

DAMIAN GOŁĘBIEWSKI¹**KINGA MYSZKA**¹**ANNA FRAŚ**¹**DANUTA BOROS**¹**JANUSZ BUREK**²**DARIUSZ R. MAŃKOWSKI**³¹ Samodzielna Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych² Zakład Roślin Zbożowych, Oddział Kraków³ Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

Ocena zróżnicowania genotypowego i środowiskowego cech wartości browarnej rodów jęczmienia jarego z doświadczeń przedrejestrowych z roku 2012

Evaluation of genetic and environmental variability of traits that determine malting quality of spring barley lines from preliminary trials in 2012

Materiałem badawczym było ziarno 25 rodów jęczmienia jarego browarnego oraz 3 odmian wzorcowych, Blasku, Conchity i Suwerena, uczestniczących w doświadczeniach wstępnych w roku 2012. Ziarno każdego rodu i odmiany pochodziło z trzech różnych warunków uprawy: Bąkowa, Radzikowa i Strzelec. Oceny wartości technologicznej ziarna dokonano na podstawie 12 parametrów: masy 1000 ziaren, celności, zawartości białka ogółem i białka rozpuszczalnego słoju, liczby Kolbacha, kruchości, ekstraktywności, lepkości brzezki, siły diastatycznej, zawartości β -glukanu, stopnia ostatecznego odfermentowania oraz wskaźnika Q. Dla tych parametrów jakości obliczono następnie współczynniki zmienności (CV%) i korelacji (r) oraz przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji, jak również wyznaczono grupy jednorodne. Wyniki badań wykazały istotne zróżnicowanie parametrów jakości technologicznej w obrębie analizowanego materiału i pozwoliły na uszeregowanie kandydujących do rejestracji rodów jęczmienia pod względem przydatności ziarna do słodowania.

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

Material for the study comprised of 25 lines of spring malt barley and three standard varieties, Blask, Conchita and Suweren tested in pre-registration field trials conducted in 2012. The grain of each line or variety was harvested at three different locations, Bąków, Radzików and Strzelce. The malting value was estimated on the basis of 12 parameters: 1000 grain weight, grain plumpness, total and

soluble malt protein, Kolbach index, malt friability, extractability, wort viscosity, diastatic power, content of β -glucan, final fermentation degree and quality index Q. For these parameters coefficients of variation (CV%) and correlation coefficients were calculated as well as two-way analysis of variance and Tukey's test were performed. Results of the study revealed significant variability of all parameters of technological quality for tested material and allowed to rank the candidate lines of barley for registration according to their usefulness for malting.

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

WSTĘP

W obliczu rosnącej konkurencji w przemyśle piwowarskim browarnicy stawiają coraz wyższe wymagania ziarnu jęczmienia przeznaczonemu do słodowania. Producenci oraz hodowcy jęczmienia browarnego muszą dostosować się do tych rosnących wymagań. Rolą producentów surowca przeznaczanego do przetwórstwa na sód jest wybór odmiany najlepiej dostosowanej do istniejących warunków agroklimatycznych i zastosowanie do jej uprawy właściwej technologii. Jęczmień jary ma opinię zboża trudniejszego w uprawie, aniżeli inne gatunki, ze względu na słabo rozwinięty system korzeniowy i krótszy okres wegetacji (Słaboński, 1976). Te dwie cechy jęczmienia jarego określają jego większe wymagania pokarmowe, a także dużą wrażliwość na niekorzystne warunki pogodowe i glebowo-agrotechniczne. Do osiągnięcia wysokich plonów wymaga on gleb zasobnych w składniki pokarmowe, a przede wszystkim utrzymanych w wysokiej kulturze rolnej (Słaboński, 1976). Kluczowym elementem w uprawie jęczmienia browarnego jest umiejętne stosowanie nawozów mineralnych, w szczególności nawozów azotowych, w wysokości pozwalającej na uzyskanie maksymalnego w danych warunkach plonu o pożądanych cechach technologicznych ziarna. Azot potrzebny jest roślinie do osiągnięcia wysokich plonów. Jednak nadmierne stosowanie nawozów azotowych może prowadzić do zbyt dużego wzrostu zawartości białka w ziarnie, powyżej poziomu optymalnego. Dla jęczmienia przeznaczanego do słodowania poziom ten nie powinien przekraczać 11,5% (Kamińska-Klockiewicz, 2005; Pecio i Bichoński, 2009, Liszewski i in., 2011). Nawozy potasowe z kolei poprawiają wypełnienie ziarna, zmniejszają podatność na choroby, ograniczają zawartość białka i tym samym zwiększają poziom skrobi w ziarnie, zaś nawozy fosforowe zapobiegają wyleganiu, przyspieszają rozwój i wpływają na wymierną poprawę ekstraktywności (Słaboński, 1976).

Rolą hodowców jest tworzenie nowych odmian jęczmienia o genotypach bardzo stabilnych, które posiadają przewidywalny zespół cech warunkujących wysoką przydatność ziarna do słodowania przy zachowaniu możliwie wszystkich cech agronomicznej użyteczności, a więc odpornych na choroby i szkodniki, wysoko plonujących w różnych warunkach glebowo-klimatycznych, przy zastosowaniu opracowanej dla nich technologii uprawy, czyli o dużej adaptacji do warunków środowiskowych i uprawowych. Coraz lepiej poznawane sposoby dziedziczenia oraz odkrywane nowe źródła genetyczne cech warunkujących wysoką wartość użytkową wraz z możliwościami wykorzystania w hodowli roślin nowoczesnych metod hodowlanych, gwarantują osiągnięcie stałego postępu hodowlanego również w jęczmieniu browarnym (Rae i in., 2006; Anioł, 2010).

Celem niniejszej pracy było określenie zróżnicowania genetycznego i wpływu środowiska na cechy jakości browarnej ziarna nowych polskich rodów jęczmienia jarego selekcyonowanych w kierunku browarnym, a także ocena współdziałania tych cech.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były trzy zestawy ziarna, każdy składający się z 25 rodów jęczmienia jarego browarnego oraz 3 odmian wzorcowych: Blasku, Conchity, Suwerena pochodzących z upraw w Bąkowie, Radzikowie i Strzelcach z doświadczeń wstępnych przeprowadzonych w 2012 roku.

Kryteriami oceny wartości browarnej były w ziarnie: masa 1000 ziaren (MTZ), celność; w słodzie: kruchość, zawartość białka ogólnego i rozpuszczalnego, liczba Kolbacha, siła diastatyczna, ekstraktywność; w brzezce kongresowej: lepkość, stopień ostatecznego odfermentowania, zawartość β -glukanu. Wartości uzyskane dla pięciu wymienionych cech posłużyły do wyliczenia wskaźnika jakości Q, przyjmującego wartości w przedziale 0–9 (Vargas i in., 1983; Molina-Cano, 1987; Klockiewicz-Kamińska, 2005). Proces słodowania, oznaczenia celności, kruchości i masy 1000 ziaren przeprowadzono w Zakładzie Roślin Zbożowych, IHAR — PIB w Krakowie. Pozostałe oznaczenia parametrów jakości jęczmienia browarnego przeprowadzono w SPOJPR w IHAR-PIB w Radzikowie. Słodowaniu poddano 500 gramowe próby ziarna o średnicy powyżej 2,5 mm. Proces słodowania prowadzono w temperaturze około 12°C i wilgotności nie niższej niż 95% ogółem przez 7 dni, wliczając okres pochłaniania wody przez ziarno. Oznaczenie białka przeprowadzono zgodnie z normą PN-A-79083-9 na aparacie Kjeltec Auto 1030 Analyser. Oznaczenie zawartości ekstraktu przeprowadzono w oparciu o metodykę podaną w normie PN-A-79083-6, przy użyciu gęstościomierza Anton Paar DMA 48. Siłę diastatyczną słodu wyznaczono wg normy PN-A-79083-10. Lepkość brzezki wyznaczono przy pomocy lepkościomierza Brookfield LVTDV-II z obracającym się walcem. Zawartość β -glukanu w brzezce oznaczono metodą fluorymetryczną z kalkofluorem (Analytica-EBC, Method 8.13.2). Stopień ostatecznego odfermentowania oznaczono wg metody EBC (Analytica-EBC, Method 8.6.1) przy użyciu gęstościomierza Anton Paar DMA 48.

Dane dla zawartości białka w słodzie, β -glukanu wysokocząsteczkowego, ekstraktywności słodu i lepkości brzezki opracowano za pomocą dwuczynnikowej analizy wariancji przy użyciu Systemu SAS w wersji 9.3 (SAS, 2009). Dodatkowo, w celu oszacowania udziału poszczególnych komponentów wariancyjnych w ogólnej zmienności analizowanych cech, przeprowadzono analizę komponentów wariancyjnych metodą REML (Mądry i in., 2010). Dla wszystkich rozpatrywanych cech wyznaczono współczynniki korelacji liniowej Pearsona.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zróznicowanie genotypowe parametrów wartości browarnej ziarna badanych rodów i odmian wzorcowych jęczmienia jarego z doświadczeń przedrejstrowych oraz otrzymanych z nich sładów i brzeczek przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Monitoring wartości browarnej rodów jęczmienia jarego z doświadczeń wstępnych z 2012 roku (wartości średnie z 3 miejsc uprawy)
Monitoring of brewing value of barley lines from preliminary field experiments in 2012 (mean values from 3 locations)

Linie, odmiany Lines, varieties	MTZ TKW (g)	Celność Plumpness (%)	Kruchość sładów Friability (%)	Białko sładów Malt protein (% sm)	Białko rozpuszczalne Malt soluble protein (% sm)	Liczba Kolbacha Kolbach index (%)	Ekstrakt mąki Extractability (% sm)	Lepkość brzeczeki Wort viscosity (mPa.s)	Odfementowanie Fermentability (%)	Siła diastatyczna Diastatic power (j.W-K)	β-glukan brzeczeki Wort β-glucan (mg/l)
BKH 406	45,2	93,8	62,8	9,97 ^{ml}	4,65	46,8	81,2 ^{efg}	1,46 ^{defghi}	84,4	217	64 ^l
BKH 408	47,4	96,9	62,1	10,45 ^{ghi}	5,16	49,3	81,1 ^{fgh}	1,49 ^{abcd}	85,5	300	100 ^{de}
NAD 08012	41,6	95,9	65,0	11,18 ^b	4,94	44,3	80,2 ^{klm}	1,48 ^{cdefg}	86,6	330	65 ^{kl}
NAD 08039	46,1	96,8	65,0	10,36 ^{hij}	4,61	44,7	80,7 ^{hij}	1,51 ^{abc}	85,6	273	82 ^f
NAD 08047	44,4	92,9	69,0	9,79 ^{mn}	4,55	46,5	81,1 ^{fgh}	1,46 ^{defghi}	88,2	290	40 ^{no}
NAD 08063	45,1	95,3	58,9	11,00 ^{bc}	5,12	46,7	79,6 ⁿ	1,51 ^{abc}	84,4	280	105 ^{cd}
NAD 07042	42,2	93,0	67,9	10,17 ^{jk}	4,49	44,3	80,0 ^{lmn}	1,45 ^{efghij}	87,5	313	81 ^{fg}
NAD 070375	46,7	95,0	63,0	10,26 ^{ijk}	4,78	46,7	81,5 ^{def}	1,47 ^{defgh}	87,4	280	72 ^{ij}
RAH 165/09	42,7	95,4	72,6	10,60 ^{efg}	5,17	48,8	81,6 ^{cde}	1,44 ^{hijk}	87,7	333	51 ^m
RAH 227/09	43,2	96,1	71,0	11,47 ^a	5,29	46,4	80,8 ^{ghi}	1,44 ^{ghijk}	85,0	263	20 ^r
POB 6535/08	42,6	97,1	64,0	10,84 ^{cd}	4,94	45,7	81,2 ^{efg}	1,42 ^{kl}	87,3	283	39 ^{nop}
POB 6493/08	47,1	97,3	59,3	10,52 ^{gh}	4,51	43,1	80,4 ^{kl}	1,50 ^{abcd}	85,5	313	107 ^c
POB 02/11A	45,1	95,2	71,5	10,74 ^{de}	4,92	46,3	80,0 ^{klm}	1,44 ^{hijk}	85,4	320	33 ^q
POB 04/11A	44,6	96,3	65,0	10,73 ^{def}	5,02	47,0	80,2 ^{klm}	1,47 ^{defgh}	85,4	300	73 ^{hij}
POB 3415/08	44,6	95,8	61,2	10,78 ^{de}	5,03	46,9	79,8 ^{mn}	1,48 ^{bcdef}	85,8	297	70 ^{jk}
STH 86986	42,1	94,5	70,2	9,44 ^o	4,68	49,7	81,9 ^{abc}	1,42 ^{kl}	88,8	297	38 ^{nopq}
STH 92658	44,5	98,6	74,6	9,56 ^o	4,67	48,9	81,6 ^{cde}	1,43 ^{ijkl}	87,7	320	61 ^l
STH 92668	43,9	97,8	76,4	9,52 ^o	4,80	50,5	82,3 ^a	1,40 ^l	88,3	313	36 ^{opq}
STH 92788	43,0	98,0	65,5	10,53 ^{fgh}	5,14	48,8	82,1 ^{ab}	1,45 ^{ghijk}	88,2	403	35 ^{qp}
STH 92795	42,2	94,8	70,0	10,17 ^{jk}	5,20	51,1	81,8 ^{bcd}	1,44 ^{hijk}	86,6	353	43 ⁿ
STH 93686	43,4	95,7	69,8	9,57 ^o	5,15	53,9	81,8 ^{bcd}	1,45 ^{efghijk}	86,9	243	78 ^{fgh}
STH 94195	42,3	96,5	69,8	10,63 ^{efg}	5,40	51,0	81,7 ^{bcd}	1,42 ^{kl}	87,3	327	39 ^{nop}
STH 95391	45,0	97,7	74,5	10,22 ^{jk}	4,82	47,3	81,8 ^{bcd}	1,45 ^{ghijk}	85,7	283	76 ^{ghi}
DM 8887/05	40,1	90,9	64,7	10,11 ^{kl}	4,70	46,6	80,7 ^{hij}	1,46 ^{defghi}	87,1	300	34 ^q
DM 5605/08	47,1	97,9	39,1	11,14 ^b	4,75	42,6	78,6 ^o	1,51 ^{abc}	83,6	223	144 ^a
Blask	43,1	95,6	66,5	10,34 ^{hij}	4,88	47,2	81,4 ^{def}	1,51 ^{ab}	85,7	283	115 ^b
Conchita	47,3	96,3	69,2	9,94 ^{lmn}	4,74	47,7	81,7 ^{cd}	1,49 ^{bcde}	86,6	287	99 ^c
Suweren	43,4	93,8	49,9	9,78 ⁿ	4,53	46,4	80,4 ^{ijk}	1,52 ^a	85,3	220	78 ^{fgh}
Wart. średnie Mean values	44,1	95,8	65,7	10,3	4,9	47,3	81,0	1,46	86,4	295	67
sd	1,9	1,7	7,5	0,5	0,3	2,5	0,9	0,03	1,3	39	30
CV	4	2	11	5	5	5	1	2	2	13	44

sd — odchylenie standardowe — standard deviation; CV — współczynnik zmienności — coefficient of variation

* — Wartości w kolumnach opatrzone różnymi literami, na podstawie procedury porównań wielokrotnych Tukeya różnią się istotnie przy poziomie $p \leq 0,05$ — Values in columns with different letters are significantly different at $p \leq 0,05$ according to Tukey's multiple comparison procedure

TKW — Thousand kernel weight

Cechy fizyczne ziarna wykazały małą zmienność genotypową. MTZ było na poziomie 4%, w zakresie od 41,6 do 47,4 g, podczas gdy celność tylko 2%, w zakresie od 90,9 do 98,6%. Generalnie, ziarno przeznaczone do słodowania powinno być dobrze wypełnione oraz wyrównane, gdyż tylko ziarno o takich cechach gwarantuje równomierne wchłanianie wody oraz równomierne kiełkowanie i w efekcie możliwość uzyskania słodu wysokiej klasy (Pazera i Rzemieniuk, 1998). W literaturze spotyka się dane o bardzo szerokim zakresie MTZ wynoszącym dla oplewionych form jęczmienia jarego od 34 do 54,0g (Kawka i in., 1998; Bichoński, 2003; Liszewski i in., 2011; Gołębiewski i in., 2012). Nie ma ustalonych norm technologicznych wartości tej cechy, lecz wg Kowalskiej i Ruśniaka (1973) dobre odmiany browarne należą najczęściej do form o średnich rozmiarach ziarna, które dosortowane, czyli o grubości powyżej 2,5 mm wykazują MTZ w granicach od 38 do 42 g. Oprócz MTZ, procentowy udział ziarna celnego jest ważną cechą w pracach hodowlanych jak i w selekcji odmian jęczmienia browarnego o wysokiej przydatności do słodowania. Celność ziarna jęczmienia przeznaczonego na cele browarne powinna być powyżej 90% (Klockiewicz-Kamińska, 2005). Ziarno celne, zwane też ziarnem technicznym to ziarno o grubości powyżej 2,5 mm zawierające więcej skrobi i mniejszy udział łuski aniżeli ziarno drobniejsze.

Słód otrzymany z ziarna wyprodukowanego w 2012 roku charakteryzował się niedostateczną kruchością. Średnia wartość tej cechy była na poziomie 65,7%, w zakresie od 39,1 dla rodu DM 5605/08 do 76,4%, dla rodu STH 96668. Słód dobrej jakości powinien mieć wartość tej cechy w granicach 78–81%, a bardzo dobrej jakości powyżej 81% (Kunze, 2010). W niniejszych badaniach niska kruchość słodu wpłynęła niekorzystnie na ekstraktywność, której średnia wartość wyniosła 81,4%, w zakresie od 78,6, dla rodu DM5605/08 do 82,3%, dla rodu STH 92668. Te skrajne wartości ekstraktywności dla podanych wyżej rodów różniły się istotnie od wartości uzyskanych dla pozostałych rodów i odmian wzorcowych. Ekstraktywność słodu jest najważniejszym wskaźnikiem jakości, gdyż na jej podstawie oblicza się wydajność i ustala wielkość zasypu. Słód jest tym lepszy im wyższa jest jego ekstraktywność (Kowalska i Ruśniak, 1973; Kunze, 2010). Cecha ta w 40% wpływa na sumaryczną wartość Q, ma więc zasadnicze znaczenie w selekcji hodowlanej jęczmienia na wartość browarną (Klockiewicz-Kamińska, 2005). Zawartość białka słodu w materiale analizowanym w 2012 roku była istotnie zróżnicowana, wartość średnia była na poziomie 10,3%, w zakresie od 9,4%, dla rodu STH 86986, do 11,5%, dla rodu RAH 227/09, i w odniesieniu do wartości był to poziom odpowiedni dla jęczmienia browarnego, podczas gdy wartość maksymalna była już za wysoka według norm zalecanych przez Kunze (2010). Według tego autora w słodzie dobrej jakości jego poziom powinien być poniżej 10,8% i jest on zazwyczaj o 0,5 jednostki procentowej niższy aniżeli zawartość białka w ziarnie. Z zawartością białka w słodzie wiąże się bezpośrednio liczba Kolbacha, wyrażająca stopień rozpuszczalności białka w brzeczce i jest wskaźnikiem modyfikacji proteolitycznej słodu (Kunze, 2010). Średnia wartość tej cechy wyniosła dla badanych rodów 47,3%, w zakresie od 42,6%, dla rodu DM 5605/08, do 53,9%, dla rodu STH 93686, wskazując na bardzo dobrą modyfikację białka w otrzymanych słodach. W odniesieniu do siły diastatycznej, wartość której wskazuje potencjał amylolityczny słodu, materiał analizowany z roku 2012 charakteryzował się wartością średnią 295 jdn.

W-K, w zakresie od 217, dla rodu BKH 406, do 403 jdn. W-K, dla rodu STH 92788. W sładach jasnych wartość tej cechy wynosi zazwyczaj od 240 do 260 jdn. W-K, niższa siła diastatyczna wskazuje na możliwość niecałkowitej konwersji skrobi w glukozę w trakcie zacierania brzezki i w efekcie uzyskanie piwa bardzo słodkiego częściowo odfermentowanego z niską zawartością alkoholu (Kunze, 2010). Lepkość brzezki kongresowej oraz zawartość w niej β -glukanu była także istotnie zróżnicowana dla badanych rodów. Wartość średnia lepkości wynosiła 1,46 mPa·s, w zakresie od 1,40 mPa·s, dla rodu STH 96668, do 1,52 mPa·s, dla odmiany wzorcowej Suveren. Podobne wyniki dla tego parametru uzyskał Bichoński (2003) analizując 353 odmian i rodów jęczmienia browarnego w latach 1999–2001. Wyższe wartości lepkości brzezki stwierdzili w swoich badaniach Ploch i in. (2005) oraz Gołębiowski i in. (2012) przy podobnie niskim współczynniku zmienności, na poziomie 1–3%. Średnia zawartość β -glukanu w brzezce była na poziomie 67 mg/l, w zakresie od 20, dla rodu RAH 227/09 do 144 mg/l, dla rodu DM 5605/08 i te obie skrajne wartości różniły się istotnie od wartości dla pozostałych rodów i była parametrem jakości o najwyższej zmienności (44%). Ploch i in. (2005), a także Gołębiowski i in. (2012) uzyskali wyższe wartości tego parametru, jednakże zmienność tej cechy kształtowała się u nich na równie wysokim poziomie.

Tabela 2

Wpływ miejsca uprawy na wartości wyróżników wartości browarnej jęczmienia jarego dla materiału ze zbioru 2012 roku

Effect of location on qualitative brewing traits values for spring barley harvested in 2012 year

Cecha Trait	Bąków	Radzików	Strzelce	Współczynnik zmienności Coefficient of variation
MTZ Thousand kernel weight (g)	42,2	44,5	45,8	3,4
Celność Plumpness (%)	92,4	98,1	96,8	2,8
Kruchość Friability (%)	59,2	73,2	64,6	8,8
Białko słodu Malt protein (% s.s.)	10,78 ^b	9,42 ^c	10,84 ^a	6,3
Białko rozpuszczalne Soluble malt protein (% s.s.)	4,70	4,66	5,28	5,8
Liczba Kolbacha Kolbach Index (%)	43,8	49,5	48,7	5,3
Ekstraktywność Extractability (% s.s.)	79,9 ^c	81,4 ^b	81,6 ^a	0,9
Lepkość brzezki Wort viscosity (mPa*s)	1,47 ^b	1,42 ^c	1,49 ^a	2,0
Odfermentowanie Fermentability(%)	86,9	86,4	86,0	0,4
Siła diastatyczna Diastatic power (°W-K)	303	270	310	5,9
β -glukan β -glucan (mg/l)	55 ^b	50 ^c	96 ^a	31

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 $p \leq 0,05$

Wpływ miejsca uprawy oraz interakcję G×E dla cech wartości browarnej ziarna badanych rodów i odmian wzorcowych jęczmienia jarego z doświadczeń przedrejestrowych oraz otrzymanych z nich sładów i brzecek przedstawiono w tabelach 2–4.

Tabela 3

Współczynniki korelacji cech wartości browarnej ziarna jęczmienia jarego pomiędzy poszczególnymi miejscami uprawy
Correlation coefficients between brewing traits values of spring barley from particular locations

Cecha Trait	Bąków- Radzików	Bąków- Strzelce	Radzików- Strzelce
MTZ Thousand kernel weight	0,701	0,784	0,847
Celność Plumpness	0,362	0,371	0,536
Kruchość Friability	0,705	0,820	0,793
Białko słodu Malt protein	0,557	0,604	0,506
Białko rozpuszczalne Soluble malt protein	-0,108	-0,035	0,762
Liczba Kolbacha Kolbach Index	0,254	0,119	0,758
Ekstraktywność Extractability	0,769	0,822	0,771
Lepkość brzezki Wort viscosity	0,314	0,190	0,280
Odfermentowanie Fermentability	0,283	-0,034	0,611
Siła diastyczna Diastatic power	0,748	0,625	0,867
β-glukan brzezki Wort β-glucan	0,751	0,828	0,833

Wartość krytyczna współczynnika korelacji Pearsona wynosi $r = 0,4785$ przy poziomie prawdopodobieństwa $p \leq 0,01$
 Critical Pearson's correlation coefficient value is $r = 0,4785$ for $p \leq 0,01$

Tabela 4

Analiza wariancji wybranych cech determinujących wartość browarną jęczmienia
Analysis of variance for selected parameters that determine malting quality of barley

Cecha Trait	Odmiana Variety		Miejsce uprawy Location of field trial		Interakcja G×E Interaction G×E	
	MS	p-value	MS	p-value	MS	p-value
Białko słodu Malt protein	1,74	<0,0001	36,05	<0,0001	0,41	<0,0001
Ekstraktywność Extractability	4,57	<0,0001	45,76	<0,0001	0,39	<0,0001
Lepkość brzezki Wort viscosity	0,006	<0,0001	0,073	<0,0001	0,003	<0,0001
β -glukan brzezki Wort β-glucan	5478,04	<0,0001	36415,10	<0,0001	598,68	<0,0001

MS — średnia kwadratów odchyień; mean square

Stwierdzono małe zróżnicowanie MTZ i celności ziarna, około 3%, pomiędzy miejscami uprawy jęczmienia, jednakże dla masy ziarniaka pomiędzy tymi trzema miejscowościami uzyskano wysoce istotne współczynniki korelacji, wskazujące na wysokie uwarunkowanie genetyczne tej cechy. Podobnie wysoce istotne współczynniki korelacji pomiędzy poszczególnymi miejscami uprawy jęczmienia uzyskano dla kruchości słodu, białka słodu, ekstraktywności, siły diastatycznej i zawartości β -glukanu przy bardzo różnym ich zróżnicowaniu związanym z miejscem uprawy, wynoszącym od 1 do 31%.

Miejsce uprawy miało istotny wpływ na zawartość białka w słodzie, jego ekstraktywność i zawartość β -glukanu, a także na lepkość brzezki. Istotnie wyższą ekstraktywność (81,4 i 81,6%) miały słody wyprodukowane z ziarna pochodzącego z Radzikowa i Strzelec, aniżeli te otrzymane z ziarna z Bąkowa (79,9%). Warunki uprawy w Bąkowie i Strzelcach sprzyjały istotnie większej ilości białka w słodzie (10,8%) oraz wyższej lepkości brzezki (1,47 i 1,49 mPa·s) w porównaniu do wartości tych cech (9,4% i 1,42 mPa·s) dla słodów uzyskanych z ziarna otrzymanego z warunków Radzikowa. Z kolei z ziarna wyprodukowanego w warunkach Strzelec uzyskano brzezki o wysoce istotnie wyższej zawartości β -glukanu, średnio o 83%, w porównaniu do β -glukanu w brzezkach uzyskanych z ziarna jęczmienia pochodzącego z Bąkowa i Radzikowa. Dla każdej z wyżej wymienionych cech uzyskano także istotne interakcje G×E, co wskazuje na możliwość wyboru rodów stabilnych, gwarantujących wysoką wartość browarną niezależnie od warunków uprawy (Oleksiak i Mańkowski, 2007).

Analiza komponentów wariancyjnych (tab. 5) wykazała, że genotyp ma największy wpływ na zawartość β -glukanu (46%), następnie na ekstraktywność słodu (41%), a najmniejszy na zawartość białka (21%). Środowisko w największym stopniu modyfikuje natomiast zawartość białka (60%), następnie ekstraktywność (47%) i β -glukan (36%). Również Bichoński (2003) stwierdził najwyższy udział czynników środowiska w zmienności zawartości białka w analizowanym materiale, przy stosunkowo niskim współczynniku jej genetycznego uwarunkowania.

Tabela 5

Badanie udziału środowiska, genotypu i interakcji G×E w kształtowaniu się zmienności analizowanych cech

Estimation of genotype, environment and interaction G×E shares in variance of analyzed parameters

Składowa Component	Ekstraktywność Extractability	Białko słodu Malt protein	β -glukan brzezki Wort β -glucan
Genotyp (G) Genotype	0,697 (40,6%)	0,223 (20,9%)	0,813 (46,4%)
Miejscowość (E) Location	0,810 (47,1%)	0,636 (59,6%)	0,639 (36,4%)
Interakcja G×E Interaction G×E	0,177 (10,3%)	0,200 (18,7%)	0,296 (16,9%)
Błąd Error	0,034 (2,0%)*	0,008 (0,8%)	0,006 (0,3%)

*W nawiasach podano procentowy udział genotypu i środowiska w zmienności danej cechy

*In parentheses percentages of contribution of genotype and environment to variability of selected trait are given

Na podstawie wyliczonego wskaźnika Q, który oparty jest na klasach jakości wyliczonych wg zaleceń COBORU (2005) w stosunku do odmiany Blask, dla 5 podstawowych cech oceny browarnej słoju i brzezki, wyodrębniono pięć kategorii wartości browarnej dla 25 rodów jęczmienia jarego badanych z roku 2012 (tab. 6).

Tabela 6

Klasy jakości i ranking rodów jęczmienia jarego pod względem wartości browarnej w stosunku do odmiany wzorcowej Blask

Malting quality categories and ranking of spring barley lines in relation to check variety Blask

Linie, odmiany Lines, varieties	Liczba Kolbacha Kolbach index (%)	Ekstrakt mąki Extractability (% sm)	Lepkość brzezki Wort viscosity (mPa,s)	Odfermen- towanie Fermentability (%)	Siła diastatyczna Diastatic power (j.W-K)	Q	Kategoria wartości browarnej Malting quality category
Blask	47,2	81,4	1,51	85,7	283		
STH 92668	7	8	8	9	7	7,85	
STH 94195	8	7	8	8	7	7,45	
STH 92788	6	7	7	9	9	7,45	dobra do
STH 92795	8	7	7	7	9	7,45	bardzo dobrej
STH 86986	7	7	8	9	6	7,30	good to very
RAH 165/09	6	6	7	9	8	6,90	good
STH 93686	9	7	7	8	3	6,85	(6,75-7,99)
STH 92658	6	6	7	9	7	6,75	
Conchita	5	7	6	7	5	6,25	
NAD 070375	4	6	7	9	5	6,15	dobra
STH 95391	5	7	7	5	5	6,10	good
NAD 08047	4	5	7	9	5	5,75	(5,50-6,74)
POB 6535/08	4	5	8	8	5	5,75	
BKH 408	6	5	6	5	6	5,45	
DM 8887/05	4	4	7	8	6	5,35	
NAD 07042	3	2	7	9	7	4,70	
POB 04/11A	5	3	7	5	6	4,65	średnia do
NAD 08012	3	3	6	7	7	4,65	dobrej
RAH 227/09	4	4	7	4	4	4,45	average to good
NAD 08039	3	4	6	5	5	4,45	(4,25-5,49)
BKH 406	4	5	7	3	2	4,40	
POB 02/11A	4	2	7	5	7	4,25	
POB 3415/08	5	2	6	6	6	4,25	
POB 6493/08	2	3	6	5	7	4,20	średnia
Suweren	4	3	6	4	2	3,60	average
NAD 08063	4	2	6	3	5	3,50	(3,00-4,24)
DM 5605/08	1	1	6	1	2	1,90	niebrowarna not for malting (<3,00)

Spośród tych rodów osiem rodów znalazło się w najwyższej kategorii wartości browarnej, tj. dobrej do bardzo dobrej (Q — 6,75 do 7,99), siedem z nich pochodziło z hodowli strzeleckiej oraz jedna z hodowli smolickiej, z Radzikowa. W grupie dobrej (Q — 5,50 do 6,74) sklasyfikowano odmianę wzorcową Conchita oraz cztery rody, w tym dwa z poznańskiej hodowli i po jednym z hodowli strzeleckiej oraz małopolskiej. Najwięcej badanych rodów (10) charakteryzowało się średnią do dobrej kategorią wartości browarnej

(Q — 4,25 do 5,49), dwa rody wraz z odmianą Suveren kategorią średnią, a jeden ród sklasyfikowano jako niebrowarny.

Wyznaczone współczynniki korelacji między parametrami determinującymi wartość browarną jęczmienia wykazały istnienie istotnej współzależności pomiędzy kruchością, a pozostałymi cechami jakości, z wyjątkiem białka ogółem oraz białka rozpuszczalnego słodu (tab. 7).

Tabela 7

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

Cecha Trait	Celność ziarna Grain plump- ness	Kruchość słodu Malt friability	Białko słodu Malt protein	Białko roz- puszczalne Soluble malt protein	Liczba Kolbacha Kolbach index	Ekstrakt mąki Extractab- ility	Lepkość brzeczki Wort viscosity	Odfermen- towanie Fermenta- bility	Siła Dias- tacyjna Diastatic power	β -glukan brzeczki Wort β -glucan
MTZ Thousand grain weight	0,438*	-0,332	0,064	-0,214	-0,275	-0,233	0,446*	-0,480**	-0,325	0,612**
Celność ziarna Grain plumpness		0,027	0,220	0,269	0,060	0,132	-0,107	-0,109	0,188	0,233
Kruchość słodu Malt friability			-0,339	0,219	0,543**	0,709**	-0,711**	0,603**	0,486**	-0,618**
Białko słodu Malt protein				0,471*	-0,495**	-0,579**	0,242	-0,517**	0,081	0,123
Białko rozpuszczalne Soluble malt protein					0,530**	0,182	-0,291	-0,038	0,330	-0,258
Liczba Kolbacha Kolbach index						0,722**	-0,535**	0,453*	0,229	-0,380
Ekstraktywność Extractability							-0,585**	0,665**	0,340	-0,482**
Lepkość brzeczki Wort viscosity								-0,661**	-0,435*	0,772**
Odfementowanie Fermentability									0,564**	-0,585**
Siła diastacyjna Diastatic power										-0,418*

Wartość krytyczna współczynnika korelacji Pearsona wynosi (*) $r = 0,3739$ przy poziomie istotności $p \leq 0,05$; (**) oraz $r = 0,4785$ przy poziomie istotności $p \leq 0,01$

Critical Pearson's correlation coefficient value is (*) $r = 0,3739$ for $p \leq 0,05$; (**) $r = 0,4785$ for $p \leq 0,01$

Ze wzrostem kruchości słodu wzrastała jego ekstraktywność ($r = 0,71$) i stopień modyfikacji proteolitycznej ($r = 0,54$) oraz odfermentowanie brzeczki ($r = 0,60$), a malała lepkość brzeczki ($r = -0,71$) i zawartość w niej β -glukanu ($r = -0,62$). Śmiałowski i Bichoński (2003) na podstawie analizy ścieżkowej siedmiu cech jakościowych z doświadczeń wieloletnich wykazali istnienie silnego bezpośredniego związku przyczynowo-skutkowego między kruchością a ekstraktywnością. W niniejszych badaniach potwierdzono obserwowaną przez Ploch i in. (2005) istotną korelację pomiędzy

lepkością brzezki a zawartością w niej β -glukanu. Stwierdzono (Gołębiewski i in., 2012) korzystną dla prac hodowlanych dodatnią zależność między celnością, a masą 1000 ziaren ($r = 0,44$). Przygotowywana praca na temat uzyskanego postępu hodowlanego w jęczmieniu browarnym w Polsce na podstawie wyników badań prowadzonych w latach 2004–2012 pozwoli na pokazanie bardziej wiarygodnych zależności między cechami jakościowymi ziarna, a cechami jakości słołu i brzezki, możliwymi do wykorzystania w typowaniu nowych rodów do produkcji słołu wysokiej jakości.

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych analiz danych jednorocznych stwierdzono, że:

1. Rody jęczmienia jarego browarnego uczestniczące w doświadczeniach wstępnych w roku 2012 wykazały wysoce istotne zróżnicowanie zawartości białka w słodzie, jego ekstraktywności oraz lepkości brzezki i zawartości w niej wysokocząsteczkowego β -glukanu.
2. Stwierdzono istotny wpływ genotypu, środowiska oraz interakcję $G \times E$ na zmienność cech determinujących wartość browarną ziarna, jednakże genotyp miał większe znaczenie w generowaniu tej zmienności.
3. Zmienność genotypowa stanowiła 46% zróżnicowania zawartości β -glukanu brzezki oraz 41% ekstraktywności, podczas gdy środowisko w 60% wpływało na zmienność zawartości białka w słodzie oraz w 47% na zmienność ekstraktywności.
4. Wysoka korelacja dodatnia między zawartością β -glukanów, a lepkością brzezki wskazuje na to, iż selekcja jęczmienia browarnego powinna iść w kierunku zmniejszenia zawartości tego składnika w ziarnie jęczmienia.
5. W kategorii browarnej dobrej do bardzo dobrej sklasyfikowano 8 rodów, spośród których siedem reprezentowało hodowlę strzelecką, jedna radzikowską.

LITERATURA

- Analytica — EBC. 2004. Edition EBC Analysis Committee. Hans Carl Getränke-Fachverlag, Nürnberg, ISBN 3-418-00759-7.
- Anioł A. 2010. Wpływ biotechnologii i procesów globalizacji w gospodarce na hodowlę roślin i wspierające ten sektor badania naukowe. *Biul. IHAR* 256: 3 — 13.
- Bichoński A. 2003. Zmienność i współzależność wybranych cech technologicznych jęczmienia jarego browarnego. *Biul. IHAR* 228:105 — 110.
- Gołębiewski D., Myszka K., Burek J., Mańkowski D. R., Boros D. 2012. Badania zmienności genetycznej i wpływu środowiska na cechy determinujące wartość browarną ziarna rodów jęczmienia jarego włączonych do badań przedrejestrowych w 2011 roku. *Biul. IHAR* 263: 19 — 31.
- Kawka A., Klockiewicz-Kamińska E., Anioła J., Cierniewska A., Gąsiorowski H. 1998. Ocena niektórych wyróżników jakościowych odmian jęczmienia uprawianego w Polsce. *Pamiętnik Puławski* 112: 89 — 91.
- Klockiewicz-Kamińska E. 2005. Metoda oceny wartości browarnej i klasyfikacja jakościowa odmian jęczmienia. *COBORU, Zeszyt* 80: 3 — 15.
- Kowalska M., Ruśniak L. 1973. Jęczmień dla przemysłu browarnego. Rozdział w książce pt.: *Jęczmień*. PWRiL, Warszawa: 230 — 262.
- Kunze W. 2010. *Technology Brewing and Malting*. 4th updated edition. VLB Berlin. ISBN 978-3-921690-64-2.

- Liszewski M., Błażewicz J., Kozłowska K., Zembold-Guła A., Szwed Ł. 2011. Wpływ nawożenia azotem na cechy rolnicze ziarna jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.* 28: 40 — 49.
- Mądry W., Mańkowski D. R., Kaczmarek Z., Krajewski P., Studnicki M. 2010. Metody statystyczne oparte na modelach liniowych w zastosowaniach do doświadczeń, genetyki i hodowli roślin. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR — PIB, Nr 34, IHAR — PIB, Radzików.*
- 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.
- Oleksiak T., Mańkowski D. 2007. Stabilność plonowania i zdolność adaptacyjna odmian jęczmienia jarego do warunków Polski. *Biul. IHAR* 246: 45 — 54.
- Pazera T., Rzemieniuk T. 1998. *Browarnictwo. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa. ISBN 83-02-06930-2.*
- Pecio A., Bichoński A. 2009. Nawożenie azotem i chemiczna ochrona roślin przed chorobami jako czynniki plonowania jęczmienia jarego. *Biul. IHAR* 252: 201 — 213.
- 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. 1998. PN-A-79083-6; 79083-8; 79083-10.
- Rae S. J., Macaulay M., Ramsay L., Leigh F., Matthews D., O'Sullivan D. M., Donini P., Morris P.C., Powell W., Marshall D. F., Waugh R., Thomas W.T.B. 2007. Molecular barley breeding. *Euphytica* 158: 295 — 303.
- SAS Institute Inc. 2009. *SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC, USA: SAS Publishing, SAS Institute Inc.*
- Słaboński A. 1976. *Jęczmień jary i ozimy. PWRiL, Warszawa.*
- Śmiałowski T., Bichoński A. 2003. Zastosowanie ścieżek do oceny współzależności między wybranymi cechami jęczmienia browarnego. *Biul. IHAR* 230: 275 — 284.
- Vargas L., Molina-Cano J. L., Hassan S. 1983. A quality index for the assessment of barley varieties. *Monatsschr. Brauwissen.* 12: 481 — 485.

PODZIĘKOWANIA

Pracownikom inżyniersko-technicznym SPOJPR IHAR — PIB za zaangażowanie i pomoc w wykonaniu analiz chemicznych. Praca była wykonana ze środków MRiRW przyznanych na realizację tematu nr 43, w ramach Postępu Biologicznego.