. The equations of multiple regressions for grain yield per plant were calculated. The path analyses of the revealed correlations were carried out using Wright's method. In order to state more precisely the effect of different features on the main character, the features were grouped as vegetative and generative ones, taking into account the order of their appearance during the ontogenesis. Of the vegetative characters, productive tillering most affected the grain yield variation. In the mutant, the character was also determined by total tillering and in the Rataj variety by thickness of the second internode and straw weight. Of the generative characters, number of grains per plant and thousand grain weight remarkably influenced grain yield in all tested biotypes.

Key words: correlation, generative traits, grain yield per plant, vegetative traits, spring barley, regression, path analysis

WSTĘP

Potrzeba ciągłego poszukiwania nowych form jęczmienia oraz oceny ich wartości użytkowych stanowi nieodłączny element praktycznej hodowli jęczmienia. Jednym ze sposobów osiągnięcia tego celu jest znajomość zależności zachodzących pomiędzy cechami determinującymi wielkość i jakość plonu. Kolekcje robocze, wykorzystywane bezpośrednio w programach hodowlanych, są uzupełniane nowymi, cennymi formami (Kudła i in., 1998). Formy te powinny charakteryzować się poszerzonym zakresem zmienności cech. Uzyskuje się je między innymi w wyniku mutagenezy. Jednakże niezbędne jest przebadanie pozyskanych form pod względem wartości różnych cech w warunkach klimatyczno-glebowych naszego kraju, gdyż zakres produktywności genotypu jest determinowany w znacznym stopniu przez warunki środowiska (Noworolnik, 1990).

Celem badań było określenie zależności między cechami struktury plonu oraz ich wpływu na plon ziarna z rośliny u badanych form jęczmienia jarego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły trzy formy jęczmienia jarego: sześciorzędowy mutant dwurzędowej odmiany Damazy, sześciorzędowa odmiana Klimek oraz dwurzędowa odmiana Rataj. Doświadczenie prowadzono w latach 2000–2002 na poletkach doświadczalnych o powierzchni 10 m² metodą losowanych bloków, w sześciu powtórzeniach. Z każdego poletka doświadczalnego zebrano po 30 roślin. Powietrznie suchy materiał poddano analizie biometrycznej. Analizowano następujące cechy wegetatywne: wysokość źdźbła, rozkrzewienie ogólne, rozkrzewienie produktywne, liczbę międzywęźli, długość pierwszego, drugiego i trzeciego międzywęźla, długość dokłosa, grubość pierwszego, drugiego i trzeciego międzywęźla, grubość dokłosa, masę słomy oraz następujące cechy generatywne: długość kłosa głównego, liczbę ziaren z kłosa głównego, plon ziarna z kłosa głównego, liczbę ziaren z rośliny, plon ziarna z rośliny, wysokość, grubość i szerokość ziarniaka oraz masę tysiąca ziaren. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie. Wyznaczono równania regresji wielokrotnej metodą krokową postępującą dla plonu ziarna z rośliny jako zmiennej zależnej oraz pozostałych cech wpływających na plon ziarna jako zmiennych niezależnych. Procent wyjaśnionej zmienności parametrów zależnych przez układ zmiennych niezależnych oceniono za pomocą współczynnika determinacji wielokrotnej R² (Trętowski, Wójcik, 1991). Metodą Wrighta przeprowadzono analizę ścieżkową wykrytych zależności (Idżkowska, Gołaszewski, 1993).

WYNIKI I DYSKUSJA

Plon ziarna z rośliny (y) odmiany Klimek w 59% determinowany jest przez układ trzech zmiennych będących wegetatywnymi charakterystykami łanu: rozkrzewienie produktywne (x₁), długość dokłosa (x₂) i wysokość źdźbła (x₃). Zależność tę opisuje równanie regresji wielokrotnej:

$$y = -1,98 + 0,95x_1 + 0,085x_2 + 0,023x_3 (\pm 1,34)^*$$

$(\pm 0,42)^* (\pm 0,043) (\pm 0,015) (\pm 0,0048)$

* — błąd standardowy równania i jego parametrów.

Analiza wykrytych zależności metodą ścieżek Wrighta (tab. 1) wykazała, iż największy wpływ bezpośredni na plon ziarna z rośliny wywiera rozkrzewienie produktywne, którego współczynnik wpływu bezpośredniego (w.b.) wyniósł 0,70** przy współczynniku korelacji fenotypowej $r = 0,70^{**}$. Cecha ta nie jest skorelowana z pozostałymi cechami ujętymi w równaniu. O silnym wpływie rozkrzewienia produktywnego na plon ziarna ($r = 0,71^{**}$) donoszą Biliński i wsp. (1997), Kudła i Kudła (1995) oraz Czembor i wsp. (1985).

Tabela 1

Efekty bezpośrednie (pogrubione) i pośrednie wpływu cech vegetatywnych na plon ziarna z rośliny u sześciorzędowej odmiany Klimek
Direct (in bold) and indirect effects of the influence of vegetative traits on grain yield per plant for the multi-row Klimek cultivar

Zmienne niezależne Independent variables	Rozkrzewienie produktywne Productive tillering	Długość dokłosa Shank length	Wysokość żdźbła Stalk height	Współczynniki korelacji fenotypowej Indices of phenotypic correlation	Ilość informacji wniesiona do układu (%) Information introduced into the system (%)
Rozkrzewienie produktywne (x1) Productive tillering (x1)	0,70**	-0,01	0,01	0,70**	54
Długość dokłosa (x2) Shank length (x2)	-0,04	0,18**	0,00	0,14**	3
Wysokość żdźbła (x3) Stalk height (x3)	0,03	0,01	0,16**	0,19**	2

n = 540

** Istotność przy $p \leq 0,01$; Significance at $p \leq 0,01$

Plon ziarna z rośliny (y) dwurzędowej odmiany Rataj determinowany jest w 60% zmiennością trzech cech vegetatywnych: rozkrzewienia produktywnego (x_1), grubości drugiego międzywęźla (x_2) i masy słomy (x_3). Zależność tę opisuje równanie:

$$y = -1,02 + 0,65x_1 + 4,64x_2 + 0,15x_3 (\pm 0,87)^*$$

$(\pm 0,30)^* (\pm 0,042) (\pm 0,98) (\pm 0,3)$

* — błąd standardowy równania i jego parametrów.

Największy wpływ bezpośredni na plon ziarna z rośliny ma rozkrzewienie produktywne, którego współczynnik wpływu bezpośredniego (w.b.) wyniósł 0,61** przy współczynniku korelacji fenotypowej $r = 0,75^{**}$ (tab. 2). Zwraca uwagę duża rozbieżność między korelacją fenotypową ($r = 0,63^{**}$) określającą wpływ masy słomy z rośliny na plon ziarna z rośliny a współczynnikiem wpływu bezpośredniego dla tej cechy wynoszącym 0,18**. Rozkrzewienie produktywne jako cecha, która w rozwoju ontogenetycznym pojawia się wcześniej niż masa słomy, wcześniej wnosi część informacji o masie słomy i jej wpływie na plon ziarna z rośliny. Stąd efektywność pośrednia tej cechy wyniosła 0,42.

Tabela 2

Efekty bezpośrednie (pogrubione) i pośrednie wpływu cech wegetatywnych na plon ziarna z rośliny u dwurzędowej odmiany Rataj

Direct (in bold) and indirect effects of the influence of vegetative traits on grain yield per plant for the two-row Rataj cultivar

Zmienne niezależne Independent variables	Rozkrzewienie produktywne Productive tillering	Grubość II międzywęźla Thickness II internode	Masa słomy Straw weight	Współczynnik korelacji fenotypowej Indices of phenotypic correlation	Ilość informacji wniesiona do układu Information introduced into the system (%)
Rozkrzewienie produktywne(x ₁) Productive tillering (x ₁)	0,61**	0,02	0,12	0,75**	56
Grubość II międzywęźla (x ₂) Thickness II internode (x ₂)	0,10	0,14**	0,05	0,29**	3
Masa słomy (x ₃) Straw weight (x ₃)	0,42	0,04	0,18**	0,63**	2

n = 540

** Istotność przy p≤0,01; Significance at p≤0.01

Zmienność plonu ziarna (y) u roślin wielorzędowego mutantu jęczmienia w 38% była determinowana przez dwie cechy: rozkrzewienie produktywne (x₁) i rozkrzewienie ogólne (x₂). Zależność tę opisuje równanie regresji wielokrotnej:

$$y = 1,63 + 0,97x_1 - 0,21x_2 (\pm 1,45)^*$$

$$(\pm 0,17)^* (\pm 0,056) (\pm 0,035)$$

* — błąd standardowy równania i jego parametrów.

Tabela 3

Efekty bezpośrednie (pogrubione) i pośrednie wpływu cech wegetatywnych na plon ziarna z rośliny u sześciorzędowego mutantu jęczmienia jarego

Direct (in bold) and indirect effects of the influence of vegetative traits on grain yield per plant for the multi-row mutant of spring barley

Zmienne niezależne Independent variables	Rozkrzewienie produktywne Productive tillering	Rozkrzewienie ogólne Total tillering	Współczynnik korelacji fenotypowej Indices of phenotypic correlation	Ilość informacji wniesiona do układu Number of information introduced into the system (%)
Rozkrzewienie produktywne(x ₁) Productive tillering (x ₁)	0,74**	-0,15	0,59**	32
Rozkrzewienie ogólne (x ₂) Total tillering (x ₂)	0,43	-0,26**	0,17*	6

n = 540

** Istotność przy p≤0,01; Significance at p≤0.01

Wpływ bezpośredni rozkrzewienia ogólnego na plon ziarna z rośliny w przypadku zmutowanych roślin mutantu jęczmienia jest ujemny i wynosi -0,26**. Obecność tego parametru w równaniu jest spowodowana wpływem pośrednim tej cechy poprzez jej wpływ na rozkrzewienie produktywne. Wpływ bezpośredni rozkrzewienia produktywne

na plon ziarna wyraża się współczynnikiem 0,74** przy współczynniku korelacji fenotypowej o wartości 0,59** (tab. 3).

Z cech generatywnych, istotny wpływ na plon ziarna z rośliny (y) u mutantu odmiany Damazy wywierają liczba ziarn z rośliny (x_1) i masa tysiąca ziaren (x_2). Zmienność tych cech wyjaśnia zmienność plonu ziarna w 98%, w tym 89% przypada na zmienność wyjaśnianą przez liczbę ziarn z rośliny. Układ tych zmiennych opisany jest równaniem regresji wielokrotnej w postaci:

$$y = -3,52 + 0,036x_1 + 0,099x_2 (\pm 0,27)^* (\pm 0,17)^* (\pm 0,0002) (\pm 0,002)$$

* — błąd standardowy równania i jego parametrów.

Analiza szczegółowa wykrytych zależności pozwala stwierdzić, iż wpływ bezpośredni badanych cech jest zbliżony do współczynników korelacji fenotypowej (tab. 4).

Tabela 4

Efekty bezpośrednie (pogrubione) i pośrednie wpływu cech generatywnych na plon ziarna z rośliny u badanych form jęczmienia jarego
Direct (in bold) and indirect effects of the influence of generative traits on grain yield per plant for the investigated forms of spring barley

Zmienne niezależne Independent variables	Liczba ziaren z rośliny Grain number per plant	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	Współczynnik korelacji fenotypowej Indices of phenotypic correlation	Ilość informacji wniesiona do układu Number of information introduced into the system (%)
mutant				
Liczba ziaren z rośliny (x_1) Grain number per plant (x_1)	0,95**	0,00	0,95**	89
Masa 1000 ziaren (x_2) 1000 grain weight (x_2)	-0,02	0,28**	0,27**	9
Klimek				
Liczba ziaren z rośliny (x_1) Grain number per plant (x_1)	0,97**	-0,03	0,94**	89
Masa 1000 ziaren (x_2) 1000 grain weight (x_2)	-0,09	0,30**	0,20**	9
Rataj				
Liczba ziaren z rośliny (x_1) Grain number per plant (x_1)	0,94**	-0,01	0,93**	86
Masa 1000 ziaren (x_2) 1000 grain weight (x_2)	-0,04	0,34**	0,30**	11

n = 540

** Istotność przy $p \leq 0,01$; Significance at $p \leq 0,01$

Uzyskane przez Kudła i Kudła (1995) współczynniki korelacji fenotypowej między plonem ziarna z rośliny a masą tysiąca ziarn miały wyższe wartości (od $r = 0,57^{**}$ do $r = 0,68^{**}$). Badania Węgrzyna i wsp. (2002) nad pszenicą ozimą wykazały również istotną korelację, zarówno fenotypową, jak i genotypową, dla plonu i masy tysiąca ziaren. Woźniak (2001) donosi o ujemnych ($r = -0,52^*$) oraz nieistotnych współczynnikach korelacji ($r = 0,01$) między plonem ziarna a masą tysiąca ziarn jęczmienia jarego w różnych

plodozmianach. Rybiński i Adamska (2004) uzyskali w swoich badaniach nad mutantami jęczmienia jarego również istotne ujemne współczynniki korelacji między tymi cechami.

Jak wynika z tabeli 4, zmienność plonu ziarna z rośliny (y) u pozostałych badanych form jęczmienia jarego opisana jest również przez liczbę ziarn z rośliny (x_1) i masę tysiąca ziarn (x_2). Współczynnik regresji wielokrotnej dla tego układu zmiennych wyniósł u odmiany Rataj 97%, natomiast u odmiany Klimek 98%. Wyznaczone układy zależności opisane są równaniami:

dla odmiany Rataj:

$$y = -2,9 + 0,047x_1 + 0,061x_2, (\pm 0,22)^* \\ (\pm 0,068)^* (\pm 0,0004) (\pm 0,001)$$

dla odmiany Klimek:

$$y = -3,68 + 0,039x_1 + 0,094x_2, (\pm 0,32)^* \\ (\pm 0,11)^* (\pm 0,0003) (\pm 0,002)$$

* — błąd standardowy równania i jego parametrów.

Cechy uwzględnione w równaniach w przypadku obu wymienionych odmian są w niewielkim stopniu skorelowane, a współczynniki wpływu bezpośredniego są bardzo zbliżone do współczynników korelacji fenotypowej.

Badania nad zależnościami między generatywnymi charakterystykami łanu jęczmienia wskazują na istnienie wyraźnej zależności plonu ziarna z rośliny od liczby ziaren z rośliny i masy tysiąca ziaren, przy czym udział masy tysiąca ziarn w kształtowaniu plonu ziarna był najmniejszy. Podobne zależności uzyskał Rachoń (2001) w badaniach nad pszenicą twardą, Małecka (2003) prowadząc badania nad pszenicą ozimą oraz Wyszyński i Fiedorowicz (2005) w badaniach nad żytem ozimym. Badania Szemplińskiego (2003) wykazały natomiast, że wielkość plonu ziarna jęczmienia jarego w największym stopniu zależała od masy tysiąca ziaren, liczby kłosów i liczby ziaren w kłosie. Razem cechy te determinowały 54% zmienności plonu. Węgrzyn i Bichoński (2000) wykazali również dodatnią i istotną korelację między plonem ziarna a masą tysiąca ziaren. Podobne zależności uzyskali Bombik i wsp. (2000) w badaniach nad pszenżytem. Najsilniejszy wpływ masy tysiąca ziaren na plon odnotowali również Ługowska i wsp. (2004) prowadząc badania nad pszenicą ozimą.

WNIOSKI

1. Cechą wegetatywną, która wpływała w największym stopniu na zmienność plonu ziarna z roślin badanych form jęczmienia jarego było rozkrzewienie produktywne. U mutantu tę cechę determinowało ponadto rozkrzewienie ogólne; u odmiany Klimek — długość dokłosa i wysokość źdźbła; u odmiany Rataj — grubość drugiego międzywęźla oraz masa słomy.
2. Spośród badanych cech generatywnych, najsilniej na plon ziarna z rośliny wpływały liczba ziaren z rośliny oraz masa tysiąca ziaren.

LITERATURA

- Biliński Z., Kudła M., Gacek E. 1997. Przydatność wybranych genotypów do hodowli odmian jęczmienia, odpornych na plamistość siatkową (*Pyrenophora teres* Drechsl.). Biul. IHAR 201: 237 — 245.
- Bombik A., Stankiewicz C., Starczewski J. 2000. Współzależność między niektórymi cechami ilościowymi warunkującymi plon wybranych odmian pszenżyta. Biul. IHAR 216: 131 — 136.

- Czembor H. J., Kudła M. M., Kudła M. 1985. Przydatność mutantów krótkosłomych w hodowli jęczmienia. *Hod. Rośl. Aklim.* 29, 1: 39 — 45.
- Idźkowska M., Gołaszewski J. 1993. Analiza współczynników ścieżek w ocenie materiałów hodowlanych. *Biuletyn Informacyjny ATR w Olsztynie* 23: 159 — 164.
- Kudła M. M., Kudła M. 1995. Genetyczne możliwości wzrostu plonowania jęczmienia jarego. *Biul. IHAR* 193: 35 — 43.
- Kudła M., Biliński Z. R., Kudła M. M. 1998. Ocena wybranych genotypów z kolekcji odmian jęczmienia jarego. *Biul. IHAR* 207: 15 — 23.
- Ługowska B., Banaszak Z., Wójcik W., Grzmil W. 2004. Zależność plonu ziarna pszenicy ozimej o skróconym źdźble od jego składowych. *Biul. IHAR* 231: 5 — 10.
- Małecka I. 2003. Studia nad plonowaniem pszenicy ozimej w zależności od warunków pogodowych i niektórych czynników agrotechnicznych. *Wyd. AR Poznań. Z.* 335.
- Noworolnik K. 1990. Plonowanie odmian jęczmienia jarego na różnych dawkach azotu. *Biul. IHAR* 176: 37 — 41.
- Rachoń L. 2001. Studia nad plonowaniem i jakością pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Wyd. AR Lublin. Z.* 248.
- Rybiński W., Adamska E. 2004. Analiza zmienności genetycznej cech ilościowych u mutantów nagoziarnistych jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). *Biul. IHAR* 231: 297 — 305.
- Szempliński W., 2003. Siedliskowe i agrotechniczne uwarunkowania produkcji ziarna jęczmienia jarego na pasze w północno-wschodniej Polsce. *Wyd. UWM. Olsztyn. Z.* 71.
- Trętowski J., Wójcik A. L. 1991. *Metodyka doświadczeń rolniczych.* WSRP, Siedlce.
- Węgrzyn S., Bichoński A. 2000. Współzależności pomiędzy wybranymi cechami jakościowymi jęczmienia. *Biul. IHAR* 216: 165 — 171.
- Węgrzyn S., Wojas T., Śmiałowski T. 2002. Uwarunkowania genetyczne oraz współzależności plonu i wybranych cech użytkowych pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.). *Biul. IHAR* 223/224: 77 — 85.
- Woźniak A., 2001. Studia nad plonowaniem, zachwaszczeniem i zdrowotnością pszenżyta jarego, pszenicy jarej oraz jęczmienia jarego w płodozmianach i krótkotrwałej monokulturze na glebie rędzinowej środkowowschodniej Lubelszczyzny. *Wyd. AR Lublin. Z.* 247.
- Wyszyński Z., Fiedorowicz A. 2005. Zmienność plonowania żyta ozimego na plantacjach produkcyjnych. *Fragm. Agron. Puławy* 1 (85): 701 — 710.