

ANDRZEJ BICHONSKI

Zakład Roślin Zbożowych

Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Kraków

Zmienność i współzależność wybranych cech technologicznych jęczmienia jarego browarnego

Variability of some qualitative characters of spring barley traits

W latach 1999–2001 oceniono wartość browarną 353 odmian i rodów hodowli krajowej. Oceniane ziarno pochodziło z doświadczeń przedwstępnych i wstępnych w każdym roku z trzech miejscowości. Oszacowano współczynniki genetycznego uwarunkowania dla: masy 1000 ziaren, celności, zawartości białka ogółem, a po wysłodowaniu ziarna dla: białka ogółem w słodzie, białka rozpuszczalnego, liczby Kolbacha, ekstraktywności, lepkości brzezki, siły diastatycznej i końcowego stopnia odfermentowania. Wpływ czynników środowiskowych był najwyższy dla procentowej zawartości białka i lepkości brzezki. Odziedziczalność cech była wysoka dla masy 1000 ziaren, siły diastatycznej i zawartości białka rozpuszczalnego. Określono korzystne i niekorzystne z punktu widzenia hodowlanego korelacje pomiędzy analizowanymi cechami użytkowymi. Otrzymane wyniki badań wskazują na istotny wpływ genotypu i środowiska na wartość browarną jęczmienia jarego.

Słowa kluczowe: jęczmień browarny, odziedziczalność, wartość browarna

The malting quality of 353 home-bred cultivars and lines of spring barley was evaluated in the years 1999–2001. Barley grain came from the pre-preliminary and preliminary experiments performed each year at three locations. Coefficients of heritability were determined for 1000 grains, grain filling, total grain protein, and those, for percentage of total and soluble protein of the malt, Kolbach index, extractability, wort viscosity, diastatic power and final fermentation degree were determined after micromalting. The influence of environment was high for malt protein and wort viscosity. The heritability of the characters was high for 1000 grains weight, diastatic power and soluble protein of malt. Advantageous or disadvantageous correlations between the traits, as important from a practical point of view, were determined. The obtained results indicate a significant influence of genotype and environment for breeding quality of spring barley.

Key words: brewing quality, heritability, spring barley

WSTĘP

Cechy determinujące wartość technologiczną jęczmienia browarnego stanowią główny cel zainteresowania hodowców, którzy poszukują odpowiednich kryteriów podczas selekcji prowadzonej w kierunku uzyskania wartościowych genotypów. Jak podaje Pochaba i Węgrzyn (2001) poznanie zmienności cech i ich współzależności prowadzi do

wyboru właściwych metod selekcji i wielkości selekcjonowanej populacji. Właśnie w hodowli jęczmienia browarnego decydującą niemal rolę odgrywa znajomość materiału genetycznego, a więc komponentów wykorzystywanych w programach krzyżowań. Pomimo że zagadnieniem tym poświęcono już wcześniej uwagę, to jednak pojawiające się stale nowe genotypy, oraz zmieniające się wymagania przemysłu w stosunku do wykorzystywanego surowca, związane ze zmianami technologii w produkcji piwa, powodują wzrost zainteresowania badaniami w tym zakresie.

Zatem celem tego opracowania było określenie współzależności genotypowych i fenotypowych zachodzących pomiędzy cechami jakościowymi jęczmienia i oznaczenie ich uwarunkowań genetycznych.

MATERIAŁ I METODY

Analizie poddano 353 odmiany i rody jęczmienia jarego browarnego badane w ramach doświadczeń przedwstępnych i wstępnych w latach 1999–2001. Doświadczenia rosły w czterech miejscowościach, tj.: Polanowice, Bąków, Strzelce i Modzurów. Wartość browarną określono w Zakładzie Roślin Zbożowych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie metodami standardowymi (Bichoński i Burek, 2000) zgodnie z wymaganiami COBORU stosowanymi przed zarejestrowaniem odmiany. Oceniono takie cechy jęczmienia jak: masa 1000 ziaren, celność ziarna, białko słodu, białko rozpuszczalne, liczba Kolbacha, kruchość słodu, ekstrakt mąki, lepkość brzezki, siła diastatyczna słodu oraz stopień jej końcowego odfermentowania. Wszystkie 10 cech poddano ocenie statystycznej łącznie za trzy lata. Za pomocą przeprowadzonej analizy wariancji (Węgrzyn i Bichoński, 2000) obliczono współczynniki zmienności (CV%), korelacje fenotypowe (rP) i genotypowe (rG) z określeniem ich wartości krytycznych, oraz oszacowano współczynniki genetycznego uwarunkowania cech (H).

Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji obliczono współczynniki genetycznego uwarunkowania dla badanych cech (tab. 1).

Tabela 1

Współczynniki zmienności (CV) i współczynniki genetycznego uwarunkowania (H) dla badanych cech
Coefficients of variability (CV) and coefficients of heritability (H) for malting quality traits

Cechy Traits	Średnia Mean	CV (%)	H	S.E.
Masa 1000 ziaren — 1000 grains weight	39,10	8,4	0,9118	0,0805
Celność ziarna — Grain filling	87,38	12,1	0,7493	0,0814
Białko słodu — Malt protein	10,91	3,6	0,5386	0,0841
Białko rozpuszczalne — Malt soluble protein	5,33	5,8	0,8267	0,0809
Liczba Kolbacha — Kolbach index	49,93	6,8	0,6947	0,0820
Kruchość słodu — Malt friability	81,75	1,7	0,8066	0,0810
Ekstrakt mąki — Fine grid extract	85,58	9,9	0,8291	0,0808
Lepkość brzezki — Wort viscosity	1,47	3,4	0,4438	0,0857
Siła diastatyczna — Diastatic power	304,08	24,4	0,8216	0,0809
Odfermentowanie — Fermentability	80,80	3,4	0,8027	0,0810

Współczynniki genetycznego uwarunkowania (H) i ich błędy standardowe (S.E.) obliczono wg Beckera (1984)
 Coefficients heritability (H) and standard errors (S.E.) calculated according to Becker (1984)

Najwyższa wartość wystąpiła dla masy 1000 ziaren, gdzie omawiany współczynnik $H = 0,9118$, a oszacowany współczynnik zmienności dla tej cechy odpowiednio $CV\% = 8,4$. Zbieżne wyniki otrzymali wcześniej Węgrzyn i Bichoński (2000). Większe zróżnicowanie zaobserwowano dla celności ziarna, gdzie omawiany współczynnik oszacowano na poziomie 12,1%, a współczynnik genetycznego uwarunkowania ma wartość $H = 0,7493$. Podobne wartości przedstawił Winiarski (1998). Stosunkowo niską wartością współczynnika genetycznego uwarunkowania, bo na poziomie 0,5386 charakteryzowała się zawartość białka w słodzie. Znaczny udział zmienności środowiskowej w dziedziczeniu się zawartości białka zaobserwowali wcześniej Węgrzyn i wsp. (1997), Molina-Cano (1987 i 2000), Węgrzyn i Bichoński (2001). Zbliżoną wartość współczynnika zmienności, jak dla procentowej zawartości białka oszacowano dla liczby Kolbacha. Wysokie wartości współczynnika genetycznego uwarunkowania uzyskali Węgrzyn i wsp. (1977) i Winiarski (1998) i zaobserwowali wysoki udział czynników genetycznych w uwarunkowaniu tej cechy przy małym udziale czynników środowiskowych. Najniższą zmiennością charakteryzowała się ekstraktywność słodu, gdzie obliczony współczynnik CV był na poziomie 1,7% przy dość wysokiej wartości (0,8066) współczynnika genetycznego uwarunkowania dla tej cechy. Podobne wyniki uzyskali Vargas i wsp. (1983), Węgrzyn i Bichoński (2001). Wysokie wartości współczynnika zmienności zaobserwowano dla kruchości słodu, bo $CV = 9,9\%$ w analizowanym trzyletnim okresie badań. Również dość wysoką wartość zaobserwowano dla współczynnika genetycznego uwarunkowania, bo na poziomie 0,8291. Podobnie jak i u innych autorów Molina-Cano (1987), Garcera i wsp. (1991), Węgrzyn i Bichoński (2000) uzyskane wartości wskazują na duże uwarunkowanie tej cechy genotypem. Najniższą, spośród badanych cech odziedziczalność zaobserwowano dla lepkości brzezki z wartością wynoszącą $H = 0,4438$. Podobną zależność otrzymali również Węgrzyn i Bichoński (2000, 2001), Bichoński i Burek (2000). Według Śmiałowskiego i Węgrzyna (2001) w takich przypadkach prace hodowlane w zakresie poprawiania cech osiągnęły wysoki pułap wyczerpując różnorodność źródeł genetycznych i poprawy cech należy szukać w innych elementach. Aktywność enzymów amylolitycznych sładów wyróżniała się najwyższą zmiennością na poziomie $CV\% = 24,4$, a wartość dla $H = 0,8216$ wskazuje na wysoki stopień genetycznego uwarunkowania dla siły diastatycznej słodu (Węgrzyn i in., 1977; Węgrzyn i Bichoński, 2000). Również końcowy stopień odfermentowania brzezki przybrał wysoką wartość w badanym zestawie $H = 0,8027$. Nieco niższe jego wartości na innym materiale genetycznym przedstawili Węgrzyn i Bichoński (2000) $H = 0,5085$ – $0,6002$ i Winiarski (1998) $0,51$ – $0,69$.

W tabeli 2 przedstawiono współczynniki korelacji fenotypowych (rP) i współczynniki korelacji genotypowych (rG). O znaczeniu i potrzebie przeprowadzania takich badań w hodowli roślin donosi Węgrzyn (1983). Arends i wsp. (1995) informują, że korelacje typu genetycznego można wykorzystać w hodowli, ograniczając selekcję do cech pociągających za sobą pożądany poziom innych właściwości ważnych dla technologii. O braku interakcji środowiska i genotypu mówimy wtedy, gdy wartości korelacji fenotypowych i genotypowych charakteryzują się istotnymi wartościami o tym samym kierunku dodatnim lub ujemnym. Wysoce istotne dodatnie współczynniki korelacji wystąpiły pomiędzy: masą 1000 ziaren i jej celnością, białkiem słodu i białkiem

rozpuszczalnym, białkiem rozpuszczalnym a liczbą Kolbacha, liczbą Kolbacha z kruchością słodu, ekstraktem z mąki i kruchością słodu z ekstraktem z mąki. Ujemne wartości wystąpiły pomiędzy uzyskanym ekstraktem z mąki a masą 1000 ziaren i zawartością białka w słodzie.

Tabela 2

Współczynniki korelacji fenotypowej rP i genotypowej rG pomiędzy badanymi cechami
Correlation coefficients rP and rG for the analyzed traits

Cechy Traits	Współczynniki korelacji Correlation coefficients	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	rP	0,49**	0,16*	-0,13*	-0,22**	-0,13*	-0,45**	0,21	-0,06**	-0,27**
	rG	1,29**	0,55*	-0,36*	-0,65**	-0,49*	-1,34**	0,53	-0,12**	-0,81**
Celność ziarna Grain filling	rP		0,11	0,05	-0,02	0,22**	-0,12*	0,20	0,16	-0,08
	rG		0,60	0,22	-0,13	0,43**	-0,49*	0,51	0,58	-0,29
Białko słodu Malt protein	rP			0,43**	-0,17**	-0,25**	-0,26**	0,02	0,13	-0,12*
	rG			1,05**	0,05**	-0,38**	-0,41**	0,15	0,14	-0,31*
Białko rozpuszczalne Malt soluble protein	rP				0,76**	0,31**	0,25*	-0,08	0,25	0,00
	rG				1,94**	0,95**	0,82*	-0,29	0,67	0,01
Liczba Kolbacha Kolbach index	rP					0,46**	0,44**	-0,12	0,17	0,08
	rG					1,19**	1,13**	-0,50	0,60	0,21
Kruchość słodu Malt friability	rP						0,34**	0,14	0,19	0,06
	rG						0,84**	0,31	0,69	0,12
Ekstrakt mąki Fine grid extract	rP							-0,27	-0,01	0,21**
	rG							-0,78	0,02	0,51**
Lepkość brzezki Wort viscosity	rP								0,01	-0,20**
	rG								0,14	-0,39**
Siła diastatyczna Diastatic power	rP									0,33**
	rG									0,87**
Odfermentowanie Fermentability	rP									
	rG									

*,** Istotne odpowiednio dla poziomu $P = 0,05$ lub $P = 0,01$

*,**Significant at $P = 0.05$ and $P = 0.01$ respectively

Współczynniki korelacji genotypowej (rG) i fenotypowej (rP) obliczono wg Hallauera i Mirandy (1988).

The coefficients calculated according to Hallauer and Miranda (1988)

Ujemne korelacje genotypowe występują pomiędzy masą 1000 ziaren a liczbą Kolbacha, oraz kruchością słodu i lepkością brzezki. Zatem przeprowadzana selekcja w kierunku zwiększenia masy ziarniaków jęczmienia może się przyczynić do obniżenia stosunku białka rozpuszczalnego do białka ogólnego i ułatwić filtrację uzyskanej brzezki. Jednak należy się liczyć z możliwością jednoczesnego pogorszenia właściwości przemiałowych słodu. Trudnym zadaniem do wykonania może okazać się przełamanie istotnie ujemnych istniejących współzależności zachodzących pomiędzy poziomem rozluźnienia skrobiowego a zdolnością brzezki do jej fermentacji. Należy również dodać, że lepkość brzezki, okazała się cechą najbardziej podatną na warunki środowiskowe, w przeciwieństwie do ostatecznego stopnia jej odfermentowania. Na podstawie analizy korelacji genotypowych można przypuszczać, że dążenie do uzyskania jak najwyższej masy ziarniaków jęczmienia browarnego może prowadzić do zmniejszenia efektywności

procesów fermentacyjnych zachodzących w brzezce pod wpływem drożdży. Jednak związek ten nie jest tak wysoki, aby nie można było uzyskać form o odpowiednio wysokim stopniu odfermentowania brzezki i jednocześnie wysokiej masie 1000 ziaren.

Analiza współczynników korelacji genotypowych i fenotypowych wykazała istotny związek zachodzący pomiędzy stopniem rozluźnienia białkowego słodu, wydajnością uzyskiwanego z tego słodu brzezki produkcyjnej, a wielkością przemian modyfikacyjnych jęczmienia zachodzących podczas jego słodowania. Wykorzystanie tych zależności w celu podniesienia ekstraktywności mąki lub kruchości sładów może przyczynić się do pogorszenia wartości browarnej, spowodowanej dopuszczeniem do nadmiernej koncentracji białek rozpuszczalnych. Zatem przy wyborze do dalszej hodowli rodów charakteryzujących się wysoką wartością liczby Kolbacha należy zwrócić większą uwagę na ich wartość technologiczną.

Przedstawione współczynniki korelacji genotypowych mogą przybrać wartości większe od jedności w przypadku, gdy wartość omawianego współczynnika obejmuje również korelacje środowiskową (Śmiałowski i Węgrzyn, 2001), a przyczyną może być silny wpływ środowiska na jedną lub obie korelowane cechy. Węgrzyn (1983) uwzględnia również plejotropowe działanie genów.

WNIOSKI

1. Siła diastatyczna słodu, celność ziarna i kruchość słodu charakteryzowały się najwyższymi wartościami współczynnika zmienności, najniższymi zaś ekstraktywność mąki, lepkość brzezki i aktywność enzymów amylolitycznych.
2. Największy udział czynników środowiskowych zaobserwowano w dziedziczeniu się lepkości brzezki i zawartości białka, najniższy dla masy 1000 ziaren, siły diastatycznej słodu i zawartości białka rozpuszczalnego.
3. Korzystne istotnie ujemne współzależności wystąpiły pomiędzy masą 1000 ziaren a liczbą Kolbacha, oraz lepkością brzezki i stopniem jej odfermentowania, a niekorzystne pomiędzy masą 1000 ziaren i końcowym stopniem odfermentowania brzezki.
4. Występujące wyższe wartości dla współczynników korelacji genotypowych od fenotypowych dla masy 1000 ziaren i jej celności, białkiem słodu i białkiem rozpuszczalnym, białkiem rozpuszczalnym a liczbą Kolbacha, liczbą Kolbacha z kruchością słodu, ekstraktem z mąki i kruchością słodu z ekstraktem mąki, oraz ekstraktem z mąki a zawartością białka rozpuszczalnego informują o mniejszym udziale zmienności środowiskowej, a większym udziale czynników dziedzicznych.

LITERATURA

- Arends A. M., Fox G. P., Henry R. J., Marschke R. J., Symons M. H. 1995. Genetic and environmental variation in the diastatic power of Australian Barley. *J. Cereal Sci.* 21 (1): 63 — 70.
- Becker W. A. 1984. *Manual of quantitative genetics*. Ed. 4, Pullman USA.
- Bichoński A., Burek J. 2000. Wartość browarna i plonowanie rodów jęczmienia ozimego ocenianych w latach 1989–1998. *Biul. IHAR* 215: 153 — 160.

- Bichoński A., Burek J. 2000. Zmienność i współzależność pomiędzy wybranymi cechami jakościowymi jęczmienia ozimego browarnego. *Biul. IHAR* 215: 161 — 166.
- Garcera L., Sarraft A., Jestin L., Ecochard R. 1991. Variabilite Génétique de Certains Paramètres de la Qualité Brassicole de l'Orge. *Plant Breeding* 106: 235 — 241.
- Hallauer A. R., Miranda J. B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. Ed. 2, Iowa State University Press/Ames.
- Molina-Cano J. L. 1987. The EBC barley and Malt committee index for the evaluation of malting quality in barley and its use in breeding. *Plant Breeding*. 98: 249 — 256.
- Molina-Cano J. L., Rubio A., Igartua E., Gracia P., Montoya J. L. 2000. Mechanisms of malt extract development in barleys from different European regions: I. Effect of environment and grain protein content on malt extract yield. *Journal of the Institute of Brewing*. 106(2): 111 — 115.
- Pochaba L., Węgrzyn S. 2000. Zmienność i współzależność kilku cech pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 216: 261: 266.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2001. Zmienność i współzależność niektórych cech struktury plonu żyta ozimego. *Biul. IHAR* 218/219: 401 — 408.
- Vargas L., Molina-Cano J. L., Hassan S. 1983. A quality index for the assessment of barley varieties. *Monatsschr. Brauwissen* 12: 481 — 485.
- Węgrzyn S. 1983. Znaczenie korelacji w hodowli roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 290: 15 — 21.
- Węgrzyn S., Kowalska M., Ruśniak L. 1997. Odziedziczalność niektórych cech wartości browarnej jęczmienia. *Hod. Rośl. Aklim.* 21,2: 133 — 141.
- Węgrzyn S., Bichoński A. 2000. Współzależności pomiędzy wybranymi cechami jakościowymi jęczmienia. *Biul. IHAR* 216: 165 — 171.
- Węgrzyn S., Bichoński A. 2001. Zróżnicowanie i genetyczne uwarunkowanie cech wartości technologicznej jęczmienia jarego browarnego. *Biul. IHAR*. 220: 153 — 160.
- Winiarski J. 1998. Odziedziczalność wybranych cech wartości browarnej jęczmienia jarego. *Biul. IHAR* 207: 25 — 34.