

Dynamika klíčení během posklizňového dozrávání sladovnického ječmene

Germination Dynamics During Post Harvest Maturation of Malting Barley

VIERA ŠOTTNÍKOVÁ¹, VRATISLAV PSOTA², LUDEK HŘIVNA¹, TOMÁŠ GREGOR¹, LENKA SACHAMBULA²

¹ Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno / *Department of Crop Science, Breeding and Plant Medicine, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, CZ-613 00 Brno*

² Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Sladařský ústav Brno, Mostecká 7, 614 00 Brno / *Research Institute of Brewing and Malting, Malting Institute, Mostecká 7, 614 00 Brno, Czech Republic*

e-mail: sotnik@mendelu.cz

Šottníková, V. – Psota, V. – Gregor, T. – Sachambula, L.: Dynamika klíčení během posklizňového dozrávání sladovnického ječmene. Kvasny Prum. 57, 2011, č. 7–8, s. 242–245.

Práce byla zaměřena na hodnocení průběhu posklizňového dozrávání u osmi odrůd sladovnického ječmene jarního registrovaných v České republice. Byly sledovány parametry klíčení (energie, rychlost, index, průměrný čas a homogenita klíčení) v průběhu 3., 6., 9. a 12. týdne. Získané údaje byly vloženy do vztahu k fenologickým fázím a průběhu počasí za roky 2005–2008. Sledované parametry klíčení byly nejvíce ovlivněny lokalitou (od 20 % do 60 %) a výrazně méně ročníkem (14 %–30 %). Odrůda ovlivňovala parametry klíčení maximálně z 15 %. Byly zjištěny výrazné meziodrůdové rozdíly v délce a intenzitě posklizňového dozrávání. Calgary byla odrůdou s nejdelší úrovní posklizňového dozrávání ve sledovaném souboru osmi odrůd a odrůda Diplom měla nejkratší dobu posklizňového dozrávání. Podařilo se prokázat, že délka a intenzita posklizňového dozrávání byla ovlivněna společným působením průměru srážek a průměrem teplot.

Šottníková, V. – Psota, V. – Gregor, T. – Sachambula, L.: Germination dynamics during post harvest maturation of malting barley. Kvasny Prum. 57, 2011, No. 7–8, p. 242–245.

Study was focused on the evaluation of the course of post harvest maturation in eight spring varieties of malting barley registered in the Czech Republic. Germination parameters (energy, rate, index, average time and homogeneity of germination) were monitored in the 3rd, 6th, 9th, and 12th week. The obtained data were related to the phenological phases and course of weather for the period of 2005–2008. The studied parameters of germination were mostly affected by a locality (from 20 % to 60 %) and less significantly by year (14 %–30 %). The variety affected parameters of germination maximally from 15 %. Significant inter-variety differences in the length and intensity of post-harvest maturation were found. Calgary was the variety with the longest level of post-harvest maturation in the studied set of eight varieties and the variety Diplom had the shortest post harvest maturation. It was confirmed that the length and intensity of post harvest maturation was affected jointly by average rainfall and temperatures.

Šottníková, V. – Psota, V. – Gregor, T. – Sachambula, L.: Dynamik des Keimungsprozesses während der Nacherntreife der Braugerste. Kvasny Prum. 57, 2011, Nr. 7–8, S. 242–245.

Der Artikel befasst sich mit der Auswertung des Verlaufs der Nacherntreife der Braugerste bei acht Sorten der in der Tschechischen Republik registrierten Sommerbraugerste. Folgende Parameter wurden verfolgt: Keimungsparameter (Energie, Geschwindigkeit, Index, die durchschnittliche Zeit und Keimungshomogenität) im Laufe der dritten, sechsten, neunten und zwölften Woche. Die erworbenen Ergebnisse wurden mit den phenologischen Phasen und mit dem Wetterverlauf im Zeitraum 2005–2008 verglichen. Die verfolgten Keimungsparameter wurden am meisten durch die Lokalität (von 20 % bis zu 60 %) und weniger durch den Jahrgang (von 14 % bis zu 30 %), durch die Gerstensorte (max. 14 %) beeinflusst. Wesentliche Zwischensortenunterschiede wurden in der Länge und in der Intensität des Keimungsprozesses ermittelt, aus den acht Gerstensorten hatte die Sorte Calgary die längste Zeit und die Sorte Diplom die kürzeste Zeit der Nacherntenkeimung. Es ist gelungen nachzuweisen, dass die Zeit und Intensität des Keimungsprozesses durch die gemeinsamen Einwirkungen von Durchschnittsniederschlägen und Durchschnittstemperaturen beeinflusst worden waren.

Klíčová slova: ječmen, dynamika klíčení, posklizňové dozrávání

Keywords: barley, germination dynamics, post-harvest maturation

1 ÚVOD

Různé partie ječmene obsahují zrna, která se liší nejen svým tvarem, velikostí, rychlostí růstu, enzymatickým potenciálem, ale i obsahem a rozdělením zásobních látek [1]. Pro výrobce osiva, pěstitele ječmene a výrobce sladu je klíčení ječmene základním technologickým procesem, během kterého v obilce dochází k aktivaci a syntéze enzymů a k řadě dalších změn. Základní požadavky na obilky ječmene jako osiva i jako materiálu pro výrobu sladu jsou v podstatě stejné. Zrno ječmene by mělo mít maximální klíčivost a mělo by klíčit rychle a uniformně [2, 3]. Hlavní podmínkou uniformního klíčení obilek ječmene v konkrétní partii je odrůdová čistota, jednotná velikostní kategorie a ukončené posklizňové dozrávání. Čerstvě sklizený ječmen nikdy neposkytne dobře rozluštěný slad. V obilkách ječmene musí proběhnout posklizňové dozrávání, které v našich podmínkách trvá 6 až 8 týdnů. V případě nepříznivých podmínek během sklizně je posklizňové dozrávání delší. Obvykle je dormance definována jako porucha klíčení části živých obilek kultivovaných za podmínek, za kterých nedormantní obilky dobře klíčí [4].

2 MATERIÁL A METODIKA

Ke sledování úrovně posklizňového dozrávání u ječmene jarního byly použity obilky 8 odrůd (Bojos, Calgary, Diplom, Jersey, Prestige, Radegast, Sebastian, Tolar), které byly v letech 2005–2008 vypěstovány

1 INTRODUCTION

Different barley lots contain grains differing in their shape, size, growth rate, enzymatic potential but also content and distribution of storage substances and their distribution [1]. For seed producers, barley growers and malt producers germination of barley is a principal technological process during which enzymes in caryopses are activated and synthesized and a number of other changes occur. Basic requirements for barley caryopses as a seed and material for malt production are principally the same. Barley grain should have maximal germination capacity and it should germinate evenly and uniformly [2, 3]. The main conditions of the uniform germination of caryopses in a particular barley lot are varietal purity, uniform size category and completed post-harvest maturation. Freshly harvested barley never provides well modified malt. Post-harvest maturation must proceed in barley caryopses, under conditions here it takes 6 to 8 weeks.

Post-harvest maturation is longer under unfavourable conditions during harvest. Dormancy is usually defined as a disorder of germination of part of vivid caryopses cultivated under conditions in which non-dormant caryopses germinate well [4].

2 MATERIAL AND METHODS

Caryopses of eight varieties (Bojos, Calgary, Diplom, Jersey, Prestige, Radegast, Sebastian, Tolar) were grown in the state varietal testing

vány ve státních odrůdových zkušebnách ÚKZÚZ ve Věrovanech, Čáslavi, Libějovicích, Chrástavě a na stanici Vysoká. Pro sledování parametrů klíčení byl použit podíl zrna nad sítím 2,5 mm. Parametry klíčení byly sledovány v prvním, třetím, šestém, devátém a dvanáctém týdnu po sklizni. Intenzita posklizňového dozrávání byla sledována v termínech 3, 6, 9 a 12 týdnů po datu plné zralosti. V průběhu posklizňového dozrávání byly sledovány následující parametry:

Energie klíčení (EK) – procento vyklíčených zrn v daném čase [5, 6]. Rychlost klíčení (RK) – rychlost klíčení je vypočtena z výsledků získaných při stanovení energie klíčení, podle následujícího vzorce. Tato charakteristika vitality ječmene je používána od 70. let minulého století [7, 8].

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

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

Index klíčení (IK) – vypočten z výsledků získaných při stanovení energie klíčení (4 ml) podle následujícího vzorce. Index klíčení je bezrozměrné číslo.

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

– IK – index klíčení

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

Průměrný čas klíčení (MGT) – se vypočítá podle vzorce:

$$MGT = n_{24} + 2n_{48} + 3n_{72} / n_{24} + n_{48} + n_{72}$$

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

Tento vzorec je použit jako mezivýpočet homogenity klíčení.

Homogenita klíčení (HK) – Partie ječmene mnohdy vykazují různou životnost (danou EK). Pro dosažení optimální hodnoty energie klíčení jsou partie ječmene míchány. To však může vést k nepříjemně nízké hodnotě homogenity klíčení [9]. Homogenita klíčení je definována jako:

$$HK = 100 (1 - SD / SD_{\max})$$

– SD je směrodatná odchylka průměrného času klíčení a je vypočtena následovně:

$$SD = \frac{\sum_{i=1}^5 n_i (i - MGT)^2}{\sum_{i=1}^5 n_i}$$

– n_i – počet vyklíčených obilek v jednotlivých dnech sledování (v našem případě po 24, 48 a 72 h)

– i – dny klíčení (v našem případě 1,2,3)

$$MGT = \frac{n_{24} + 2n_{48} + 3n_{72}}{n_{24} + n_{48} + n_{72}}$$

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

$$SD_{\max} \text{ je } SD_{\max} = \frac{i_{\max} - i_{\min}}{2} = \frac{3 - 1}{2} = 1$$

– i_{\max} – počet dní klíčení (v našem případě 3)

– i_{\min} – nejmenší počet dní klíčení (1)

K vyhodnocení povětrnostních podmínek, kterým byl porost ječmene jarního vystaven ve zkušebních stanicích, jsme použili sumy průměrných denních teplot a sumy denních úhrnů srážek, jak za období od metání do plné zralosti, tak i od setí do sklizně. Pro obě období byl vybrán jako vhodný agroklimatický faktor Seljaninovův hypotermický koeficient.

$$- \text{Seljaninovův HTK} = R / 0,1 * TS_{10}$$

– R – měsíční suma srážek

– TS – suma teplot pro měsíce, v nichž je průměrná teplota vyšší než 10 °C [10].

stations of CISTA in Věrovany, Čáslav, Libějovice, Chrástava and in the station Vysoká in the period of 2005–2008. Sieving fractions over 2.5 mm were used for studying germination parameters. Germination parameters were followed in the first, third, sixth, ninth and twelfth week after harvest. Intensity of post-harvest maturation was studied in the following terms: 3, 6, 9 and 12 weeks after the date of full maturity. During post-harvest maturation following parameters were followed:

Germination energy (EK) – percentage of grains germinated in the given time [5, 6]. Germination rate (RK) – germination rate is calculated from the results obtained at determination of germination energy pursuant to the following formula. This characteristics of barley vitality is used from the 1970s [7, 8].

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

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

Germination Index (IK) – calculated from results obtained at determination of germination energy (4 ml) after the following formula. Germination Index is a dimensionless number.

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

– IK – Germination Index

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

Mean Germination Time (MGT) – is calculated pursuant to the formula:

$$MGT = n_{24} + 2n_{48} + 3n_{72} / n_{24} + n_{48} + n_{72}$$

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

This formula is used as an inter-calculation of germination homogeneity.

Germination Homogeneity (HK) – Barley lots frequently exhibit a different viability (given by EK). To achieve the optimal of germination energy, barley parts are mixed. This, however, can lead to an acceptably low germination homogeneity [9]. Germination homogeneity is defined as:

$$HK = 100 (1 - SD / SD_{\max})$$

SD is standard deviation of the average germination time and it is calculated as follows:

$$SD = \frac{\sum_{i=1}^5 n_i (i - MGT)^2}{\sum_{i=1}^5 n_i}$$

– n_i – number of germinated caryopses in the individual days of monitoring (in this study after 24, 48 and 72 h)

– i – days of germination (in this study 1,2,3)

$$MGT = \frac{n_{24} + 2n_{48} + 3n_{72}}{n_{24} + n_{48} + n_{72}}$$

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

$$SD_{\max} \text{ je } SD_{\max} = \frac{i_{\max} - i_{\min}}{2} = \frac{3 - 1}{2} = 1$$

– i_{\max} – number of days of germination (in this study 3)

– i_{\min} – the lowest number of days of germination (1)

For the evaluation of weather conditions to which the stand of spring barley was exposed in the testing stations, sums of average day temperatures and precipitations sums, both for the period from heading to full ripeness and from sowing to harvest were used. Seljanin's hypothermic coefficient was selected as a suitable agroclimatic factor for both the periods

$$- \text{Seljanin's HTK} = R / 0,1 * TS_{10}$$

– R – month sum of precipitations

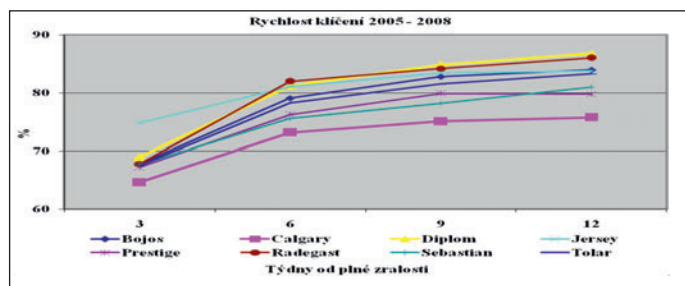
– TS – sum of temperatures for months in which the average temperature is higher than 10°C [10]

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

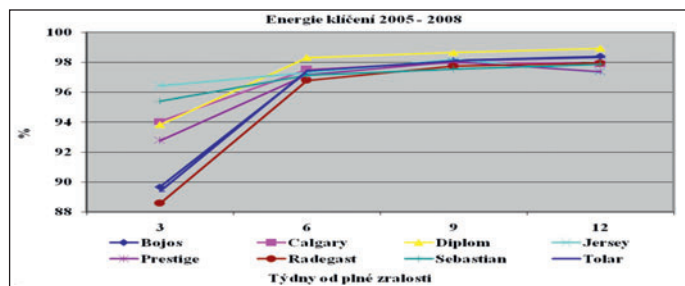
Tři týdny od plné zralosti byly u rychlosti klíčení odrůdy rozděleny jen do dvou statisticky odlišných skupin, kdy se odrůda Jersey statisticky významně lišila od všech ostatních odrůd. V následujícím období se rozdíly mezi odrůdami výrazně zvětšily, kdy odrůda Calgary a Sebastian byly vždy odrůdami s nejhorší úrovní rychlosti klíčení. Naproti tomu stály odrůdy Diplom a Radegast, které vykazovaly vysokou úroveň rychlosti klíčení. Průběh rychlosti klíčení ve sledovaných týdnech od plné zralosti u všech osmi zkoumaných odrůd dokládá obr. 1 [11, 12, 13], autoři došli k závěru, že teplota má významný

3 RESULTS AND DISCUSSION

Three weeks after full ripeness the varieties in germination rate were split into two statistically different groups when the variety Jersey differed statistically significantly from all the other varieties. In the fol-



Obr. 1 Rychlost klíčení 3, 6, 9 a 12 týdnů od plné zralosti / Fig. 1: Germination rate 3, 6, 9 and 12 weeks after full ripeness



Obr. 2 Energie klíčení 3, 6, 9 a 12 týdnů od plné zralosti / Fig. 2 Germination energy 3, 6, 9 and 12 weeks after full ripeness

vliv na rychlost vývoje, intenzitu a rychlost dozrávání a délku trvání, se kterou posklizňové dozrávání odezní.

Rychlost klíčení vyjadřuje intenzitu klíčení [14]. Rychlost klíčení 3 týdnů od plné zralosti byla z 55 % ovlivněna lokalitou a z 28 % ročníkem. Odrůda ovlivňovala tento parametr z 1,5 %. V následujících sledovaných týdnech byl zjištěn vzrůstající vliv odrůdy a lokality na rychlost klíčení, kdy odrůda ovlivňovala tento znak přibližně z 10 %. Vliv ročníku postupně klesl až na 11 % ve 12. týdnu od plné zralosti. Burauss a Skimes [15] došli k závěru, že dormance je recesivní znak s dominancí pro krátkou dormanci, který je řízen několika geny s vysokým koeficientem dědivosti. Ve 3. týdnu od plné zralosti se se 72 % pravděpodobností negativně projevil vliv společného působení průměru srážek a průměru teplot (SHTK) na rychlost klíčení.

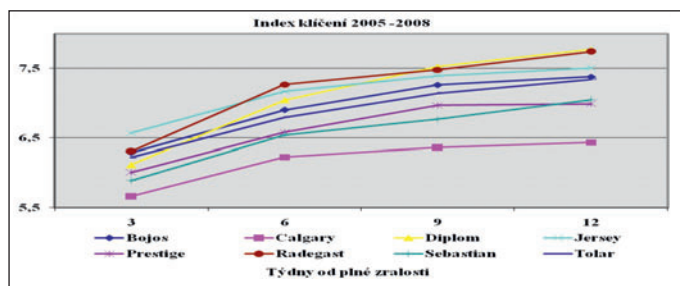
Energie klíčení tři týdny od plné zralosti byla z 28 % ovlivněna lokalitou, z 25 % ročníkem a pouze ze 4 % odrůdou, viz obr. 2. Během posklizňového dozrávání se vliv jednotlivých faktorů významně měnil. Výrazně vzrůstal ve prospěch lokality na úkor ročníku, zatímco vliv odrůdy na variabilitu energie klíčení zůstal v průběhu posklizňového dozrávání na nízké úrovni.

Energii klíčení nejvíce ovlivnily klimatické podmínky ve třetím týdnu od plné zralosti. Na vztahu mezi energií klíčení a počasím ve třetím týdnu od plné zralosti se ze 78 % pravděpodobností podílely parametry – průměry teplot, průměry srážek a společné působení průměru srážek a průměru teplot. Největší vliv na energii klíčení ve třetím a šestém týdnu od plné zralosti měl průběh srážek v polovině období mezi metáním a plnou zralostí stoupá i průběh energie klíčení. Vliv průměru teplot se výrazněji projevil na začátku a konci období mezi metáním a plnou zralostí. Dále se na energii klíčení významněji podílel i vliv společného působení průměru srážek a průměru teplot ve třetím týdnu od plné zralosti [16,17].

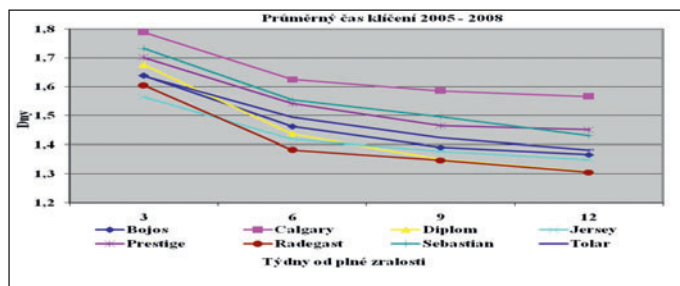
Tři týdny od plné zralosti vykazovaly odrůdy značné rozdíly v indexu klíčení a byly rozděleny do 4 statisticky odlišných skupin. Z obr. 3 je zřejmé, že odrůda Calgary je odrůdou s nejnižší hodnotou indexu klíčení. Naopak odrůdy Radegast a Diplom jsou odrůdami s nejvyšší intenzitou klíčení v 6. až 12. týdnu od plné zralosti. Průměrný čas klíčení začlenil odrůdy podobně jako index klíčení. Odrůdy Calgary a Sebastian patřily mezi odrůdy s nejdelším časem klíčení. Naproti tomu Diplom a Radegast patřily mezi odrůdy s nejkratším časem klíčení. Průběh průměrného času klíčení u všech odrůd zachycuje obr. 4.

Podobně jako u indexu klíčení a rychlosti klíčení byl i průměrný čas klíčení z 60 % ovlivněn lokalitou, ročník měl vliv z přibližně 20 % a odrůda měla minimální vliv na úrovni 10 %.

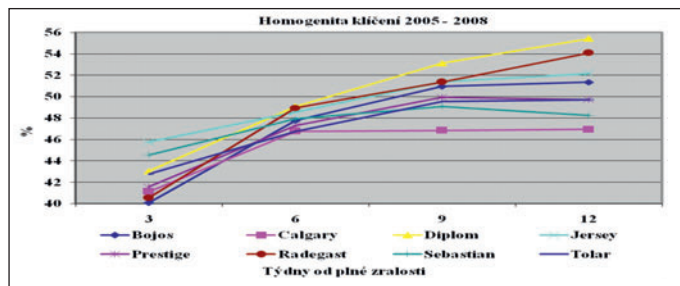
Delší posklizňové dozrávání u odrůdy Calgary se projevilo také nižší homogenitou klíčení. Naproti tomu stály odrůdy Diplom a Radegast, které vykazovaly jednotnější úroveň klíčení. Průběh homogenity klíčení u všech odrůd je znázorněn na obr. 5.



Obr. 3 Index klíčení 3, 6, 9 a 12 týdnů od plné zralosti / Fig. 3 Germination Index 3, 6, 9 and 12 weeks after full ripeness



Obr. 4 Průměrný čas klíčení 3, 6, 9 a 12 týdnů od plné zralosti / Fig. 4 Average germination time 3, 6, 9 and 12 weeks after full ripeness



Obr. 5 Homogenita klíčení 3, 6, 9 a 12 týdnů od plné zralosti / Fig. 5 Germination homogeneity 3, 6, 9 and 12 weeks after full ripeness

lowing period the differences between varieties were much larger, the varieties Calgary and Sebastian were always the varieties with the worst level of germination rate. On the contrary, the varieties Diplom and Radegast exhibited a high level of germination rate. Fig. 1 shows the course of germination rate in the studied weeks from full ripeness in all eight varieties under study. [11, 12, 13] came to a conclusion that the temperature affects significantly the rate of development, intensity and rate of ripening and length of time with which the post harvest goes off.

Germination rate gives germination intensity [14]. Germination rate 3 weeks after full ripeness was affected by the locality (from 55 % and year (from 28 %). The variety affected this parameter from 1.5 %. In the next weeks of observation an increasing effect of the variety and locality on germination rate was recorded when the variety affected this trait from ca 10 %. The effect of year gradually declined as low as 11 % in the 12th week from full ripeness. Burauss and Skimes [15] concluded that dormancy was a recessive trait for a short dominance which is controlled by several genes with a high coefficient of inheritance. Precipitation sum and sum of temperatures (SHTK) negatively affected germination rate in the 3rd week after full ripeness with 72 % probability.

Germination energy three weeks after full ripeness was affected from 28 % by the locality, from 25 % by year and only from 4 % by the variety (Fig. 2). The effect of the individual factors changed markedly during post-harvest maturation. It increased markedly in favour of the locality to the prejudice of year, while the effect of the variety to variability of germination energy remained during post-harvest maturation at the low level.

Germination energy was mostly affected by the climatic conditions in the third week after full ripeness. Relationship between germination energy and weather in the third week after full ripeness was with 78 % probability affected by the parameters – temperature averages, precipitation means and joint effect of precipitation sums and temperature

Variabilita homogenity klíčení byla ve 3. týdnu od plné zralosti ovlivněna především lokalitou, a to z 22 %. Vliv ročníku a odrůdy byl přibližně 8 %. V 6. a 9. týdnu vzrostl vliv ročníku na 20 %, zatímco vliv lokality se snížil. Ve 12. týdnu došlo ke snížení vlivu ročníku na 13 % a zvýšení vlivu lokality a odrůdy.

4 ZÁVĚR

Sledované parametry klíčení byly nejvíce ovlivněny lokalitou [18] (od 20 % do 60 %) a výrazně méně ročníkem (14 %–30 %). Odrůda ovlivňovala parametry klíčení maximálně z 15 %.

Výrazný vliv teploty během období od metání do plné zralosti na parametry klíčení se nepodařilo prokázat. Byl zachycen mírný vliv teploty na začátku metání a ke konci plné zralosti. Vliv srážek byl zachycen v první třetině období od metání do plné zralosti u energie klíčení v 3. týdnu. V dalších parametrech klíčení se již výrazněji neprojevil. Vliv povětrnostních podmínek, vyjádřený Seljaninovým hydrotermickým koeficientem, byl zachycen v polovině období mezi metáním a plnou zralostí u všech parametrů klíčení a měl negativní vliv na posklizňové dozrávání sladovnického ječmene.

Klimatické podmínky na mateřskou rostlinu a následně na parametry klíčení obilky jsou značně složité a komplexní. Z těchto důvodů by bylo třeba více pokusů, které by vedly ke spolehlivé predikci délky posklizňového dozrávání.

PODEKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za finančního přispění Výzkumného centra pro studium obsahových látek ječmene a chmele č. 1M0570. Prezentované výsledky byly získány za podpory MŠMT ČR v rámci řešení výzkumného záměru VÚPS, a. s., „Výzkum sladařských a pivovarských surovin a technologií“ (identifikační kód MSM6019369701).

LITERATURA / REFERENCES

- Kastner, J.: Vliv odrůdy na délku posklizňového dozrávání se zvláštním zřetelem na výhledové odrůdy. Urychlení posklizňového dozrávání ječmenů. Dílčí zpráva 3b/2, VÚPS Brno, 1979.
- Kastner, J.: Zpracování ječmenů a sladů s vysokým obsahem bílkovin. Závěrečná zpráva 12/2, VÚPS Brno, 1977.
- Hübner, F., Schehl, F. D., Gebruers, K., Courtin, C. M., Delcour, J. A., Arendt, E. K.: Influence of germination time and temperature on the properties of rye malt and rye malt based worts. *Journal of Cereal Science* **52**, 2010, 72–79.
- Briggs, D. E. Aspects of dormancy: *Brewing Room Book 1995–1997*, Pauls Malt, 1995, 31–35.
- EBC Analysis Committee: *Analytica-EBC*, Verlag Hans Carl Gertränke-Fachverlag, Nürnberg, 1998.
- Basařová, G. (ed.): *Pivovarsko-Sladařská analytika 1*. Merkanta, Praha, 1992, 388 s.
- Kastner, J.: Zpracování sladů s vysokým obsahem bílkovin. Závěrečná zpráva 12/15. VÚPS Brno, 1976.
- Palmer, G. H. Standardisation of homogeneity. *European Brewery Convention*, Adernach, 1994, 2–43.
- Riis, P., Bank-Olsen, K.: *Proceedings of the EBC Congress*, 10: Lisbon, 1991, 101–107.
- Strnad, E.: Studies on seed dormancy in small grain species. *Norweg. J. Agr. Sci.* 1989, Vol. 3 In Auranen, M.: Pre-harvest sprouting and dormancy in malting barley in northern climatic conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Sect., Soil and Plant Sci 1995.
- Schuurink, R. C., Sedde, N. J. A. and Wang, M.: Dormancy of the barley grain is correlated with gibberellic acid responsiveness of the isolated aleurone layer. *Plant Physiol.* **100**, 2009, 1834–1839.
- Belderok, B.: Influence of pre-harvest weather conditions on the length of dormant period in wheat. *Proc. of Eucarpia Meeting*. I.N.R.A. Station d'Amélioration des Plantes, Dijon, 1970 In Auranen, M.: Pre-harvest sprouting and dormancy in malting barley in northern climatic conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Sect., Soil and Plant Science 1995.
- Reinner, L., Loch, V.: Forecasting dormancy in barley: ten years experience. *Cereal Res. Commun.* **4**, 1976, 107–110.
- Sato, K., Matsamoto, T., Ooe, N.: Genetic analysis of seed dormancy, QTL in *Breeding Science*, **59**, 2009, 645–650.
- Burauss, A., Skinnies, H.: Genetic investigations on seed dormancy. *Hereditas* **101**, 1984.
- Lopez-Perea, P., Figueroa, J. D. C., Sevilla-Paniagua, E., Román-Gutiérrez, A., Reynoso, R., Martínez-Peniche, R.: Changes in bar-

leys. Germination energy in the third and sixth weeks after full ripeness most affected the course of precipitations in the half of the period between heading and full ripeness. Germination energy also increases with increasing precipitations in the half of the period between heading and full ripeness. The effect of temperature average was more pronounced at the beginning and end of the period between heading and full ripeness. Further, germination energy was also influenced by joint effect of precipitation sums and average temperatures in the third week after full ripeness [16,17].

Three weeks after full ripeness the varieties exhibited considerable differences in germination index and were split into 4 statistically different groups. *Figure 3* shows that Calgary is the variety with the lowest value of germination index. On the contrary, Radegast and Diplom are the varieties with the highest germination intensity in the sixth to twelfth week after full ripeness. The average time of germination ordered the varieties similarly as the germination index. The varieties Calgary and Sebastian belonged to those with the longest germination time. Conversely, Diplom and Radegast belonged to the varieties with the shortest germination time. The course of the average germination time in all varieties is given in *Fig. 4*.

Similarly as in the germination index and germination rate, germination time was from 60 % affected by the locality, effect of year was approximately 20 % and the variety had a minimal effect on the level of 10 %.

Longer post harvest maturation in the variety Calgary was also reflected by a lower homogeneity of germination. On the other hand, the varieties Diplom and Radegast exhibited more uniform germination level. The course of germination homogeneity in all varieties is given in *Fig. 5*.

Variability of germination homogeneity was in the third week after full ripeness affected mainly by the locality, from 22 %. The effect of year and variety was approximately 8 %. In the 6th and 9th week the effect of year increased to 20 %, while the effect of locality declined. In the 12th week the effect of year declined to 13 % and effect of locality and variety increased.

4 CONCLUSIONS

Germination parameters studied were most affected by the locality [18] (from 20 % to 60 %) and significantly less by year (14 %–30 %). The variety affected germination parameters maximally from 15 %.

A significant effect of temperature during the period from heading to full ripeness on germination parameters was not proven. A slight effect of temperature at the beginning of heading and at the end of full ripeness was recorded. The effect of precipitations was recorded in the first third of the period from heading to full ripeness in germination energy in the 3rd week. It did not affect other germination parameters more significantly. The effect of weather conditions expressed by Seljanin's hydrothermic coefficient was recorded in the half of the period between heading and full ripeness in all germination parameters and had a negative effect post/harvest ripening of malting barley.

The effects of climatic conditions on a mother plant and subsequently on parameters of caryopses germination are considerably complex and complicated. For these reasons more experiments leading to a reliably prediction of the length of post-harvest maturation would be necessary.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was funded by the Research Centre for Study of Extract Compounds of Barley and Hop no 1M0570. The presented results were obtained with the support of MEYS within the solution of the research plan of the RIBM, Plc. "Research on Malting and Brewing materials and Technologies (identification code MSM6019369701).

- ley kernel hardness and malting quality caused by microwave irradiation. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **66**, 2008, 203–207.
- Wootton, B. W., Jacobsen, J. V., Sherkat, F., Stuart, I. M.: Changes in germination and malting quality during storage of barley. *J. Inst. Brew.* **111**, 2005 pp. 33–41.
- O'Brien, R., Fowkes, N., Bassom, A. P.: Models for gibberellic acid transport and enzyme production and transport in the aleurone layer of barley, *Journal of Theoretical Biology* **267**, (1), 2010 pp. 15–21.