

Posklizňové dozrávání vybraných odrůd jarního ječmene v letech 2008–2011

Post Harvest Maturation of the Selected Spring Barley Varieties in 2008–2011

Lenka SACHAMBULA, Vratislav PSOTA

VÚPS, a. s., Sladařský ústav, Mostecká 7, 614 00 Brno / RIBM, PLC, Malting Institute, Mostecká 7, CZ-614 00 Brno, Czech Republic
e-mail: sachambula@beerresearch.cz; psota@beerresearch.cz

Recenzovaný článek / Reviewed paper

Sachambula, L. – Psota, V.: Posklizňové dozrávání vybraných odrůd jarního ječmene v letech 2008–2011. Kvasny Prum. 60, 2014, č. 2, s. 31–37

V letech 2008–2011 bylo hodnoceno celkem 9 odrůd sladovnického ječmene (Aksamit, Aktiv, Blaník, Bojos, Kangoo, Radegast, Sebastian, Tolar a Xanadu). Hodnota energie klíčení 3 týdny po dosažení plné zralosti se pohybovala v průběhu testování na průměrné úrovni 88,6 %. Mezi testovanými odrůdami byl značný rozdíl, tento znak se pohyboval v rozmezí 42–100 %. Nejvyšší průměrné hodnoty energie klíčení 3 týdny po dosažení plné zralosti byly zjištěny u odrůd Aktiv, Kangoo, Sebastian a Xanadu, které se tak statisticky významně lišily od všech ostatních odrůd v souboru. Hodnota znaků popisujících intenzitu klíčení, tj. rychlost a index klíčení, se postupně zvyšovala a 12 týdnů po dosažení plné zralosti byla na úrovni 78,6 %, index klíčení měl hodnotu 6,8. Vliv odrůdy na rychlost klíčení postupně klesal, naopak vzrůstal vliv ročníku. Podobná tendence je i u indexu klíčení. V devátém a dvanáctém týdnu po dosažení plné zralosti je tento znak ovlivněn ze 30 % ročníkem a ze 30 % prostředím.

Sachambula, L. – Psota, V.: Post harvest maturation of the selected spring barley varieties in 2008–2011. Kvasny Prum. 60, 2014, No. 2, pp. 31–37

In 2008–2011 a total set of nine malting barley varieties (Aksamit, Aktiv, Blaník, Bojos, Kangoo, Radegast, Sebastian, Tolar, and Xanadu) was assessed. Three weeks after achieving full maturity, the value of germination energy moved around the average level of 88.6 % during testing. The tested varieties exhibited considerable differences, this trait varied in the range of 42–100%. The highest average values of germination energy three weeks after achieving full maturity were detected in the varieties Aktiv, Kangoo, Sebastian, and Xanadu, differing thus statistically significantly from all other varieties in the set. The value of parameters describing intensity of germination, i.e. germination rate and index, gradually increased and 12 weeks after achieving full maturity it was at the level of 78.6%, the value of the germination index was 6.8. The effect of the variety on germination rate gradually decreased and, conversely, the effect of the year grew. Germination index showed a similar trend. This trait in the ninth and twelfth weeks after achieving full maturity is affected by year from 30% and the environment from 30%.

Sachambula, L. – Psota, V.: Die Reifung nach der Ernte von ausgewählten Sommergerstensorten im Zeitraum 2008–2011. Kvasny Prum. 60, 2014, Nr. 2, S. 31–37

Im Zeitraum 2008–2011 wurden insgesamt neun Sommergerstensorten (Aksamit, Aktiv, Blaník, Bojos, Kangoo, Radegast, Sebastian, Tolar und Xanadu) ausgewertet. Drei Wochen nach Erreichen der vollen Reifung während der Testphase lag der Keimungsenergiewert auf dem durchschnittlichen Niveau 88,6%. Unter getesteten Gerstensorten wurde ein wesentlicher Unterschied im Messenbereich 42 – 100 % festgestellt. Drei Wochen nach dem Erreichen der vollen Reifung wurden bei den Sorten Aktiv, Kangoo, Sebastian und Xanadu die höchste durchschnittliche Keimungsenergiewerte ermittelt. Diese Sorten haben sich von den anderen Sorten in Datei statistisch bedeutend unterschieden. Der Wert von die Reifungsintensität (Keimungsindex und Geschwindigkeit) beschreibenden Parametern hat sich stufenweise erhöht, 12 Wochen nach dem Erreichen voller Reifung wurde auf der Ebene 78,6%, Keimungsindex hatte einen Wert 6,8. Der Einfluss der Gerstensorte auf die Keimungsgeschwindigkeit wurde allmählich zurückgegangen, im Gegenteil der Einfluss des Jahrganges hat sich allmählich erhöht, diese Tendenz wurde bei dem Keimungsindex festgestellt. In den 9. und 12. Wochen nach dem Erreichen voller Reifung ist dieser Parameter durch Jahrgang mit 30% und durch Milieu auch mit 30% beeinflusst worden.

Klíčová slova: dormance, odrůda ječmene, energie klíčení, rychlost klíčení, klimatické podmínky, lokalita

Keywords: dormancy, barley variety, germination energy, germination rate, weather conditions, locality

1 ÚVOD

Období od sklizně ječmene do okamžiku, kdy je hodnota energie klíčení stejná s klíčivostí (H_2O_2) (EBC, 2009), nazýváme obdobím posklizňového dozrávání (Lišková a Francáková, 2012). Posklizňové dozrávání je úzce spojeno s výstupem obilky z dormance. Dormance je fyziologický jev, který je u semen charakterizován omezenou schopností klíčit i při jinak vhodných podmínkách. Dormance se prohlubuje, pokud v průběhu sklizně přetrvává vlhké a studené počasí, naopak se zkracuje v případě suchého a teplého počasí (Lišková a Francáková, 2012).

Obilky ječmene vystupují z dormance po dosažení fyziologické zralosti, tj. v době, kdy je ukončen transport asimilátů do obilky a kdy je dosaženo maximální hmotnosti sušiny obilky. Bezprostředně po sklizni v průběhu posklizňového dozrávání klíčí obilky ječmene nejednotně a pomalu. Některé odrůdy vystupují z dormance a ukončují posklizňové dozrávání náhle (během několika dnů), jiné postupně a u některých odrůd trvá posklizňové dozrávání i několik měsíců. Délka posklizňového dozrávání je závislá především na těchto faktorech: odrůda, klimatické podmínky v době tvorby obilky a v době sklizně, podmínky skladování (Benech-Arnold, 2002).

1 INTRODUCTION

The period from harvest of barley to the moment when the value of germination energy is the same as germination capacity (H_2O_2) (EBC, 2009) is called the period of post-harvest maturation (Lišková and Francáková, 2012). Post-harvest maturation is tightly connected with caryopsis breaking of dormancy. Dormancy is a physiological phenomenon characterized by a reduced capacity of seeds to germinate even under otherwise favorable conditions. Dormancy deepens if weather during harvest is wet and cold, and it gets shorter if weather is dry and warm (Lišková and Francáková, 2012).

Barley caryopses usually overcome dormancy after reaching physiological maturity, i.e. when the transport of assimilates into the caryopses has been completed and maximum dry matter of caryopses achieved. Immediately after harvest, during post harvest maturing barley caryopses germinate unevenly and slowly. Some varieties overcome dormancy suddenly (during several days), others more gradually and some remain dormant for several months depending on the variety, weather conditions during vegetation and harvest and storage conditions (Benech-Arnold, 2002).

Tab. 1 Seznam odrůd jarního ječmene zkoušených v roce 2008–2011/ Table 1 List of the spring barley varieties tested in 2008–2011

Kód / Code	Název odrůdy / Variety denomination	Udržovatel / Maintainer	Zástupce v ČR / Agent in the CR	Od roku / Since year
5076678	Aksamit	SELGEN, a.s.		2007
5077172	Aktiv	Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.		2008
5076665	Blaník	Limagrain Nederland B.V.	Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.	2007
5075648	Bojos	Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.		2005
5077135	Kangoo	Limagrain Nederland B.V.	Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.	2008
5075649	Radegast	Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.		2005
5075710	Sebastian	Sejet Plantbreeding I/S	SELGEN, a.s.	2005
1020062	Tolar	Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o.		1997
5076389	Xanadu	NORDSAAT Saat-zucht GmbH	SAATEN – UNION CZ s.r.o.	2006

Tab. 2 Popisy lokalit / Table 2 Descriptions of locations

Lokalita / Location	Kód lokality / Code of location	Výrobní oblast / Production region	Nadmořská výška (m) / Altitude (m)	Dlouhodobá průměrná teplota t30 (°C) / Long-term average temperature t30 (°C)	Dlouhodobý průměrný úhrn srážek s30 (mm) / Long-term average sum of precipitation p30 (mm)	Půdní typ a druh / Code of soil
Hrubčice	HE	2	210	8.5	578	ČMh – h
Čáslav-Filipov	CAS	2	260	8.9	555	ČMh – h
Věrovany	VER	2	207	8.7	502	ČMh – h
Libějovice	LIB	3	460	7.9	563	KMm – ph
Chrastava	CHT	3	345	8.0	738	HMI – ph
Vysoká	VYS	4	585	7.1	611	LMg – h
Pusté Jakartice	PJA	2	295	8.3	584	HMI – h
Dlouhodobá průměrná teplota t30 a dlouhodobý průměrný úhrn srážek s30 (1971–2000) / Long-term average temperature t30 and long-term average sum of precipitations p30 (1971–2000)						
Kód / Code	Výrobní oblasti			Production region		
2	řepařská výrobní oblast			Sugar beet production region		
3	obilnářská výrobní oblast			Cereal production region		
4	bramborářská výrobní oblast			Potato production region		
	Půdní druh			Sort of soil		
h	hlinitá půda (střední)			Loamy soil (medium)		
ph	písčitohlinitá půda (střední)			Sandy-loam (medium)		
	Genetický půdní typ a subtyp			Type of soil		
ČMh	Černozem hnědozemní			Luvi-haplic Chernozem		
KMm	Kambizem typická			Eutric Cambisol		
HMI	Hnědozem luvizemní			no FAO term		
LMg	Luvizem pseudoglejová			Albo-gleyic Luvisol		

U sladovnických odrůd ječmene je důležitá délka posklizňového dozrávání, protože odrůdy s dlouhou dobou posklizňového dozrávání se mohou sladovat až později, což je ekonomicky nevýhodné. Délka posklizňového dozrávání trvá u většiny odrůd 4–6 týdnů. Rozdíly v technologické kvalitě jarního ječmene se v jednotlivých letech nepříznivě odrážejí na kvalitě vyrobeného sladu, zejména v letech s nepříznivými klimatickými podmínkami v období dozrávání a sklizně (Lišková a Frančáková, 2012).

Šlechtěním se doba posklizňového dozrávání odrůd ječmene výrazně zkrátila, což ale může mít i negativní dopad. V případě deštivého počasí před sklizní odrůdy s krátkým obdobím posklizňového dozrávání snadno porůstají.

V našich klimatických podmínkách může délka posklizňového dozrávání a náchylnost obilí ječmene k porůstání způsobit sladařskému průmyslu značné problémy. Porůstání je vážným problémem zejména v letech s deštivým průběhem sklizně. Nebezpečí porůstání se zvyšuje, jestliže je počasí během zrání obilí teplé a suché. Takový průběh počasí navozuje méně hlubokou dormanci, a následně krátké posklizňové dozrávání. V případě, že po slunečném a suchém období dojde ke změně počasí a těsně před sklizní nebo v jejím průběhu se ochladí a začne pršet, je nebezpečí porůstání velmi vysoké, protože předchozí průběh počasí navodil nízkou úroveň dormance (Benech-Arnold, 2002).

Úroveň posklizňového dozrávání způsobuje problémy při testování obilí. Zejména při stanovení energie, rychlosti a indexu klíčení jsou výsledky těchto znaků krátce po sklizni výrazně negativně ovlivněny (Bewley a Black, 1982; Riis et al., 1995). Nejnížší hodnoty energie, rychlosti a indexu klíčení je možné zaznamenat v období před dosažením plné zralosti.

The length of post harvest maturation is especially important in malting barley varieties as the varieties with a long time of post harvest maturation are malted later, which is economically unfavorable. The length of post harvest maturation lasts in most varieties for 4–6 weeks. Differences in technological quality of spring barley in the individual years are negatively reflected in quality of the malt produced, namely in years with unfavorable weather conditions during the period of maturation and harvest (Lišková a Frančáková, 2012).

Breeding has shortened the time of the post harvest maturation of barley varieties significantly; this however can also have a negative impact. In case of rainy weather before harvest, the varieties with short post harvest maturation period can be easily affected by sprout damage.

Under the climatic conditions of the Czech Republic, the length of the post harvest maturation and susceptibility of caryopses to sprouting can cause considerable problems to the malting industry. Sprouting is a serious problem mainly in years with a rainy course of harvest. Risk of sprouting increases if the weather during maturation of caryopses is hot and dry. This course of weather induces less deep dormancy and subsequently short post harvest maturation. In case that weather changes after a sunny and dry period, and it gets colder and starts raining closely before harvest or during it, risk of sprouting is very high as the preceding course of weather had brought a low level of dormancy (Benech-Arnold, 2002).

Dormancy also causes problems at testing of caryopses; mainly at determination of germination energy, rate and germination index, the results of these parameters shortly after harvest can be markedly affected (Bewley a Black, 1982; Riis et al., 1995). The lowest values of germination energy, rate, and index can be recorded in the period before achieving full maturity.

Tab. 3 Základní statistické charakteristiky testovaných vzorků ječmene / Table 3 Basic statistical characteristics of the tested barley samples

	EK3 / GE3	EK6 / GE6	EK9 / GE9	EK12 / GE12
Počet vzorků / Sample size	144	144	144	144
Průměr / Average	88.6	96.7	97.1	97.3
Odchylka / Variance	139.2	10.7	10.2	13.9
Směrodatná odchylka / Standard deviation	11.8	3.3	3.2	3.7
Chyba odhadu / Standard error	1.0	0.3	0.3	0.3
Minimum	42.3	80.3	80.3	74.0
Maximum	100.0	100.0	100.0	100.0
	RK3 / GR3	RK6 / GR6	RK9 / GR9	RK12 / GR12
Počet vzorků / Sample size	144	144	144	144
Průměr / Average	63.1	73.4	76.7	78.6
Odchylka / Variance	229.2	67.4	66.5	61.8
Směrodatná odchylka / Standard deviation	15.1	8.2	8.1	7.8
Chyba odhadu / Standard error	1.3	0.7	0.7	0.7
Minimum	20.0	50.3	51.6	49.0
Maximum	91.0	92.6	92.7	93.9
	IK3 / GI3	IK6 / GI6	IK9 / GI9	IK12 / GI12
Počet vzorků / Sample size	144	144	144	144
Průměr / Average	5.9	6.3	6.6	6.8
Odchylka / Variance	0.9	0.5	0.6	0.5
Směrodatná odchylka / Standard deviation	0.9	0.7	0.7	0.7
Chyba odhadu / Standard error	0.1	0.1	0.1	0.1
Minimum	4.3	4.6	4.9	5.2
Maximum	8.2	8.6	8.5	8.8
EK/GE – energie klíčení / germination energy RK/GR – rychlost klíčení / germination rate IK/GI – index klíčení / germination index				

U odrůd sladovnického ječmene je žádoucí krátké posklizňové dozrávání, aby bylo možno sladovat zrna brzy po sklizni. Šlechtěním se podařilo získat odrůdy, jejichž dormance je často ukončena již před sklizňovou zralostí. Posklizňové dozrávání lze zkrátit úpravou podmínek skladování.

Cílem práce bylo zjistit, jak ovlivňuje odrůda, prostředí a ročník energii klíčení, rychlost klíčení a index klíčení.

In malting barley varieties, short post harvest maturation is desirable so that grain can be malted early after harvest. Breeding helped to obtain varieties in which dormancy is often completed already before harvest maturity. Post harvest maturation can be reduced by modification of the malting conditions.

The aim of the study was to determine how a variety, environment and year affect germination energy, rate and germination index.

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Odrůdy a pokusná stanoviště

Úroveň posklizňového dozrávání u jarní formy ječmene setého (*Hordeum vulgare* L.) byla v letech 2008–2011 sledována u 9 odrůd uvedených v tabulce (tab. 1). Pro sledování fyziologických parametrů byl použit podíl zrna nad sítím 2,5 mm. Vzorky pocházely z pokusných stanovišť Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ), jejichž popis je uveden v tabulce (tab. 2).

2.2 Parametry klíčení

Posklizňové dozrávání bylo sledováno v termínech 3, 6, 9 a 12 týdnů od data dosažení plné zralosti (BBCH 89). V průběhu posklizňového dozrávání byly sledovány následující parametry: energie klíčení (EK), rychlost klíčení (RK) a index klíčení (IK) (Basařová et al., 1992; EBC, 2009; Psota et al., 1998; Psota a Šebánek, 1999).

2.3 Energie klíčení (EK)

Energie klíčení je indikátor fyziologické kvality obilí, je to počet obilí (%) , které vyklíčí za podmínek definovaných testem (během 72 h) (Basařová et al., 1992; EBC, 2009). Do Petriho misky o vnitřním průměru 85 mm byly vloženy dva filtrační papíry a 100 obilí, na které byly napipetovány 4 ml vody. Vždy po 24, 48 a 72 h byly odstraněny naklíčené obilky. Výsledek je průměrem čtyř stanovení.

$$EK (\%) = (n_{24} + n_{48} + n_{72})$$

n_{24} , n_{48} , n_{72} – počet vyklíčených obilí po 24, 48 a 72 h

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 Varieties and experimental localities

In 2008–2011, the level of post harvest maturation in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) was studied in nine varieties given in the table (Table 1). For studying physiological parameters, sieving fractions above 2.5 mm were used. Samples were obtained from the testing stations of the Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture (CISTA), description of the sample is given in table (Table 2).

2.2 Germination parameters

Post harvest maturation was studied in the terms 3, 6, 9 and 12 weeks after achieving full maturity (BBCH 89). In the course of post harvest maturation, following parameters were studied: germination energy (GE), germination rate (GR) and germination index (GI) (Basařová et al., 1992; EBC, 2009; Psota et al., 1998; Psota and Šebánek, 1999).

2.3 Germination energy (GE)

Germination energy is an indicator of physiological quality of caryopses, it is a number of caryopses (%) that germinates under the conditions defined by the test (Basařová et al., 1992; EBC, 2009). 100 caryopses were put into a Petri dish (internal diameter 85 mm) with two filtration papers and 4 ml of water were added with a pipette. The germinated caryopses were removed always after 24, 48 and 72 h. The result is the average of four determinations.

$$GE (\%) = (n_{24} + n_{48} + n_{72})$$

n_{24} , n_{48} , n_{72} – number of germinated caryopses after 24, 48 and 72 h

Tab. 4 Analýza variance a odhady komponent rozptylu pro (2008–2011) / Table 4 Analysis of variance and estimated components of variance for (2008–2011)

Zdroj proměnlivosti / <i>Source of variation</i>	d.f.	Průměrný čtverec / <i>Mean square</i>	Hladina významnosti / <i>Significant level</i>	F hodnota / <i>F ratio</i>	Odhad komponent rozptylu / <i>Estimated components of variance</i>		
					abs.	rel. (%)	s.e.
Energie klíčení 3 týdny po dosažení plné zralosti (BBCH 89) / <i>Germinative energy 3 weeks after achieving full ripeness (BBCH 89)</i>							
Year	3	432.24	***	7.19	14.39	9.33	13.71
Site	6	784.69	***	13.06	37.29	24.18	23.92
Variety	8	739.01	***	12.30	42.43	27.51	23.10
Residual	126	60.11			60.14	38.99	7.57
Energie klíčení 6 týdnů po dosažení plné zralosti (BBCH 89) / <i>Germinative energy 6 weeks after achieving full ripeness (BBCH 89)</i>							
Year	3	41.63	***	5.92	1.32	11.30	1.28
Site	6	32.00	***	4.55	1.27	10.89	1.00
Variety	8	39.35	***	5.59	2.02	17.33	1.23
Residual	126	7.04			7.04	60.48	0.89
Energie klíčení 9 týdnů po dosažení plné zralosti (BBCH 89) / <i>Germinative energy 9 weeks after achieving full ripeness (BBCH 89)</i>							
Year	3	72.96	***	9.91	2.62	22.35	2.38
Site	6	32.42	***	4.41	1.13	9.63	0.93
Variety	8	15.99	*	2.17	0.53	4.55	0.50
Residual	126	7.36			7.45	63.47	0.94
Energie klíčení 12 týdnů po dosažení plné zralosti (BBCH 89) / <i>Germinative energy 12 weeks after achieving full ripeness (BBCH 89)</i>							
Year	3	122.66	***	12.33	4.46	28.22	3.94
Site	6	34.95	**	3.51	1.09	6.92	0.99
Variety	8	13.29	NS	1.34	0.20	1.28	0.42
Residual	126	9.95			10.04	63.58	1.26
Poznámky / <i>Notes</i>							
*	P=0.05	d.f.	stupně volnosti / <i>degrees of freedom</i>				
**	P=0.01	rel.	relativní hodnota / <i>relative value</i>				
***	P=0.001	abs.	původní hodnota / <i>original value</i>				
NS	non significant	s.e.	chyba odhadu / <i>standard error</i>				

Tab. 5 Analýza variance a odhady komponent rozptylu pro (2008–2011) / Table 5 Analysis of variance and estimated components of variance for (2008–2011)

Zdroj proměnlivosti / Source of variation	d.f.	Průměrný čtverec / Mean square	Hladina významnosti / Significant level	F hodnota / F ratio	Odhad komponent rozptylu / Estimated components of variance		
					abs.	rel. (%)	s.e.
Rychlost klíčení 3 týdny po dosažení plné zralosti (BBCH 89) / Germination rate 3 weeks after achieving full ripeness (BBCH 89)							
Year	3	1549.41	***	17.33	46.44	19.15	40.91
Site	6	1734.18	***	19.39	74.73	30.81	46.81
Variety	8	602.82	***	6.74	32.10	13.23	18.85
Residual	126	89.43			89.27	36.81	11.25
Rychlost klíčení 6 týdnů po dosažení plné zralosti (BBCH 89) / Germination rate 6 weeks after achieving full ripeness (BBCH 89)							
Year	3	212.37	***	6.07	6.36	8.78	6.32
Site	6	490.76	***	14.03	23.01	31.78	14.67
Variety	8	164.90	***	4.71	8.12	11.22	5.16
Residual	126	34.98			34.91	48.21	4.40
Rychlost klíčení 9 týdnů po dosažení plné zralosti (BBCH 89) / Germination rate 9 weeks after achieving full ripeness (BBCH 89)							
Year	3	552.14	***	17.88	32.24	34.36	27.38
Site	6	491.67	***	15.92	26.96	28.73	16.85
Variety	8	89.05	**	2.88	3.63	3.87	2.79
Residual	126	30.88			31.00	33.04	3.91
Rychlost klíčení 12 týdnů po dosažení plné zralosti (BBCH 89) / Germination rate 12 weeks after achieving full ripeness (BBCH 89)							
Year	3	517.59	***	15.49	28.30	32.84	24.25
Site	6	362.67	***	10.85	23.07	24.45	13.54
Variety	8	84.40	*	2.53	3.17	3.68	2.65
Residual	126	33.42			33.64	39.03	4.24
Poznámky / Notes							
*	P=0.05	d.f.	stupně volnosti / degrees of freedom				
**	P=0.01	rel.	relativní hodnota / relative value				
***	P=0.001	abs.	původní hodnota / original value				
NS	non significant	s.e.	chyba odhadu / standard error				

2.4 Rychlost klíčení (RK)

Rychlost klíčení je vypočtena z výsledků získaných při stanovení energie klíčení (4 ml) podle následujícího vzorce. Vyjadřuje vitalitu zkoušeného vzorku zrna ječmene i hloubku posklizňového dozrávání (Kastner, 1976; 1977; 1979).

$$RK (\%) = (5n_{24} + 3n_{48} + n_{72})/5$$

n_{24} , n_{48} , n_{72} – počet vyklíčených obilek po 24, 48 a 72 h

2.5 Index klíčení (IK)

Index klíčení je vypočten z výsledků získaných při stanovení energie klíčení (4 ml) podle následujícího vzorce. Index klíčení je bezrozměrné číslo, vyjadřuje rychlost a rovnoměrnost klíčení.

$$IK = 10 \cdot (n_{24} + n_{48} + n_{72}) / (n_{24} + 2n_{48} + 3n_{72})$$

n_{24} , n_{48} , n_{72} – počet vyklíčených obilek po 24, 48 a 72 h

2.6 Statistické zpracování výsledků

Výsledky byly statisticky zpracovány analýzou rozptylu dvojného třídění, korelační a regresní analýzou. Odrůdy, mezi nimiž nebyl prokázán statisticky významný rozdíl, jsou označeny ve sloupci písmeny „a – c“ a tvoří homogenní skupiny. Statistické zpracování provedl Národní odrůdový úřad ÚKZÚZ v Brně.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Délka posklizňového dozrávání sice patří k odrůdovým znakům, ale je zároveň významně ovlivněna vnějšími podmínkami, za kterých vyrůstala mateřská rostlina (Cochrane, 1993). Vnější podmínky neovlivní výrazným způsobem náchylnost k porůstání u odrůd s rychlým ukončením dormance nebo u odrůd s dlouhou dormancí. Odrůdy s rychlým ukončením dormance jsou náchylné k porůstání vždy a naopak odrůdy s hlubokou dormancí jsou k porůstání odolné i za podmínek k porůstání vhodných. Na změnu vnějších faktorů reagují nejvíce odrůdy z přechodné skupiny. Vliv vnějšího prostředí v průběhu tvorby zrna může mít za následek, že se tyto odrůdy v některých letech chovají jako odolné vůči porůstání a v jiných letech jako náchylné k porůstání (Benech-Arnold, 2002). Vnější podmínky v průběhu vegetace ječmene mohou ovlivnit všechny kvalitativní parametry zrna ječmene.

Bylo zjištěno (Sponton et al., 2005), že existuje významný vztah mezi indexem klíčení a aktivitou některých hydrolytických enzymů a hodnotou Kolbachova čísla. Index klíčení je proto možno využít pro předpověď schopnosti zrn produkovat tyto enzymy v procesu sladování a tak předpovědět kvalitu sladu.

V letech 2008–2011 bylo hodnoceno celkem 9 odrůd sladovníkého ječmene (Aksamit, Aktiv, Blaník, Bojos, Kangoo, Radegast, Sebastian, Tolar a Xanadu) (tab. 1).

Hodnota energie klíčení 3 týdny po dosažení plné zralosti se pohybovala v průběhu testování na průměrné úrovni 88,6 % (tab. 3). Mezi sledovanými odrůdami byly značné rozdíly a hodnota energie klíčení se pohybovala v rozpětí 42–100 %. Proměnlivost hodnot energie klíčení (tab. 4) byla ovlivněna 3 týdny po dosažení plné zralosti stanovištěm z 24 % a odrůdou z 28 %. Nejvyšší průměrné hodnoty energie klíčení 3 týdny po dosažení plné zralosti byly zjištěny u odrůd Aktiv, Kangoo, Sebastian a Xanadu, které se tak statisticky významně lišily od všech ostatních odrůd v souboru (tab. 7). Šest týdnů po dosažení plné zralosti byla hodnota tohoto znaku na úrovni 97 % a stejné hodnoty byly naměřeny i v následujících týdnech (tab. 3). Šest týdnů po dosažení plné zralosti byl tento znak ovlivněn prostředím jen z 11 % a odrůdou ze 17 % (tab. 4). V průběhu posklizňového dozrávání se vliv prostředí na energii klíčení postupně snižoval, 12 týdnů po dosažení plné zralosti byl na úrovni 7 % (tab. 4). Naopak v 9. a 12. týdnu po dosažení plné zralosti narůstal vliv ročníku a dosáhl hodnot 22 % resp. 28 % (tab. 4). Ve 12. týdnu po dosažení plné zralosti byl už rozdíl mezi odrůdami statisticky neprůkazný (tab. 7).

Hodnoty znaků popisujících intenzitu klíčení, tj. rychlost a index klíčení, se postupně zvyšovaly a 12 týdnů po dosažení plné zralosti byly na úrovni 78,6 % resp. 6,8 (tab. 3). Ve 12. týdnu po dosažení plné zralosti klíčily všechny odrůdy rychle a rovnoměrně. Proměnlivost znaků rychlost a index klíčení (tab. 5, 6) byla 3 týdny po dosažení plné zralosti ovlivněna prostředím z 31 % resp. 30 %. Nejvyšší průměrná hodnota rychlosti klíčení 3 týdny po dosažení plné zralosti byla zjištěna u odrůdy Xanadu, která se tak statisticky

2.4 Germination rate (GR)

Germination rate is calculated from results obtained at the determination of germination energy (4 ml) pursuant to the following formula. It gives vitality of a tested barley grain and deepness of post harvest maturation (Kastner, 1976; 1977; 1979).

$$GR (\%) = (5n_{24} + 3n_{48} + n_{72})/5$$

n_{24} , n_{48} , n_{72} – number of germinated caryopses after 24, 48 and 72 h

2.5 Germination Index (GI)

Germination Index is calculated from the results obtained at the determination of germination energy (4 ml) pursuant to the following formula. Germination Index is an undimensional number, it gives rate and uniformity of germination.

$$GI = 10 \cdot (n_{24} + n_{48} + n_{72}) / (n_{24} + 2n_{48} + 3n_{72})$$

n_{24} , n_{48} , n_{72} – number of germinated caryopses after 24, 48 and 72 h

2.6 Statistical evaluation of results

The results were statistically evaluated using the two-way analysis of variance, correlation and regression analyses. The varieties between which statistically significant difference was not defined are in the column marked with the letters “a – c”; they form homogeneous groups. Statistical evaluation was conducted by the National Plant Variety Office of CISTA in Brno.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The length of the post harvest maturation belongs to the varietal traits but at the same time it is significantly affected by the external conditions under which the maternal plant grew (Cochrane, 1993). The external conditions do not significantly affect the susceptibility to sprouting in varieties with fast breaking of dormancy or in the varieties with long dormancy. Varieties with fast break of dormancy are always sensitive to sprouting and on the contrary, the varieties with deep dormancy are resistant even under the conditions favorable for sprouting. Change of the external factors is mostly reflected by the varieties from the transitory group. The effect of the environment in the course of grain formation can cause that these varieties behave in some years as resistant to sprouting and in others as sensitive to sprouting (Benech-Arnold, 2002). During barley vegetation, external conditions can affect all quality parameters of barley grain.

A significant relationship between the germination index and activity of some hydrolytic enzymes and the value of Kolbach index was confirmed (Sponton et al., 2005). Therefore, the germination index can be used for the prediction of grain capacity to produce these enzymes during the malting process and thus for prediction of malt quality.

In 2008–2011, a total set of nine varieties of malting barley (Aksamit, Aktiv, Blaník, Bojos, Kangoo, Radegast, Sebastian, Tolar, and Xanadu) was assessed (Table 1).

The value of germination energy three weeks after achieving full maturity during testing varied at an average level of 88.6% (Table 3). The varieties under study exhibited considerable differences and the value of germination energy moved in the range of 42–100%. Variability of germination energy (Table 4) was affected three weeks after achieving full maturity by the location from 24% and variety from 28%. The highest average values of germination energy three weeks after achieving full maturity were found in the varieties Aktiv, Kangoo, Sebastian, and Xanadu, differing statistically significantly from all other varieties in the set (Table 7). The value of this parameter six weeks after achieving full maturity was at the level of 97% and the same values were also measured in following weeks (Table 3). Six weeks after achieving full maturity, this trait was affected by the environment only from 11% and by the variety from 17% (Table 4). In the course of post harvest maturation, the effect of the environment on germination gradually declined, 12 weeks after achieving full maturity it was at the level of 7% (Table 4). Conversely, in the 9th and 12th weeks after achieving full maturity the effect of year grew and it achieved values of 22% and 28%, respectively (Table 4). The difference between the varieties in the 12th week after achieving full maturity was already statistically non-significant (Table 7).

The values of traits describing intensity of germination, i.e. germination rate and index increased gradually and 12 weeks after achieving full maturity they were at the level of 78.6% and 6.8%, respectively (Table 3). In the 12th week after achieving full maturity all varieties germinated quickly and evenly. Variability of parameters rate and index of germination (Table 5, 6) were three weeks after achieving full matu-

Tab. 6 Analýza variance a odhady komponent rozptylu pro (2008–2011) / Table 6 Analysis of variance and estimated components of variance for (2008–2011)

Zdroj proměnlivosti / Source of variation	d.f.	Průměrný čtverec / Mean square	Hladina významnosti / Significant level	F hodnota / F ratio	Odhad komponent rozptylu / Estimated components of variance		
					abs.	rel. (%)	s.e.
Index klíčení 3 týdny po dosažení plné zralosti (BBCH 89) / Germination index 3 weeks after achieving full ripeness (BBCH 89)							
Year	3	8.03	***	21.24	0.24	25.39	0.21
Site	6	6.75	***	17.85	0.28	29.51	0.18
Variety	8	1.11	**	2.93	0.05	4.86	0.03
Residual	126	0.38			0.38	40.24	0.05
Index klíčení 6 týdnů po dosažení plné zralosti (BBCH 89) / Germination index 6 weeks after achieving full ripeness (BBCH 89)							
Year	3	3.59	***	12.83	0.11	17.92	0.10
Site	6	3.83	***	13.66	0.18	30.29	0.12
Variety	8	0.74	*	2.63	0.03	4.81	0.02
Residual	126	0.28			0.28	46.99	0.04
Index klíčení 9 týdnů po dosažení plné zralosti (BBCH 89) / Germination index 9 weeks after achieving full ripeness (BBCH 89)							
Year	3	4.43	***	17.18	0.25	33.37	0.21
Site	6	4.02	***	15.58	0.22	28.85	0.14
Variety	8	0.68	*	2.65	0.03	3.52	0.02
Residual	126	0.26			0.26	34.26	0.03
Index klíčení 12 týdnů po dosažení plné zralosti (BBCH 89) / Germination index 12 weeks after achieving full ripeness (BBCH 89)							
Year	3	3.57	***	13.01	0.19	27.99	0.17
Site	6	3.13	***	11.43	0.18	26.79	0.12
Variety	8	0.79	**	2.88	0.03	4.71	0.02
Residual	126	0.27			0.28	40.51	0.03
Poznámky / Notes							
*	P=0.05	d.f.	stupně volnosti / degrees of freedom				
**	P=0.01	rel.	relativní hodnota / relative value				
***	P=0.001	abs.	původní hodnota / original value				
NS	non significant	s.e.	chyba odhadu / standard error				

významně lišila od všech ostatních odrůd ve sledovaném souboru (tab. 7). V průběhu 12 týdenního sledování ovlivňovalo prostředí oba sledované parametry z 24–31 %. Vliv odrůdy na rychlost klíčení postupně klesal, naopak vzrůstal vliv ročníku. Podobná tendence je i u indexu klíčení. V devátém a dvanáctém týdnu po dosažení plné zralosti je index klíčení ovlivněn z 32–34 % ročníkem a z 24–28 % prostředím.

4 ZÁVĚR

Délka posklizňového dozrávání patří k odrůdovým znakům, ale je zároveň významně ovlivněna vnějšími podmínkami. Průběh počasí v letech 2008–2011 výrazně ovlivnil kvalitu sklizeného ječmene. Rychlost a jednotnost klíčení obilok ječmene po sklizni se postupně zlepšovala. Hodnota energie klíčení 3 týdny po dosažení plné zralosti se pohybovala v průběhu testování na průměrné úrovni 88,6 %, 12 týdnů po dosažení plné zralosti dosáhla průměrné hodnoty 97,3 %. Vliv odrůdy na rychlost klíčení postupně klesal, naopak vzrůstal vliv ročníku. Ve dvanáctém týdnu po dosažení plné zralosti je tento znak ovlivněn z 28 % ročníkem, vliv odrůdy je zanedbatelný.

PODĚKOVÁNÍ

Výsledky byly získány využitím poskytnuté institucionální podpory Ministerstva zemědělství České republiky na dlouhodobý koncepční rozvoj VÚPS a v rámci řešení projektu Operačního programu konkurenceschopnost pro vzdělávání „Partnersství pro podporu popularizace VaV a další vzdělávání v oblasti v oblasti popularizace transferu technologií v oblasti zemědělství, potravinářství a bioenergetiky“ (CZ.1.072.3.0035.0013). Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Statistické zpracování výsledků provedl Ing. J. Hartmann, CSc. Poděkování patří též pracovníkům zkušebních stanic ÚKZÚZ za poskytnutí pokusného materiálu.

ity affected by the environment from 31% and 30%, respectively. The highest average value of germination rate three weeks after achieving full maturity was found in the variety Xanadu, differing thus statistically significantly from all other varieties in the studied set (Table 7). In the course of 12-week study, the environment affected both studied parameters from 24–31%. The effect of the variety on the germination rate gradually declined, on the contrary, the effect of the year grew. A similar trend was also recorded in the germination index. In the ninth and twelfth weeks after achieving full maturity, germination index was affected by the year from 32–34% and environment from 24–28%.

4 CONCLUSIONS

The length of post-harvest maturation belongs to the varietal traits, it is significantly affected by external conditions. The course of weather in 2008–2011 significantly affected quality of harvested barley. Germination rate and uniformity of caryopses gradually improved after harvest. The value of germination energy three weeks after achieving full maturity ranged during testing at an average value of 88.6%, 12 weeks after achieving full maturity it reached an average value of 97.3%. The effect of variety on germination rate gradually declined, on the contrary, the effect of year grew. In the twelfth week after achieving full maturity, this trait was affected by the year from 28%, the effect of variety was negligible.

ACKNOWLEDGEMENTS

The results were obtained using the institutional support of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic for a long-term conceptual development of the RIBM and the project Education for Competitiveness Operational Programme “Partnership to support R&D popularization and further education in further popularization of technology transfer in the field of agriculture, food industry and bio-energy” (CZ.1.072.3.0035.0013). This project is co-financed by the European Social Fund and the state budget of the Czech Republic.

Statistical evaluation of results was performed by Ing. J. Hartmann, CSc. We also thank to our colleagues in the testing stations of the CISTA for providing us testing material.

Tab. 7 Testování významnosti jednoduchých kontrastů pro (2008–2011) / Table 7 Multiple range analysis for (2008–2011)

Odrůda / Variety	n	EK 3 / GE 3			EK 6 / GE 6			EK 9 / GE 9			EK 12 / GE 12		
		Průměr / Average	HG		Průměr / Average	HG		Průměr / Average	HG		Průměr / Average	HG	
Aksamit	16	76.87	a		92.74	a		95.94	a	b	97.01	a	
Aktiv	16	95.16		c	98.02		b	98.31		b	98.51	a	
Blaník	16	79.50	a		95.87		b	96.96	a	b	97.23	a	
Bojos	16	90.06		b	97.54		b	98.07	a	b	98.28	a	
Kangoo	16	92.97		c	97.07		b	96.86	a	b	96.41	a	
Radegast	16	81.53	a	b	96.55		b	97.27	a	b	97.74	a	
Sebastian	16	94.14		c	97.24		b	97.51	a	b	97.52	a	
Tolar	16	89.10		b	97.07		b	97.65	a	b	97.82	a	
Xanadu	16	91.53		c	95.75		b	95.18	a		95.61	a	
LSD (0.05)		8.65			2.96			3.03			3.52		
		RK 3 / GR 3			RK 6 / GR 6			RK 9 / GR 9			RK 12 / GR 12		
Aksamit	16	48.37	a		65.19	a		71.20	a		74.34	a	
Aktiv	16	66.25		b	74.69		b	78.06		b	80.64	a	b
Blaník	16	56.97	a	b	74.02		b	77.67		b	80.37	a	b
Bojos	16	64.52		b	75.16		b	79.36		b	81.24		b
Kangoo	16	62.52		b	73.69		b	76.41	a	b	77.69	a	b
Radegast	16	57.64	a	b	75.71		b	78.31		b	81.25		b
Sebastian	16	64.33		b	71.61	a	b	76.18	a	b	78.04	a	b
Tolar	16	62.22		b	70.96	a	b	75.69	a	b	78.16	a	b
Xanadu	16	68.77		c	72.86		b	75.66	a	b	77.29	a	b
LSD (0.05)		10.55			6.60			6.20			6.45		
		IK 3 / GI 3			IK 6 / GI 6			IK 9 / GI 9			IK 12 / GI 12		
Aksamit	16	5.25	a		5.86	a		6.15	a		6.38	a	
Aktiv	16	5.77	a	b	6.33	a	b	6.68	a	b	6.93	a	b
Blaník	16	5.87	a	b	6.42	a	b	6.72		b	7.00		b
Bojos	16	5.90	a	b	6.39	a	b	6.83		b	7.02		b
Kangoo	16	5.62	a	b	6.35	a	b	6.61	a	b	6.76	a	b
Radegast	16	5.82	a	b	6.53		b	6.80		b	7.13		b
Sebastian	16	5.70	a	b	6.11	a	b	6.56	a	b	6.72	a	b
Tolar	16	5.73	a	b	6.05	a	b	6.49	a	b	6.74	a	b
Xanadu	16	6.25		b	6.29	a	b	6.71	a	b	6.81	a	b
LSD (0.05)		0.69			0.59			0.57			0.58		
HG – homogenní skupiny / homogeneous group													
LSD – nejmenší významný rozdíl / least significant difference test													

LITERATURA / REFERENCES

- Basařová, G. (ed.), 1992: Pivovarsko-sladařská analytika 1. Merkan-
ta, Praha.
- Benech-Arnold, R. L., 2002: Bases of pre-harvest sprouting resi-
stance in barley: Physiology, molecular biology and environmen-
tal control of dormancy in barley grain. In: Barley science. Recent
advances from molecular biology to agronomy of yield and quality.
Food Product Press, New York.
- Bewley, J. D., Black M., 1982: Physiology and Biochemistry of Seeds
in Relation to Germination. Vol. 2 Viability. Dormancy and Environ-
mental Control. Springer – Verlag, Berlin.
- Cochrane, M. P., 1993: Effects of temperature during grain develop-
ment on the germinability of barley grains. Aspects Appl. Biol. 36.
- EBC Analysis Committee, 2009: Analytica-EBC, Verlag Hans Carl
Getränke-Fachverlag, Nürnberg.
- Lišková, M., Francáková, H., 2012: Význam dormancie jačmeňa sla-
dovnického na kvalitatívne parametre sladu. Slovenská poľnohos-
podárska univerzita, Nitra: 72.
- Psota, V., Šusta, J., Kosař, K., 1998: Homogenita a modifikace sladu
II. Klíčení zrna, chuť piva. Kvasný Prum. 44: 126–129.

- Psota, V., Šebánek, J., 1999: Role fytohormonů v klíčení a sladová-
ní. Studijní Informace. Mimo řady, ÚZPI, Praha.
- Kastner, J., 1976: Zpracování sladů s vysokým obsahem bílkovin.
Závěrečná zpráva 12/15, VÚPS Brno.
- Kastner, J., 1977: Zpracování ječmenů a sladů s vysokým obsahem
bílkovin. Závěrečná zpráva 12/2, VÚPS Brno.
- Kastner, J., 1979: Vliv odrůdy na délku posklizňového dozrávání se
zvláštním zřetelem na výhledové odrůdy. Urychlení posklizňového
dozrávání ječmenů. Dílčí zpráva 3b/2, VÚPS Brno.
- Riis, P., Meiling, E., Peetz, J., 1995: Determination of germinative
percentage and germination index — collaborative trial and ru-
ggedness testing, J. Inst. Brew., 101(3): 171–175.
- Sponton, B. W., Jacobsen, J. V., Sherkat, F., Start, I. M., 2005:
Changes in germination and malting quality during storage of bar-
ley. J. Inst. Brew., 111(1): 33–41.

Do redakce došlo / Manuscript received: 5. 8. 2013
Přijato k publikování / Accepted for publication: 6. 10. 2013