

MAGDALENA PLOCH¹**MAŁGORZATA CYRAN**¹**KATARZYNA KASZTELOWICZ**¹**DANUTA BOROS**¹**JANUSZ BUREK**²¹ Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych, Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików² Zakład Roślin Zbożowych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Kraków

Zmienność i współzależność cech jakości jęczmienia browarnego ze zbioru w 2004 roku Komunikat

Variation and relationships between quality parameters in malting barley harvested in 2004

Short communication

W 2004 roku oceniono wartość browarną 60 rodów jęczmienia browarnego i 3 odmian wzorcowych, uprawianych w: ZD HAR Strzelce, SHR Modzurów i ZD HAR Radzików. Oceniane ziarno pochodziło z doświadczeń wstępnych i przedwstępnych z każdej z trzech miejscowości. Wartość technologiczną oceniono na podstawie następujących parametrów jakościowych: masy 1000 ziaren, celności, zawartości białka ogółem i białka rozpuszczalnego słoju, liczby Kolbach, kruchości, ekstraktywności, lepkości brzezki, siły diastatycznej, zawartości β -glukanów i końcowego stopnia odfermentowania. Dla badanych cech jakościowych oszacowano współczynniki zmienności (CV%) i korelacji (r). Najwyższy efekt interakcji między badanymi obiektami a miejscem uprawy, uzyskano dla: zawartości białka słoju, kruchość słoju oraz zawartości β -glukanów.

Słowa kluczowe: β -glukan, jęczmień jary, sól, wartość browarna, zmienność

The malting quality of spring barley harvested in 2004 was evaluated for 60 breeding lines and 3 standard cultivars grown in preliminary and pre-preliminary field trials at ZD HAR Strzelce, SHR Modzurów and ZD HAR Radzików. The malting quality was estimated on the basis of the following parameters: 1000 grains weight, grain plumpness, total grain protein, total and soluble malt protein, Kolbach index, malt friability, extractability, wort viscosity, diastatic power, content of β -glucan and final fermentation degree. Coefficients of variation (CV%) and correlation were estimated for the investigated traits. The influence of environment was the highest for malt friability, protein and β -glucan content.

Key words: β -glucan, malt, malting quality, spring barley, variability

WSTĘP

Jęczmień jary jest podstawowym surowcem w przemyśle browarnym. Jest to zboże wymagające łagodnego klimatu, który warunkuje jego miejsce uprawy. Jakość browarną jęczmienia, która przekłada się na jakość produktu końcowego — piwa, kształtuje genotyp oraz czynniki środowiska. Wzajemne relacje, pomiędzy cechami jakościowymi a środowiskiem, to temat wielu prac badawczych (Aufhammer, Fischbeck, 1971; Aufhammer i in., 1970; Schilbdach, 1969, 1972, 1973, 1974; Ulonska, Baumer, 1975; Brandenburger, 1973), w tym także polskich (Ruśniak, 1968; Kowalska, Ruśniak, 1970; Kowalska, 1973). W pracach tych wykazano, że większy wpływ na ekstraktywność słodu ma środowisko, niż sama pula genowa. Zaobserwowano również, że inne parametry wartości browarnej, takie jak: zawartość białka w ziarnie, rozluźnienie słodu, liczba Kolbacha oraz aktywność enzymatyczna, są również w znacznym stopniu modyfikowane przez środowisko. Wieloletnie badania i obserwacje pozwoliły ustalić, iż warunki środowiskowe, sprzyjające produkcji jęczmienia o wysokiej wartości browarnej, to: umiarkowana wilgotność powietrza, dostateczna ilość wiosennej wilgoci w glebie, równomierna temperatura i niewielka ilość opadów latem (Janicki, 1949). Ze względu na krótki okres wegetacji (około 100 dni) jęczmień jary jest bardzo wrażliwy nawet na krótkotrwały brak lub nadmiar wody. Susza przyczynia się do podwyższenia poziomu białka, jednocześnie obniżając zawartość skrobi w ziarnie, w wyniku czego zmniejsza się ekstraktywność słodu (Gąsiorowski i in., 1997). Zabiegi agrotechniczne to kolejny czynnik, który w znacznym stopniu wpływa na skład chemiczny ziarna, a szczególnie na zawartość białka w ziarnie i słodzie. Wielkość plonu jęczmienia kształtują trzy podstawowe składniki nawozowe: potas, fosfor i azot. Pierwszy z nich wpływa na poprawę wypełnienia ziarna, zmniejsza podatność na choroby, obniża poziom białka, równocześnie zwiększając zawartość węglowodanów w ziarnie. Natomiast fosfor zapobiega wyleganiu roślin, przyspiesza ich rozwój, a także w znacznym stopniu wpływa dodatnio na wartość browarną, szczególnie na wydajność ekstraktu (Słaboński, 1976). Przy zwiększonym poziomie nawożenia azotem obserwowany jest wzrost zawartości białka w ziarnie. Wymienione na początku czynniki, czyli genotyp, środowisko i agrotechnika warunkują jakość jęczmienia, a co za tym idzie decydują o możliwości wykorzystania danej odmiany w przemyśle browarnym.

Celem badań było wykazanie zmienności i zależności pomiędzy badanymi parametrami jakościowymi linii hodowlanych i odmian wzorcowych jęczmienia browarnego, pochodzących z doświadczeń wstępnych i przedwstępnych ze zbioru w 2004 roku.

MATERIAŁY I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno 60 rodów jarego jęczmienia browarnego oraz 3 odmiany wzorcowe: Blask, Scarlett i Stratus, które pochodziły z trzech miejscowości: Strzelc, Modzurowa i Radzikowa, z upraw w 2004 roku. Badania prowadzono w ramach doświadczeń wstępnych i przedwstępnych. Doświadczenia wstępne obejmowały 24 rody jęczmienia jarego oraz 3 odmiany wzorcowe. W ramach doświadczeń przedwstępnych,

analizie poddano 36 rodów jęczmienia jarego oraz 2 odmiany wzorcowe: Blask i Scarlett. Miejscowości, z których pochodził materiał badawczy, zostały wytypowane spośród 6-ciu innych na podstawie zawartości białka w odmianach wzorcowych.

Proces słodowania, jak również oznaczenia dotyczące: zawartości białka ogólnego w ziarnie, celności, masy 1000 ziaren i kruchości słodu, przeprowadzono w Zakładzie Roślin Zbożowych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie. Pozostałe analizy dotyczące wartości browarnej rodów jęczmienia jarego wykonano w Pracowni Oceny Jakości Produktów Roślinnych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Słodowaniu poddano 500 gramowe próby ziarna o grubości powyżej 2,5mm. Proces prowadzono w temperaturze 12°C, po doprowadzeniu ziaren do 45% wilgotności, w czasie 7 dni łącznie z pochłanianiem wody przez ziarno.

Ocenę jakości browarnej wykonano obowiązującymi metodami standardowymi zgodnie z Polską Normą oraz metodyką EBC.

Kryteriami oceny jakościowej były następujące cechy:

- w ziarnie — masa 1000 ziarniaków, celność, zawartość białka ogólnego
- w słodzie — kruchość, zawartość białka ogólnego i rozpuszczalnego, liczba Kolbacha, siła diastatyczna
- w brzeczce kongresowej — ekstraktywność, lepkość, stopień ostatecznego odfermentowania, zawartość β -glukanów.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przy interpretacji wyników wzięto pod uwagę głównie cechy, których wartości posłużyły do obliczenia kompleksowej wartości browarnej „Q”. Wskaźnik kompleksowej wartości „Q” został wprowadzony w celu ułatwienia interpretacji danych, mówiących o sumarycznej wartości browarnej jęczmienia (Molina-Cano, 1987). Osiąga on wartości od 0 dla jęczmienia pastewnego do 9 dla jęczmienia o najwyższej wartości browarnej. Obecnie wskaźnik ten obejmuje pięć podstawowych cech: ekstraktywność słodu przy przemiale na mąkę, lepkość brzeczki, końcowy stopień odfermentowania, liczbę Kolbacha, siłę diastatyczną oraz cztery dodatkowe parametry: zawartość β -glukanów, białka w ziarnie, energię kiełkowania i kruchość.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji obliczono współczynniki zmienności oraz współczynniki korelacji cech jakościowych. Wartości średnie, zakres i współczynniki zmienności dla parametrów jakościowych jęczmienia zestawiono w tabelach 1, 2 i 3, odpowiednio dla doświadczenia wstępnego, przedwstępnego I i przedwstępnego II. W ramach prowadzonych badań zaobserwowano istotne zróżnicowanie analizowanego materiału w obrębie cech jakościowych. Najsilniejsze zróżnicowanie dotyczyło: zawartości β -glukanów, kruchości słodu oraz siły diastatycznej. Zawartość β -glukanów wyróżniała się najwyższym współczynnikiem zmienności, który wyniósł 42,2%, 48,1%, 48,3%, odpowiednio dla doświadczenia wstępnego oraz przedwstępnego I i II. Aktywność enzymów amylolitycznych słodów wykazywała również wysoką zmiennością, odpowiednio dla doświadczeń, na poziomie: 9,4%, 11,2%, 14,7%.

Tabela 1

Wartość średnia, zakres i współczynnik zmienności cech jakościowych jęczmienia — doświadczenie wstępne

Mean, range and coefficient of variation of barley quality parameters — preliminary experiment

Cecha Trait	Wartość średnia Mean	Zakres Range		Współczynnik zmienności Coefficient of variation (CV%)
		min.	max.	
Masa 1000 ziaren — Thousand grains weight (g s.s.)	45,6	41,7	50,4	4,7
Celność ziarna — Grain plumpness (%)	97,9	95,4	99,1	0,8
Białko słodu — Malt protein (% s.s.)	10,1	9,3	10,6	3,5
Białko rozpuszczalne słodu — Malt soluble protein (%)	4,8	4,3	5,3	6,1
Liczba Kolbacha — Kolbach index (%)	48,3	44,9	52,1	4,5
Kruchość słodu — Malt friability (%)	70,4	54,7	82,6	8,8
Ekstrakt mąki — Fine grain extract (% s.s.)	82,7	81,8	84,6	0,7
Siła diastatyczna — Diastatic power (°WK)	320	236	370	9,4
Odfermentowanie brzezki — Fermentability (%)	81,0	80,6	82,6	0,6
Lepkość brzezki — Wort viscosity (mPa·s)	1,54	1,50	1,60	1,40
β-glukan — Wort β-glucan (mg/l)	109	36	271	42,2

Tabela 2

Wartość średnia, zakres i współczynnik zmienności cech jakościowych jęczmienia — doświadczenie przedwstępne I

Mean, range and coefficient of variation of barley quality parameters — first pre-preliminary experiment

Cecha Trait	Wartość średnia Mean	Zakres Range		Współczynnik zmienności Coefficient of variation (CV%)
		min.	max.	
Masa 1000 ziaren — Thousand grains weight (g s.s.)	45,6	42,6	51,8	5,7
Celność ziarna — Grain plumpness (%)	97,3	94,0	98,7	1,2
Białko słodu — Malt protein (% s.s.)	10,6	9,8	11,3	3,5
Białko rozpuszczalne słodu — Malt soluble protein (%)	4,8	4,3	5,3	4,1
Liczba Kolbacha — Kolbach index (%)	45,6	41,6	50,5	5,0
Kruchość słodu — Malt friability (%)	78,5	70,9	88,5	6,2
Ekstrakt mąki — Fine grain extract (% s.s.)	82,5	81,3	83,7	0,9
Siła diastatyczna — Diastatic power (°WK)	341	258	405	11,2
Odfermentowanie brzezki — Fermentability (%)	83,2	81,8	84,7	1,0
Lepkość brzezki — Wort viscosity (mPa·s)	1,54	1,50	1,59	1,4
β-glukan — Wort β-glucan (mg/l)	79,7	28,4	180,6	48,1

Wysoki poziom zmienności tej cechy uzyskali w swoich pracach również Bichoński i Burek (2000), Węgrzyn i Bichoński (2001) oraz Bichoński (2003). Silne zróżnicowanie charakteryzowało również kruchość słodu. Współczynnik zmienności dla tego parametru, odpowiednio dla doświadczeń wynosił: 8,8%, 6,2%, 6,7%. Zbliżone wyniki uzyskali Węgrzyn i Bichoński (2001) oraz Bichoński (2003). Najniższym współczynnikiem zmienności charakteryzowała się ekstraktywność słodu, gdzie obliczone współczynniki wynosiły odpowiednio: 0,7%, 0,9%, 1,1%. Podobne wyniki w swoich badaniach prezentowali Vargas i wsp. (1983), Węgrzyn i Bichoński (2001). Uzyskane wyniki potwierdzają znaczne uwarunkowanie tej cechy genotypem (Kowalska, 1973; Molina-Cano, 1987; Garcera i in., 1991). Równie niskim poziomem zróżnicowania charakteryzowała się lepkość brzezki 1,4%, 1,4%, 1,2% oraz stopień ostatecznego odfermentowania 0,6%,

1,0%, 1,3%. Zbliżone wartości, współczynnika zmienności, dla omawianych parametrów, uzyskali w swoich pracach Węgrzyn i Bichoński (2001).

Tabela 3

Wartość średnia, zakres i współczynnik zmienności cech jakościowych jęczmienia-doświadczenie przedwstępne II
Mean, range and coefficient of variation of barley quality parameters — second pre-preliminary experiment

Cecha Trait	Wartość średnia Mean	Zakres Range		Współczynnik zmienności Coefficient of variation (CV%)
		min.	max.	
Masa 1000 ziaren — Thousand grains weight (g s.s.)	45,6	42,3	48,4	3,6
Celność ziarna — Grain plumpness (%)	97,6	95,1	98,8	1,1
Białko słodu — Malt protein (% s.s.)	10,3	9,4	11,0	3,8
Białko rozpuszczalne słodu — Malt soluble protein (%)	4,8	4,3	5,3	4,4
Liczba Kolbacha — Kolbach index (%)	47,1	42,3	51,6	5,0
Kruchość słodu — Malt friability (%)	79,1	65,3	90,9	6,7
Ekstrakt mąki — Fine grain extract (% s.s.)	82,6	80,5	84,0	1,1
Siła diastatyczna — Diastatic power (°WK)	323	212	392	14,7
Odfermentowanie brzezki — Fermentability (%)	83,7	81,4	85,2	1,3
Lepkość brzezki — Wort viscosity (mPa·s)	1,53	1,49	1,56	1,2
β-glukan — Wort β-glucan (mg/l)	84,2	33,9	194,2	48,3

Wpływ miejsca uprawy na wartość poszczególnych cech obrazują wyniki zestawione w tabeli 4. Najwyższą zmienność w obrębie miejscowości zaobserwowano dla następujących cech: białka słodu, kruchości słodu oraz zawartości β-glukanów. Wszystkie trzy cechy są uwarunkowane genotypem, ale nie pozostają obojętne na działanie czynników środowiska. Analizując wpływ miejsca uprawy na zmienność cech jakościowych stwierdzono, iż w większości przypadków kierunek zmian był podobny.

Tabela 4

Średnie wartości parametrów jakościowych dla trzech miejscowości
Mean values for quality parameters at three locations

Cecha Trait	Strzelce	Modzurów	Radzików	Wartość średnia Mean
Masa 1000 ziaren — Thousand grains weight (g s.s.)	47,6	45,1	44,2	45,6
Celność ziarna — Grain plumpness (%)	99,3	96,0	97,6	97,6
Białko słodu — Malt protein (% s.s.)	12,2	9,7	8,9	10,3
Białko rozpuszczalne słodu — Malt soluble protein (%)	5,3	4,6	4,5	4,8
Liczba Kolbacha — Kolbach index (%)	43,3	47,4	50,8	47,2
Kruchość słodu — Malt friability (%)	59,5	79,7	87,1	75,4
Ekstrakt mąki — Fine grain extract (% s.s.)	81,0	82,9	83,8	82,6
Siła diastatyczna — Diastatic power (°WK)	351	326	303	327
Odfermentowanie brzezki — Fermentability (%)	82,2	82,7	83,1	82,7
Lepkość brzezki — Wort viscosity (mPa·s)	1,55	1,53	1,54	1,54
β-glukan — Wort β-glucan (mg/l)	131	88	59,7	92,9

Potwierdziły to istotne korelacje pomiędzy trzema miejscowościami, przeprowadzone dla każdej cechy. W przypadku doświadczeń wstępnych najwyższe wartości korelacji uzyskano dla zawartości β-glukanów i kruchości słodu. W doświadczeniach przed-

wstępnych, tak pierwszych jak i drugich, najwyższe wartości korelacji uzyskano dla: zawartości β -glukanów, kruchości słodu, ekstraktu mąki, siły diastatycznej oraz lepkości brzezki.

Współczynniki korelacji (r) między parametrami oceny jakościowej jęczmienia uzyskane dla całego badanego materiału ($n = 67$), zestawiono w tabeli 5. Wśród otrzymanych wartości uwagę zwraca istotna dodatnia zależność między lepkością brzezki a zawartością β -glukanów ($r = 0,50$). Tak wysoka korelacja wyraźnie wskazuje, iż zawarte w brzezce β -glukany są w najwyższym stopniu odpowiedzialne za jej lepkość. Istnieje opinia, iż lepkość brzezki zależy również od zawartych w niej arabinoksylianów.

Tabela 5

Współczynniki korelacji pomiędzy badanymi cechami jakościowymi
Coefficients of correlation between the analyzed traits

Cecha Trait	Masa 1000 ziaren	Celność ziarna	Białko słodu	Białko rozpusz- czalne słodu	Liczba Kolbacha	Kruchość słodu	Ekstrakt mąki	Siła diasta- tyczna	Odfer- mento- wanie	Lepkość brzezki	β -glukan
Masa 1000 ziaren Thousand grains weight (g s.s.)	1,00	0,31	-0,06	-0,29	-0,23	-0,26	-0,04	0,06	-0,18	0,21	0,28
Celność ziarna Grain plumpness (%)	0,31*	1,00	0,20	0,38	0,21	-0,19	0,43	0,34	-0,13	0,02	0,16
Białko słodu Malt protein (% s.s.)	-0,06	0,20	1,00	0,34	-0,43	0,16	-0,10	0,28	0,23	-0,14	-0,08
Białko rozpuszczalne słodu Malt soluble protein (%)	-0,29*	0,38**	0,34**	1,00	0,70	0,22	0,46	0,12	0,16	-0,42	-0,10
Liczba Kolbacha Kolbach index (%)	-0,23	0,21	-0,43**	0,70**	1,00	0,06	0,51	-0,10	-0,05	-0,29	-0,02
Kruchość słodu Malt friability (%)	-0,26*	-0,19	0,16	0,22	0,06	1,00	0,19	0,07	0,53	-0,51	-0,72
Ekstrakt mąki Fine grain extract (% s.s.)	-0,04	0,43**	-0,10	0,46**	0,51**	0,19	1,00	0,22	0,06	-0,20	0,01
Siła diastatyczna Diastatic power (°WK)	0,06	0,34**	0,28*	0,12	-0,10	0,07	0,22	1,00	0,13	0,06	-0,02
Odfermentowanie brzezki Fermentability (%)	-0,18	-0,13	0,23	0,16	-0,05	0,53**	0,06	0,13	1,00	-0,19	-0,27
Lepkość brzezki Wort viscosity (mPa·s)	0,21	0,02	-0,14	-0,42**	-0,29*	-0,51**	-0,20	0,06	-0,19	1,00	0,50
β -glukan Wort β -glucan (mg/l)	0,28*	0,16	-0,08	-0,10	-0,02	-0,72**	0,01	-0,02	-0,27*	0,50**	1,00

Istotne odpowiednio dla poziomu $P = 0,05^*$ lub $P = 0,01^{**}$;
 Significant at levels $P = 0.05^*$ and $P = 0.01^{**}$, respectively

W przyszłości należałoby więc zbadać ich wpływ na wartość tego ważnego parametru jakościowego. Istotne dodatnie korelacje stwierdzono także pomiędzy następującymi cechami: masą 1000 ziaren a celnością ($r = 0,31$) i zawartością β -glukanów ($r = 0,28$), celnością a ekstraktem mąki ($r = 0,43$) oraz białkiem rozpuszczalnym a liczbą Kolbacha ($r = 0,70$) i ekstraktem mąki ($r = 0,46$), jak również pomiędzy tymi dwoma ostatnimi parametrami ($r = 0,51$). Równie interesujące są zależności obserwowane pomiędzy: kruchością słodu a końcowym stopniem odfermentowania brzezki ($r = 0,53$). Podobne korelacje obserwowali Węgrzyn, Bichoński (2000) oraz Bichoński (2003).

Ujemne istotne korelacje zaobserwowano pomiędzy: kruchością słodu a lepkością brzezki, masą 1000 ziaren oraz zawartością β -glukanów, wyniosły one odpowiednio $r = -0,51$, $r = -0,26$ i $r = -0,72$. β -glukany, obecne w brzezce, wpływają negatywnie nie tylko na lepkość brzezki, ale również na stopień ostatecznego odfermentowania ($r = -0,27$). Silne ujemne korelacje zaobserwowano także pomiędzy białkiem rozpuszczalnym słodu a masą 1000 ziaren ($r = -0,29$) oraz lepkością brzezki ($r = -0,42$). Ujemną korelację obserwowano również pomiędzy liczbą Kolbacha a lepkością brzezki ($r = -0,29$). Węgrzyn i Bichoński w swoich pracach (2001) także uzyskali ujemne korelacje pomiędzy: liczbą Kolbacha a białkiem słodu, lepkością brzezki a kruchością słodu oraz dodatnie zależności pomiędzy: masą 1000 ziaren a celnością, białkiem słodu a białkiem rozpuszczalnym oraz liczbą Kolbacha a ekstraktywnością. Tę ostatnią zależność stwierdzili wcześniej w swoich badaniach Swanston i wsp. (1995).

WNIOSKI

1. Najsilniejsze zróżnicowanie cech, obserwowane w obrębie badanych rodów jęczmienia, dotyczyło: zawartości β -glukanów, siły diastatycznej i kruchości słodu. Możliwe jest więc poszukiwanie nowych odmian charakteryzujących się lepszymi właściwościami.
2. Najwyższym poziomem zmienności, w zależności od miejsca uprawy, charakteryzowały się następujące parametry: zawartość białka słodu, kruchość słodu oraz zawartość β -glukanów. W większości przypadków kierunek zmian był podobny. Potwierdziły to istotne korelacje poszczególnych cech wykonane pomiędzy trzema miejscowościami.
3. Korzystne dla pracy hodowlanej współzależności zaobserwowano dla masy 1000 ziaren i celności, a niekorzystne dla zawartości β -glukanów i końcowego stopnia odfermentowania oraz lepkości brzezki i zawartych w niej β -glukanów.

LITERATURA

- Aufhammer G., Fischbeck G. 1971. Location differences in grain yield, yield structure and grain quality of two-rowed and multi-rowed winter and spring barley. *Z. Acker.-u. Pfl. Bau.*, 133, 3: 169 — 181.
- Aufhammer G., Mandl B., Molitoris K., Piendl A. 1970. Influence of fertilizer application on the composition of malt of various barley varieties. *Brauwelt.* 110: 1125 — 1130.
- Bichoński A. 2003. Zmienność i współzależność wybranych cech technologicznych jęczmienia jarego browarnego. *Biul. IHAR* 228: 105 — 110.

- Bichoński A., Burek J. 2000. Zmienność i współzależność pomiędzy wybranymi cechami jakościowymi jęczmienia ozimego browarnego. *Biul. IHAR* 215: 161 — 166.
- Brandenburger V. 1973. The influence of environment on yield and quality of malting barley. *Monats. Brau.*, 15: 1 — 9.
- Garcera L., Sarraft A., Jestin L., Ecochard R. 1991. Variabilite genetque de certains parametres de la qualite Brassicole de l'Orge. *Plant Breeding* 106: 235 — 241.
- Gąsiorowski H. 1997. Jęczmień-Chemia i Technologia. PWR i L, Poznań.
- Janicki J. 1949. Jęczmień browarny. PZZ, Warszawa.
- Kowalska M. 1973. Wpływ odmiany i środowiska na wartość browarną jęczmienia na podstawie literatury. *Biul. IHAR* 114/115: 53 — 58.
- Kowalska M., Ruśniak L. 1970. Wpływ zwiększonego nawożenia mineralnego na plon i wartość technologiczną odmian jęczmienia browarnego. *Biul. IHAR* 96/97: 33 — 39.
- 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.
- Ruśniak L. 1968. Wpływ warunków wzrostu i rozwoju na plon i wartość browarną jęczmienia. *Hod. Rośl. Aklim.* 12/3: 237 — 267.
- Schildbach R. 1696. The influence of growing location and nitrogen fertilization on the quality of barley, wheat and malt. *Monats. Brau.* 22: 361 — 369.
- Schildbach R. 1972. Vorhersage der Qualität von Malz und Bier aus den Analysen von Gerste und Malz. *Monats. Brau.* 25: 309 — 319.
- Schildbach R. 1973. Yield versus quality malting barley? *Monats. Brau.* 26: 73 — 83.
- Schildbach R. 1974. Reason for variation in the protein content of malting barley. *Monats. Brau.* 27: 204 — 217.
- Słaboński A. 1976. Jęczmień jary i ozimy. PWR i L Warszawa.
- Swanston J. S., Eblis R. P., Rubio A., Perezvendrell A., Molina-Cano J. L. 1995. Differences in malting performance between barleys grown in Spain and Scotland. *Journal of the Institute of Brewing.* 101 (4): 261 — 265.
- Ułonska E., Baumer M. 1975. Studies on the influence of different selection conditions on the selection success as regards protein quantity and quality. *Proc. 3rd Int. Barley Genet. Symp.*: 125 — 126.
- 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., Bichoński A. 2001. Zróżnicowanie i genetyczne uwarunkowanie cech wartości technologicznej jęczmienia jarego browarnego. *Biul. IHAR* 220: 153 — 159.