

**STANISŁAW WĘGRZYN****ANDRZEJ BICHOŃSKI**

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

## Zróznicowanie i genetyczne uwarunkowanie cech wartości technologicznej jęczmienia jarego browarnego

### Variation and genetic determination of quality characters in brewing spring barley

W latach 1997–1999 oceniono wartość browarną odmian i rodów hodowli krajowej z ZD HAR Bąków, ZD HAR Strzelce, SHR Modzurów, HR Polanowice i HR „Piast” Łagiewniki. Oceniane ziarno pochodziło z doświadczeń wstępnych i przedwstępnych w każdym roku z trzech miejscowości. Oszacowano współczynniki zmienności (CV%) oraz współczynniki zmienności fenotypowej (CV (p)%) i genotypowej (CV (g)%) dla: masy 1000 ziaren, celności, zawartości białka ogółem, a po wysłodowaniu ziarna dla: białka ogółem w słodzie, białka rozpuszczalnego, liczby Kolbacha, ekstrahywności, lepkości brzezki, siły diastatycznej i końcowego stopnia odfermentowania. Wpływ efektu interakcji obiektów z miejscowościami był najwyższy dla siły diastatycznej. Odziedziczalność cech była wysoka dla masy 1000 ziaren, kruchości słodu i siły diastatycznej słodu.

**Słowa kluczowe:** jęczmień jary, zmienność, wartość browarna

The malting quality of spring barley was evaluated for the home-bred cultivars from ZD HAR Bąków, ZD HAR Strzelce, SHR Modzurów, HR Polanowice and HR „Piast” Łagiewnik in the years 1997–1999. Barley grain came from preliminary and pre-preliminary experiments performed in three locations each year. Coefficients of variability (CV%) and variability coefficients of phenotypic (CV (p)%) and genotypic (CV (g)%) variation were determined for 1000 grain mass, grain filling, total grain protein, and after micromalting, for percentage of total and soluble protein of the malt, Kolbach index, extractability, wort viscosity, diastatic power and final fermentation degree. The influence of interaction effect of objects with localities was highest for diastatic power. The heritability expressed was high for thousand-grain weight, malt fragility and diastatic power.

**Key words:** malting quality, spring barley, variability

#### WSTĘP

Dostarczenie hodowcom możliwie obszernej i szybkiej informacji o genetycznym uwarunkowaniu cech wartości browarnej form jęczmienia charakteryzującego się

określonymi korzystnymi właściwościami, decyduje w dużej mierze o postępie hodowlanym. Umożliwia najwłaściwszy wybór komponentów do krzyżowania takich form, których korzystne cechy są najbardziej poszukiwane przez przemysł (Swanston i in., 2000, Marquez-Cedillo i in., 2000). Pozwala to na wybór najlepszych form rodzicielskich, co zwiększa prawdopodobieństwo uzyskania wartościowego potomstwa o dużej zmienności genetycznej, gwarantującej skuteczność selekcji Węgrzyn i wsp. (2000). Z tego powodu prowadzi się od wielu lat doświadczenia z odmianami i najnowszymi rodami jęczmienia jarego. Informacje o wynikach tych badań publikowano w wielu opracowaniach Kowalska i wsp. (2000). Celem takich prac jest ciągle poszukiwanie genotypów jęczmienia, które można by wykorzystać w hodowli krajowej dla poprawienia wartości technologicznej lub rolniczej.

Celem badań było określenie zróżnicowania i uwarunkowań genetycznych cech browarnych jęczmienia jarego.

#### MATERIAŁ I METODY

W okresie 3-letnim badaniami objęto łącznie 402 obiekty (tj. 139, 139 i 123 odpowiednio w kolejnych latach badań) w tym 2 odmiany wzorcowe jęczmienia jarego browarnego, biorących udział w doświadczeniach przedwstępnych i wstępnych w trzech miejscowościach.

Wartość browarną określono w mikrosłodowni Zakładu Roślin Zbożowych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie. Słodowanie przeprowadzono w temperaturze 12°C, po doprowadzeniu ziarna do 45% wilgotności w próbkach po 500 g. w czasie 7 dni łącznie z pochłanianiem wody przez ziarno. Ocenę właściwości ziarna słodu i brzezki wykonano metodami standardowymi (Bichoński, Burek, 2000). Oceniono właściwości jęczmienia, słodu i brzezki, ważne dla przemysłu, zgodnie z wymaganiami COBORU przed rejestrowaniem odmiany.

Analizę statystyczno-genetyczną przeprowadzono dla 10 cech z trzech lat i trzech miejscowości, traktując łącznie lata i miejscowości jako środowisko. Dla każdej cechy wykonano analizę wariancji. W analizie tej całkowitą zmienność podzielono na 3 składniki: środowiska, obiekty i błąd (jako składnik resztowy). Uzyskane sumy kwadratów weryfikowano testem „F”, zaś testem „t” sprawdzono istotność oszacowanych efektów. Stwierdzenie istotnego zróżnicowania genetycznego badanych źródeł zmienności pozwoliło na oznaczenie stopnia genetycznego uwarunkowania cechy ( $h^2_{(i)}$ ), dla każdego roku oszacowanego ze wzoru:

$$h^2_{(i)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1}$$

następnie obliczono średnią ważoną wartość ze wzoru:

$$h^2_o = \sum_{i=1}^l k_i h^2_i / \sum_{i=1}^l k_i$$

gdzie:

$m_1$  i  $m_2$  są odpowiednio średnimi kwadratami dla genotypów i interakcji genotypu x miejscowości

$k_i$  = jest liczbą obiektów w tym środowisku

$l$  = liczba lat

Błędy standardowe dla współczynnika genetycznego uwarunkowania cech obliczono ze wzoru podanego przez Hallauera i Mirande (1995). Z analizy wariancji oszacowano również współczynniki zmienności genotypowej ( $CVg$ ) i fenotypowej ( $CVp$ ) ze wzoru:

$$CVg_{(i)} = 100 \frac{\sqrt{(m_1 - m_2) / k_i}}{\bar{x}_i}$$

$$CVp_{(i)} = 100 \frac{\sqrt{m_1 / k_i}}{\bar{x}_i}$$

gdzie:

$m_1$ ,  $m_2$  i  $k_i$  — jak powyżej, zaś  $\bar{x}_{(i)}$  jest średnią cech dla i-tego roku.

W analogiczny sposób, jak średnie genetyczne uwarunkowanie cechy ( $h^2$ ) z lat oszacowano średnie współczynniki zmienności genotypowej i fenotypowej. Współczynniki zmienności genotypowej i fenotypowej charakteryzują odpowiednią zmienność pomiędzy badanymi obiektami. Ponadto obliczony z analizy wariancji błąd standardowy pomnożono przez wartość jednostronnego testu „t” dla wzorca, a następnie odjęto otrzymaną wartość od wzorca. W ten sposób utworzone zostały trzy klasy jakościowe, tj. istotnie lepsze od wzorca, istotnie gorsze od wzorca i pozostałe (na poziomie wzorca) dla każdej badanej cechy.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza otrzymanych wyników wykazała, że kilka spośród badanych cech odznaczało się wysokimi wartościami wskaźnika genetycznego uwarunkowania ( $h^2$ ), przedstawionego w tabeli 1. Szczególnie wysokie i podobne w każdym roku badań okazały się wartości dla masy 1000 ziaren (0,8449). Niższe jego wartości (0,507–0,677) dla innego zestawu genetycznego opisali Nadziak i wsp. (1994 i 1996). Nieco niższą odziedziczalnością charakteryzowała się celność ziarna, bo na poziomie 0,6032. Podobne wyniki dla tej cechy podali Yap, Harvey (1972); Kudła, Kudła (1995). Zawartość białka w słodzie określały zbliżone wartości współczynników odziedziczalności we wszystkich latach. Modyfikacyjny wpływ środowiska na zawartość białka określili wcześniej Węgrzyn i wsp. (1977, 1982), Molina-Cano (1987, 2000), Kowalska i wsp. (1991), a także wykazali duży wpływ środowiska na zawartość białka. Na zbliżonym poziomie kształtowały się wartości współczynnika odziedziczalności dla ilości białka rozpuszczalnego i liczby Kolbacha (0,6208 i 0,6998). Podobne zbieżne wysokie wartości otrzymali Węgrzyn i wsp. (1977) oraz Winiarski (1998) i określili wysoki udział czynników genetycznych w uwarunkowaniu tej cechy, przy małym wpływie środowiska. Uzyskane wartości dla

ekstraktywności słodów, były zbieżne z wynikami innych autorów: (Kowalska, 1973; Węgrzyn i in., 1977; Molina-Cano, 1987; Garcera i in., 1991) i informują o dużym uwarunkowaniu tej cechy genotypem. Podobna zależność wystąpiła również dla kruchości słodu, z wartością tego współczynnika na poziomie 0,7982. Nieco wyższą wartość dla tej cechy (9,11) podają Bichoński i Burek (2000). Spośród badanych cech wartości technologicznej jęczmienia najniższą odziedziczalność zaobserwowano dla lepkości brzezki. Wyższe wartości współczynnika odziedziczalności otrzymał Vargas i wsp. (1983). Wartość na poziomie 0,7858 dla aktywności enzymów amylolitycznych wskazuje na duże uwarunkowanie genetyczne siły diastatycznej słodu. Potwierdzają to również badania Kaneko i wsp. (2000), podobną zależność przedstawił Węgrzyn i wsp. (1997). Wartość współczynnika odziedziczalności dla końcowego stopnia odfermentowania brzezki kształtowała się na poziomie 0,7291. Podobne wartości, bo na poziomie 68–89% podał Winiarski (1998). Przy porównywaniu zmienności i stałości cech, w celu zmniejszenia ilości doświadczeń Law i wsp. (1999) proponują szersze wykorzystanie odmian kontrolnych, które były by najbardziej zbliżone morfologicznie i genetycznie do badanych roślin, lub o znanych dobrze cechach fenotypowych.

Tabela 1

**Współczynniki: zmienności fenotypowej (CV (p)%), genotypowej (CV (g)%) i odziedziczalności ( $h^2$ ) oraz wartości cech dla wzorca, liczba obiektów lepszych od wzorca, na poziomie wzorca i gorszych od wzorca dla badanych cech w latach 1997–1999**

**Coefficients: of phenotypic variability (CV (p)%), genotypic variability (CV (g)%) and heritability ( $h^2$ ), values of traits for standard and numbers of objects better than the standard, on the level of standard and worse than the standard for the investigated traits in the years 1997–1999**

| Cecha<br>Trait          | MTZ<br>(g.s.s.)<br>Thousand<br>grain<br>weight | Celność<br>ziarna<br>(%)<br>Grain<br>filling | Białko<br>słodu<br>(%)<br>Malt<br>protein | Białko<br>rozpu-<br>szczalne<br>(%)<br>N soluble<br>of malt | Liczba<br>Kolbacha<br>(%)<br>Kolbach<br>index | Ekstrakt<br>słodu<br>(%)<br>Fine grain<br>extract | Kruchość<br>słodu<br>(%)<br>Malt<br>fragility | Lepkość<br>brzezki<br>(m Pa·s)<br>Wort<br>viscosity | Siła<br>diasta-<br>tyczna<br>(°WK)<br>Diastatic<br>power | Odfermen-<br>towanie<br>brzezki<br>(%)<br>Fermenta-<br>bility |
|-------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| CV (p)%                 | 4,14                                           | 5,50                                         | 2,12                                      | 3,48                                                        | 4,00                                          | 0,93                                              | 5,49                                          | 2,06                                                | 13,56                                                    | 1,77                                                          |
| CV (g)%                 | 3,81                                           | 4,49                                         | 1,57                                      | 2,66                                                        | 3,34                                          | 0,80                                              | 4,92                                          | 1,35                                                | 12,02                                                    | 1,52                                                          |
| $h^2$                   | 0,8449                                         | 0,6032                                       | 0,5492                                    | 0,6208                                                      | 0,6998                                        | 0,7413                                            | 0,7982                                        | 0,4341                                              | 0,7858                                                   | 0,7291                                                        |
| Wzorzec<br>Standard     | 40,2                                           | 86,8                                         | 10,6                                      | 5,40                                                        | 51,1                                          | 82,9                                              | 80,6                                          | 1,49                                                | 331,5                                                    | 80,4                                                          |
| > wzorca<br>> standard  | 47                                             | 45                                           | 17                                        | 32                                                          | 4                                             | 4                                                 | 32                                            | 4                                                   | 15                                                       | 41                                                            |
| = wzorzec<br>= standard | 73                                             | 82                                           | 80                                        | 94                                                          | 90                                            | 72                                                | 78                                            | 116                                                 | 91                                                       | 67                                                            |
| < wzorca<br>< standard  | 11                                             | 5                                            | 34                                        | 5                                                           | 37                                            | 55                                                | 21                                            | 11                                                  | 25                                                       | 24                                                            |

W analizie wariancji (tab. 2) efekt środowiskowy i obiektowy testowano do interakcji obiekty x miejscowości. Średni kwadrat interakcji obiekty x miejscowości jest sumą efektu losowego i efektu interakcji. Z braku powtórzeń rozdzielenie tych efektów jest niemożliwe. Można pośrednio ocenić wielkość obu interakcji wyrażając w procentach odchylenie standardowe ze średniego kwadratu dla interakcji w stosunku do średniej wartości cechy. Gdyby efekt interakcji nie występował, to obliczony w ten sposób współczynnik

zmienności powinien wahać się w granicach 4–6%. Średnie wartości współczynnika zmienności wskazywać będą na obecność efektu interakcji. W naszym przypadku, dla 9 cech mamy wartości poniżej 6%. Jedynie dla siły diastatycznej współczynnik zmienności miał wartość 10,95%, co wskazywałoby na obecność efektu interakcji obiektów z miejscowościami.

Tabela 2

**Analiza wariancji, średnie i współczynniki: zmienności (CV%) dla badanych cech w latach 1997–1999**  
**Analysis of variance, means and coefficients of variability (CV%) for the investigated traits in the years 1997–1999**

| Źródło zmienności<br>Source of variation | Średni kwadrat dla:<br>Mean squares for:       |                                              |                                           |                                                             |                                               |                                                |                                            |                                                     |                                                       |                                                                |
|------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                                          | MTZ<br>(g.s.s.)<br>thousand<br>grain<br>weight | celność<br>ziarna<br>(%)<br>grain<br>filling | białko<br>słodu<br>(%)<br>malt<br>protein | białko<br>rozpu-<br>szczalne<br>(%)<br>N soluble<br>of malt | liczba<br>Kolbacha<br>(%)<br>Kolbach<br>index | ekstrakt<br>słodu (%)<br>fine grain<br>extract | kruchosc<br>słodu (%)<br>malt<br>fragility | lepkość<br>brzeczki<br>(mPa.s)<br>wort<br>viscosity | siła diasta-<br>tyczna<br>(°WK)<br>diastatic<br>power | odfermen-<br>towanie<br>brzeczki<br>(%)<br>fermenta-<br>bility |
| Miejscowości<br>(P)<br>Localities        | 64,39**                                        | 1275,82**                                    | 31,08**                                   | 29,99**                                                     | 194,03**                                      | 25,68**                                        | 350,31**                                   | 0,06**                                              | 50556,10**                                            | 47,73**                                                        |
| Obiekty<br>(G)<br>Treatments             | 8,73**                                         | 52,70**                                      | 0,50**                                    | 0,66**                                                      | 9,61**                                        | 1,12**                                         | 39,03**                                    | 0,00**                                              | 5920,39**                                             | 3,95**                                                         |
| Interakcje<br>(G x P)<br>Interaction     | 1,35                                           | 15,89                                        | 0,22                                      | 0,28                                                        | 2,89                                          | 0,28                                           | 7,49                                       | 0,00                                                | 1267,25                                               | 0,99                                                           |
| Średnia<br>Mean                          | 41,08                                          | 89,67                                        | 11,05                                     | 5,27                                                        | 49,03                                         | 82,18                                          | 81,32                                      | 1,50                                                | 325,87                                                | 80,98                                                          |
| CV%                                      | 2,78                                           | 5,40                                         | 2,47                                      | 3,76                                                        | 3,82                                          | 0,81                                           | 4,24                                       | 2,70                                                | 10,95                                                 | 1,54                                                           |

W tabeli 1 zamieszczono również współczynniki zmienności fenotypowych (CV(p)%) i genotypowych (CV(g)%) obliczone dla trzech lat badań. Informują one nie tylko o walorach użytkowych badanych form, ale również o zjawiskach genetycznych zachodzących w analizowanych cechach wartości technologicznej. Problem ten dostrzegają również w swoich badaniach inni autorzy: Yan i wsp (1999), Bertholdsson 1998, Kaczmarek i wsp. (1999), Ehrenbergerova i wsp. (1999), Schut i wsp. (2000). W większości przypadków współczynniki zmienności fenotypowej i genotypowej były podobne pod względem wielkości, dla trzech lat badań i dla różniącego się co roku materiału badawczego. Najwyższe jego wartości uzyskano dla siły diastatycznej słodu, a ekstraktywność słodów wykazała się najniższą odziedziczalnością spośród wszystkich badanych wskaźników jakościowych. Potwierdzeniem tego jest mała ilość rodów lepszych od wzorca (tab. 2). Spośród 392 rodów jęczmienia jarego browarnego ocenianych pod względem 9 cech technologicznych żaden nie przewyższał swoimi parametrami odmiany wzorcowej. Sześćdziesiąt dwa rody osiągnęły jej poziom dla wszystkich omawianych cech, a 2 rody były w każdym przypadku zdecydowanie gorsze od wzorca. Sto pięćdziesiąt pięć rodów odznaczało się jedną cechą wartości technologicznej lepszą od wzorca, sześćdziesiąt sześć

— dwiema cechami, siedem — trzema i tylko dwa rodów czterema cechami powyżej poziomu wzorca. Udało się w nich połączyć wymaganą celność ziarna z wysoką kruchością słodu, odpowiednią siłą diastatyczną i dobrym odfermentowaniem brzezki. Przypuszczalnie, pozostałe badane pięć cech technologicznych są niekorzystnie skorelowane z wcześniej wymienionymi, co w znacznym stopniu utrudnia otrzymanie genotypu o pożądanym poziomie właściwości cech technologicznych. Szczególnie jest to widoczne w przypadku ekstraktywności słodu, liczby Kolbacha i lepkości brzezki, które to cechy wyróżniały się małą ilością rodów przewyższających poziom wzorca. Potwierdzają to wcześniejsze badania Węgrzyna i Bichońskiego (2000), którzy wykazali, że istotnie ujemne korelacje fenotypowe i genotypowe zachodzą pomiędzy: kruchością słodu, jego lepkością, masą 1000 ziaren i zawartością białka w słodzie, oraz ekstraktem słodu i białkiem słodu. Prawdopodobnie, dążenie do uzyskania wysokiego plonu ziarna może być powodem zwrócenia mniejszej uwagi podczas selekcji na cechy jakościowe. Stanowi to ostrzeżenie o niebezpieczeństwie pogorszenia wartości technologicznej przy wyborze do dalszej hodowli rodów bez jednoczesnej kontroli wartości browarnej. Zatem poznanie wzajemnych związków między cechami i ich bezpośredniego wpływu na jakość ma znaczenie dla prac selekcyjnych we wczesnych etapach hodowli, tym bardziej, że jak podaje Śmiałowski i Węgrzyn (2000) próby selekcji w oparciu o jedną cechę w celu jej poprawienia bez pogarszania drugiej, która jest silnie sprzężona z tą pierwszą, mogą zakończyć się niepowodzeniem. Dowodem są istotne, wysokie, dodatnie lub ujemne wartości współczynników korelacji fenotypowych i genotypowych, przy równocześnie wysokich wartościach wskaźników genetycznego uwarunkowania cech, może wskazywać na silne sprzężenia genetyczne lub pleiotropowe działanie genów. Zatem podobnie jak Atlin i wsp. (2000) można stwierdzić, że interakcja genotypu i środowiska jest istotna i dlatego należy w odpowiedni sposób dostosować uprawy jęczmienia do takiego środowiska, w którym są najefektywniejsze.

#### WNIOSKI

1. Najwyższe wartości współczynników odziedziczalności zaobserwowano dla masy 1000 ziaren (0,8449), kruchości słodu (0,7982), siły diastatycznej słodu (0,7858), ekstraktywności słodu (0,7413) i końcowego stopnia odfermentowania brzezki (0,7291). Średnie dla liczby Kolbacha (0,6998), białka rozpuszczalnego (0,6208) i celności ziarna, a najniższe dla zawartości białka w słodzie (0,5492) i lepkości brzezki (0,4341).
2. Współczynnik zmienności interakcji dla siły diastatycznej miał wartość 10,95%, co wskazywałoby na obecność efektu interakcji obiektów z miejscowościami. Współczynniki zmienności fenotypowej i genotypowej obliczone ze zróżnicowania obiektów wykazywały najniższe wartości dla ekstraktu z mąki (0,93 i 0,80), a wysokie były dla siły diastatycznej słodu (13,56 i 12,02).
3. Niepokoić może fakt, że spośród 392 przebadanych rodów jedynie dwa wykazały się tylko czterema cechami technologicznymi przewyższającymi poziom wzorca. Szczególnie małą liczbę rodów lepszych od wzorca zaobserwowano dla: liczby

Kolbacha, ekstraktu słoju i lepkości brzezki. Stąd wynika potrzeba bardziej kompleksowej selekcji w kierunku korzystnych cech technologicznych.

# LITERATURA

- Atlin G. N., McRae K. B., Lu X. 2000. Genotype x region interaction for two-row barley yield in Canada Source. *Crop Sci.* 40, 1: 1 — 6.
- Bertholdsson N. O. 1998. Selection methods for malting barley consistently low in protein concentration. *European Journal of Agronomy* 9, 4: 213 — 222.
- Bichoński A., Burek J. 2000. Zmienność i współzależność pomiędzy wybranymi cechami jakościowymi jęczmienia ozimego browarnego. *Biul. IHAR* 215: 161 — 166.
- Ehrenbergerova J., Vaculova K., Zimolka J., Mullerova E. 1999. Yield characters and their correlations with quality indicators of hull-less spring barley grain. *Rostlinna Výroba* 45, 2: 53 — 59.
- 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. 1995. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa St. Univ. Ames.
- Kaczmarek Z., Adamski T., Surma M., Jeżowski S., Leśniewska-Frątczak M. 1999. Genotype-environment interaction of barley doubled haploids with regard to malting quality. *Plant Breeding* 118/3: 243 — 247.
- Kudła M. M., Kudła M. 1995. Genetyczne możliwości wzrostu plonowania jęczmienia jarego. *Biul. IHAR* 193: 35 — 44.
- Kowalska M. 1973. Wpływ odmiany i środowiska na wartość browarną jęczmienia na podstawie literatury. *Biul. IHAR* 114/115, 3/4: 53 — 58.
- Kowalska M., Ruśniak J., Sowa J. 1987. Wartość gospodarcza nowych zagranicznych odmian jęczmienia browarnego i rodów hodowli krajowej. *Biul. IHAR* 163: 33 — 49.
- Kowalska M., Sowa J., Winiarski J. 1991. Wartość gospodarcza zagranicznych odmian jęczmienia i rodów hodowli krajowej. *Biul. IHAR* 179: 91 — 103.
- Law J.R., Cooke R.J., Reeves J. C., Donini P., Smith J. S. C. 1999. Most similar variety comparisons as a grouping tool. *Plant Varieties Seeds* 12, 3: 181 — 190.
- Marquez-Cedillo L. A., Hayes P. M., Jones B. L., Kleinhofs A., Legge W. G., Rossnagel B. G., Sato K., Ullrich E., Wesenberg D. M. 2000. QTL analysis of malting quality in barley based on the doubled-haploid progeny of two elite North American varieties representing different germplasm groups. *Theor. Appl. Genet.* 101, 1/2: 173 — 184.
- 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.
- Nadziak J., Kudła M., Małysa M. 1994. Ocena odmian jęczmienia ozimego zgromadzonych w Polskim Banku Genów. *Biul. IHAR* 192: 39 — 57.
- Nadziak J., Małysa M., Kudła M. 1996. Ocena odmian jęczmienia ozimego zgromadzonych w Banku Genów. *Biul. IHAR* 197: 97 — 111.
- Schut J. W., Dourleijn C. J. 2000. Prediction of barley progeny performance in the presence of genotype-environment interaction. *Plant Breeding* 119, 1: 47 — 50.
- Swanston J. S., Newton A. C., Guy D. C., Gacek E. S. 2000. Malting performance of barley cultivar mixtures from the UK and Poland. *Journal of the Institute of Brewing* 106, 4: 239 — 243.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2000. Zmienność i zależność oraz genetyczne uwarunkowania wybranych cech u odmian i rodów żyta ozimego. *Biul. IHAR* 216, 1: 61 — 68.
- 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., Kowalska M., Ruśniak L. 1977. Odziedziczalność niektórych cech wartości browarnej jęczmienia. *Hod. Rośl. Aklim.* 21, 2: 133 — 141.

- Węgrzyn S., Kowalska M., Ruśniak L. 1982. Zmienność i genetyczne uwarunkowanie plonu oraz cech wartości browarnej jęczmienia jarego. *Hod. Rośl. Aklim.* 26, 1: 41 — 51.
- Winiarski J. 1998. Odziedziczalność wybranych cech wartości browarnej jęczmienia jarego. *Biul. IHAR* 207: 25 — 34.
- Węgrzyn S., Cygankiewicz A., Stachowicz M., Witkowski E. 2000. Zdolność kombinacyjna form rodzicielskich dla liczby sedymentacji i zawartości białka odmian i rodów pszenicy ozimej. Część I. *Biul. IHAR* 214: 69 — 78.
- Węgrzyn S., Bichoński A. 2000. Współzależności pomiędzy wybranymi cechami jakościowymi jęczmienia. *Biul. IHAR* 216: 165 — 171.
- Yan X. F., Zhu J., Xu S. Y., Xu Y. H. 1999. Genetic effects of embryo and endosperm for four malting quality traits of barley. *Euphytica* 106, 1: 27 — 34.
- Yap T. C., Harvey B. L. 1972. Iheritance of yield components and morphophysiological traits in barley. *Hordeum vulgare* L. *Crop Sci.* 12: 283 — 286.