

Ovlivnění kvality sladu exogenní aplikací ethyleny v průběhu posklizňového dozrávání ječmene

Influencing Malt Quality by Exogenous Ethylene Application Performed in the Course of Post-Harvest Ripening of Barley Grain

IVO HARTMAN¹, HELENA FIŠEROVÁ², ALENA HELÁNOVÁ¹, JOSEF PROKEŠ¹, JIŘÍ HARTMANN³

¹ Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Sladařský ústav Brno, Mostecká 7, 614 00 Brno / *Research Institute of Brewing and Malting, PLC, Malting Institute Brno, Mostecká 7, 614 00 Brno, Czech Republic*

² Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno / *Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic*

³ Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Hroznová 2, 656 02 Brno / *Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture, Hroznová 2, 656 02 Brno, Czech Republic*

e-mail: hartman@beerresearch.cz

Hartman, I. – Fišerová, H. – Helánová, A. – Prokeš, J. – Hartmann, J.: Ovlivnění kvality sladu exogenní aplikací ethyleny v průběhu posklizňového dozrávání ječmene. Kvasny Prum. 57, 2011, č. 7–8, s. 246–252.

Technologie sladování v mikroskladovně se zvýšenou hladinou ethyleny (200 až 300 nl.l⁻¹) ve větracím vzduchu statisticky významně ovlivnila pozitivně hodnoty extraktu sladu, relativního extraktu při 45 °C, dosažitelného stupně prokvašení, diastatické mohutnosti, Kolbachova čísla, obsahu β-glukanů ve sladu, homogenitu sladu a jeho modifikaci ve srovnání s hodnotami získanými u sladu kontrolní varianty.

Hartman, I. – Fišerová, H. – Helánová, A. – Prokeš, J. – Hartmann, J.: Influencing malt quality by exogenous ethylene application performed in the course of post-harvest ripening of barley grain. Kvasny Prum. 57, 2011, No. 7–8, p. 246–252.

As compared with result obtained in the control variant, the technology of storage in a micro malting house with an increased level of ethylene (200 to 300 nl.l⁻¹) in exchanged air statistically significant positive effect on values of malt extract yield, relative extract at 45 °C, degree of attenuation, diastatic power, Kolbach index, content of β-glucans in malt, malt homogeneity and malt modification.

Hartman, I. – Fišerová, H. – Helánová, A. – Prokeš, J. – Hartmann, J.: Die Beeinflussung der Malzqualität durch die exogene Applikation des Ethylens im Zeitraum der Nacherntenreife der Gerste. Kvasny Prum. 57, 2011, Nr. 7–8, S. 246–252.

Die Technologie der Malzbereitung in einer Mikromälzerei mit einem erhöhten Ethylenspiegel (200–300 nl.l⁻¹) in der Belüftungsluft hat die Extraktwerte im Malz, den relative Extrakt bei 45 °C, den Vergärungsreichbaren Grad, diastatische Kraft, die Kolbachzahl, den Gehalt an β-Glukan im Malz, die Malzhomogenität und ihre Modifikation im Vergleich mit der Kontrollvariante statistisch bedeutend positiv beeinflusst.

Klíčová slova: dormance, odrůdy ječmene, výroba sladu, mikroskladovna

Keywords: dormancy, barley cultivars, malting, micromalting box

1 ÚVOD

Pokusy, které probíhaly v první etapě tohoto výzkumu (2007–2009), byly prováděny ve skleněných lahvích (3 800 ml) uzavřených pryžovou membránou. V těchto pokusech byl zkoušen vliv různé koncentrace ethyleny na kvalitativní ukazatele sladu. Vzhledem k malému objemu použitých nádob (2.000 ks obílek), však docházelo k rychlým změnám ve složení vzduchu, především k prudkému poklesu koncentrace kyslíku a nárůstu koncentrace CO₂. U obílek pak probíhalo anaerobní dýchání s nepříznivým vlivem na kvalitu vyrobeného sladu. Úprava složení mezizrnného plynu byla dosahována použitím vhodných sorbentů [1].

Naším cílem bylo navázat na předchozí výzkum a eliminovat výše uvedené nevýhody. Proto jsme se rozhodli provést experiment v mikroskladovně. Produkce ethyleny byla zajištěna jednoduchým, ale účinným způsobem. Využili jsme přirozené schopnosti plodů jablek produkovat ethylen. Plody byly přidány do podlísčů, a tak vytvořily požadovanou koncentraci ethyleny (200 až 300 nl.l⁻¹) v ovzduší skříňové mikroskladovny.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Dormance je založena geneticky [2] a pokusy konané při posklizňové úpravě zrna působením vyšších či nižších teplot dormanci obílek výrazně neovlivnily [3, 4, 5]. Přesto bylo v posledních letech při sledování problematiky interakce dormance a zvýšení kvality výroby sladu ověřeno, získáno a upřesněno několik informací.

V průběhu dormance, která ovlivňuje kvalitu sladu, obsah abscisové kyseliny a produkce ethyleny klesá [6]. Při procesu klíčení obilky uvolňují do prostředí oxid uhličitý za současné spotřeby kyslíku, a různé množství ethyleny a ethanu podle stupně dormance či stresových ovlivnění [1]. Tyto plyny v mezizrnném vzduchu zpětně působí na klíčení obílek – na růst kořenů a koleoptile – střelky. Oxid uhličitý nepřímo

1 INTRODUCTION

Experiments in the first phase of this research (2007–2009) were conducted in glass bottles (3 800 ml) closed with a rubber membrane. The effect of different ethylene concentrations on malt quality parameters was studied. Considering a small volume of the containers used (2,000 pcs of caryopses), air composition quickly changed, first of all sharp decrease in oxygen concentration and increase in CO₂ concentration. Respiration of caryopses was anaerobic with an unfavorable impact on the quality of produced malt. The inter-grain gas composition was adjusted with appropriate sorbents [1].

The aim of this study was to continue in previous research and eliminate disadvantages stated above. Therefore we decided to carry out the experiment in a micromalting house. Ethylene production was ensured by a simple but effective manner. We used the natural ability of apples to produce ethylene. Added fruits formed the required concentration of ethylene (200 to 300 nl.l⁻¹) in the air of micromalting box.

2 SURVEY OF LITERATURE

Dormancy is of genetic nature [2] and it was not markedly influenced by higher or lower temperatures used in the course of experiments with post-harvest treatment of kernels [3, 4, 5]. In recent years, however, data concerning interactions existing between dormancy and improvement of malt quality have been verified, acquired and/or elaborated.

In the course of dormancy, which influences quality of malt, content of abscisic acid decreases together with production of ethylene [6]. In the course of germination process, kernels release carbon dioxide and consume oxygen. Depending on the degree of dormancy and intensity of stress factors, they also produce different amounts of ethylene and ethane [1]. In the intergrain atmosphere, these gases by re-

úměrně ovlivňuje metabolismus ethyleny v pletivech. Ethen je odbouráván na CO_2 a ethylenoxid a tvorba ethyleny podléhá autokatalýze i autoinhibici. Hydrofobní molekula ethyleny proniká snadno membránami, zvyšuje jejich propustnost pro průchod některých látek, zvyšuje tvorbu xylanasy (vytváření kanálků přes stěny buněk aleuronové vrstvy), aktivuje příjem některých iontů a zvyšuje aktivaci a tvorbu α -amylasy v obilkách ječmene, ale zvyšuje i aktivitu proteas podílejících se na ztrátách α -amylasy [7]. Fyziologická účinnost ethyleny je velmi vysoká – k fyziologickým reakcím dochází v rozmezí 0,01 – 1 ppm ($\mu\text{l.l}^{-1}$) objemové koncentrace ethyleny [8], obilky ječmene jsou ovlivňovány již koncentrací 0,2 $\mu\text{l.l}^{-1}$ ethyleny, vyšší koncentrace již působí inhibičně [1, 9, 10]. V literatuře je popsán vliv oxidu uhličitého na kvalitu sladu a výtěžnost sladování a Fišerová et al. [11] potvrdila, že ke vzniku kvalitního sladu je nezbytné působení exogenního ethyleny, kyslíku, a naopak vysoká koncentrace CO_2 kvalitu sladu snižuje.

Hloubka dormance podle produkce ethyleny, ethanu, oxidu uhličitého a spotřeby kyslíku při klíčení obilky v termínu ihned po sklizni, 3 a 6 týdnů po sklizni je sledovaná v práci Fišerová et al. [12]. Ke stejným fyziologickým parametrům pak byly vztaženy ukazatele jakosti sladu – obsah β -glukanů, aktivita α -amylasy, homogenita, modifikace sladu a výtěžnost sladování. Krokovou regresí byl zjištěn statisticky významný vztah mezi produkcí ethyleny v průběhu máčení a klíčení ječmene a obsahem β -glukanů, homogenitou a modifikací sladu a výtěžností sladování. Produkce ethyleny při zahájení klíčení je vysoce průkazným ukazatelem aktivity α -amylasy. Produkce CO_2 je ukazatelem homogenity a modifikace sladu a množství spotřebovaného kyslíku po první namáčce ukazuje na výtěžnost sladování a budoucí modifikaci sladu.

Zpětně bylo prokázáno, že cílená změna složení mezizrného plynu statisticky vysoce průkazně zvýšila aktivitu α -amylasy, snížila obsah β -glukanů, a zvýšila homogenitu a modifikaci sladu [13]. Vliv odrůdy byl ve srovnání s ostatními pokusnými faktory většinou statisticky nevýznamný a odrůdy ječmene vhodné pro výrobu Českého piva nelze jednoznačně fyziologicky odlišit od ostatních odrůd ječmene [14].

3 MATERIÁL A METODIKA

V pokusech v roce 2010 byly zařazeny odrůdy sladovnického ječmene Aksamit, Blaník, Bojos, odrůdy ječmene, které jsou určeny pro výrobu Českého piva a odrůdy Jersey, Prestige a Sebastian vhodné pro exportní účely. Ječmen byl pěstován na Polní pokusné stanici MENDELU Žabčice. Ječmen byl ihned po sklizni přepraven do VÚPS, kde byl uskladněn při laboratorní teplotě. Sladování probíhalo ve třech termínech – I. – po sklizni 23. 7. 2010, II. – 11. 8. 2010 a III. – 1. 9. 2010. Laboratorní pokusy byly provedeny v mikroskladovně firmy KVM. Hmotnost sladovaných vzorků ječmene byla 200 g. Pro sladování byla zvolena technologie vzdušného máčení, s délkou první a druhé namáčky 4 hodiny. Délka třetí namáčky byla volena tak, aby stupeň domočení dosáhl hodnoty 45 %. Teplota vody při máčení byla 14 °C. Klíčení ječmene probíhalo celkem 4 a 6 dnů při teplotě 14 °C. Hvozďení probíhalo standardní technologií při dotahovací teplotě 80 °C po dobu 4 h.

Simulace fyziologických podmínek klíčení byla provedena přidáním předem odzkoušeného množství jablek do podrošťového prostoru mikroskladovny, které vytvářely požadovanou fyziologicky účinnou hladinu ethyleny 200–300 nl.l^{-1} . Ve vzduchu bývá do 20 nl.l^{-1} ethyleny a toto množství je fyziologicky neúčinné. Nastavením množství mikroskladovny byl zajištěn pravidelný přísun kyslíku a snížení obsahu oxidu uhličitého produkovaného klíčovými obilkami. Sladování kontrolní varianty (bez zvýšené hladiny ethyleny) probíhalo souběžně za stejných podmínek v druhé mikroskladovně. Obsah kyslíku byl měřen kyslíkovou elektrodou digitálním oxymetrem GMH 3691, obsah CO_2 a ethyleny byl stanoven pomocí plynové chromatografie [15, 16, 9].

Sledovány byly tyto parametry kvality sladu: výtěžnost sladování (VS), extrakt sladu v moučce (E), relativní extrakt při 45 °C (RE), dosažitelný stupeň prokvašení (DSP), diastatická mohutnost (DM), Kolbachovo číslo (KČ), obsah β -glukanů ve sladu (BG), homogenita (H) a modifikace (M) sladu metodou Carlsberg.

Statistické hodnocení bylo provedeno metodou reziduální maximální věrohodnosti s využitím programu REML (1995) a vícenásobným porovnáním významnosti jednoduchých kontrastů metodou LSD.

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

Na obr. 1 a 2 jsou uvedeny hodnoty koncentrací ethyleny, ethanu a CO_2 naměřené ve vzorcích vzduchu odebíraném z uzavřené mikroskladovny po spuštění čerpadla z vymývací lahve. Kolísání hodnot

turn influence germination of kernels (i.e. growth of roots and coleoptile). Carbon dioxide also shows an indirect effect on metabolism of ethylene in plant tissues. Ethylene is degraded to CO_2 and ethyleneoxide as well as the process of ethylene creation are subjected to autocatalysis and autoinhibition. Hydrophobic molecules of ethylene can easily penetrate through membranes and improve their permeability for the passage of some substances; they increase activity of xylanase, activate intake of some ions, and promote activation and formation of α -amylase in barley kernels. They also promote activity of proteases that participate in losses of α -amylase [7]. The physiological efficiency of ethylene is very high and physiological reactions take place within the range of 0.01 – 1 ppm, i.e. $\mu\text{l.l}^{-1}$, of its volume concentration [8]. Barley kernels are influenced already by the ethylene concentration of 0.2 $\mu\text{l.l}^{-1}$ and higher concentrations already show an inhibitive effect [1, 9, 10]. The effect of carbon dioxide on quality and yield of malt was already described [11] and it was demonstrated that production of a high-quality malt was dependent on action of exogenous ethylene and oxygen; on the other hand, however, under conditions of a high concentration of carbon dioxide the quality of produced malt was lower.

The dependence of the depth of dormancy on production of ethylene, ethane, carbon dioxide, and consumption of oxygen in the course of germination of kernels (immediately after harvest, and 3 and 6 weeks later) was studied in [12]. Parameters of malt quality (i.e. content of β -glucans, α -amylase activity, malt homogeneity, modification and yield) were related to the same physiological indicators. A statistically significant relationship between ethylene production in the course of steeping and germination of barley kernels on the one hand and contents of β -glucans, homogeneity, malt modification, and malt yield on the other was revealed by means of the method of stepwise regressions. At the beginning of germination, production of ethylene represents a highly significant indicator of α -amylase activity. Production of CO_2 is an indicator of malt homogeneity a modification while the amount of oxygen consumed after first steeping indicates the yield of malt and its future modification.

It was also corroborated that a targeted change in the composition of intergrain gas increased statistically highly significantly activity of α -amylase, and significantly also malt homogeneity and modification while the content of β -glucans was decreased [13]. As compared with other experimental factors, the effect of cultivar mostly statistically insignificant so that it was not possible to differentiate explicitly the physiological properties of cultivars suitable for making of Czech beer from those of all other barley varieties [14].

3 MATERIAL AND METHODS

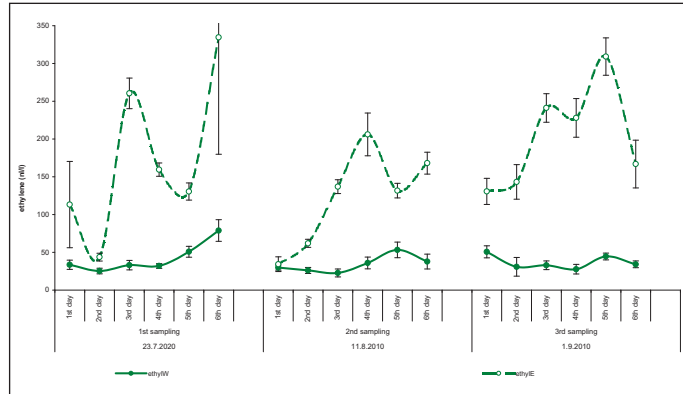
Experiments performed in 2010 involved malt barley cultivars Aksamit, Blaník, and Bojos, (suitable for making of Czech beer), and varieties Jersey, Prestige, and Sebastian (produced for export). These cultivars were grown in the MENDELU Field Experimental Station in Žabčice (Czech Republic). Immediately after the harvest, barley grain was transported to the Malting Institute in Brno where it was stored at the laboratory temperature. Malting took place on three different dates, viz. Date I (after the harvest on 23 July 2010), Date II (on 11th August 2010), and Date III (on 1st September 2010). Laboratory experiments were performed in the micro malt house of the KVM company. The weight of stored barley samples was 200 g. The malting technology consisted of dry rest steeping with the duration of the first and the second steeping was always 4 hours while that of the third one was selected in such a way that the full steeping of barley was 45 %. Temperature of water used for steeping was 14 °C. Barley germination run for either 4 or 6 days also at the temperature of 14 °C. The time of kiln drying at kiln temperature of 80 °C was 4 hours.

The simulation of physiological conditions of germination involved an addition of a verified amount of apples into the space below grates of micro malt house so that they produced the required, physiologically effective level of ethylene (200–300 nl.l^{-1}). In the normal atmosphere, the level of ethylene is usually only 20 nl.l^{-1} and this is physiologically inefficient. A regular and uniform supply of oxygen, as well as the exhaust of carbon dioxide produced by germinating kernels, were assured by ventilation. Storage of controls (i.e. samples stored in the atmosphere without an increased level of ethylene) took place simultaneously in another micro malt house with identical internal conditions. The content of oxygen was measured with an oxygen electrode in the digital oxymetre GMH 3691, while contents of carbon dioxide and ethylene were estimated by means of gas chromatography [15, 16, 9].

je způsobeno časovým rozdílem odběru vzorků od ukončení větrání mikroskladovny. Další vzorky byly odebrány po otevření mikroskladovny přímo z odrůdových vzorků klíčících obilí – proto jsou hodnoty nižší, než v uzavřeném prostoru mikroskladovny, ale vyšší než při stejném odběru z kontrolní mikroskladovny bez plodů jablek.

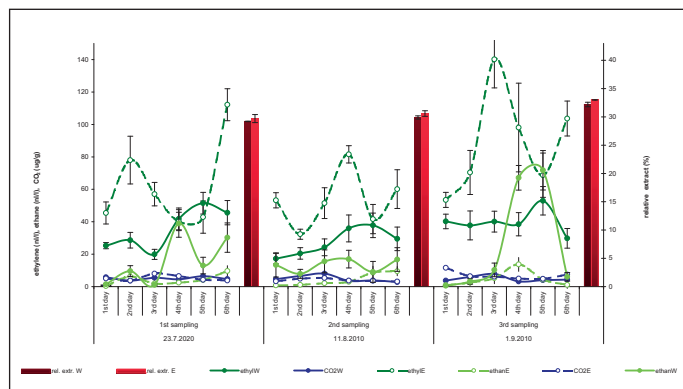
Obr. 1 a 2 znázorňuje koncentrace plynů ethyleny, ethanu a CO₂ v uzavřené kontrolní mikroskladovně při výrobě sladu a v mikroskladovně s vloženými produkty ethyleny – plody jablek.

Na obr. 3 a 4 jsou uvedeny jednak koncentrace ethyleny, ethanu



Obr. 1 Koncentrace ethyleny ve vzduchu mikroskladovny, W – kontrolní varianta, E – varianta se zvýšenou hladinou ethyleny / Fig. 1 Concentration of ethylene in the micro malt house atmosphere, W – control, E – variant with an increased level of ethylene

a CO₂ v mezizrnném plynu v kontrolní mikroskladovně při 6denním a 4denním sladování včetně hodnoty ethyleny v mezizrnném plynu po aplikaci exogenního ethyleny uvolňovaného plody jablek a hodnoty relativního extraktu kontrolní a ošetřené varianty ve třech termínech odběru v průběhu dormance a hodnoty relativního extraktu u odrůdy Bojos. Je patrné, že aplikovaný ethylen zvyšoval u 6denního sladování statisticky průkazně hodnotu relativního extraktu, která se zvyšovala i v průběhu posklizňového dozrávání. Obr. 4 vyjadřuje tytéž údaje, ale je patrné, že u 4denního sladování nebyl rozdíl v hodnotách relativního extraktu statisticky průkazný.



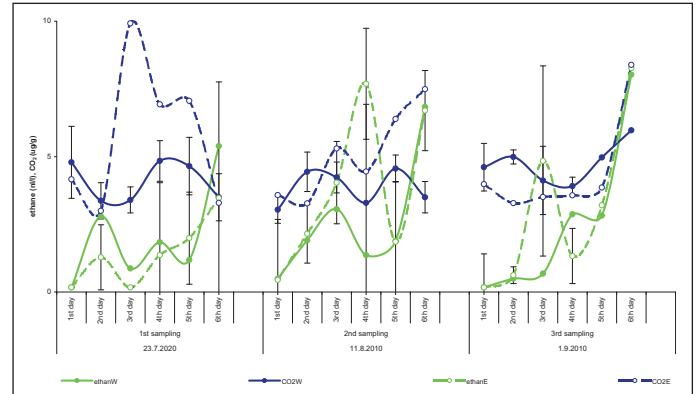
Obr. 3 Koncentrace ethyleny, ethanu a CO₂ v mezizrnném plynu u odrůdy Bojos (W – kontrolní varianta, E – varianta se zvýšenou hladinou ethyleny) a hodnoty relativního extraktu – 6denní sladování / Fig. 3 Concentration of ethylene, ethane and carbon dioxide in intergrain gas, cultivar Bojos (W – control, E – variant with an increased level of ethylene), and values of relative extract – 6 days of malting

Na obr. 5 jsou uvedeny hodnoty výtěžnosti sladování v jednotlivých termínech sladování u 6 a 4denního sladování kontrolního sladu a sladu klíčícího ve vyšší a kontrolní ethylenové koncentraci.

Ethylen zvyšoval výtěžnost sladování pouze při sladování ihned po sklizni, kdy ještě patrně nebyla vysoká aktivita α -amylasy. Aktivita α -amylasy se v průběhu dormance zvyšuje a ethylen její aktivitu ještě stimuluje [12, 13]. Dosažitelný stupeň prokvašení (obr. 6) byl ethylenem statisticky průkazně zvyšován jak u 6, tak i 4denního sladu, ale u 6 denního sladu byla hodnota prokvašení vyšší.

The following parameters of malt quality were estimated using the Carlsberg method: malt yield (MY), malt extract in the fine flour (E), relative extract at 45 °C (RE), potential degree of attenuation (DA), diastatic power (DP), Kolbach index (KI), content of β -glucans in the malt (BG), malt homogeneity (H) and malt modification (M).

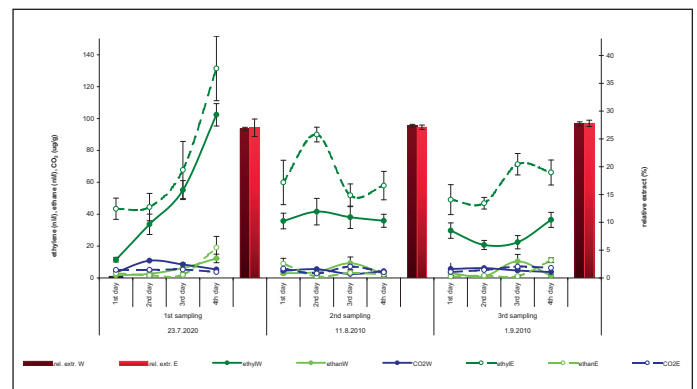
Statistical analysis of results was performed by means of methods of residual maximum likelihood using the programme REML (1995), and multiple comparison of significance of simple contrasts using the Fisher's LSD method.



Obr. 2 Koncentrace ethanu a CO₂ ve vzduchu mikroskladovny, W – kontrolní varianta, E – varianta se zvýšenou hladinou ethyleny / Fig. 2 Concentration of ethane and carbon dioxide in the micro malt house atmosphere, W – control, E – variant with an increased level of ethylene

4 RESULTS AND DISCUSSION

Concentrations of ethylene, ethane, and carbon dioxide in the closed micro malt house are presented in Figs 1 and 2. These values were estimated in samples obtained from a collection bottle designed to capture the above gases after the start of the pump; their fluctuation resulted from time differences between individual terms of sampling after the end of micro malt house ventilation. Further samples were collected directly from individual batches of germination kernels after the opening of the micro malt house (for that reason these values



Obr. 4 Koncentrace ethyleny, ethanu a CO₂ v mezizrnném plynu u odrůdy Bojos (W – kontrolní varianta, E – varianta se zvýšenou hladinou ethyleny) a hodnoty relativního extraktu – 4denní sladování / Fig. 4 Concentration of ethylene, ethane and carbon dioxide in intergrain gas, cultivar Bojos (W – control, E – variant with an increased level of ethylene) and values of relative extract – 4 days of malting

were lower than those measured inside the closed space of micro malt house but higher than those obtained in simultaneous samplings performed in the control micro malt house (i.e. without apple fruit).

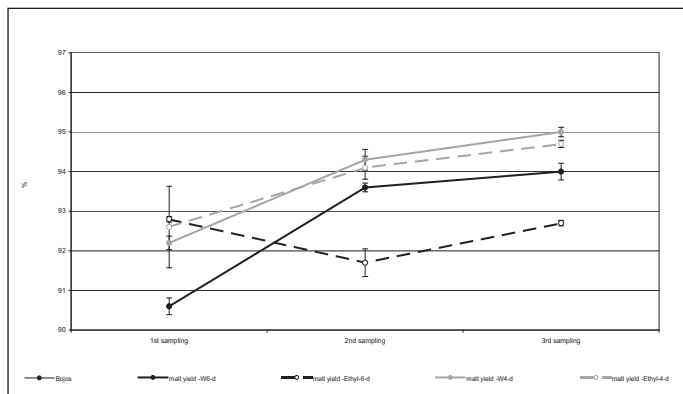
Concentrations of ethylene, ethane and carbon dioxide when producing malt in the closed control micro malt house and in the micro malt house with deposited sources of ethylene (i.e. apples) are presented in Fig. 1 and 2.

Fig. 3 and 4 present concentrations of ethylene, ethane and carbon dioxide measured in intergrain gas in the control micro malt house

Obsah β -glukanů zobrazený na obr. 7 byl ethylenem statisticky průkazně snižován, což je pro vyrobený slad žádoucí.

Obr. 8 a 9 odrůdy Sebastian ukazují obsah ethyleny, ethanu a CO_2 v mezizrnném plynu v mikroskladovně při 6denním a 4denním sladování včetně hodnot ethyleny v mezizrnném plynu po aplikaci exogenního ethyleny uvolňovaného plody jablek a hodnoty relativního extraktu kontrolní a ošetřené varianty ve třech termínech odběru v průběhu dormance.

Obr. 10–12 vyjadřují hodnoty výtěžnosti sladů, stupně prokvašení

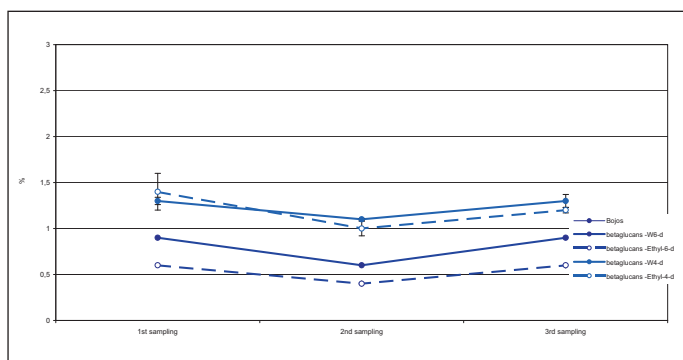


Obr. 5 Výtěžnost sladování v jednotlivých termínech sladování – odrůda Bojos / Fig. 5 Malt yields after individual periods of malting – cultivar Bojos

a obsahy β -glukanů ve sladech po 4 a 6denním sladování odrůdy Sebastian ve třech termínech odběrů v mikroskladovně kontrolní varianty a po aplikaci exogenního ethyleny.

Průměrné hodnoty kvality sladu jednotlivých pokusných faktorů jsou uvedeny v tab. 1.

Z výsledků statistického zpracování vyplývá, že **výtěžnost sladování** byla průkazně ovlivněna termínem a délkou sladování a odrůdou. Vliv ethyleny na výtěžnost sladování nebyl prokázán, i když v termínu ihned po sklizni je aplikací ethyleny vždy výtěžnost statisticky průkazně vyšší než u kontrolní varianty (obr. 5 a 10).



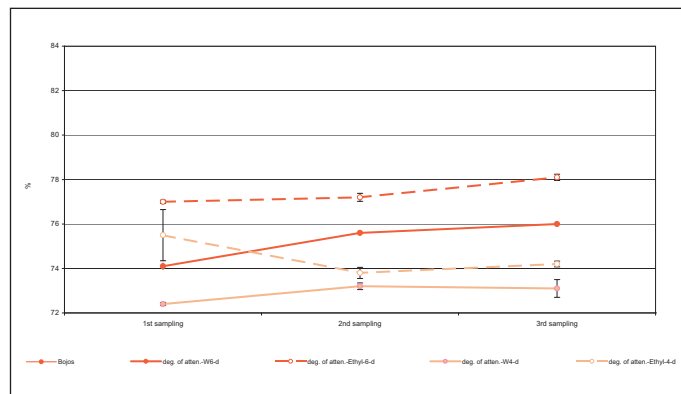
Obr. 7 Obsah β -glukanů v jednotlivých termínech sladování – odrůda Bojos / Fig. 7 Contents of β -glucans after individual periods of malting – cultivar Bojos

Extrakt sladu v moučce byl ovlivněn všemi pokusnými faktory. Mezi odrůdami se odlišovala pouze odrůda Blaník. Varianta s ethylenem poskytla vyšší extrakt sladu.

Relativní extrakt při 45 °C byl ovlivněn všemi pokusnými faktory (termínem sladování, délkou a technologií sladování, obsahem ethyleny a odrůdou). Výsledky statistické analýzy potvrdily průkaznou odlišnost odrůd vhodných pro výrobu sladu pro České pivo od odrůd ostatních.

Dosažitelný stupeň prokvašení byl ovlivněn všemi pokusnými faktory (termínem sladování, délkou sladování, obsahem ethyleny a odrůdou). Výsledky statistické analýzy potvrdily průkaznou odlišnost

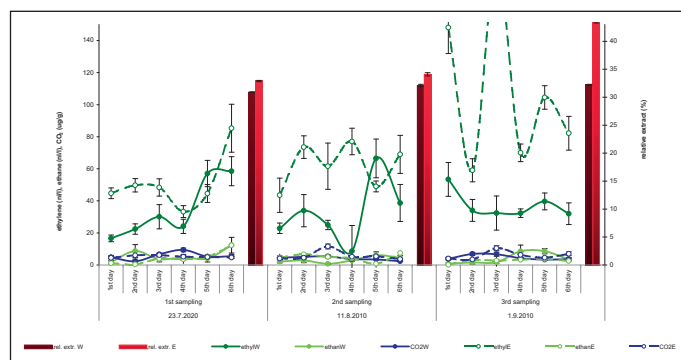
after 6 and 4 days of malting (including concentrations of ethylene in intergrain gas after the application of apples as its exogenous source) as well as values of relative extract content estimated in control and treated variants on three different terms of sampling in the course of dormancy and also values of relative extract in the variety Bojos. It is obvious that in the variant with 6 days of malting, ethylene released by apples increased statistically significantly the content of relative extract and that this value increased also in the course of the post-harvest ripening. The same data are presented also in Fig. 4; however,



Obr. 6 Dosažitelný stupeň prokvašení v jednotlivých termínech sladování – odrůda Bojos / Fig. 6 Potential degree of attenuation after individual periods of malting – cultivar Bojos

it is obvious that after 4 days of malting the differences in contents of relative extract were statistically insignificant.

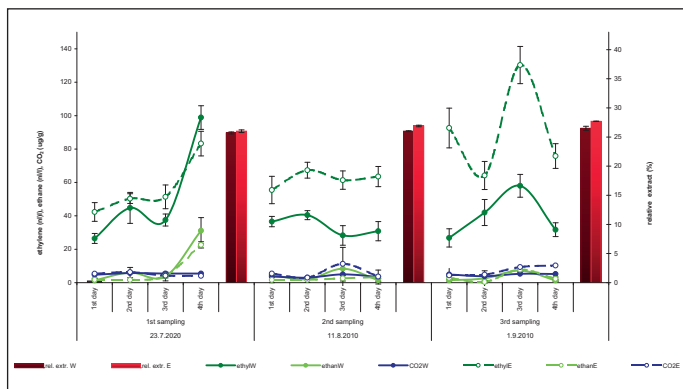
Malt yields obtained after malting periods of 6 and 4 days in control and experimental samples are presented in Fig. 5. It was found out that ethylene increased malt yield only immediately after the harvest (when probably the activity of α -amylase was not too high). In the course of dormancy, however, the activity of α -amylase gradually increases [12, 13] so that the malt yield decreases. Ethylene statistically significantly increased the degree of attenuation (Fig. 6); this was observed both after 6 and 4 days of malting but after 6 days the degree



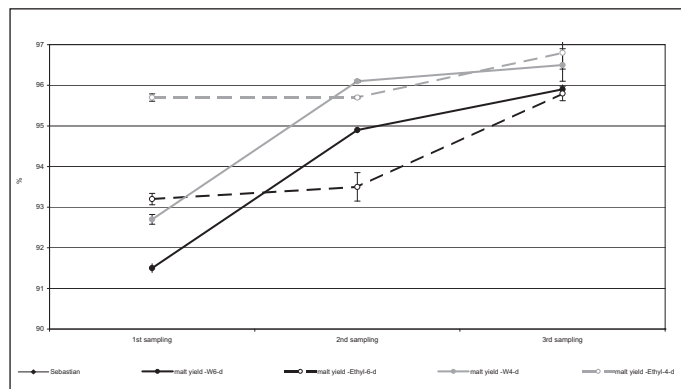
Obr. 8 Koncentrace ethyleny, ethanu a CO_2 v mezizrnném plynu u odrůdy Sebastian (W – kontrolní varianta, E – varianta se zvýšenou hladinou ethyleny) a hodnoty relativního extraktu – 6denní sladování / Fig. 8 Concentration of ethylene, ethane a carbon dioxide in intergrain gas – cultivar Sebastian (W – control, E – variant with an increased level of ethylene) and values of relative extract – 6 days of malting

of attenuation was higher. As shown in Fig. 7, contents of β -glucans were statistically significantly reduced by ethylene and this can be considered as a desired phenomenon as far as the produced malt was concerned.

Contents of ethylene, ethane a carbon dioxide in the variety Sebastian in the intergrain gas as measured in the micro malt house after 6 and 4 days of malting are presented in Fig. 8 and 9 together with levels of ethylene in the intergrain gas after the application of exogenous ethylene released from apples. These figures also contain values of relative extract in control and treated variants as measured on three different sampling days in the course of dormancy.



Obr. 9 Koncentrace ethyleny, ethanu a CO_2 v mezizrnném plynu u odrůdy Sebastian (W – kontrolní varianta, E – varianta se zvýšenou hladinou ethyleny) a hodnoty relativního extraktu – 4denní sladování / Fig. 9 Concentration of ethylene, ethane and carbon dioxide in intergrain gas – cultivar Sebastian (W – control, E – variant with an increased level of ethylene) and values of relative extract – 4 days of malting

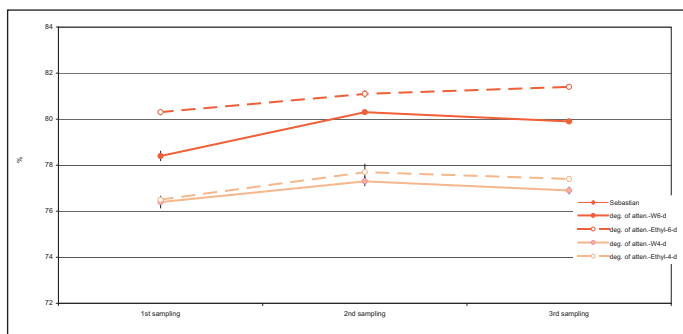


Obr. 10 Výtěžnost sladování v jednotlivých termínech sladování – odrůda Sebastian / Fig. 10 Malt yields after individual periods of malting – cultivar Sebastian

skupiny odrůd vhodných pro výrobu sladu pro České pivo od odrůd ostatních.

Diastatická mohutnost byla ovlivněna všemi pokusnými faktory (termínem sladování, délkou sladování, obsahem ethyleny a odrůdou). Poměrně překvapivým údajem byla nízká statisticky průkazná hodnota DM u odrůdy Jersey.

Kolbachovo číslo bylo ovlivněno všemi pokusnými faktory (termínem sladování, délkou sladování, obsahem ethyleny a odrůdou). Výsledky statistické analýzy potvrdily průkaznou odlišnost odrůd vhodných pro výrobu sladu pro České pivo od odrůd ostatních.



Obr. 11 Dosažitelný stupeň prokvašení v jednotlivých termínech sladování – odrůda Sebastian / Fig. 11 Potential degree of attenuation after individual periods of malting – cultivar Sebastian

Obsah β -glukanů ve sladu byl ovlivněn všemi pokusnými faktory (termínem sladování, délkou sladování, obsahem ethyleny a odrůdou). Výsledky statistické analýzy nepotvrdily průkaznou odlišnost odrůd vhodných pro výrobu sladu pro České pivo od odrůd ostatních. **Homogenita** byla ovlivněna délkou sladování, obsahem ethyleny a odrůdou. Vliv termínu sladování nebyl prokázán, rovněž nebyla zjištěna průkazná odlišnost odrůd vhodných pro výrobu sladu pro České pivo od odrůd ostatních.

Modifikace byla ovlivněna všemi pokusnými faktory (termínem sladování, délkou sladování, obsahem ethyleny a odrůdou). Výsledky statistické analýzy potvrdily průkaznou odlišnost odrůd vhodných pro výrobu sladu pro České pivo od odrůd ostatních.

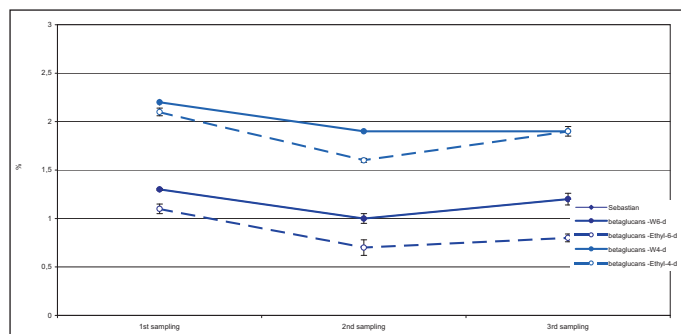
5 ZÁVĚR

Vytvořená koncentrace ethyleny ($200 \text{ až } 300 \text{ nl.l}^{-1}$) statisticky významně ovlivnila pozitivně hodnoty extraktu sladu, relativního extraktu při 45°C , dosažitelného stupně prokvašení, diastatické mohutnosti, Kolbachova čísla, obsahu β -glukanů ve sladu, homogenitu sladu a jeho modifikaci.

Malt yields, degrees of attenuation and contents of β -glucans in malts after 4 and 6 malting of the variety 'Sebastian' as recorded in the control variant and after the application of exogenous ethylene on three different dates of sampling in the micro malt house are presented in Fig. 10 and 11.

Average parameters of malt quality are presented in Tab. 1.

The performed statistical analysis revealed that the **malt yield** was significantly influenced by the variety and the date and duration of malting. The effect of ethylene on malt yield was not demonstrated, although – as compared with control – the yield of malt was statistically



Obr. 12 Obsah β -glukanů v jednotlivých termínech sladování – odrůda Sebastian / Fig. 12 Contents of β -glucans after individual periods of malting – cultivar Sebastian

significantly increased by the application of ethylene immediately after the harvest (Fig. 5 and 10). **Extract in fine meal** was influenced by all experimental factors. Among all malted varieties only 'Blaník' gave different results because the variant with ethylene produced a higher malt extract. The content of **relative extract at 45°C** was influenced by all experimental factors (i.e. by the date of malting, duration and technology of malting, content of ethylene, and variety). Results of statistical analysis corroborated the existence of significant differences between cultivars suitable for production of Czech beer and all other experimental varieties under study.

Also the **degree of attenuation** was influenced by all experimental factors (i.e. by the date of malting, duration of malting, content of ethylene, and variety). Results of statistical analysis corroborated the existence of significant differences between cultivars suitable for production of Czech beer and all other varieties. The **diastatic power** was influenced by all experimental factors as well (i.e. by the date of malting, duration of malting, content of ethylene, and variety). A relatively surprising was a statistically significant low value of DP found out in the experiment with the variety 'Jersey'. Values of **Kolbach index** were influenced by all experimental factors (i.e. by the date of malting, duration of malting, content of ethylene, and variety) and the

Tab. 1 Průměrné hodnoty parametrů kvality sladu / Average values of malt quality parameters

Parametr / Parameter	VS/MY	E	RE	DSP/DA	DM/DP	KČ/KI	BG	H	M
Jednotka / Unit	%	%	%	%	j. WK	–	%	%	%
Termín sladování / Malting dates									
Date I	93.5a	81.8a	29.6a	77.7a	231.0a	36.2a	1.5a	74.5a	76.6a
Date II	94.5b	82.2b	30.5b	78.3b	257.3ab	39.0b	1.2b	74.9a	77.0a
Date III	95.2c	82.2b	31.7c	78.5ab	253.1a	40.6c	1.5a	75.2a	72.3b
Technologie sladování / Malting technology									
Control	94.3a	81.9a	30.0a	77.6a	236.3a	37.6a	1.5a	73.5a	72.8a
ethylene	94.5a	82.3b	31.1b	78.6b	258.0b	39.6b	1.3b	76.2b	77.8b
Délka sladování / Malting duration									
4 days	95.1a	81.6a	27.7a	76.7a	218.0a	36.4a	1.8a	73.4a	70.1a
6 days	93.7a	82.6b	33.4b	79.6b	276.3b	40.8b	1.0b	76.2b	80.4b
Odrůda / Variety									
Aksamit	94.6a	82.2a	28.4ab	78.3c	244.5b	36.7a	1.6c	73.7a	73.0a
Blaník	95.2a	81.5b	27.7a	77.2b	224.3a	36.5b	1.8d	73.6a	73.6a
Bojos	93.2b	82.2a	29.3bc	75.0a	242.8b	40.9c	0.9a	76.5b	77.3c
Jersey	93.7b	82.1a	34.2d	79.0d	225.1a	41.9a	1.3b	75.7b	76.8bc
Prestige	94.6a	82.2a	34.2d	81.0e	299.0c	37.7c	1.3b	75.8b	77.0bc
Sebastian	94.8a	82.2a	29.7c	78.6cd	247.4b	37.9a	1.5c	73.6	74.2ab
Skupina odrůd / Group of cultivars									
Czech beer	94.3a	82.0a	28.5a	76.9a	237.2a	38.0a	1.4a	74.7a	74.6a
Other cult.	94.4a	82.2b	32.7b	79.5b	257.1b	39.2b	1.4a	75.0a	76.0b

Zkratky / Abbreviations:

VS / MY – výtěžnost sladování, *malting yield*; E – extract / *extract*; RE – relativní extract při 45 °C / *relative extract*; DSP / DA – dosažitelný stupeň prokvašení / *degree of attenuation*; DM / DP – diastatická mohutnost / *diastatic power*; KČ / KI – Kolbachovo číslo / *Kolbach index*; BG – β-glucans; H – homogenita / *homogeneity*; M – modifikace / *modification*

Indexy a, b, c ... symbolizují statistickou průkaznost mezi hodnotami

Indexes a, b, c ... symbolize statistical significance of the values

Passion for Packaging.

„Náš nový výrobek –
užitek pro Vás“

Werner A., Christian S., Ernst W.
Konstruktéři obalové techniky

Nový stroj Shrink Packer
KHS Innopack Kisters SP

Důraz na úspory energie a zdrojů:

- Foliová balení multipack nové generace
 - plně uzavřené maximálně stabilní balení ve smrštitelné fólii
 - úspora kartónových podložek a trayů
- Spolehlivé a flexibilní zpracování díky přímému online tisku na smrštitelnou fólii
- Nový smršťovací tunel s výrazně nižší spotřebou energie



Už více než 140 let:
přidaná hodnota inovativní
technologie a spolehlivosti

Poradenství | Systémy na klíč |
Samostatné stroje | Servis

PODĚKOVÁNÍ

Výsledky byly získány s podporou projektu MŠMT 1M0570 – Výzkumné centrum pro studium obsahových látek ječmene a chmele.

results of statistical analysis corroborated the existence of significant differences between cultivars suitable for production of Czech beer and all other varieties under study. Also the **content of β -glucans** in malt was influenced by all experimental factors (i.e. by the date of malting, duration of malting, content of ethylene, and variety). However, results of statistical analysis did not corroborate the existence of significant differences between cultivars suitable for production of Czech beer and other varieties. Malt **homogeneity** was influenced by duration of malting, content of ethylene and variety. The effect of the date of malting was not demonstrated as well as the existence of significant differences between cultivars suitable for production of Czech beer and all other malted varieties. **Malt modification** was influenced by all experimental factors (i.e. by the date of malting, duration of malting, content of ethylene, and variety). Also in this case the results of statistical analysis corroborated the existence of significant differences between cultivars suitable for production of Czech beer and other varieties.

5 CONCLUSIONS

Experimental ethylene concentrations (200–300 nl.l^{-1}) showed a statistically significant positive effect on parameters of malt quality (extract, relative extract at 45 °C, potential degree of attenuation, diastatic power, Kolbach index, content of β -glucans, malt homogeneity and malt modification).

ACKNOWLEDGEMENTS

The presented results were obtained in experiments supported by the Czech Ministry of Education, Youth and Sports: Research Centre for Studies on Content Substances of Barley and Hops. Identification code of the project: MSM T ČR – 1M 0570.

Translated by Ing. Petr Procházka

LITERATURA / REFERENCES

1. Fišerová, H., Hartmann, J., Prokeš, J., Helánová, A.: Složení mezizrnného plynu při klíčení ječmene jarního a jeho vliv na jakost sladu (Composition of intergrain gas in the course of spring barley germination and its effect on malt quality, in Czech). *Kvasný Prům.* **53**, 2007: 308–309.
2. Gualano, N. A., Benesch-Arnold, R. L.: The effect of water and nitrogen availability during grain filling on the timing of dormancy release in malting barley crops. *Euphytica*. **168**, 2009: 291–301.
3. Woods, J. L., McCallum, D. J.: Dormancy in malting barley: Quantifying the effect of storage temperature on different varieties and the response to sudden cooling. *Journal of the institute of brewing*, **106**, 2000, 251–258.
4. Jacobsen, E. E., Miller, B., Munck, L., Woods, J. L.: Drying, heating and their effects on dormancy break and germination rate decline. *Stored Malting Barley*, Reims, France, 2001, 31–47.
5. Robson, E. J., Woods, J. L.: Dormancy in stored malting barley: Quantifying the rate of break and the effect of cooling. *J.Inst.Brew.* **107**, 2001, 389–397.
6. Fišerová, H., Hradilík, J., Procházka, S., Klemš, M., Ráčilová, A.: Formation of ethylene, ethane and abscisic acid content in relation to dormancy of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) kernels. *Rostlinná výroba* **42**, 1996, 245–248.
7. Eastwell, C., Spencer, M. S.: Ethylene effect on amylase activity from isolated barley aleurone layers – possible modification by proteolytic enzymes. *Plant Physiol.* **70**, 1982, 849–852.
8. Burg, S. P., Burg, E. A.: Ethylene formation in pea seedlings. Its relation to the inhibition of bud growth caused by indole-3-acetic acid. *Plant Physiol.* **43**, 1968, 1069–1074.
9. Prokeš, J., Fišerová, H., Helánová, A., Hartmann, J.: Význam oxidu uhličitého a ethylen v procesu sladování (Importance of carbon dioxide and ethylene during the process of malting, in Czech). *Kvasný Prům.* **52**, 2006: 349–352.
10. Prokeš, J., Fišerová, H., Helánová, A., Hartmann, J.: Effect of exogenous factors on malt quality. *Kvasný Prům.* **55**, 2009, 122–126.
11. Fišerová, H., Prokeš, J., Helánová, A., Hanuš, V.: Změny plynného prostředí při výrobě sladu (Changes in gas environment during the process of malting, in Czech). In: 5. metodické dny. 1. vyd. Praha 2009, s. 51.
12. Fišerová, H., Prokeš, J., Helánová, A., Hartmann, J.: Effect of Barley Kernels Dormancy on the Malt Quality. In: Book of abstracts, ESNA – European society for new methods in agricultural research, 39th Annual meeting, Brno, MZLU, 2009, ISBN 978-80-7375-319-1. b
13. Prokeš, J., Fišerová, H., Helánová, A., Hartmann, J.: Effect of Interaction between Barley Dormancy and Exogenous Conditions of Germination on Selected Malt Quality Parameters. In 32nd EBC CONGRESS. 1. vyd. 2009, s. 74.b
14. Fišerová, H., Prokeš, J., Helánová, A., Hartmann, J.: Změny kvality sladu v průběhu posklizňového dozrávání ječmene (Changes in malt quality in the course of post-harvest ripening of barley). *Kvasný Prům.* **58**, 2010: 93–99.
15. Fišerová, H., Kula, E., Klemš, M., Reinöhl, V.: Phytohormones as indicators of the degree of damage in birch (*Betula pendula*). *Biol.*, Bratislava **56**, 2001, 405–409.
16. Fišerová, H., Mikušová, Z., Klemš, M.: Estimation of ethylene production and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content in plants by means. *Plant, Soil and Environment: Rostlinná výroba* **54**, 2008, 55–60.

Recenzovaný článek / Reviewed paper

Do redakce došlo / Manuscript received: 22. 4. 2011

Přijato k publikování / Accepted for publication: 24. 6. 2011