

DAMIAN GOŁĘBIEWSKI <sup>1</sup>  
KINGA MYSZKA <sup>1</sup>  
JANUSZ BUREK <sup>2</sup>  
DARIUSZ R. MAŃKOWSKI <sup>3</sup>  
DANUTA BOROS <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych

<sup>2</sup> Zakład Roślin Zbożowych, Kraków

<sup>3</sup> Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików

## Badania zmienności genetycznej i wpływu środowiska na cechy determinujące wartość browarną ziarna rodów jęczmienia jarego włączonych do badań przedrejestracyjnych w 2011 roku\*

### Study of genetic variation and environmental impact on traits that determine malting quality of spring barley lines included in preliminary trials in 2011

Materiałem badawczym było ziarno 19 rodów jęczmienia browarnego oraz 3 odmian wzorcowych Blasku, Conchity i Suwera pochodzące z doświadczeń wstępnych rozlokowanych w Bąkowie, Nagradowicach i Radzikowie. Ocenę wartości technologicznej ziarna, słoju oraz brzezki dokonano na podstawie następujących parametrów jakości: masa 1000 ziaren, celność, zawartość białka ogółem i białka rozpuszczalnego słoju, liczba Kolbacha, kruchość, ekstraktywność, lepkość brzezki, siła diastatyczna, zawartość  $\beta$ -glukanu, stopień ostatecznego odfermentowania. Dla tych parametrów obliczono współczynnik zmienności (CV%), a także współczynniki korelacji (r). Ponadto dla zawartości białka w słoju, ekstraktywności, lepkości brzezki i zawartości  $\beta$ -glukanu przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji, jak również wyznaczono grupy jednorodne na podstawie procedury porównań wielokrotnych Tukey'a. Cechą najbardziej różnicującą badany materiał była zawartość  $\beta$ -glukanu wysokocząsteczkowego, dla którego stwierdzono wysoki współczynnik zmienności genotypowej oraz interakcję genotypowo-środowiskową. Wykazano, iż genotyp oraz środowisko wpływały istotnie na wartość browarną nowych rodów jęczmienia jarego.

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

\* Badania sfinansowano z dotacji MRiRW przyznanych IHAR — PIB w ramach postępu biologicznego w produkcji roślinnej na realizację zadania 22

Material for the study comprised of grain of 19 breeding lines of spring malting barley and three standard varieties: Blask, Conchita, Suveren, grown in 2011, in preliminary field trials located at Bąków, Nagradowice and Radzików. The malting quality was estimated on the basis of the following parameters: 1000 kernel weight, grain plumpness, content of total and soluble malt protein, Kolbach index, malt friability, extractability, wort viscosity, diastatic power, content of  $\beta$ -glucan, final fermentation degree. For all these parameters coefficients of variation (CV%) and correlations were estimated. Moreover, for total malt protein, extractability, wort viscosity and  $\beta$ -glucan content, two-way analysis of variance and Tukey's test were carried out. The most discriminating parameter was content of  $\beta$ -glucan for which we have counted high coefficient of environmental and genetic variability. Results showed that genotype and environment had significant influence on malting quality of new lines of spring barley.

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

## WSTĘP

Nowe odmiany jęczmienia browarnego, aby mogły stać się poszukiwanym surowcem do słodowania, muszą uzyskać standardy jakości rynków regionalnych, a przede wszystkim rynku międzynarodowego. Z tego względu w hodowli jęczmienia wykorzystywanego w przemyśle piwowarskim niezwykle ważna jest znajomość parametrów technologicznych, jak również wiedza na temat oddziaływania czynników genetycznych i środowiskowych na cechy jakościowe ziarna.

Według Molina-Cano (1987) najważniejszymi parametrami technologicznymi, określającymi przydatność jęczmienia do produkcji słodu, są zawartość białka ogółem i białka rozpuszczalnego, kruchość słodu, jego ekstraktywność, liczba Kolbacha, siła diastatyczna, stopień ostatecznego odfermentowania, lepkość brzezki oraz zawartość w niej  $\beta$ -glukanu. Przy czym surowcem do produkcji słodu może być tylko ziarno o średnicy ziarniaka powyżej 2,5 mm, tzn. charakteryzujące się wysoką celnością.

Wszystkie te parametry w dużym stopniu są uwarunkowane genetycznie, co stwarza warunki do skutecznej selekcji materiałów hodowlanych jęczmienia browarnego (Winiarski, 1998; Bichoński i Burek, 2000; Bichoński i Śmiałowski, 2004), jednak ich wartości w różnym stopniu ulegają modyfikacjom pod wpływem warunków uprawy, na które składają się zarówno czynniki glebowo-agrotechniczne oraz klimat (Molina-Cano i in., 1997; Wang i in., 2007; Sharma i Verma, 2010). O ile przy dzisiejszym rozwoju przemysłu chemicznego stworzenie właściwych do uprawy jęczmienia warunków glebowych nie nastęrcza dużych problemów (Vigier i in., 2009), o tyle na czynniki klimatyczne możemy wpływać pośrednio, poprzez uprawę odmian niewrażliwych na zmienne warunki środowiska, bądź poprzez odpowiednią rejonizację odmian wrażliwych. Nasilająca się w ostatnich latach zmienność warunków klimatycznych utrudnia niestety właściwy dobór odmian do uprawy w danym rejonie podnosząc ryzyko uprawy jęczmienia (Gąsiorowski, 1997).

Obserwowane zmiany klimatu w Polsce wskazują na prawdopodobieństwo występowania zwiększonej częstotliwości i intensywności suszy wynikającej głównie ze wzrostu temperatury przy małych ilościach opadu. Takie zmiany klimatu wpływają na intensyfikację ewapotranspiracji i w konsekwencji na niekorzystny bilans wodny wielu obszarów rolniczych Polski. Oprócz problemu suszy może wystąpić szereg innych

niekorzystnych zjawisk pogodowych, m. in. zwiększenie ilości krótkotrwałych i gwałtownych opadów, wiosenne przymrozki, zmienna temperatura, czy w ogóle ekstremalne zjawiska pogodowe jak np. grad lub trąby powietrzne (Olejnik, 2009). Niekorzystne warunki klimatyczne uniemożliwiają prowadzenie stabilnej i przewidywalnej produkcji jęczmienia browarnego, wpływając negatywnie na plon ziarna i jego skład chemiczny, często w stopniu dyskwalifikującym jego użycie dla celów browarnych (Swanston i in., 1995; Molina-Cano i in., 1997). W tej sytuacji selekcja genotypów stabilnych, które mają bardziej przewidywalny w zmiennych warunkach glebowo-klimatycznych zespół cech warunkujących przydatność ziarna do słodowania powinna stać się niezbędna w hodowli jęczmienia browarnego w Polsce.

Celem niniejszej pracy było określenie zmienności genetyczno-środowiskowej oraz interakcji cech jakości technologicznej ziarna nowych rodów jarego jęczmienia browarnego w porównaniu do odmian wzorcowych.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym było ziarno 19 rodów jęczmienia browarnego, a także 3 odmian wzorcowych Blasku, Conchity, Suwera, pochodzące z upraw w Bąkowie, Nagradowicach i Radzikowie prowadzonych w ramach doświadczenia wstępnego w 2011 roku. Ziarno zostało zebrane najwcześniej w Nagradowicach, następnie w Radzikowie, a najpóźniej w Bąkowie, odpowiednio 16 lipca oraz 2 i 6 sierpnia.

W poszczególnych miejscowościach uprawy jęczmienia panowały zróżnicowane warunki pogodowe (rys. 1, 2). Średnia temperatura powietrza i suma opadów w sezonie wegetacji kształtowała się na najwyższym poziomie w Radzikowie w porównaniu do warunków pogodowych występujących w dwóch pozostałych miejscach uprawy. Szczególnie obfite opady wystąpiły w Radzikowie w lipcu (292 mm), w tym w ostatnich 6-ciu dniach spadło 112 mm deszczu, tj. tyle ile w Bąkowie i Nagradowicach w ciągu całego miesiąca, odpowiednio 109 i 118 mm.

Kryteriami oceny wartości browarnej w ziarnie były masa 1000 ziaren oraz celność. W słodzie oznaczano kruchość, zawartość białka ogólnego i rozpuszczalnego, liczbę Kolbacha, siłę diastatyczną, ekstraktywność, zaś w brzezce kongresowej lepkość, stopień ostatecznego odfermentowania i zawartość  $\beta$ -glukanu. Spośród powyższych parametrów największe znaczenie dla oceny browarności jęczmienia mają: ekstraktywność siodu, liczba Kolbacha, siła diastatyczna, lepkość i stopień ostatecznego odfermentowania. Te pięć cech jakościowych służy do obliczenia wskaźnika jakości Q, przyjmującego wartości w przedziale 0–9 (COBORU, 2005). Proces słodowania, oznaczenia celności, kruchości i masy 1000 ziaren przeprowadzono w Zakładzie Roślin Zbożowych, IHAR — PIB w Krakowie, pozostałe oznaczenia parametrów technologicznych wykonano w Samodzielnej Pracowni Oceny Jakości Produktów Roślinnych, IHAR — PIB w Radzikowie. Słodowaniu poddano 500 gramowe próby ziarna o grubości powyżej 2,5 mm. Proces słodowania prowadzono w temperaturze 12°C, przez 7 dni łącznie z pochłanianiem wody przez ziarno. Oznaczenie białka przeprowadzono zgodnie z normą PN-A-79083-9 na aparacie Kjeltec Auto 1030 Analizer. Oznaczenie zawartości ekstraktu przeprowadzono w oparciu o

metodykę podaną w normie PN-A-79083-6, zaś stopień ostatecznego odfermentowania oznaczono wg metody podanej w Analytica-EBC (Method 8.6.1), oba parametry przy użyciu gęstościomierza Anton Paar DMA 48. Siłę diastatyczną słoðu wykonano wg normy PN-A-79083-10. Lepkość brzezki wyznaczono przy pomocy lepkościomierza Brookfield LVTDV-II z obracającym się walcem. Zawartość  $\beta$ -glukanu wysokocząsteczkowego w brzezce oznaczono metodą fluorymetryczną z kalkofluorem (Analytica-EBC, Section 8 Worth, Method 8.13.2). Wyniki cech determinujących wartość browarną jęczmienia przedstawiono jako wartości średnie z 3 lokalizacji rozlokowania doświadczenia wstępnego.

Wybrane cechy: zawartość białka w słoðzie,  $\beta$ -glukanu wysokocząsteczkowego, ekstraktywność słoðu i lepkość brzezki poddano analizie statystycznej (analiza wariancji, procedura porównań wielokrotnych Tukey'a) przy użyciu Systemu SAS w wersji 9.2 (SAS Institute Inc., 2009).

## WYNIKI I DYSKUSJA

Badane rody jęczmienia jarego cechowała mała zmienność parametrów jakościowych ziarna (tab. 1). Najbardziej zróżnicowaną cechą była zawartość  $\beta$ -glukanu wysokocząsteczkowego oraz siła diastatyczna, odpowiednio na poziomie 32% i 11%. Najwyższą zawartość  $\beta$ -glukanu (244 mg/l) oznaczono w brzezce uzyskanej z rodu STH 83225, natomiast najniższą (89 mg/l) w brzezce uzyskanej z rodu STH 81293. Wysoką zmienność tej cechy oraz podobny zakres zawartości w brzezce uzyskali w swoich badaniach także Czarnecki i in. (2004) oraz Ploch i in. (2005). Średnia zawartość  $\beta$ -glukanu wyniosła 146 mg/l. Zawartość  $\beta$ -glukanu w brzezce jest wypadkową jego zawartości w ziarnie oraz aktywności glukanolitycznej jęczmienia ujawniającej się w procesie słodowania i zacierania (Kanauchi i Bamforth, 2008). Wysoka zawartość  $\beta$ -glukanu w brzezce jest cechą niekorzystną, powoduje podwyższenie lepkości brzezki i związane z tym kłopoty z filtracją zacieru. Może wpływać także negatywnie na inne cechy jakości słoðu, a mianowicie na ekstraktywność czy stopień odfermentowania (Ploch i in., 2005). Ponadto podwyższona ilość  $\beta$ -glukanu w brzezce powoduje mętnienie piwa oraz wytrącanie się osadów podczas leżakowania i przechowywania (Jamar i in., 2011). Wybór linii hodowlanych o niskiej zawartości  $\beta$ -glukanu jest priorytetowym kierunkiem selekcji w wielu programach hodowlanych jęczmienia browarnego na świecie (Powell i in., 1985; Molina-Cano i in., 2007).

Siła diastatyczna, która jest miarą aktywności enzymów amylolitycznych słoðu była na poziomie średnio 323 j.W-K, w zakresie od 247 do 403 j.W-K, odpowiednio dla rodów STH 87208 oraz BKH 7130. Wartości uzyskane dla badanych rodów jęczmienia były powyżej wymaganego minimum dla tej cechy, wynoszące dla słoðu z formy jarej co najmniej 240 j.W-K (Gąsiorowski, 1997). Podobne zakresy zmienności dla siły diastatycznej w swoich pracach prezentowali Bichoński i Burek (2000), Węgrzyn i Bichoński (2001) oraz Ploch i in. (2005). Siła diastatyczna jest uważana za ważną cechę jakości słoðu, stąd również jest prowadzona selekcja jęczmienia na tę cechę, bądź na aktywność  $\alpha$ -amylazy, która jest bezpośrednio związana z miarą stopnia rozkładu

enzymatycznego skrobi, ale metodycznie jest analizą prostszą (Hayter i Riggs, 1978; Swanston, 1983; Arends i in., 1995).

Tabela 1

**Zmienność wyróżników jakości browarnej ziarna jęczmienia jarego z doświadczeń wstępnych z 2011 roku (wartości średnie z 3 lokalizacji)**  
**Variability of malting quality parameters in spring barley from preliminary field trials in 2011 (average values from 3 locations)**

Nazwa linii/odmiany Breeding line/variety	MTZ Thousand kernel weight  (g)	Celność Plump- ness  (%)	Kru- chość słodu Friability  (%)	Białko słodu* Malt protein*  (% s.m. % of dry matter)	Białko rozpusz- czalne Malt soluble protein  (% s.m. % of dry matter)	Liczba Kol- bacha Kolbach index  (%)	Ekstrak- tywność* Extracta- bility*  (% s.m. % of dry matter)	Odfermen- -towanie Fermenta- bility  (%)	Siła diastaty- czna Diastatic power  (j.W-K)	Lepkość brzecz- ki* Wort visco- sity*  (mPa.s)	β-glukan brzecz- ki* Wort β- glucan*  (mg/l)
BKH 7130	42,6	97,2	60,7	11,8 <sup>efhg</sup>	5,46	46,9	81,8 <sup>hij</sup>	86,1	403	1,59 <sup>ab</sup>	127 <sup>i</sup>
BKH 7385	43,8	97,6	66,3	12,0 <sup>cde</sup>	4,96	42,6	82,9 <sup>de</sup>	85,3	353	1,56 <sup>fg</sup>	142 <sup>h</sup>
NAD 06142	42,8	96,8	58,6	11,4 <sup>jk</sup>	4,86	43,3	81,2 <sup>kl</sup>	85,2	270	1,57 <sup>bcdefg</sup>	192 <sup>c</sup>
NAD 06147	43,6	96,1	57,7	11,3 <sup>kl</sup>	4,92	44,1	81,6 <sup>jk</sup>	86,5	287	1,56 <sup>fg</sup>	205 <sup>b</sup>
NAD 07089	39,7	93,9	57,5	11,7 <sup>ghi</sup>	4,53	39,9	80,3 <sup>m</sup>	87,4	320	1,57 <sup>cdefg</sup>	172 <sup>f</sup>
NAD 07165	40,6	96,3	58,7	12,2 <sup>bc</sup>	5,49	45,4	82,2 <sup>gh</sup>	88,3	377	1,56 <sup>defg</sup>	171 <sup>f</sup>
RAH 270/08	43,8	96,4	55,2	11,6 <sup>ij</sup>	4,97	43,6	81,0 <sup>l</sup>	87,7	313	1,54 <sup>fg</sup>	111 <sup>k</sup>
RAH 275/08	43,3	97,0	65,3	11,1 <sup>mn</sup>	5,17	47,4	84,2 <sup>a</sup>	86,6	290	1,57 <sup>cdefg</sup>	185 <sup>cd</sup>
POB 1059/08	43,2	97,2	66,3	12,4 <sup>a</sup>	5,85	47,9	82,0 <sup>hi</sup>	84,5	350	1,59 <sup>abcd</sup>	98 <sup>lm</sup>
POB 6418/08	43,0	96,8	61,7	12,4 <sup>ab</sup>	5,67	46,7	83,7 <sup>b</sup>	84,2	333	1,59 <sup>abcd</sup>	106 <sup>kl</sup>
POB 1476/08	41,7	94,6	57,6	11,9 <sup>def</sup>	5,04	43,3	81,5 <sup>jk</sup>	84,1	307	1,61 <sup>a</sup>	182 <sup>de</sup>
STH 85331	42,4	95,0	49,1	12,0 <sup>dc</sup>	5,18	43,5	81,6 <sup>ijk</sup>	85,1	327	1,59 <sup>abc</sup>	127 <sup>i</sup>
STH 83601	41,5	96,2	60,9	11,7 <sup>ghi</sup>	5,48	46,6	83,0 <sup>cd</sup>	86,0	337	1,59 <sup>abc</sup>	97 <sup>lmn</sup>
STH 87208	41,2	93,9	60,6	11,0 <sup>n</sup>	5,11	47,0	83,0 <sup>d</sup>	88,8	247	1,56 <sup>efg</sup>	120 <sup>ij</sup>
STH 81287	43,0	98,0	57,9	11,2 <sup>lmn</sup>	5,70	51,5	82,9 <sup>de</sup>	87,1	383	1,58 <sup>bcdef</sup>	92 <sup>mn</sup>
STH 81292	41,7	97,5	57,7	11,6 <sup>hij</sup>	5,41	47,3	82,2 <sup>gh</sup>	86,8	350	1,56 <sup>efg</sup>	108 <sup>k</sup>
STH 81293	43,1	98,2	60,0	11,8 <sup>defg</sup>	5,43	45,3	82,6 <sup>def</sup>	86,7	333	1,59 <sup>abcde</sup>	89 <sup>n</sup>
STH 83225	43,2	97,9	56,1	11,7 <sup>ghi</sup>	4,70	40,7	81,6 <sup>jk</sup>	86,3	303	1,57 <sup>bcdefg</sup>	244 <sup>a</sup>
STH 86981	40,6	96,2	53,4	11,4 <sup>jk</sup>	5,38	47,9	82,5 <sup>efg</sup>	87,4	333	1,57 <sup>cdefg</sup>	113 <sup>jk</sup>
Blask	41,4	94,7	63,0	11,6 <sup>hij</sup>	5,32	46,8	83,4 <sup>bc</sup>	86,4	297	1,57 <sup>bcdef</sup>	176 <sup>ef</sup>
Conchita	45,5	97,9	60,5	11,2 <sup>klm</sup>	5,00	45,5	82,6 <sup>de</sup>	86,3	310	1,56 <sup>fg</sup>	186 <sup>cd</sup>
Suweren	42,2	92,8	47,9	11,1 <sup>mn</sup>	4,60	42,5	81,3 <sup>kl</sup>	85,6	287	1,56 <sup>fg</sup>	160 <sup>g</sup>
Wartość średnia Mean value	42,5	96,3	58,8	11,6	5,2	45,3	82,2	86,3	323,2	1,57	145,6
CV (%)	3,0	1,5	7,8	3,4	6,7	5,8	1,1	1,4	11,4	1,0	31,5

\* — Wartości opatrzone różnymi literami, na podstawie procedury porównań wielokrotnych Tukeya różnią się istotnie przy poziomie  $P \leq 0,05$

\* — Values with different letters, based on Tukey multiple comparison procedure, are significantly different at  $P \leq 0,05$

Lepkość brzeczki, na którą duży wpływ ma zawartość β-glukanu w słodzie charakteryzuje się wysoką odziedziczalnością (Węgrzyn i Bichoński, 2001). Cecha ta odznaczała się najniższym współczynnikiem zmienności (1%), w zakresie od 1,54 do 1,61 mPa.s, odpowiednio dla rodów RAH 275/08 oraz POB 1476/08, przy lepkości średniej 1,57 mPa.s. Większość badanych rodów (11) oraz odmiany wzorcowe charakteryzowały się lepkością brzeczki nieróżniącą się istotnie od wartości najniższej. W grupie o

najwyższej lepkości nieodbiegającej istotnie od wartości najwyższej znalazło się 6 rodów jęczmienia.

Ekstraktywność jest najważniejszym wskaźnikiem jakości słodu, określa ilość substancji wyekstrahowanych ze słodu do brzezki w procesie zacierania. Wartości uzyskiwane dla tej cechy z analizy brzezki kongresowej mieszczą się najczęściej w granicach 79 do 82% dla sładów jasnych, przy czym im wyższa ekstraktywność tym sład jest bardziej wartościowy, gwarantuje uzyskanie większej ilości piwa z tej samej masy słodu (Gąsiorowski, 1997). W niniejszych badaniach ekstraktywność charakteryzowała się niskim poziomem zmienności (1,1%), przy średniej wartości 82,2%, w zakresie od 80,3 do 84,2% odpowiednio dla rodów NAD 07089 i RAH 275/08, które miały wartości istotnie niższą i istotnie wyższą od wartości uzyskanych dla pozostałych rodów (tab. 1). Ekstraktywność powyżej 82%, ale niższą od wartości najwyższej stwierdzono dla 9 rodów oraz odmian wzorcowych Blasku i Conchity. Różnice w ekstraktywności pomiędzy tymi odmianami były również istotne, z wartością wyższą dla odmiany Blask (83,4 vs. 82,6%). Następną ważną cechą jakości słodu, stopień ostatecznego odfermentowania brzezki, określa procentowy spadek zawartości ekstraktu w cieczy pofermentacyjnej w porównaniu do brzezki kongresowej, innymi słowy oznacza ilość alkoholu jaka może być wyprodukowana z określonej ilości słodu (Molina-Cano, 1987). Cecha ta w niniejszych badaniach była mało zróżnicowana (1,4%), w zakresie od 84,1 do 88,8%, dla rodów POB1476/08 oraz STH 87208. Obie cechy jakości słodu, ekstraktywność i odfermentowanie charakteryzują się bardzo wysoką odziedziczalnością, dlatego są cechami branymi pod uwagę w selekcji materiału hodowlanego (Molina-Cano, 1987). Zbliżone zakresy wartości tych dwóch cech uzyskali również inni autorzy (Vargas i in., 1983; Bichoński i Burek, 2000; Węgrzyn i Bichoński, 2001; Ploch i in., 2005).

Ogólnie materiał badany z roku zbioru 2011 charakteryzował się dobrą celnością ziarna (96,3%), w zakresie 93,9 do 98,2%. Niższą celność miały dwa rody NAD 07089 i STH 87208, najwyższą zaś STH 81293. Najniższą celność miała wzorcowa odmiana pastewna, Suwren (92,8%). Wysoka celność gwarantuje uzyskanie dużej wydajności słodu z plonu ziarna zebranego z jednostki powierzchni (Gąsiorowski, 1997). Sład uzyskany ze zbioru ziarna w roku 2011 odznaczał się jednakże niedostateczną kruchością (58,8%), w zakresie od 47,9 do 66,3%, dość wysoką zawartością białka (11,6%) w zakresie od 11% do 12,4%. Najniższą kruchością charakteryzował się sład z odmiany Suwren, z rodów zaś sładów STH 86981 (53,4%), najwyższą wartość miały natomiast słody otrzymane z rodów BKH 7385 oraz POB 1059/08 (66,3%). W odniesieniu do białka słodu ród STH 87208 miał najniższą zawartość tego składnika, przy czym w grupie o nieróżniącej się istotnie ilości białka znalazły się 3 dalsze rody oraz odmiana Suwren. Z kolei najwyższą ilość białka stwierdzono w sładzie z rodów POB 1059/08 oraz POB 6418/08. Cecha kruchości jest miarą rozluźnienia bielma w procesie słodowania, stąd sład kruchy i dobrze rozluźniony, o wartości  $>81\%$ , daje możliwość uzyskania w procesie zacierania dużej wydajności ekstraktu (Brennan i in., 1996). Wysoka zawartość białka, powyżej 11,5%, wpływa negatywnie na ekstraktywność słodu oraz na liczbę Kolbacha (Molina-Cano i in., 1997). Liczba Kolbacha to procentowy stosunek zawartości białka w brzezce do ilości białka

zawartego w słodzie. Wartość tej cechy wynosiła średnio 45,3%, w zakresie od 39,9 do 51,5%, odpowiednio dla rodów NAD 07089 oraz STH 81287.

Na podstawie obliczonego wskaźnika Q, który oparty jest na klasach jakości wyliczonych w stosunku do odmiany Blask dla 5 podstawowych cech oceny browarnej słodu i brzezki tj. ekstraktywności, liczby Kolbacha, stopnia odfermentowania, siły diastatycznej oraz lepkości brzezki (COBORU, 2005), wyodrębniono cztery kategorie wartości browarnej dla materiału badanego w roku 2011 (tab. 2).

Tabela 2

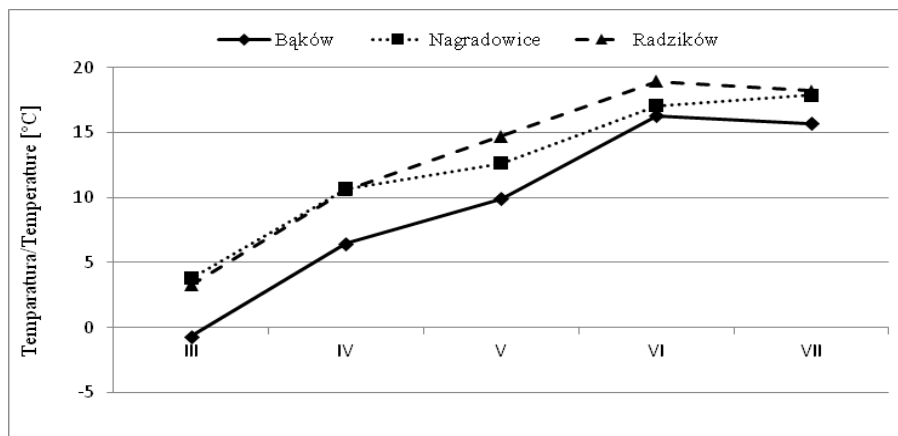
**Klasy jakości i ranking nowych linii jęczmienia jarego z doświadczeń wstępnych w roku 2011 pod względem wartości browarnej w stosunku do odmiany wzorcowej Blask**  
**Malting quality categories and ranking of spring barley lines chosen for preliminary trials in 2011 in terms of brewing value in relation to Blask standard variety**

Nazwa linii/odmiany Breeding line/variety	Liczba Kolbacha Kolbach index	Ekstraktywność Extractability	Lepkość brzezki Wort viscosity	Odfementowanie Fermentability	Siła diastatyczna Diastatic power	Q	Kategoria wartości browarnej Malting quality category
<b>Blask</b>	<b>46,8</b>	<b>83,4</b>	<b>1,57</b>	<b>86,4</b>	<b>297</b>		
RAH 275/08	5	8	6	6	5	<b>6,50</b>	
STH 81287	8	5	6	7	9	<b>6,50</b>	dobra
POB 6418/08	5	7	5	1	7	<b>5,50</b>	good
STH 86981	6	4	6	7	7	<b>5,50</b>	
STH 87208	5	5	6	9	3	<b>5,45</b>	
NAD 07165	4	3	6	9	9	<b>5,40</b>	
STH 83601	5	5	5	5	7	<b>5,30</b>	
STH 81293	4	4	6	6	7	<b>5,05</b>	średnia do
STH 81292	5	3	6	6	8	<b>4,95</b>	dobrej
BKH 7385	2	5	6	3	8	<b>4,85</b>	average to
Conchita	4	4	6	5	6	<b>4,75</b>	good
BKH 7130	5	2	5	5	9	<b>4,40</b>	
POB 1059/08	6	3	5	2	8	<b>4,35</b>	
RAH 270/08	2	1	6	8	6	<b>3,70</b>	
NAD 07089	1	1	6	7	6	<b>3,40</b>	średnia
STH 85331	2	2	5	3	7	<b>3,35</b>	average
NAD 06147	3	1	6	5	5	<b>3,25</b>	
STH 83225	1	1	6	5	5	<b>2,95</b>	
Suweren	1	1	6	4	5	<b>2,80</b>	niebrowarna
NAD 06142	2	1	6	3	4	<b>2,65</b>	not for malting
POB 1476/08	2	1	5	1	6	<b>2,50</b>	

Spośród 19 rodów jęczmienia jarego, w grupie o najwyższej kategorii wartości browarnej, tj. dobrej (wartość Q od 5,50 do 6,74) znalazły się cztery nowe rody, dwa z nich pochodziły z hodowli strzeleckiej (STH 81287 i STH 86981) oraz po jednym z hodowli małopolskiej (POB 6418/08) oraz smolickiej (RAH 275/08). Najwięcej rodów (8) wraz ze wzorcową odmianą Conchita charakteryzowało się średnią do dobrej kategorią wartości browarnej. W kategorii średniej znalazły się cztery rody, a trzy pozostałe wraz z odmianą Suweren sklasyfikowano jako niebrowarne. Ród, który uzyskał najwyższą wartość wskaźnika Q charakteryzował się istotnie wyższą ekstraktywnością słodu (84,2%) od ekstraktywności dla odmiany Blask oraz pozostałych badanych rodów (tab. 1). Według

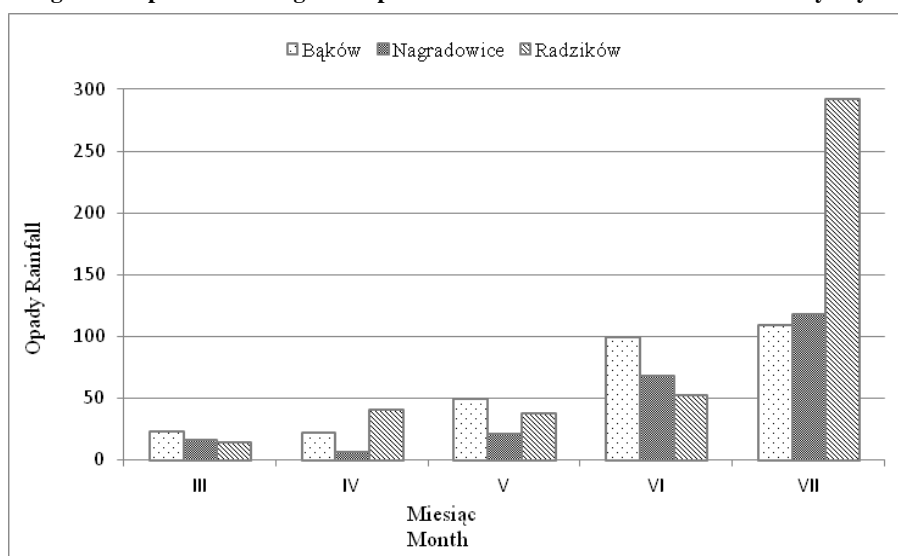
COBORU (2005) ekstraktywność w największy sposób wpływa na wartość wskaźnika Q (0,40), podczas gdy cztery pozostałe cechy są równoważne (0,15).

Zmienne warunki glebowo-klimatyczne występujące w 3 miejscowościach uprawy, szczególnie w okresie dojrzewania ziarna i zbioru (rys. 1, 2), w sposób istotny wpłynęły na wartość browarną ziarna badanych rodów oraz odmian wzorcowych jęczmienia (tab. 3 i 4).



Rys. 1. Średnie temperatury powietrza w okresie wegetacji w poszczególnych miejscowościach uprawy jęczmienia browarnego w roku 2011

Fig. 1. Average air temperatures in vegetation period in locations of field trials of malt barley in year 2011



Rys. 2. Suma opadów w okresie wegetacji w poszczególnych miejscowościach uprawy jęczmienia browarnego w roku 2011

Fig. 2. Average precipitation during vegetation period in locations of field trials of malt barley in year 2011



Tabela 3

**Wpływ miejsca uprawy na wartości wyróżników jakości browarnej ziarna jęczmienia jarego ze zbioru 2011 roku**

**Influence of trial location on malting quality parameters of spring barley harvested in 2011**

Cecha Trait	Bąków	Nagradowice	Radzików	Zmienność Variability (%)
MTZ Thousand kernel weight [g]	42,9	42,0	42,5	0,9
Celność Grain plumpness (%)	96,2	97,3	95,3	0,8
Kruchość Malt friability (%)	47,5	55,1	73,8	18,8
Białko słoju Malt protein (% s.s.)	13,5 <sup>a</sup>	12,0 <sup>b</sup>	9,5 <sup>c</sup>	14,1
Białko rozp. Malt soluble protein (%)	5,8	4,7	5,1	9,0
Liczba Kolbacha Kolbach index (%)	43,0	39,4	53,4	13,1
Ekstraktywność Extractability (% s.s.)	80,9 <sup>c</sup>	82,0 <sup>b</sup>	83,8 <sup>a</sup>	1,5
Lepkość brzezki Wort viscosity (mPa·s)	1,60 <sup>a</sup>	1,53 <sup>c</sup>	1,58 <sup>b</sup>	1,7
Odfermentowanie Fermentability (%)	86,1	85,7	87,2	0,7
Siła diastatyczna Diastatic power (°W-K)	380	330	260	15
β-glukan β-glucan (mg/l)	166 <sup>b</sup>	173 <sup>a</sup>	98 <sup>c</sup>	23

Wartości w rzędach opatrzone różnymi literami różnią się istotnie przy poziomie  $P \leq 0,05$   
Values in rows with different letters differ significantly at level  $P \leq 0,05$

Tabela 4

**Podsumowanie analizy wariancji wybranych cech determinujących wartość browarną jęczmienia**  
**Summary of analysis of variance for selected parameters that determine malting quality of barley**

Cecha Trait	Miejsce uprawy Location of field trial		Odmiana Variety		Interakcja G×E Interaction G×E	
	MS	P Value	MS	P Value	MS	P Value
Białko słoju Malt protein	178,59	<0,0001	0,992	<0,0001	0,369	<0,0001
Ekstraktywność Extractability	95,11	<0,0001	5,488	<0,0001	1,269	<0,0001
Lepkość brzezki Wort viscosity	0,049	<0,0001	0,001	<0,0001	0,004	<0,0001
β-glukan brzezki β-glucan	74874	<0,0001	11325	<0,0001	3532	<0,0001

MS — średnia kwadratów odchyłeń  
MS — mean square

Słody uzyskane z ziarna wyprodukowanego w Bąkowie charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością białka (średnio 13,5%), niższą kruchością (średnio 47,5%) oraz stopniem odfermentowania (średnio 80,9%), a także bardzo wysoką siłą diastatyczną

(średnio 380 j.W-K) w porównaniu do wartości tych cech uzyskanych dla słołów otrzymanych z ziarna pochodzącego z Radzikowa. Biorąc pod uwagę zróżnicowanie pomiędzy miejscami uprawy cech warunkujących wartość browarną jęczmienia, stwierdzono najwyższy modyfikujący wpływ środowiska na zawartość  $\beta$ -glukanu wysokocząsteczkowego (CV = 23%). W swoich wcześniejszych badaniach Ploch i in. (2005) również stwierdzili największą zmienność w obrębie miejscowości dla zawartości  $\beta$ -glukanu. Swanston i in. (1995) porównując wartość browarną jęczmienia wyprodukowanego w kontrastowych środowiskach, w Hiszpanii i Szkocji, stwierdzili, że wyższa temperatura i warunki suszy sprzyjają wyższej akumulacji  $\beta$ -glukanu, szczególnie jego frakcji rozpuszczalnej w wodzie. W niniejszych badaniach najmniejszą ilość  $\beta$ -glukanu oznaczono w brzezce uzyskanej ze słołów pochodzących z ziarna wyprodukowanego w Radzikowie (98 mg/l), a najwyższą w Nagradowicach (173 mg/l). Duże różnice w zależności od miejsca uprawy stwierdzono dla kruchości słołu (CV = 19%), siły diastatycznej (CV = 15%), białka słołu (CV = 14%) oraz liczby Kolbacha (CV = 13%).

Tabela 5

**Współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy cechami determinującymi wartość browarną jęczmienia**  
**Pearson's linear correlation coefficients between the parameters which determine malting quality of barley**

Cecha Trait	Celność Plump- ness	Kruchość słołu Friability	Białko słołu Malt protein	Białko rozpusz- czalne Malt soluble protein	Liczba Kolbacha Kolbach index	Ekstrak- tywność Extracta- bility	Odfermen- -towanie Fermenta- bility	Siła diastatyczna Diastatic power	Lepkość brzezki Wort viscosity	$\beta$ -glukan brzezki Wort $\beta$ -glucan
MTZ Thousand kernel weight	0,590**	0,238	-0,072	-0,004	0,045	0,177	-0,342	-0,032	-0,141	0,059
Celność Grain plumpness		0,449*	0,207	0,437*	0,339	0,313	-0,079	0,485*	0,029	-0,225
Kruchość Friability			0,252	0,406	0,334	0,572**	-0,106	0,147	0,112	-0,082
Białko słołu Malt protein				0,436*	-0,105	-0,040	-0,476*	0,512*	0,517*	-0,290
Białko rozpuszczalne Malt soluble protein					0,840**	0,557**	-0,089	0,595**	0,454*	-0,783**
Liczba Kolbacha Kolbach index						0,656**	0,148	0,362	0,180	-0,661**
Ekstraktywność Extractability							-0,004	0,056	0,092	-0,351
Odfementowanie Fermentability								-0,048	-0,610*	-0,086
Siła diastatyczna Diastatic power									0,311	-0,514*
Lepkość brzezki Wort viscosity										-0,228

\*Korelacja istotna przy  $P \leq 0,05$ ; \*\*korelacja istotna przy  $P \leq 0,01$

\*Correlation significant at  $P \leq 0,05$ ; \*\*correlation significant at  $P \leq 0,01$

Pozostałe parametry w minimalnym stopniu były modyfikowane przez środowisko. O dużym wpływie środowiska na zawartość białka w jęczmieniu browarnym wskazuje wielu autorów (Węgrzyn i in., 1982; Molina-Cano, 1987; Kowalska i in., 1991; Swanston i in., 1995; Bichoński i Burek, 2000).

Na podstawie dwuczynnikowej analizy wariancji stwierdzono, że na wartość browarną rodów jęczmienia i odmian wzorcowych badanych w roku 2011, mierzonych zawartością białka w słodzie, jego ekstraktywnością oraz lepkością brzezki i zawartością w niej  $\beta$ -glukanu, istotny wpływ miał zarówno genotyp jak i środowisko (tab. 4). Zaobserwowano również występowanie istotnych interakcji genotypowo-środowiskowych dla wszystkich analizowanych cech. Ze wszystkich czynników wpływ środowiska był jednakże największy. Stosunkowo krótki okres wegetacji jęczmienia jarego (ok. 100 dni) może implikować dużą wrażliwość tego zboża na krótkotrwały brak lub nadmiar wody, bądź na zmiany temperatury powietrza (Gąsiorowski, 1997; Ploch i in., 2005).

Wyniki oznaczeń posłużyły do obliczenia współczynników korelacji liniowych między parametrami determinującymi wartość browarną jęczmienia jarego (tab. 5). Na uwagę zasługują istotne zależności występujące między ekstraktywnością a kruchością słodu ( $r = 0,57$ ), białkiem rozpuszczalnym ( $r = 0,56$ ) oraz liczbą Kolbacha ( $r = 0,66$ ). Korzystna dla prac hodowlanych jest wprost proporcjonalna korelacja między celnością a masą 1000 ziaren ( $r = 0,59$ ). Celność z kolei miała istotny wpływ na kruchość słodu ( $r = 0,45$ ), białko rozpuszczalne ( $r = 0,44$ ) oraz siłę diastatyczną ( $r = 0,49$ ). Zależności te potwierdzają wcześniejsze badania Swanston i in. (1995), Bichońskiego i Burka (2000) oraz Ploch i in. (2005). Wyniki niniejszych badań są pomocne hodowcom jak również pozwolą na jak najbardziej efektywne wykorzystanie ziarna jęczmienia jarego w Polsce.

#### WNIOSKI

1. Genotyp oraz środowisko wpływały istotnie na wartość browarną nowych rodów jęczmienia jarego. Stwierdzono również istotną interakcję genotypowo-środowiskową (G×E) pomiędzy rodami a miejscem uprawy.
2. Najwyższą kategorią browarną była dobra, w której sklasyfikowano cztery rody. Większość rodów jęczmienia browarnego cechowała się średnią do dobrej wartością browarną.
3. Cechą najbardziej różnicującą rody jęczmienia była zawartość  $\beta$ -glukanu wysokocząsteczkowego w słodzie, dla którego stwierdzono wysokie współczynniki zmienności zarówno dla genotypów jak i miejsca uprawy.
4. Stwierdzono istotną korelację pomiędzy masą 1000 ziaren a celnością. Zależność ta może być wykorzystana w selekcji materiału hodowlanego jęczmienia browarnego.

#### LITERATURA

- Analytica-EBC, European Brewery Convention, 2004, Fachverlag Hans Carl Nurnberg.  
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: 63 — 70.

- Brennan CS, Harris N, Smith D & Shewry PR, 1996. Structural differences in the mature endosperms of good and poor malting barley cultivars. *J. Cereal Sci.* 24: 171 — 177.
- Bichoński A., Burek J. 2000. Zmienność i współzależność pomiędzy wybranymi cechami jakościowymi jęczmienia ozimego browarnego. *Biul. IHAR* 215:161 — 166.
- Bichoński A., Śmiałowski T. 2004. Relationship and correlations between brewery traits of the spring barley varieties. *Elect. J. Pol. Agric. Univ.* 7 (2), artykuł #06.
- COBORU. 2005. Kategorie wartości browarnej jęczmienia.
- Czarnecki Z., Czarnecka M., Śpiewak A. 2004. Zmiany wysokocząsteczkowych  $\beta$ -glukanów i aktywności  $\beta$ -glukanazy w procesie słodowania jęczmienia browarnego. *Acta Sci. Pol. Technol. Alimentaria* 3(2): 137 — 146.
- Gąsiorowski H. 1997. Jęczmień-Chemia i Technologia. PWR i L, Poznań.
- Hayter A.M., Riggs T.J. 1978. The inheritance of diastatic power and  $\alpha$ -amylase contents in spring barley. *Theor. Appl. Genet.* 52: 251 — 256.
- Jamar C., Du Jardin P., Fauconnier M-L. 2011. Cell wall polysaccharides hydrolysis of malting barley (*Hordeum vulgare* L.): a review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15: 301 — 313.
- Kanauchi M., Bamforth C.W. 2008. The relevance of different enzymes for the hydrolysis of  $\beta$ -glucans in malting and mashing. *J. Inst. Brew.* 114: 224 — 229.
- Kowalska M., Sowa J., Winiarski J. 1991. Wartość gospodarcza zagranicznych odmian jęczmienia i rodów hodowli krajowej. *Biul. IHAR* 179: 91 — 103.
- 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-M., Francesch M., Perez-Vendrell A.M., Ramo T., Voltas J., Brufau, J. 1997. Genetic and environmental variation in malting and feed quality of barley. *J. Cereal Sci.* 25: 37 — 47.
- Molina-Cano J-M., Moralejo M., Elia M., Munoz P., Russel J.R., Perez-Vendrell A.M., Ciudad F., Swanston J.S. 2007. QTL analysis of a cross between European and North American malting barleys reveals a putative candidate gene for  $\beta$ -glucan content on chromosome 1H. *Mol. Breeding.* 19: 275 — 284.
- Olejnik J., 2009. Zmiany klimatyczne i ich wpływ na rolnictwo w Polsce- część druga. Fundacja na Rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa.
- Ploch M., Cyran M., Kasztelowicz K., Boros D., Burek J. 2005. Zmienność i współzależność cech jakości jęczmienia browarnego ze zbioru w 2004 roku. *Komunikat. Biul. IHAR* 235:155 — 162.
- Polska Norma, PN-A-79083, styczeń 1998.
- Powell W., Caligari P.D.S., Swanston J. S., Jinks J. L. 1985. Genetical investigations into beta-glucan content in barley. *Theor. Appl. Genet.* 71: 461 — 466.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC, USA: SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- Sharma R.K., Verma R.P.S. 2010. Effect of irrigation, nitrogen and varieties on the productivity and grain malting quality in barley. *Cereal Res. Commun.* 38 (3): 419 — 428.
- Swanston J.S. 1983. An alternative approach to breeding for high diastatic power in barley. *Euphytica.* 32: 919 — 924.
- Swanston J.S., Ellis R.P., Rubio A., Perez-Vendrell A., Molina-Cano J.L. 1995. Differences in malting performance between barleys grown in Spain and Scotland. *J. Inst. Brew.* 101 (4): 261 — 265.
- Vargas L., Molina-Cano J.L., Hassan S. 1983. A quality index for the assessment of barley varieties. *Monatsschr. Brauwissen.* 12: 481 — 485.
- Vigier B.J., Choo T.M., Fregeau-Reid J. 2009. Exploring associations between agronomic and chemical composition traits for barley improvement. *Cereal Res. Commun.* 37 (1): 111 — 119.
- Wang J.M., Chen J.X., Dai F., Wu F.B., Yang J.M., Zhang G.P. 2007. Protein fractions in barley grains as affected by some agronomic factors and their relationships to malt quality. *Cereal Res. Commun.* 35: 129 — 140.
- Węgrzyn S., Bichoński A. 2001. Zróżnicowanie i genetyczne uwarunkowanie cech wartości technologicznej jęczmienia jarego browarnego. *Biul. IHAR* 220: 153 — 160.
- 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.

*PODZIĘKOWANIA*

*Autorzy dziękują pracownikom inżynieryjno-technicznym SPOJPR, IHAR — PIB za zaangażowanie i pomoc w wykonaniu analiz chemicznych.*