

DOI: 10.18832/kp201715

# Pokrok ve šlechtění ječmene jarního na sladovnickou kvalitu ve Šlechtitelské stanici Hrubčice

## Progress in Breeding of Spring Barley for Malting Quality in the Breeding Station Hrubčice

Radim KORHOŇ<sup>1</sup>, Vratislav PSOTA<sup>2</sup><sup>1</sup>Limagrains Central Europe Cereals, s. r. o., Šlechtitelská stanice PLANT SELECT, Hrubčice 111, 798 21 Bedihošť  
*Limagrains Central Europe Cereals, Ltd., Breeding Station PLANT SELECT, Hrubčice 111, 798 21 Bedihošť, Czech Republic*<sup>2</sup>Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Sladařský ústav, Mostecká 7, 614 00 Brno  
*Research Institute of Brewing and Malting Plc., Malting Institute, Mostecká 7, 614 00 Brno, Czech Republic*  
e-mail: psota@beerresearch.cz

Recenzovaný článek / Reviewed Paper

**Korhoň, R., Psota, V., 2017: Pokrok ve šlechtění ječmene jarního na sladovnickou kvalitu ve Šlechtitelské stanici Hrubčice.** Kvasny Prum. 63(3): 126–133

Studie hodnotí kvalitu sladovnických odrůd ječmene jarního, vyšlechtěných ve Šlechtitelské stanici v Hrubčicích. Za 60 let šlechtění se zvýšil obsah extraktu o 2,2 procentního bodu, úroveň relativního extraktu při 45 °C se zvýšila o 2,4 procentního bodu a Kolbachova čísla o 4,2 procentního bodu. Diastatická mohutnost se zvýšila o 60,6 j.WK. Kvalita sladiny se zvýšila o 2,8 procentního bodu a úroveň friability o 6,8 procentního bodu. Obsah β-glukanů ve sladince se snížil o 23,0 mg/l, ale byl statisticky neprůkazný. Odrůdy se podílely na zlepšení obsahu extraktu ve sladince z 12,34 %, na úrovni relativního extraktu při 45 °C z 4,84 % a Kolbachova čísla z 2,35 %. Hodnotu diastatické mohutnosti ovlivnily odrůdy z 23,44 % a kvalitu sladiny z 11,25 %. Degradace buněčných stěn byla ovlivněna odrůdou z 11,42 %, ale obsah β-glukanů ve sladince z 6,36 %.

**Korhoň, R., Psota, V., 2017: Progress in breeding of spring barley for malting quality in the Breeding Station Hrubčice.** Kvasny Prum. 63(3): 126–133

The study assesses the quality of spring barley malting varieties bred in the Breeding Station in Hrubčice. After 60 years of breeding, extract content, the level of relative extract at 45 °C, and Kolbach index increased by 2.2, 2.4, and 4.2 percentage points respectively. Diastatic power increased by 60.6 WK units. Wort quality improved by 2.8 percentage points and the friability level by 6.8 percentage points; β-glucan content in wort reduced by 23.0 mg/l but this was not statistically significant. The varieties contributed to the improvement of extract content in wort from 12.34%, to the level of relative extract at 45 °C from 4.84% and Kolbach index from 2.35%. The value of diastatic power was affected by the variety from 23.44% and wort quality from 11.25%. The degradation of cell walls was affected by the variety from 11.42% while β-glucan content from 6.36%.

**Korhoň, R., Psota, V., 2017: Fortschritte in der Zucht der Sommergerste auf die Brauqualität in der Züchterstation Hrubčice.** Kvasny Prum. 63(3): 126–133

Der Artikel beschreibt die Qualität der Sommerbraugerstensorten, die in der Züchterstation Hrubčice gezüchtet worden waren. Im Zeitraum von 60 Jahren der Züchterstationstätigkeit wurde der Gehalt an Extrakt um 2,2 Prozentpunkte, der Spiegel des Relativextrakts bei der Temperatur 45°C um 2,4 Prozentpunkte, Kolbachzahl um 4,2 Prozentpunkte erhöht. Die diastatische Kraft wurde um 60,6 WK erhöht. Die Süßwürzequalität wurde um 2,8 Prozentpunkt und Spiegel der Friabilität um 6,8 Prozentpunkte erhöht. Der Gehalt an Beta-Glukane in der Süßwürze wurde um 23,0 mg/l reduziert, aber es war statistisch nicht überzeugend. Die Sorten hatten einen Anteil an Verbesserung des Gehalts an Extrakt in der Süßwürze vom 12,34%, auf dem Spiegel des relativen Extrakts bei 45°C vom 4,84% und auf die Kolbach Zahl vom 2,35%. Der Wert der diastatischen Kraft wurde durch die Sorten vom 23,44% und die Süßwürzequalität vom 11,25% beeinflusst. Durch die Sorte wurde eine Degradation der Zellwände 11,42% und den Gehalt an Beta-Glukane in der Süßwürze vom 6,36% beeinflusst.

**Klíčová slova:** odrůda, šlechtitelský progres, sladovnická kvalita, Hrubčice**Keywords:** variety, breeding progress, malting quality, Hrubčice

## 1 ÚVOD

Studie ukazující šlechtitelský pokrok jsou vždy velice zajímavé. V případě ječmene se většina těchto studií týkala hlavně morfologických, fenologických a agronomických charakteristik (Martiniello et al., 1987; Pržulj, 1997; Ortiz et al., 2001; Abeledo et al., 2003; Žáková a Benková, 2006) a jen málo studií popisuje progres v oblasti sladovnické kvality (Passarella et al., 2003; Walmsley a Sarx, 2005).

### 1.1 Historie šlechtitelské stanice Hrubčice

Šlechtitelská stanice v Hrubčicích oslavila 60. výročí šlechtění obilnin. Stanice prošla za tu dobu mnoha změnami. V čase se měnily nároky a požadavky trhu, rasová spektra patogenů, dostupnost genetických zdrojů, technologie, které má šlechtitel k dispozici, a nejen proto má šlechtění neustálou perspektivu. Hlavním cílem šlechtitelské stanice v Hrubčicích bylo a je produkovat odrůdy, o které má pěstitel a zpracovatel zájem.

Šlechtitelská stanice (ŠS) Hrubčice vznikla v r. 1948 a z počátku byla umístěna v objektech zámečku v Hrubčicích a hospodařila na polnostech, patřících do r. 1948 Arcibiskupství olomouckému.

## 1 INTRODUCTION

Studies showing breeding progress are always very interesting. In case of barley, most of these studies dealt commonly with morphological, phonological and agronomical characteristics (Martiniello et al., 1987; Pržulj, 1997; Ortiz et al., 2001; Abeledo et al., 2003; Žáková and Benková, 2006) and only a few studies described progress in the field of malting quality (Passarella et al., 2003; Walmsley and Sarx, 2005).

### 1.1 History of the Breeding Station Hrubčice

The Breeding Station in Hrubčice celebrated the 60<sup>th</sup> anniversary of breeding of cereals. Over the time, the Station went through a lot of changes. Demands and requirements, spectra of pathogen races, genetic resources, technology available to breeders changed with time, thus breeding has had a constant perspective. The main aim of the breeding station in Hrubčice has been to produce varieties in which the breeder and processor are interested.

The Breeding Station (BS) Hrubčice was founded in 1948 and at the beginning it was placed in the manor in Hrubčice and operated in the fields belonging to 1948 to the Archdiocese of Olomouc. The Station is located ca 6km to the east from Prostějov in the most intensive area of Haná with the most fertile soils (Lekeš, 1997).

Stanice je dislokována cca 6 km východně od Prostějova v nejméně zvlášť oblasti Hané s nejurodnějšími půdami (Lekeš, 1997).

V roce 1955 se stala ŠS Hrubčice součástí Šlechtitelského a semenářského podniku Brno (Němec et al., 2000). Šlechtění obilovin se ve stanici traduje od roku 1956, kdy sem ze šlechtitelské stanice Kralice na Hané bylo přesunuto šlechtění obilovin (Lekeš, 1997).

Počínaje rokem 1960 došlo k další specializaci československých šlechtitelských stanic (Růžička, 2006) a ze šlechtitelských stanic Čelechovice na Hané, Nový Dvůr (dnes součást Olomouce) a Horní Moštěnice a Stará Ves nacházejících se nedaleko Přerova byl převeden veškerý šlechtitelský materiál obilovin do ŠS Hrubčice. V roce 1969 byla v Hrubčicích dokončena nákladem cca 5 mil. Kčs výstavba nových objektů stanice (Lekeš, 1997).

V rámci reorganizace v roce 1977 byly plodinové výzkumné ústavy organizačně spojeny s vybranými šlechtitelskými stanicemi. Problematiku obilovin řešila OSEVA, Výzkumný a šlechtitelský ústav obilnářský, Kroměříž. Úkolem tohoto ústavu byla tvorba nových odrůd obilovin a udržovací šlechtění povolených odrůd. Tato práce byla soustředěna do 6 šlechtitelských stanic včetně ŠS Hrubčice (Růžička, 2006). V letech 1978 až 1982 proběhla ve ŠS Hrubčice rozsáhlá výstavba. Byly vybudovány objekty pro biotechnologické postupy ve šlechtění, výpočetní středisko a klimatizované skleníky pro urychlení šlechtitelských postupů množením několika generací v jednom roce (Lekeš, 1997).

S politickými změnami po roce 1989 byly spojeny i změny organizační, které se dotkly i ŠS Hrubčice. V letech 1990–1993 se ŠS Hrubčice stala nejprve součástí firmy MORSTAR, Moravský šlechtitelský ústav Kroměříž, s.p. V roce 1993 byla stanice privatizována a vznikla společnost PLANT SELECT, spol. s r. o.

V roce 1999 se firma PLANT SELECT, spol. s r. o., se sídlem v Hrubčicích stala součástí firmy CEBECO SEEDS s. r. o. Od roku 2006 pak náležela společnosti Innoseeds, s. r. o. a od roku 2007 je součástí společnosti Limagrain Central Europe Cereals, s. r. o.

#### Šlechtěním ječmene jarního se ve šlechtitelské stanici Hrubčice zabývali:

Ing. K. Domkář (1955–1982) vedoucí stanice (1961–1979), šlechtil pšenici jarní a ozimou a ječmen jarní  
Ing. F. Minařík (1962–1991) vedoucí stanice (1980–1991), šlechtil ječmen jarní  
Doc. Ing. J. Bouma, CSc. (1970–1992) šlechtil ječmen jarní a pšenici ozimou  
Ing. P. Svačina (1973–2014) šlechtil ječmen jarní  
Ing. D. Komoňová (1980–dosud) šlechtí ječmen jarní.

#### 1.2 Metoda šlechtění ječmene jarního v Hrubčicích

Metoda šlechtění doznala časem jistých změn, nicméně základ je postaven na stejném modelu, který byl používán v minulosti (Svačina 1998a; 1998b; 2002; 2005a; 2005b).

Křížení se provádí na odstřiženém stéble v červnu v laboratorních podmínkách. Šlechtitelský cyklus se urychluje přepěstováním raných generací F1 a F2 mimo vegetační období ve skleníku. Individuální výběr rostlin probíhá v generaci F3 na poli následující rok po křížení. Základem odrůdy se pak stává potomstvo rostliny označené číslem výběru.

Potomstva rostlin v F4 generaci se vysévají na pole, na parcely o ploše 1 m<sup>2</sup>. Od generace F4 se zahajuje testování odolnosti proti padlí ječmene (*Blumeria graminis f. sp. hordei*). Rasy patogena k množení a následně inokulaci testovaných rostlin v zimním období dodává doc. Ing. Antonín Dreiseitl, CSc., ze Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž, s. r. o.

V generaci F5 se zakládají první informační výnosové zkoušky (1 lokalita, 1 × 10 m<sup>2</sup>). Od této generace probíhají mikroskladovací zkoušky na pracovišti Výzkumného ústavu pivovarského a sladářského, a. s.

V generaci F6 se vysévají výnosové zkoušky čtyřikrát opakované na 2 lokalitách a dvakrát opakované na dalších 2 lokalitách. Současně se zahajuje udržovací šlechtění odrůd.

V generaci F7 probíhají mezistanici předzkoušky, které jsou zakládány celkem na 9 lokalitách v České republice (6 lokalit) a Slovenské republice (3 lokality), na 3 lokalitách ve Spojeném království, 3 lokalitách v Německu a 3 lokalitách ve Francii. Všechny linie ve šlechtitelském programu jsou testovány v samostatném pokusu v podmínkách přirozené infekce běžně se vyskytujících patogenů. Pokus je zakládán na pozemku s vhodnou předplodinou. V rámci společností Limagrain Europe S.A. jsou využívány služby firemní molekulární laboratoře, zejména pak pro testování informativními markery. Byly spuštěny speciální projekty, s cílem zlepšit zdravotní

In 1955, the BS Hrubčice became a part of the Breeding and Seed-Producing Company (Němec et al., 2000). The tradition of breeding of cereals started in the station in 1956 when breeding of cereals was transferred here from the breeding station in Kralice na Hané (Lekeš, 1997).

From 1960, Czechoslovak breeding stations became further specialized (Růžička, 2006) and all cereal breeding material was transferred from the breeding stations Čelechovice na Hané, Nový Dvůr (today part of Olomouc) and Horní Moštěnice and Stará Ves, which are situated near Přerov, to the BS Hrubčice. In 1969, new breeding facilities were built in Hrubčice with costs of ca CZK 5 mil. (Lekeš, 1997).

Within the reorganization in 1977, crop research institutes were associated with the selected breeding stations. The issue of cereals was solved by OSEVA, Cereal Research and Breeding Institute, Kroměříž. The task of this institute was to create new cereal varieties and maintain breeding of the permitted varieties. This work was concentrated to six breeding stations including the BS Hrubčice (Růžička, 2006). In 1978 to 1982, new facilities for the biotechnological procedures in breeding, computing centre and air-conditioned greenhouses to speed up breeding procedures by multiplying several generations in one year were constructed in the BS Hrubčice (Lekeš, 1997).

The organization changes were connected with the political changes after 1989, these changes also involved the BS Hrubčice. Firstly, in 1990–1993, the BS Hrubčice became part of MORSTAR, the Moravian Breeding Institute in Kroměříž, state enterprise. In 1993, the station was privatized and PLANT SELECT, s. r. o., was established. In 1999, PLANT SELECT, s. r. o., with the seat in Hrubčice became part of CEBECO SEEDS Ltd. From 2006, it belonged to the company Innoseeds, s. r. o. and since 2007 it has been part of Limagrain Central Europe Cereals, s. r. o.

#### Following breeders were involved in spring barley breeding in the Breeding Station Hrubčice:

Ing. K. Domkář (1955–1982) head of the station (1961–1979), he bred spring and winter wheat and spring barley  
Ing. F. Minařík (1962–1991) head of the station (1980–1991), he bred spring barley  
Doc. Ing. J. Bouma, CSc. (1970–1992) bred spring barley and winter wheat  
Ing. P. Svačina (1973–2014) bred spring barley  
Ing. D. Komoňová (1980–so far) has been breeding spring barley

#### 1.2 Method of breeding of spring barley in Hrubčice

Although the breeding method has been modified, its basis is built on the same model which was used in the past (Svačina, 1998a; 1998b; 2002; 2005a; 2005b).

Crossing is carried out on a cut-off stem under laboratory conditions in June. The breeding cycle is accelerated by growing of the F1 and F2 generations in a greenhouse during the non-growing season. The individual selection of plants takes place in the F3 generation in the field the year after the crossing. The offspring of the plant marked by the selection number then becomes the basis of the variety.

The offspring of F4 generation plants are sown on plots of 1 m<sup>2</sup>. From F4 generation, testing of resistance to powdery mildew of barley starts (*Blumeria graminis f. sp. hordei*). Pathogenic races for propagation and subsequent inoculation of tested plants in the winter period are delivered by doc. Ing. Antonín Dreiseitl, CSc., from the Agricultural Research Institute Kroměříž, s. r. o.

The first information yield tests (1 site, 1 × 10 m<sup>2</sup>) are set up in the F5 generation. Since this generation, micro-testing takes place at the Research Institute of Brewing and Malting, Plc.

In the F6 generation, yield tests are sown four times repeatedly at 2 locations and twice repeatedly on other two locations. At the same time, maintaining breeding of varieties is started.

In the F7 generation, inter-station pre-tests are held, which are established totally on 9 localities in the Czech Republic (6 locations) and the Slovak Republic (3 locations), 3 locations in the United Kingdom, 3 locations in Germany and 3 locations in France. All lines in the breeding program are tested in a separate experiment under conditions of natural infection of commonly occurring pathogens. The experiment is established on a plot with a suitable pre-crop. Within Limagrain Europe S.A., services of the company's molecular laboratory are used, namely for testing with informative markers. Special projects have been launched with the aim to improve the health of new varieties. Since 2015, for example, a project aimed at enhancing barley resistance to (*Pyrenophorateres f. teres*) has been conducted.

Tab. 1 Seznam odrůd ječmene jarního vyšlechtěných v Hrubčicích za 60 let šlechtění / Table 1 The list of spring barley varieties bred in Hrubčice during 60 years of breeding

Pořadí Order	Identifikátor Accession number	Odrůda Variety	Rok registrace Registration year	Šlechtitel Breeder	Využití Uses	Rodokmen * Pedigree *
1	03C0601303	Denár	1969	Minařík, F.	M/S	Celechovicky Hanacky/Bavaria
2	03C0601200	Ametyst	1972	Minařík, F., Domkář, K.	M/S, DT	Domen//Valticky/Hanacky Jubilejní/3/ Voldagsen/4/Diamant
3	03C0600090	Hana	1973	Minařík, F., Domkář, K.	M/S, DT	Diamant/Alsa
4	03C0600091	Favorit	1973	Minařík, F., Domkář, K.	M/S, DT	Diamant/Firlbecks Union
5	03C0600095	Rapid	1976	Minařík, F., Domkář, K.	M/S, DT	Voldagsen/Kneifel//Diamant/3/Denar
6	03C0600064	Diabas	1977	Minařík, F., Domkář, K.	M/S, DT	Amsel/Diamant//Firlbecks-Union/ Branisovicky
7	03C0600055	Spartan	1977	Minařík, F., Domkář, K.	M/S, DT	Diamant/Valticky//Monte Cristo/Ekonom
8	03C0600096	Safír	1978	Minařík, F., Domkář, K.	M/S, DT	Diamant//Valticky/Kneifel/3/Arabische Zweizeilige
9	03C0600089	Korál	1978	Minařík, F., Bouma, J. Domkář, K.	M/S, DT	Hana/4/Carlsberg II/F.Union//Alsa/3/ Celech.hanacky/J25
10	03C0600101	Opál	1980	Minařík, F., Bouma, J. Domkář, K.	M/S, DT	Ametyst/Palestine 10//Sladar
11	03C0600104	Krystal	1981	Minařík, F., Bouma, J. Domkář, K.	M/S, DT	Koral/Rapid
12	03C0600059	Rubín	1982	Bouma, J., Minařík, F.	M/S, DT	Valticky//Algerian/Valticky/3/F.Union/4/ Diamant/5/Diamant/H.St.13703-64
13	03C0600061	Bonus	1984	Minařík, F., Bouma, J., Domkář, K.	M/S, DT	R 964-71/He 858//R 964-71/Nadja
14	03C0600060	Kredit	1984	Minařík, F., Bouma, J., Domkář, K.	M/S, DT	Nadja/Km 1192
15	03C0600066	Jaspis	1986	Minařík, F., Bouma, J., Domkář, K., Svačina, P., Ohnoutka, Z.	M/S, DT	St 6984/Opal
16	03C0600069	Perun	1987	Minařík, F., Bouma, J., Domkář, K., Svačina, P., Ohnoutka, Z.	M/S, DT	HE 1728/Karat
17	03C0602184	Heran	1992	Minařík, F., Svačina, P.	F/K	HE 3380/Salome
18	03C0602485	Granát	1995	Svačina, P., Minařík, F., Ohnoutka, Z.	M/S, DT	Jaspis/Korina
19	03C0602424	Primus	1995	Svačina, P., Minařík, F., Ohnoutka, Z.	M/S, DT	Jaspis/E 1197-85
20	03C0602484	Famin	1996	Svačina, P., Ohnoutka, Z.	M/S, DT	Akcent/CE 597
21	03C0602486	Tolar	1997	Svačina, P.	M/S, DT, CB/CP	HE 4710/HWS 78267-83
22	03C0602572	Heris	1998	Svačina, P.	F/K, DT	HE 4431/CE 431
23	03C0602668	Malz	2002	Svačina, P.	M/S, DT, CB/CP	Famin/Scarlet
24	03C0602743	Ebson	2002	Svačina, P.	M/S, DT	Alexis/Krona
25	03C0602781	Pedant	2003	Svačina, P.	M/S, DT	CE-431/HE-6621
26	03C0602742	Bojos	2005	Svačina, P.	M/S, DT, CB/CP	Madonna/Nordus
27	03C0602744	Radegast	2005	Svačina, P.	M/S, DT, CB/CP	Nordus/Heris
28	03C0602843	Aktiv	2008	Svačina, P.	M/S, DT	HE 8270/Madonna
29	03C0602844	Azit	2008	Svačina, P.	F/K, DT	Tolar/Pasadena
30	03C0602937	Paulis	2010	Svačina, P.	M/S, DT	Madonna/Faustina
31	03C0603026	Signum	2012	Svačina, P.	M/S, DT, CB/CP	HE 8621C/Sebastian
32	03C0603053	Petrus	2013	Svačina, P.	M/S, DT, CB/CP	NFC 402-22/Kuburas
33	03C0603050	Laudis 550	2013	Svačina, P.	M/S, DT, CB/CP	Bojos/Sebastain

**Poznámky / Note:**

CB/CP – odrůda doporučena pro výrobu piva s CHZO České pivo

CB/CP – variety recommended for production of beer with the PGI "České pivo"

DT – diamantový typ / diamond type M/S – sladovnická odrůda / malt variety F/K – krmná odrůda / feed variety

\* Informace byly získány z GRIN Czech – Documentation of Plant Genetic Resources in the Czech Republic, VÚRV / \* Information obtained from GRIN Czech – Documentation of Plant Genetic Resources in the Czech Republic, CRI

stav nových odrůd. Od roku 2015 probíhá například projekt zaměřený na zvýšení odolnosti ječmene k původci síťovité skvrnitosti ječmene (*Pyrenophora teres f. teres*).

**1.3 The development of spring malting barley breeding in the CR from 1965**

The greatest achievement of the Czechoslovak breeding of spring malting barley was breeding of the short-stem high-yielding variety Diamant (1965) in Branisovice by induced mutagenesis. The mainte-

### 1.3 Vývoj šlechtění jarního sladovnického ječmene v ČR od roku 1965

Nejvýznamnějším úspěchem československého šlechtění jarního sladovnického ječmene bylo vyšlechtění krátkostébelné vysoce produktivní odrůdy Diamant (1965) v Branišovicích metodou indukované mutagenese. Udržovací šlechtění odrůdy Diamant bylo převedeno do šlechtitelské stanice Hrubčice. Odrůda Diamant byla ve ŠS v Hrubčicích použita k dalšímu šlechtění.

Od roku 1973 se začínají rozšiřovat nové krátkostébelné intenzivní odrůdy vzniklé na bázi odrůdy Diamant. Tyto odrůdy byly označovány, jako odrůdy „diamantové řady“ nebo odrůdy „diamantového typu“. Z odrůdy Diamant byla v NDR vyšlechtěna odrůda Trumpf (1973). Ve světě bylo do roku 1990 povoleno celkem 120 odrůd, v jejichž původu lze vysledovat odrůdy Diamant a Trumpf (Lekeš, 1997). Odrůdy, které byly z odrůdy Diamant odvozeny v Hrubčicích, jsou uvedeny v *tab. 1*.

Šlechtitelé F. Minařík, J. Bouma a další pracovali na tvorbě odrůd nového morfotypu ječmene. Cílem bylo vytvoření tzv. nitrogenních typů, tj. takových odrůd, které by efektivně využívaly vysoké půdní úrodnosti a vysokých dávek dusíku nikoliv k jejich kumulaci do obilky, nýbrž k tvorbě vysokých výnosů zrna (Lekeš, 1997).

Šlechtitelé se museli v průběhu své práce přizpůsobovat měnícím se požadavkům sladařského a pivovarského průmyslu. V devadesátých letech minulého století byla pozornost zaměřena na cytolytické rozluštění. Pomocí friability byla a je sledována úroveň degradace buněčných stěn v průběhu sladování. Dále začal být pravidelně sledován obsah beta-glukanů ve sladině, což je znak s významným ekonomickým dopadem pro výrobu piva. Od roku 2003 začal být ze strany sladoven kladen zvýšený důraz na čírost sladiny (Špunarová et al., 2006).

V České republice je snaha zachovat senzorycký charakter typického českého ležáku, jako českého národního nápoje (Psota, 2003; Kosař et al., 2004; Official Journal EU, 2008). Z tohoto důvodu se v poslední době uplatňují v odrůdové skladbě České republiky i odrůdy (Psota et al., 2005), u nichž se relativní extrakt při 45 °C pohybuje na úrovni max. 38%, Kolbachovo číslo v rozpětí 39 ± 3% a dosažitelný stupeň prokvašení do 82% (Official Journal EU, 2008). V roce 2008 bylo do Rejstříku chráněných označení původu a chráněných zeměpisných označení zapsáno chráněné zeměpisné označení (CHZO) „České pivo“ (Official Journal EU, 2008). Získání CHZO „České pivo“ mělo dopad pro český sladařský a pivovarský průmysl i pro šlechtění jarního sladovnického ječmene v České republice.

Současné světové a evropské požadavky na kvalitu sladovnického ječmene dávají přednost odrůdám s vysokou enzymatickou aktivitou, vysokým obsahem extraktu a vysokými hodnotami konečného prokvašení. Odrůdy ječmene jarního doporučené pro výrobu piva s CHZO „České pivo“ jsou charakterizovány nižší úrovní proteolytického a cytolytického rozluštění a nižší úrovní prokvašení, což způsobuje přítomnost zbytkového extraktu ve finálním výrobku (Psota, 2008). Ze sortimentu odrůd jarního ječmene zařazených do Seznamu doporučených odrůd byly první odrůdy doporučené pro výrobu piva s CHZO „České pivo“ vybrány na základě výsledků, kterých dosáhly v letech 2006–2008. V následujících letech se výběr těchto odrůd provádí na základě výsledků dosažených odrůdami v rámci tříletého registračního řízení.

## 2 MATERIÁL A METODY

### 2.1 Odrůdy

Informace o sladovnické kvalitě odrůd vyšlechtěných ve Šlechtitelské stanici Hrubčice byly čerpány z výzkumných zpráv Výzkumného ústavu pivovarského a sladařského v Brně (Svědihrová, 1966–1967; Svědihrová a Hlavinková, 1968–1975; Hlavinková, 1976–1992; Psota, 1993–2014). Přehled odrůd zachycených ve zprávách je uveden v *tab. 1*. U každé odrůdy v tabulce je uveden identifikátor, Accession number, pod kterým je odrůda vedena v databázi pasportních a popisných dat odrůd „GRIN Czech – Evidence genetických zdrojů rostlin v České republice“, „GRIN Czech – Documentation of Plant Genetic Resources in the Czech Republic“.

Zpracovány byly pouze výsledky ze zkušebních stanic Ústředního kontrolního ústavu zemědělského, ve kterých byl průměrný obsah dusíkatých látek (bílkovin) v zrně na optimální úrovni (10,7–11,2%) nebo se této úrovni v daném roce nejvíce přiblížil.

### 2.2 Mikroskladování a rozbor ječmene a sladu

Původní humnové sladování bylo zaměřeno v roce 1975 za sladování v pneumatické mikroskladovně. Od tohoto roku se používá systém sladování, který je v podstatě totožný se systémem popsaným v metodice MEBAK (2011).

nance breeding of the variety Diamant was transferred to the Breeding Station Hrubčice. The variety Diamant was used for further breeding in the BS in Hrubčice.

From 1973, new short-stem intensive varieties based on the variety Diamant were commonly grown. These varieties were referred to as the ‘diamond series’ or ‘diamond-type’ varieties. In the GDR, the variety Trumpf (1973) was cultivated from the variety Diamant. Worldwide, to 1990, a total of 120 varieties were authorized, in their pedigree the varieties Diamant and Trumpf can be traced (Lekeš, 1997). The varieties that were derived from the Diamant variety in Hrubčice are shown in *Table 1*.

Breeders F. Minařík, J. Bouma and others worked on creation of a new morphotype of barley. The aim was to create so called “nitrogenic” types, i.e. the types of varieties that would effectively use high soil fertility and high nitrogen doses not for their accumulation in grain, but for production high grain yields (Lekeš, 1997).

During their work, the breeders had to adapt to changing requirements of the malting and brewing industry. In the 1990s, attention was focused on cytolytic modification. Degradation of cell walls during malting was studied using friability. Further, beta-glucan content was regularly monitored; it is a parameter with a significant economic impact for beer producers. Since 2003, malthouses began to emphasize wort clarity (Špunarová et al., 2006).

In the Czech Republic, the effort to maintain the sensory character of a typical Czech lager as a national beverage exists (Psota, 2003; Kosař et al., 2004; Official Journal EU, 2008). For this reason, recently, the varieties (Psota et al., 2005) are also included in the varietal composition of the Czech Republic in which relative extract at 45 °C moves at the maximal level of 38%, Kolbach index in the scope of 39 ± 3% and apparent final attenuation to 82% (Official Journal EU, 2008). In 2008, the Protected Geographical Indication (PGI) “České pivo” (Czech Beer) was recorded in the Register of Protected Designation of Origin and Protected Geographical Indications (PGI) (Official Journal EU, 2008). Obtaining of the PGI “České pivo” impacted the Czech malting and brewing industry and spring barley breeding in the Czech Republic.

Current world and European requirements for malting barley quality prefer the varieties with high enzymatic activity, high extract content and high values of final attenuation. Spring barley varieties recommended for production of beer with the PGI “České pivo” are characterized by a lower level of proteolytic and cytolytic modification and a lower level of attenuation, which causes the presence of the residual extract in the final product (Psota, 2008). The first varieties recommended for the production of beer with the PGI “České pivo” were selected based on the results achieved in 2006–2008 from the collection of the spring barley included in the List of the Recommended Varieties. In the following years, the selection of these varieties is carried out based on the results achieved by the varieties in the scope of the three-year registration procedure.

## 2 MATERIAL AND METHODS

### 2.1 Varieties

Information on malting quality of the varieties bred in the Breeding Station Hrubčice was drawn from the research reports of the Research Institute of Malting and Brewing in Brno (Svědihrová, 1966–1967; Svědihrová and Hlavinková, 1968–1975; Hlavinková, 1976–1992; Psota, 1993–2014). The list of the varieties mentioned in the reports is given in *Table 1*. Each variety has its identifier, accession number, under which the variety is kept in the database of passport and descriptive data of the varieties “GRIN Czech – Documentation of Plant Genetic Resources in the Czech Republic”.

Only the results from the testing stations of the Central Institute for Supervision and Testing in Agriculture in which content of nitrogenous substances (proteins) in grain was at the optimal level (10.7–11.2%) or approached this level more closely were processed.

### 2.2 Micromalting and barley and malt analysis

In 1975, the original floor malting was replaced by malting in a pneumatic micromalting plant. Since that year, principally the same malting system as that described in the MEBAK methodology has been used (2011).

The following parameters were chosen for this study (content of nitrogenous substances in barley grain, extract in malt dry matter, relative extract at 45 °C, Kolbach index, diastatic power, apparent final attenuation, friability and beta-glucan content in wort) which were assessed for the entire or bigger part of the studied period, i.e.

Tab. 2 Regresní analýza základních sladařských znaků odrůd vyšlechtěných ve Šlechtitelské stanici Hrubčice  
 Table 2 Regression analysis of the basic malting parameters of the varieties bred in the Breeding Station Hrubčice.

Znak Parameter	Jednotka Unit	Počáteční hodnota Initial value	Konečná hodnota Final value	Rozdíl Difference	Meziroční přírůstek Inter-year increase	Hladina pravděpodobnosti Probability level	sign. sign.
Obsah dusíkatých látek v zrna ječmene Total nitrogen of barley (factor 6.25)	%	11.0	11.0	0.0	0.002	0.657	NS
Extrakt v sušině sladu Extract of malt, congress mash	%	80.5	82.7	2.2	0.049	0.000	***
Relativní extrakt při 45 °C Relative extract at 45 °C	%	37.9	40.3	2.4	0.054	0.076	NS
Kolbachovo číslo / Kolbach index	%	40.7	44.9	4.2	0.095	0.019	*
Diastatická mohutnost / Diastatic power	WK	277.1	337.7	60.6	1.377	0.037	*
Dosažitelný stupeň prokvašení Apparent final attenuation	%	78.8	81.6	2.8	0.062	0.001	**
Friabilita / Friability	%	81.1	87.9	6.8	0.370	0.046	*
Obsah β-glukanů ve sladíně β-glucan content of wort	mg/l	185.0	162.0	-23.0	-1.271	0.509	NS

Pro tuto studii byly vybrány znaky (obsah dusíkatých látek v zrna ječmene, extrakt v sušině sladu, relativní extrakt při 45 °C, Kolbachovo číslo, diastatická mohutnost, dosažitelný stupeň prokvašení, friabilita a obsah beta-glukanů ve sladíně), které byly hodnoceny po celé nebo větší část sledovaného období, tj. od zahájení registračního řízení první odrůdy vyšlechtěné ve Šlechtitelské stanici v Hrubčicích v roce 1966.

Vyrobený slad byl analyzován podle metodik MEBAK a EBC platných v dané době (EBC, 1953; 1975; 1987; 1998; 2010; MEBAK, 1979; 1984; 1997; 2011).

### 2.3 Statistické zpracování výsledků

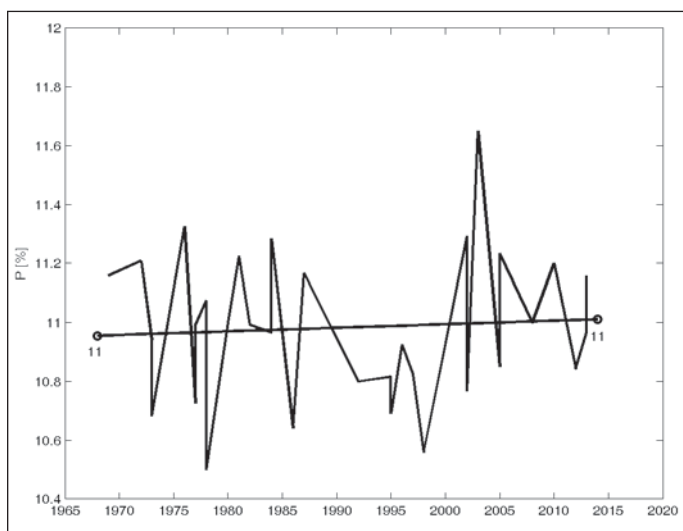
Dosažený pokrok u jednotlivých parametrů sladovnické jakosti byl vyjádřen pomocí lineární regrese, vyjadřující závislost daného znaku na roku registrace jednotlivých odrůd. K výpočtu bylo použito programu MATLAB verze 2014. V grafu uvedené počáteční a konečné hodnoty byly stanoveny z regresní funkce. Podíl jednotlivých faktorů na celkové proměnlivosti znaků byl vypočten programem REML.

## 3 VÝSLEDKY

### 3.1 Pokrok ve sladovnické jakosti dosažený na Šlechtitelské stanici Hrubčice

Přesnost hodnocení byla ovlivněna změnou lokalit, standardizací metodik pěstování ječmene, sladování a rozborů ječmene a sladu.

Do sledování byla zařazena pouze stanoviště, která poskytla vzorky zrna ječmene s obsahem dusíkatých látek na optimální úrovni



Obr. 1 Obsah dusíkatých látek v nesladovaném zrna ječmene ve Šlechtitelské stanici Hrubčice (1969–2013)  
 Fig. 1 Content of nitrogenous substances in non-malted barley grain bred in the Breeding Station Hrubčice (1969–2013)

from the beginning of the registration procedure of the first variety bred in the Breeding Station in Hrubčice in 1966.

The produced malt was analyzed according to the methods of MEBAK and EBC valid in the given time (EBC, 1953; 1975; 1987; 1998; 2010; MEBAK, 1979; 1984; 1997; 2011).

### 2.3 Statistical evaluation of the results

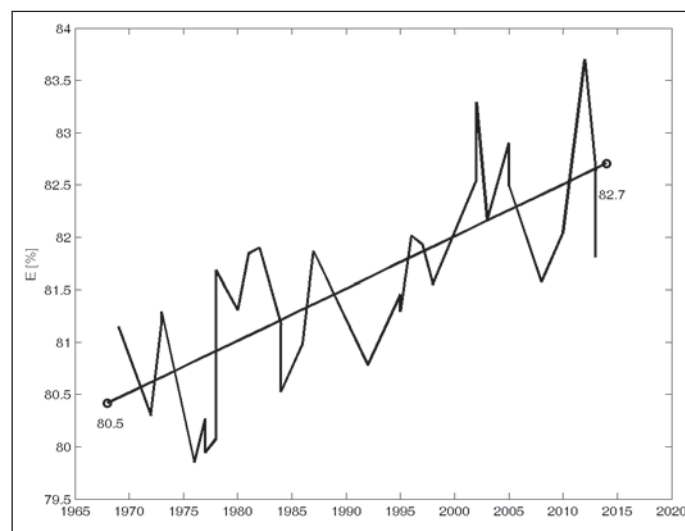
The achieved progress in the individual malting quality parameters was expressed using linear regression which shows the dependence of the given parameter on the year of registration of the individual varieties. Calculation was performed with program MATLAB version 2014. The initial and final values given in the figure were determined from the regression function. The ratio of the individual factors to total character variability was calculated by the REML program.

## 3 RESULTS

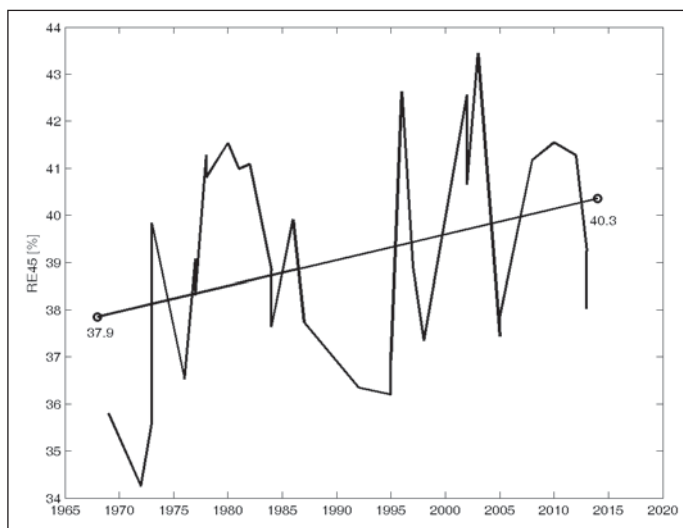
### 3.1 Progress in the malting quality achieved in the Breeding Station Hrubčice

The accuracy of measurement was affected by the change of localities, standardization of barley growing methods, malting and barley and malt analyzes.

Only the localities that provided samples of barley grains with nitrogenous substance content at the optimum level or near this level were included in monitoring. For this reason, changes in the nitrogen content of barley grains are statistically insignificant (Table 2, 3, Fig. 1).

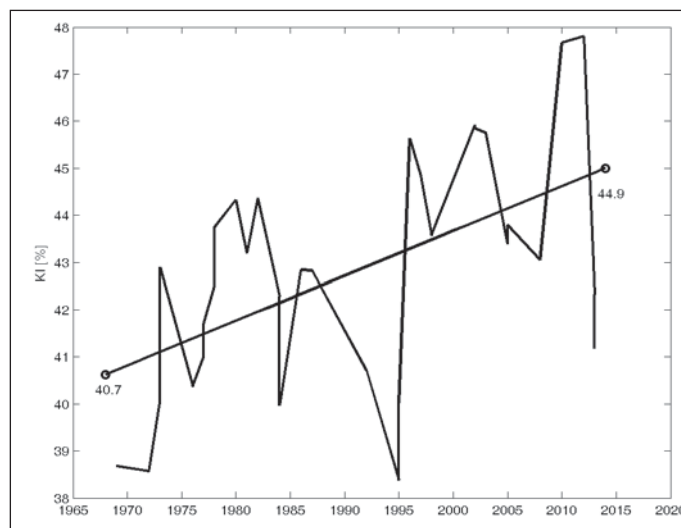


Obr. 2 Obsah extraktu v sušině sladu odrůd vyšlechtěných ve Šlechtitelské stanici Hrubčice (1969–2013)  
 Fig. 2 Extract content in malt dry matter of the varieties bred in the Breeding Station Hrubčice (1969–2013)



Obr. 3 Relativní extrakt při 45 °C odrůd vyšlechtěných ve Šlechtitelské stanici Hrubčice (1969–2013)

Fig. 3 Relative extract at 45 °C of the varieties bred in the Breeding Station Hrubčice (1969–2013)



Obr. 4 Kolbachovo číslo odrůd vyšlechtěných ve Šlechtitelské stanici Hrubčice (1969–2013)

Fig. 4 Kolbach index of the varieties bred in the Breeding Station Hrubčice (1969–2013)

nebo se této úrovni blíží. Z tohoto důvodu jsou změny v obsahu dusíkatých látek v zrně ječmene statisticky neprůkazné (tab. 2, 3, obr. 1).

Kolísání obsahu extraktu ve sladince je možno vysvětlit z 12,34% měnící se odrůdovou skladbou. Průměrný meziroční přírůstek extraktu v sušině sladu byl 0,05 procentních bodů. Od roku 1966 do roku 2013 se podařilo šlechtěním zvýšit obsah extraktu o 2,2 procentního bodu. Již první odrůdy vyšlechtěné ve ŠS Hrubčice Denár (1966), Hana (1973) a Favorit (1973) vykazovaly extrakt vyšší než 81%. Odrůda Famin (1996) vykazala průměrný obsah extraktu ve sladu na úrovni 82%. Odrůda Malz (2002) vykazala obsah extraktu vyšší než 83%. Nejvyšší obsah extraktu ve sladu (83,7%) zjištěný v sortimentu hrubčických odrůd vykazala odrůda Signum (2012) (tab. 2, 3, obr. 2).

Relativní extrakt při 45 °C charakterizuje celkovou aktivitu enzymů především cytolitických a proteolytických. Vliv kolísání tohoto znaku byl jen nepatrně (4,84%) ovlivněn měnící se kvalitou odrůd. Průměrný meziroční přírůstek hodnoty relativního extraktu při 45 °C se pohyboval na úrovni 0,05 procentního bodu. Za sledované období se šlechtěním podařilo zvýšit úroveň hodnoty relativního extraktu při 45 °C o 2,4 procentního bodu (tab. 2, 3, obr. 3).

U všech sledovaných odrůd byla hodnocena též degradace dusíkatých látek pomocí Kolbachova čísla. Kolísání hodnoty Kolbachova čísla je možno vysvětlit pouze z 2,35% měnící se kvalitou sledovaných odrůd. Průměrný meziroční přírůstek Kolbachova čísla se pohyboval na úrovni 0,09 procentního bodu. Za sledované období (1966–2013) se šlechtěním podařilo zvýšit úroveň Kolbachova čísla o 4,2 procentního bodu (tab. 2, 3, obr. 4).

Změny v úrovni diastatické mohutnosti je možno vysvětlit z 23,44% měnící se odrůdovou skladbou. Průměrný meziroční nárůst úrovně diastatické mohutnosti se pohyboval na úrovni 1,38 procentního bodu. Za sledované období (1966–2013) se zvýšila úroveň diastatic-

Fluctuation in extract content in wort can be explained from 12.34% by a changing varietal composition. The average inter-year increase in extract in malt dry matter was 0.05 percentage points. From 1966 to 2013, breeding successfully increased extract content by 2.2 percentage points. Already the first varieties bred in the BS Hrubčice Denár (1966), Hana (1973), and Favorit (1973) exhibited extract higher than 81%. The variety Famin (1996) has average extract content in malt at the level of 82%. The variety Malz (2002) exhibited extract content higher than 83%. The highest extract content in malt (83.7%) found in the collection of Hrubčice was recorded in the variety Signum (2012) (Table 2, 3, Fig. 2).

Relative extract at 45 °C characterizes the total activity of enzymes, namely cytolitic and proteolytic. The effect of this parameter fluctuation was only slightly (4.84%) affected by the varying quality of varieties. The average inter-year increase in the value of relative extract at 45 °C moved at the level of 0.05 percentage points. During the studied period, the level of the value of relative extract at 45 °C was increased by 2.4 percentage points (Table 2, 3, Fig. 3).

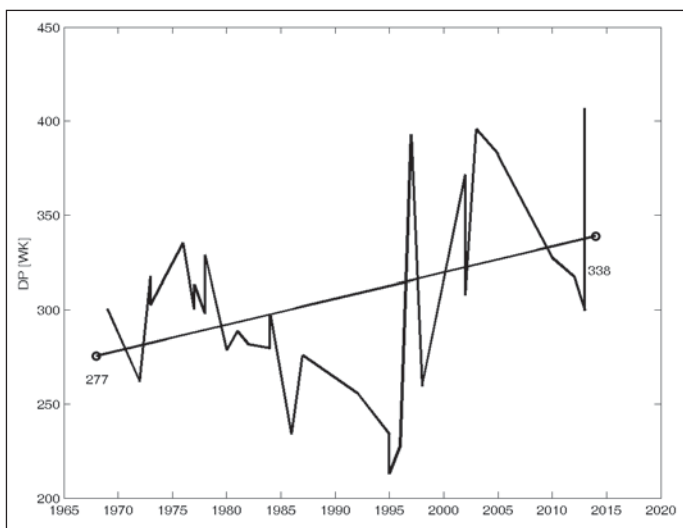
Degradation of nitrogenous substances was also assessed in all studied varieties with Kolbach index. The fluctuation of the Kolbach index value can be explained only from 2.35% by the varying quality of the studied varieties. The average inter-year increase in Kolbach index moved at the level of 0.09 percentage point. During the studied period (1966–2013), breeding increased the level of Kolbach index by 4.2 percentage points (Table 2, 3, Fig. 4).

Changes in the level of diastatic power can be explained from 23.44% by the altering varietal composition. The average inter-year increase in the level of diastatic power moved at the level of 1.38 percentage point. During the studied period (1966–2013), the level of diastatic power increased by 60.6 WK. At the beginning, the level of diastatic power in the bred varieties varied from 260–335 WK. However, in the varieties Jaspis (1986), Granát (1995), Primus

Tab. 3 Podíl jednotlivých faktorů na proměnlivost sledovaných znaků (%)

Table 3 The share of the individual factors in the variability of the studied parameters (%)

Znak	Podíl rozptylu (%)			
	Rok	Lokalita	Odrůda	Reziduál
Parameter	Share of variance (%)			
	Year	Locality	Variety	Residual
Obsah dusíkatých látek v zrně ječmene / Total nitrogen of barley (factor 6.25)	0.00	14.38	11.50	74.12
Extrakt v sušině sladu / Extract of malt, congress mash	32.32	8.40	12.34	46.94
Relativní extrakt při 45 °C / Relative extract at 45 °C	25.16	4.15	4.84	65.85
Kolbachovo číslo / Kolbach index	30.46	11.2	2.35	55.99
Diastatická mohutnost / Diastatic power	30.08	14.37	23.44	32.11
Dosažitelný stupeň prokvašení / Apparent final attenuation	36.63	4.15	11.25	47.97
Friabilita / Friability	21.29	7.75	11.42	59.54
Obsah β-glukanů ve sladince / β-glucan content of wort	17.02	12.44	6.36	64.18



Obr. 5 Diastatická mohutnost odrůd vyšlechtěných ve Šlechtitelské stanici Hrubčice (1969–2013)

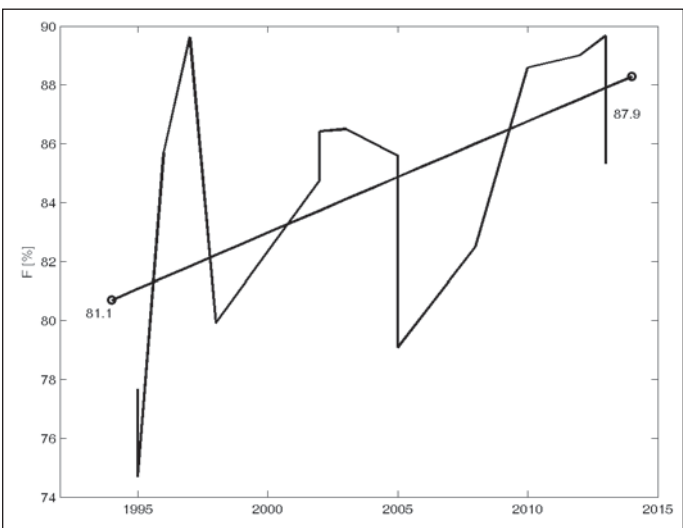
Fig. 5 Diastatic power of the varieties bred in the Breeding Station Hrubčice (1969–2013)

ké mohutnosti o 60,6 WK. Z počátku se úroveň diastatické mohutnosti u vyšlechtěných odrůd pohybovala v rozpětí 260–335 WK. U odrůd Jaspis (1986), Granát (1995), Primus (1995) a Famin (1996) však hodnota diastatické mohutnosti klesla pod 250 WK. U většiny odrůd vyšlechtěných po roce 1996 se úroveň diastatické mohutnosti pohybovala v rozpětí 250–400WK (tab. 2, 3, obr. 5).

Dosažitelný stupeň prokvašení byl sledován od roku 1968, tedy 45 let. Změny v úrovni dosažitelného stupně prokvašení je možno vysvětlit z 11,25 % měnící se odrůdovou skladbou. Meziroční přírůstek dosažitelného stupně prokvašení se pohyboval na úrovni 0,06 procentního bodu. Dosažitelný stupeň prokvašení se ve sledovaném období 45 let zvýšil o 2,8 procentního bodu (tab. 2, 3, obr. 6).

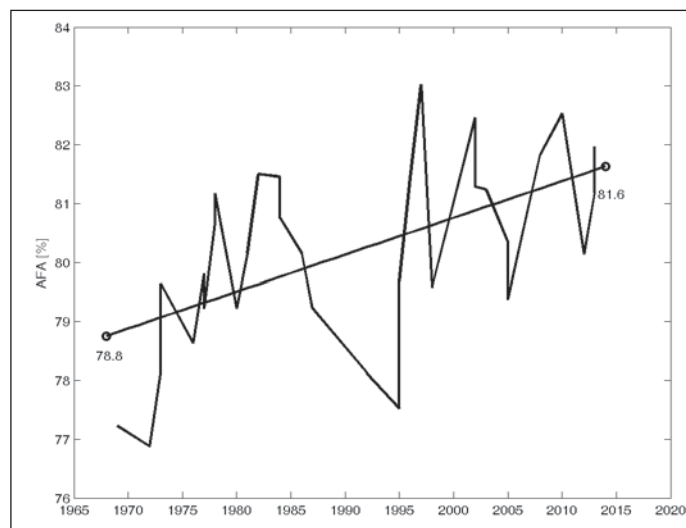
Cytolytické rozluštění, dané obsahem beta-glukanů ve sladině a degradací buněčných stěn endospermu hodnocené pomocí friability sladu, se pravidelně sleduje od roku 1993. Změny v úrovni degradace buněčných stěn je možno vysvětlit z 11,42 % měnící se odrůdovou skladbou. Meziroční přírůstek friability byl 0,37 procentního bodu a za celé sledované období (1993–2013) se úroveň friability zvýšila o 6,8 procentního bodu. Odrůda Primus (1995) se vyznačovala též nízkou úrovní degradace buněčných stěn (75 %). Nejvyšší úroveň degradace buněčných stěn (90 %) byla zjištěna u odrůdy Laudis 550 (2013) (tab. 2, 3, obr. 7).

V případě obsahu beta-glukanů ve sladině byl zjištěn jejich statisticky neprůkazný pokles. Důvodem je vysoká variabilita tohoto znaku u sledovaných odrůd. Průměrný obsah  $\beta$ -glukanů ve sladině se u sledovaných odrůd pohyboval od 116 mg/l u odrůdy Pedant (2003) do 245 mg/l u odrůdy Primus (1995) (tab. 2, 3, obr. 8).



Obr. 7 Friabilita odrůd vyšlechtěných ve Šlechtitelské stanici Hrubčice (1995–2013)

Fig. 7 Friability of the varieties bred in the Breeding Station Hrubčice (1995–2013)



Obr. 6 Dosažitelný stupeň prokvašení odrůd vyšlechtěných ve Šlechtitelské stanici Hrubčice (1969–2013)

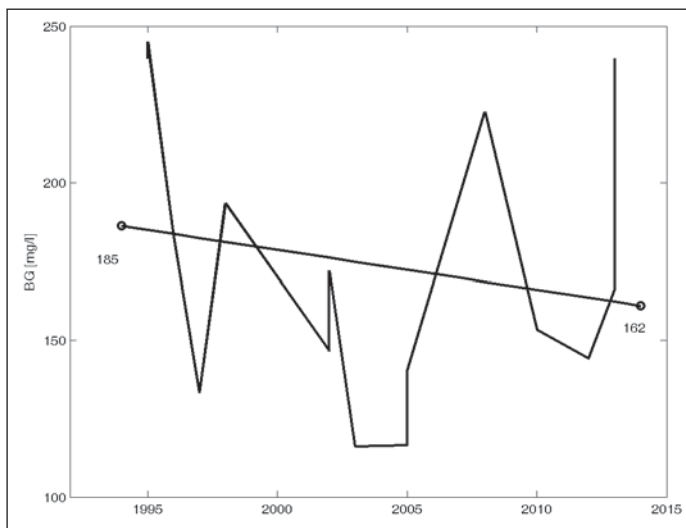
Fig. 6 Apparent final attenuation of the varieties bred in the Breeding Station Hrubčice (1969–2013)

(1995), and Famin (1996), the value of diastatic power decreased below 250 WK. In the most varieties bred after 1996, the level of diastatic power moved in the scope of 250–400 WK (Table 2, 3, Fig. 5).

The apparent final attenuation was monitored from 1968, it means for 45 years. Changes in the level of the apparent final attenuation can be explained from 11.25% by a changing varietal composition. The inter-year increase of the apparent final attenuation moved at the level of 0.06 percentage point. Apparent final attenuation in the studied period of 45 years increased by 2.8 percentage points (Table 2, 3, Fig. 6).

Cytolytic modification, which is given by beta-glucan content in wort and degradation of cell walls of the endosperm and which is assessed by friability of malt, has been regularly monitored since 1993. Changes in the level of degradation of cell walls can be elucidated from 11.42% by the altering varietal composition. The inter-year increase in friability was 0.37 percentage point and the level of friability increased by 6.8 percentage points for the whole period (1993–2013). The variety Primus (1995) was also characterized by a low level of degradation of cell walls (75%). The highest level of degradation of cell walls (90%) was found in the variety Laudis 550 (2013) (Table 2, 3, Fig. 7).

In case of beta-glucan contents in wort, their statistically non-significant decline was found. The reason is a high variability of this parameter in the studied varieties. Average  $\beta$ -glucan content in wort in the studied varieties moved from 116 mg/l in the variety Pedant (2003) to 245 mg/l in the variety Primus (1995) (Table 2, 3, Fig. 8).



Obr. 8 Obsah  $\beta$ -glukanů ve sladině odrůd vyšlechtěných ve Šlechtitelské stanici Hrubčice (1995–2013)

Fig. 8  $\beta$ -glucan content in wort of the varieties bred in the Breeding Station Hrubčice (1995–2013)

Pro výrobu piva s CHZO „České pivo“ byly kromě jiných odrůd doporučeny odrůdy Tolar (1997), Malz (2002), Bojos (2005), Radegast (2005), Laudis 550 (2013) a Petrus (2013) vyšlechtěné ve Šlechtitelské stanici Hrubčice (Psota a Kosař, 1997; Psota a Jurečka, 2002; Psota et al., 2005; Kofroň et al., 2006; Psota et al., 2013). Podle přihlášených množitelských ploch je jimi v České republice v posledních letech oséváno přibližně 50 % ploch osetých ječmenem jarním. Ve ŠS Hrubčice bylo do roku 2016 vyšlechtěno 33 odrůd ječmene jarního většinou se sladovnickou kvalitou.

Některé z hrubčických odrůd ječmene jarního jsou registrovány a pěstovány i v zahraničí. Příkladem může být odrůda Malz (2002) registrovaná ve Slovenské republice, Maďarsku, Kazachstánu a na Ukrajině. V roce 2014 byla tato odrůda ve Slovenské republice pěstována na 16 % množitelských ploch.

## 4 ZÁVĚR

Z výše uvedeného je zřejmé, že v průběhu šlechtění došlo k výraznému zlepšení sladovnické kvality. Šlechtitelský progres se projevil ve zvýšení aktivity hydrolytických enzymů odbourávajících škrob a bílkoviny a výrazně se též zlepšila kvalita sladin.

## PODĚKOVÁNÍ

Předložená studie vznikla v rámci řešení projektu QJ1310091 Národní agentury pro zemědělský výzkum Ministerstva zemědělství České republiky.

## LITERATURA / REFERENCES

Abeledo, L. G., Calderini, D. F., Slafer, G. A., 2003: Genetic improvement of barley yield potential and its physiological determinants in Argentina (1944–1998). *Euphytica*, 130: 325–334.

EBC, 1953: *Analytica EBC*, Elsevier Publishing Co., London.

EBC, 1975: *Analytica EBC*, Sweizer Brauerei-Rundschau, Zurich.

EBC, 1987: *Analytica EBC*, Brauerei- und Getränke-Rundschau, Zurich.

EBC, 1998: *Analytica-EBC*, Verlag Hans Carl Getränke-Fachverlag, Nürnberg.

EBC, 2010: *Analysis committee: Analytica-EBC*. Fachverlag Hans Carl, Nürnberg, 794 p. ISBN 978-3-418-00759-5.

Hlavinková, M., 1976–1992: Výzkum odrůd a nových šlechtění sladovnického ječmene. Závěrečná zpráva VÚPS, Brno.

Kofroň, P., Skoblík, R., Enge, J., Sekora, M., 2006: Testing of Malting Barley – Variety Bojos. *Kvasny Prum.* 52(6): 179–184.

Kosař, K., Psota, V., Mikyška, A., 2004: Barley varieties suitable for production of the Czech-type Beer. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 40(4): 137–139.

Lekeš, J., 1997: Šlechtění obilovin na území Československa, *Plant Select s. r. o.*, Praha: Brázda, 279 s. ISBN 80-209-0271-6

Martiniello, P., Delogu, G., Odoardo, M., Boggini, G., Stanca, A. M., 1987: Breeding progress in yield grain and selected agronomic characters of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) over the last quarter of a century. *Plant Breeding*, 99: 289–294.

MATLAB 2014: MATLAB and statistics toolbox release. The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, United States.

MEBAK, 1979: *Brautechnische Analysenmethoden*, Weihenstephan – Freising.

MEBAK, 1984: *Brautechnische Analysenmethoden*, Freising, 1984.

MEBAK, 1997: *Brautechnische Analysenmethoden*, Band I, Freising – Weihenstephan.

MEBAK, 2011: *Raw Materials: Collection of Brewing Analysis Methods of the Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommission*; MEBAK, Freising-Weihenstephan, Germany, 341 p.

Němec, V., Bouma, J., Lužný, J., Amler, P., Zadina, J., Dambovský, F., Světlík, V., Palán, D., Moravec, J., Tyllér, F., Křehlík, L., 2000: *Almanach českého a moravského šlechtění rostlin. Českomoravská šlechtitelská a semenářská asociace Praha*.

Official Journal EU, 2008: *Official Journal of the European Union C 16, 23. 1. 2008*: 14–22.

Ortiz, R. Mohamed, S. F., Madsen, S., Weibull, J. and Christiansen, J. L., 2001: Assessment of phenotypic variation in winter barley. *Scandinavia Soil and Plant Sci.*, 51: 151–159.

Passarella, V. S., Savin, R., Abeledo, L. G., Slafer, G. A., 2003: Malting quality as affected by barley breeding (1944–1998) in Argentina. *Euphytica*, 134: 161–167.

Pržulj, N., Mladenov, N., Momčilović, V., 1997: Genotype and year effects on some spring malting barley traits. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 3: 721–728.

For production of beer with the PGI “České pivo“ the following varieties, besides others, were recommended Tolar (1997), Malz (2002), Bojos (2005), Radegast (2005), Laudis 550 (2013), and Petrus (2013) bred in the Breeding Station Hrubčice (Psota and Kosař, 1997; Psota and Jurečka, 2002; Psota et al., 2005; Kofroň et al., 2006; Psota et al., 2013). According to the registered breeding areas, approximately 50% of the areas have been sown with spring barley in the Czech Republic recently. To 2016, 33 varieties of spring barley mostly with malt quality were bred in the BS Hrubčice.

Some of Hrubčice spring barley varieties are also registered and grown abroad, such as the variety Malz (2002) registered in the Slovak Republic, Hungary, Kazakhstan and Ukraine. In 2014, this variety was grown on 16% of reproduction areas in the Slovak Republic.

## 4 CONCLUSIONS

From the above mentioned it is evident that breeding led to a significant improvement of the malting quality. The breeding progress was also reflected in the enhanced activity of hydrolytic enzymes degrading starch and proteins; further, wort quality also increased markedly.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The presented study was developed within solution of the project QJ1310091 of the National Agency for Agricultural Research of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic.

Translated by Vladimíra Nováková

Psota, V., 1993–2014: Hodnocení odrůd sladovnického ječmene, sklizeň 1992–2013. Závěrečné zprávy VÚPS, Brno.

Psota, V., 2003: Committee for Quality Evaluation of Malting Barley Varieties at RIBM, PLC. *Kvasny Prum.*, 49(3): 73–74.

Psota, V., 2008: Historické a současné odrůdy jarního ječmene, odrůdy vhodné pro „České pivo“. *Kvasny Prum.*, 54 (11–12): 326–331.

Psota, V., Dvořáčková, O., Sachambula, L., 2013: Barley varieties registered in the Czech Republic in 2013. *Kvasny Prum.* 59(5): 118–126.

Psota, V., Jurečka, D., 2002: Registration of spring barley varieties in the Czech Republic in 2002. *Kvasny Prum.*, 48(6): 154–158.

Psota, V., Jurečka, D., Horáková, V., 2005: Barley varieties registered in the Czech Republic in 2005. *Kvasny Prum.* 2005; 51(6): 190–194.

Psota, V., Kosař, K., 1997: Nové odrůdy jarního a ozimého ječmene povolené v roce 1997. *Kvasny Prum.*, 43(11): 299–300.

Růžička, F., 2006: Organizace šlechtění v České republice po roce 1948. *Kvasny Prum.*, 52(6): 197–200.

Svačina, P., 1998a: Spring barley Tolar. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 34: 77–78.

Svačina, P., 1998b: Spring barley Heris. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 34: 78–79.

Svačina, P., 2002: Spring barley Malz. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 38(3–4): 139–140.

Svačina, P., 2005a: Spring barley Bojos. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 41(3): 122–123.

Svačina, P., 2005b: Spring barley Radegast. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 41(3): 124–125.

Svědřihová, M., 1966–1967: Výzkum a výběr odrůd sladovnických ječmenů podle jejich pivovarských vlastností se zřetelem na další zkvalitňování rajonizace a výrobu exportních sladů. Závěrečné zprávy, VÚPS, Brno.

Svědřihová, M., Hlavinková, M., 1968–1975: Výzkum odrůd a nových šlechtění sladovnického ječmene. Závěrečné zprávy VÚPS, Brno.

Špunarová, M., Špunar, J., Nesvadba, Z., 2006: Vývoj požadavků při šlechtění kvalitních odrůd jarního sladovnického ječmene. *Obilnářské listy*, 14(5–6): 96–97.

Walmsley, D., Sarx, H. G., 2005: 30 Years of Weissheimer malz large scale field trials. *Brauwelt International*, 23(3): 173–176.

Žáková, M., Benková, M., 2006: Characterization of spring barley accessions based on multivariate analysis. *Commun. Biometry Crop Sci.*, 1(2): 124–134.