

DOI: 10.18832/kp2016022

# Tvorba nových odrůd chmele zakrslého typu

## Breeding Process Aimed at Dwarf Hops

Vladimír NESVADBA

Chmelařský institut s.r.o., Kadaňská 2525, 438 01 Žatec /Hop Research Institute, CO., LTD., Kadanska 2525,

438 01 Zatec, Czech Republic

email: nesvadba@chizatec.cz

**Nesvadba, V.: Tvorba nových odrůd chmele zakrslého typu.** Kvasny Prum. 62, 2016, č. 6, s. 166–172

V rámci mezinárodního projektu EUREKA se realizovala křížení pro tvorbu nových potomstev zakrslého typu chmele. Celkem se získalo 22 327 genotypů, z nichž se po 4 letech hodnocení přihlásilo 12 nadějných genotypů do registračních zkoušek ÚKZÚZ. Nejvýkonnější genotypy jsou N11 a N12, které mají obsah alfa kyselin 8,85 % hm. resp. 7,71 % hm. a výnos chmele 1,75 t/ha resp. 1,30 t/ha. Genotypy N5 a N10 jsou obsahem a složením chmelových pryskyřic velmi podobné Žateckému poloranému červeňáku. Genotyp N8 je zajímavý z pohledu vůně chmelových hlávek, kterou tvoří směs květinové, ovocné a kořenité vůně. V současné době se všechny genotypy testují v pěstitelské i pivovarské praxi.

**Nesvadba, V.: Breeding process aimed at dwarf hops.** Kvasny Prum. 62, 2016, No. 6, pp. 166–172

Crossings aimed at breeding of new dwarf hop progenies were carried out within the international EUREKA project. Totally 22,327 genotypes were obtained. After the assessment lasting for four years twelve perspective genotypes entered the registration trials in Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture. The most efficient are genotypes N11 and N12 with alpha bitter acids contents of 8.85, resp. 7.71% and yield of 1.75 t/ha, resp. 1.3 t/ha. Genotypes N5 and N10 are very similar from alpha bitter acids contents and composition of hop resins point of view to Saazer. Genotype N6 is interesting because of the mixture of floral, fruity and spicy aromas of its cones. At present all these genotypes are tested not only by farmers but by brewers as well.

**Nesvadba, V.: Die Schaffung der neuen Zwerghopfensorten.** Kvasny Prum. 62, 2016, Nr. 6, S. 166–172

Im Rahmen des internationalen Projektes EUREKA wurde eine Kreuzung für die Schaffung von neuen Nachkommen Typ Zwerghopfen durchgeführt. Die Gesamtausbeute wurde 22 327 Genotypen, von denen nach einer 4-Jahres-Bewertung 12 viel versprechende Genotypen in die offiziellen Tests eingeschrieben wurden. Die mächtigsten Genotypen sind N11 und N12, die einen Gehalt an Alpha Säuren 8,85 % wt., resp. 7,71 % (Gew.) und Hopfen Ausbeute 1,75 t/ha, resp. 1,30 t/ha (Gew.) aufgewiesen haben. Genotypen N5 und N10 sind mit dem Gehalt und der Zusammensetzung von Hopfenharzen der Hopfensorte Saazer halbfrühe Rothopfen sehr ähnlich. In Bezug auf Hopfendolden Aroma ist Genotyp N8, bestehend aus einer Mischung aus blumigem, fruchtigem und würzigem Aroma, ganz interessant. Zurzeit werden alle Genotypen in der Produktion und Brau Praxis getestet.

**Klíčová slova:** chmel, *Humulus lupulus* L., zakrslé genotypy, nízké konstrukce, výnos, chmelové pryskyřice, chmelové silice, vůně chmele

**Keywords:** hop, *Humulus lupulus* L., dwarf hops, low trellis, yield, hop resins, alpha bitter acids, hop essential oils, hop aroma

## ✉ 1 ÚVOD

V České republice se od roku 2008 začíná využívat nová technologie pro pěstování chmele na nízkých konstrukcích. Klasická technologie využívá konstrukce pro pěstování chmele vysoké 7 m, zatímco nová technologie je založena na systému pěstování chmele na konstrukcích vysokých pouze 3 m. Tato změna výrazně snižuje potřebu sezónní lidské práce a spotřebu pesticidů v ochraně proti chorobám a škůdcům. V současném systému pěstování chmele na nízkých konstrukcích se v ČR používají výhradně české odrůdy chmele: Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ), Sládek a Premiant. Hlavní důvod, proč nejsou v ČR vhodné odrůdy pro tento způsob pěstování registrovány, je že dosud nikdo v Evropě, s výjimkou Velké Británie, nepovažoval tuto technologii za perspektivní (Darby, 2001). Až problémy s dostupností sezónních pracovních sil a vysoké finanční náklady na lidskou práci nutí i naše pěstitelé chmele přecházet postupně na systém pěstování chmele na nízkých konstrukcích. Další argument spočívá v tom, že stávající odrůdy jsou používány pro chmelení v českých i zahraničních pivovarech, čímž je zajištěn odbyť vyrobeného chmele. Bohužel, výše uvedené české odrůdy vysokého typu nejsou vhodné pro nový způsob pěstování, jelikož vytváří mohutný habitus a olistění na úkor chmelových hlávek. Proto je nutné pro pěstování chmele na nízkých konstrukcích vyšlechtit speciální odrůdy. Všechny české registrované „vysoké“ odrůdy chmele mají internodia vzdálená 25 až 30 cm, zatímco u odrůd vhodných pro pěstování na nízkých konstrukcích (tzv. trpasličí odrůdy) činí průměrná vzdálenost internodií pouhých 8 až 12 cm (Nesvadba et al., 2011). Příčinou je to, že tyto odrůdy obsahují tzv. gen zakrslosti způsobující pomalý růst a zkrácení internodií. Způsob pěstování chmele na nízké konstrukci má své začátky ve Velké Británii, kde se chmel na nízkých konstrukcích běžně pěstuje již od poloviny devadesátých let

## ✉ 1 INTRODUCTION

Since 2008 a new technology of growing hops on low trellises has been tried in CR. Whereas the traditional trellis is 7 m tall, the new technology is just 3 m tall. Thanks to this change costs on labor and pesticides used to control pests and diseases are considerably decreased. Up to now, only Czech hop varieties Saazer, Sládek and Premiant have been grown in low trellises. These varieties had been bred for growing in the traditional tall trellises and therefore they are not suitable for such a type of hop cultivation because of their too vigorous habitus, long internodes and laterals and too many leaves at the expense of cones. The main reason why new dwarf hop varieties have not been at disposal is that nobody within Europe hop growing countries (except the UK) did not consider this technology as a perspective one (Darby, 2001). Nevertheless, the problems arising from the lack of good-quality labor and high costs on it have made Czech hop growers reconsider if to change the traditional technology.

If we want to use the new hop growing technology, it is necessary to breed new dwarf hop varieties suitable for cultivation in low trellises. All the Czech traditional varieties have internodes long 25–30 cm, whereas for dwarf hops we need them to be much shorter, 8–12 cm (Nesvadba et al., 2011). Gene of dwarfism is necessary for crossing so as to be able to obtain hop plants with such short internodes. Hop growing on low trellises started in the UK where dwarf hops are commonly cultivated since the middle of the nineties of the last century (Glendinning, 2009). It is obvious that just in the UK they have the most experience with this type of hop growing. From this reason we started the cooperation with English research establishment “Philip Davies & Son”, especially with its leading researcher Peter Glendinning who is the famous expert at hop breeding aimed at dwarf hops. On the base of this cooperation research project “LF 11008” “Development of sustainable quality aroma dwarf hops in

(Glendinning, 2009). Právě zde mají největší zkušenosti se šlechtěním nových odrůd chmele vhodných pro nízké konstrukce. Z tohoto důvodu byl navázán kontakt s anglickým pracovištěm „Philip Davies & Son (Peter Glendinning)“, kde se specializují právě na šlechtění odrůd chmele určených pro pěstování na nízkých konstrukcích. Na základě této spolupráce se od roku 2011 úspěšně řešil projekt LF 11008 „*Vyšlechtění jemných aromatických odrůd českého a anglického chmele vhodných pro pěstování na nízkých konstrukcích s celosvětovým uplatněním při výrobě kvalitního piva*“ v rámci programu EUREKA. Výstupem tohoto projektu bylo přihlášení 12 nadějných genotypů chmele do registračního řízení.

Do registračních pokusů přihlášené genotypy vykazují velmi dobré výkonnostní parametry. Nicméně, bude nutné je ověřit v poloprovozních podmínkách a zjistit, zda jsou tyto znaky založeny geneticky nebo ovlivněny prostředím. Dále je nutné ověřit, zda agrotechnické zásahy nebudou negativně ovlivňovat kvalitativní znaky těchto genotypů. Cílem je zajistit výrobu chmele s mírou rentability umožňující náhradu stávajících nevhodných odrůd pro tento systém pěstování. Předpokládáme jejich rozšíření jak v České republice, tak i v zahraničí. Dalším významným cílem je pivovarské uplatnění nově získaných odrůd. Chmelařský institut s.r.o. Žatec má k dispozici pokusný minipivovar, ve kterém se budou vařit testovací várky. Dále úzce spolupracuje s českými pivovary, kde se budou provádět ověřovací várky. Jedním z cílů je získat jemné aromatické chmele pro kvalitní česká piva. Dalším cílem je získat specifické aromatické chmele evropského typu vhodné pro piva anglického typu. Aby se všechny zadané cíle podařilo splnit, byl podán navazující projekt v rámci programu EUREKA. Od října 2015 je řešen navazující projekt LF 15020 „*Komeracionalizace specifických aromatických evropských chmelů vhodných pro pěstování na nízkých konstrukcích v České republice a Velké Británii za účelem uspokojení zvyšujících celosvětových pivovarnických požadavků*“. Jedná se o mezinárodní projekt, kde se opět spolupracuje s anglickým pracovištěm „Philip Davies & Son (Peter Glendinning)“ a nově s obchodní firmou „Charles Faram“.

Spojení české a anglické strany je pro splnění zadaných cílů projektu optimální. Tato spolupráce byla vysoce efektivní již v prvním společném projektu v rámci programu EUREKA. Anglická strana disponuje unikátním genofondem zakrslých chmelů nezbytných pro tvorbu nových potomstev. Současně má zkušenosti s tvorbou odrůd chmele vhodných pro nízké konstrukce. Dále má úzkou spolupráci s anglickými pivovary, kde se budou testovat vybrané genotypy chmele. Česká republika je ve světě považována za centrum šlechtění kvalitních aromatických odrůd chmele, nezbytných pro výrobu prémiových značek piv. Chmelařský institut vвозuje pokusný minipivovar, kde zkouší kvalitu nových odrůd chmele v pivu již více než 40 let. Zajistí testování vybraných genotypů v českých pivovarech, s kterými úzce spolupracuje. Česká strana disponuje pěstitelskou plochou, kde je již založen poloprovozní pokus s přihlášenými genotypy do registračního řízení. Dále má k dispozici klimatizovanou bio-laboratoř, chemickou laboratoř a laboratoř molekulární genetiky, které patří ve svém oboru mezi nejlépe vybavené laboratoře v Evropě. Tato zařízení budou využita v rámci řešení projektu oběma partnery.

Hlavním cílem je registrovat minimálně dvě české odrůdy chmele s právní ochranou pro pěstování na nízkých konstrukcích, a dále tyto odrůdy uplatnit v pěstitelské i pivovarské praxi, aby byl po jejich registraci zajištěn odbyt. Dle požadavků českých a anglických chmelařů se předpokládá zájem o výsadbu získaných odrůd chmele. Dalším důležitým cílem je řešení specifické ochrany chmele proti chorobám a škůdcům s cílem snížení nákladů na ochranu chmele. Zavedením alternativních metod ochrany chmele bude odstraněno riziko reziduí pesticidů ve hlávkách a dojde ke snížení ekologické zátěže ve chmelařských oblastech ČR. K důležitým cílům patří i využití genetických a chemických metod pro identifikaci genu zakrslosti chmele a hledání genetických a chemotaxonomických markerů odolnosti genotypů vůči mšci chmelové. Uvedené cíle budou splněny do ukončení projektu v roce 2017.

## ☒ 2 MATERIÁL A METODY

Od počátku řešení projektu LF 11008 se vyhodnotila databáze genofondu chmele na české i anglické straně. Na základě zjištěných dat byl proveden výběr vhodných rodičovských komponentů pro jednotlivé typy křížení (testovací, konvergentní, zpětné a kombinační). Z těchto unikátních genofondů byla každoročně realizována křížení. Samičí rostliny pro křížení byly použity z genetických zdrojů chmele (MZe 33083/03-300). Realizovalo se celkem 24 křížení, z kterých

both the CR and the U.K. to supply brewing worldwide” had been solved since 2011 within EUREKA. We have managed to release 12 perspective genotypes, which are now under registration process. The genotypes show very good parameters. Nevertheless, it is necessary to test them in pilot trials to find out if these characteristics are given genetically or if they are environmentally influenced. It is also necessary to verify if agro-technical operations will not have negative effect on the qualitative features of the tested genotypes. The objective is to replace up to now grown traditional Czech varieties unsuitable for such a type of cultivation by these perspective dwarf hops on condition their profitability will be comparable with classical hop growing system in CR. We suppose they will be cultivated not only in CR but abroad as well. Another important objective is the demand from breweries for such varieties. Hop Research Institute owns a pilot brewery where tested batches will be brewed. Good cooperation with some Czech breweries is necessary to persuade them to try these hops too. One of the goals is to get fine aroma hops suitable for high quality Czech beer brewing. Effort is also aimed at getting specific hop of the European provenance suitable for beers of English types. So as to be able to fulfill these objectives the continuing EUREKA project was put forward. It has been solved since October 2015 under the designation LF 15020: “*Commercialization of highly aromatic European hops by both the Czech Republic and the U.K. to supply brewing demand worldwide*.” It is again an international project based on the cooperation between Hop Research Institute, Co. Ltd. (CR) and “Philip Davies & Son” and newly an English hop merchant company “Charles Faram”. This connection seems to be optimal if we take into consideration up to now results and experience. English partners have at disposal a unique gene fond of dwarf hops necessary for breeding work at this field as well as good experience with crossing aimed at dwarf hops. They also have long cooperation with English breweries, where new genotypes will be tested. Hop Research Institute has been considered the world center of breeding aimed at fine aroma hops, necessary for the production of high quality premium beers. It owns a pilot brewery where the brewing quality of new genotypes has been tested for more than forty years. Hops from perspective genotypes will be tested in the Czech breweries, which are interested in such varieties and have good cooperation with Hop Research Institute. The institute has at disposal commercial hop gardens, where pilot trials with above-mentioned genotypes run. It also has an air-conditioning bio-laboratory as well as chemical laboratory and laboratory of molecular genetics, which belong in their branch to the best-equipped ones in the Europe. All these devices and facilities will be utilized by both partners.

The main objective is to release at least two Czech dwarf varieties with legal protection suitable for growing in low trellises. These varieties should be able to enforce in practical cultivation and should be highly demanded by brewers. On the base of Czech and English hop growers' demand we suppose they will be interested in their cultivation. Another very important task is to figure out hop protection against pests and diseases with the aim to decrease considerably the costs on pesticides. Alternative methods using soft chemicals and increase of the role of predators to control downy mildew and spider mites should remove the risk of pesticide residues in hops and reduce the environment pollution in Czech and Moravian hop growing regions. We suppose to utilize genetic and chemical methods for identification of the gene of dwarfishness and searching for chemo-taxonomical markers responsible for resistance of hop genotypes to damson-hop aphid. Above-mentioned objectives will be fulfilled by 2017.

## ☒ 2 MATERIAL AND METHODS

Since the beginning of EU LF 11008 research project we had evaluated the database of hop gene collection on both the Czech and the English side. On the base of these data we carried out the selection of suitable parental components for the individual types of crossing (testing, convergent, reverse and combinational). Each year we had crossings from these unique gene collections. Female plants were their origin from genetic resources (MZe 33083/03-300). Totally 24 crossings were realized; out of them we have managed to get 75,502 seeds. The seeds were sown and the progenies were planted into breeding hop gardens. Since 2011 we have assessed 22,327 plants. On the base of the detailed evaluation we have selected 428 genotypes in the course of the project, which were subjected to chemical analyses. After the statistical assessment we chose 91 promising genotypes, which were propagated and planted into bree-

bylo získáno 75 502 semen. Získaná semena byla vyseta a získaná potomstva byla vysazena do šlechtitelských chmelnic. Od roku 2011 bylo hodnoceno 22 327 rostlin. Na základě podrobného hodnocení bylo v průběhu řešení projektu vybráno 428 genotypů k chemickým analýzám. Po statistickém vyhodnocení bylo vybráno 91 nejlepších genotypů, které byly namnoženy a vysazeny do šlechtitelské chmelnice. Na základě podrobného hodnocení do roku 2014 bylo z nich vybráno 12 perspektivních genotypů, které byly předány do registračních zkoušek. Šlechtitelská úspěšnost v rámci celého souboru získaných genotypů je pouze 0,05%. Popisy rostlin byly provedeny na základě klasifikátoru chmele (Rígr a Faberová, 2000). Chemické analýzy pro stanovení obsahu i složení chmelových pryskyřic v chmelových hlávkách byly provedeny HPLC metodou (EBC 7.7), (Analytica, 1997). Chmelové silice byly stanoveny plynovou chromatografií (EBC 7.12). Pro hodnocení byly vybrány základní statistické parametry: průměr a stonásobek variačního koeficientu.

#### **Genotypy zakrslého typu, které jsou v registračních zkouškách ÚKZÚZ:**

N2 – Registrační číslo odrůdy HML27574, kód odrůdy 5095059, číslo žádosti P10112.

N3 – Registrační číslo odrůdy HML27575, kód odrůdy 5095059, číslo žádosti P10113.

N5 – Registrační číslo odrůdy HML25564, kód odrůdy 5093048, číslo žádosti B2785.

N7 – Registrační číslo odrůdy HML25565, kód odrůdy 5093049, číslo žádosti B2786.

N8 – Registrační číslo odrůdy HML25566, kód odrůdy 5093050, číslo žádosti B2787.

N10 – Registrační číslo odrůdy HML25567, kód odrůdy 5093051, číslo žádosti B2788.

N11 – Registrační číslo odrůdy HML27576, kód odrůdy 5095060, číslo žádosti P10114.

N12 – Registrační číslo odrůdy HML27577, kód odrůdy 5095061, číslo žádosti P10115.

N13 – Registrační číslo odrůdy HML27578, kód odrůdy 5095062, číslo žádosti P10116.

N33 – Registrační číslo odrůdy HML25568, kód odrůdy 5093052, číslo žádosti B2789.

N35 – Registrační číslo odrůdy HML27579, kód odrůdy 5095063, číslo žádosti P10117.

PG1428 – Registrační číslo odrůdy HML25569, kód odrůdy 5093053, číslo žádosti B2790.

Nadějně genotypy jsou pěstované na dvou stanovištích v katastrálním území Stekník. Hodnocení nadějných genotypů bylo provedeno v letech 2009 až 2015. Sklizeň vzorků byla provedena ručně. Výnos chmele se hodnotil přepočtem sklizeného čerstvého chmele na plochu 1 ha. Koeficient pro suchý chmel byl zvolen 4 (průměrná hodnota sklizených vzorků). Hodnocení chmelové vůně bylo provedeno organolepticky 39 bonitéry. Genotypy byly zařazovány do skupin podle charakterů vůně, a to chmelová, citrusová, květinová, ovocná, tráva, kořenitá a dřevě.

#### **3 VÝSLEDKY A DISKUZE**

Z obr. 1 je patrné, že obsah alfa kyselin je v rozmezí 2,87 % hm. (N7) až 8,85 % hm. (N11). Nad průměrnou hranicí 7 % hm. obsahu alfa kyselin jsou pouze 3 genotypy – N11, N12 a N13. Naopak nejnižší obsah alfa kyselin vykazují genotypy N5, N7 a N10. Podle obsahu alfa kyselin lze tyto genotypy přirovnat k českým registrovaným odrůdám chmele. Genotypy N5, N7, N8, N10, N33, N35 a PG1428 lze přirovnat k odrůdám ŽPČ a Saaz Late. Genotypy N2 a N3 k odrůdám Sládek, Kazbek nebo Bohemie. Genotypy s nejvyšším obsahem alfa kyselin lze přirovnat k odrůdám Harmonie nebo Premiant.

V tab. 1 jsou uvedeny průměrné obsahy a složení chmelových pryskyřic, včetně vyjádření procenta variability pomocí variačního koeficientu. Pouze genotypy N5, N7, N11 a N12 vykazují variační koeficient u obsahu alfa kyselin pod hranicí 20 %. Naopak nejvyšší variabilitu vyazuje N8 a to 33,30 %. Variabilitu obsahu beta kyselin pod hranicí 20 % vykazují 4 genotypy (N5, N7, N11 a N13). Přesto, že genotyp N11 vykazuje nejvyšší obsah beta kyselin (4,68 % hm.), tak nejnižší podíl alfa/beta vyazuje genotyp N2 a to 1,55. Naopak nejvyšší poměr alfa/beta má genotyp N10 a to 2,09. Variabilita poměru alfa/beta kyselin je v rozmezí 12,03 % (N7) až 22,11 % (N13). Z hlediska poměru alfa a beta kyselin, lze konstatovat, že nižší podíl

ding hop gardens. Since 2014 we have selected twelve perspective genotypes, which are now in registration trials. Breeding successfulness within the whole array amounts to mere 0.05%. Descriptions of the plants were carried out on the base of hop classificatory (Rígr a Faberová, 2000). Chemical analyses for the determination of the contents and compositions of hop resins in hop cones were made by HPLC (EBC 7.7) method (Analytica, 1997). Hop essential oils were specified with the help of gas chromatography (EBC 7.12). The basic statistical parameters (average and hundredfold of variational coefficient) were used for the statistical evaluation.

#### **Genotypes of dwarf hops in registration trials of Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture:**

N2 – Registration number of HML27574 genotype, code 5095059, number of the application P10112.

N3 – Registration number of HML27575 genotype, code 5095059, number of the application P10113.

N5 – Registration number of HML25564 genotype, code 5093048, number of the application B2785.

N7 – Registration number of HML25565 genotype, code 5093049, number of the application B2786.

N8 – Registration number of HML25566 genotype, code 5093050, number of the application B2787.

N10 – Registration number of HML25567 genotype, code 5093051, number of the application B2788.

N11 – Registration number of HML27576 genotype, code 5095060, number of the application P10114.

N12 – Registration number of HML27577 genotype, code 5095061, number of the application P10115.

N13 – Registration number of HML27578 genotype, code 5095062, number of the application P10116.

N33 – Registration number of HML25568 genotype, code 5093052, number of the application B2789.

N35 – Registration number of HML27579 genotype, code 5095063, number of the application P10117.

PG1428 – Registration number of HML25569 genotype, code 5093053, number of the application B2790.

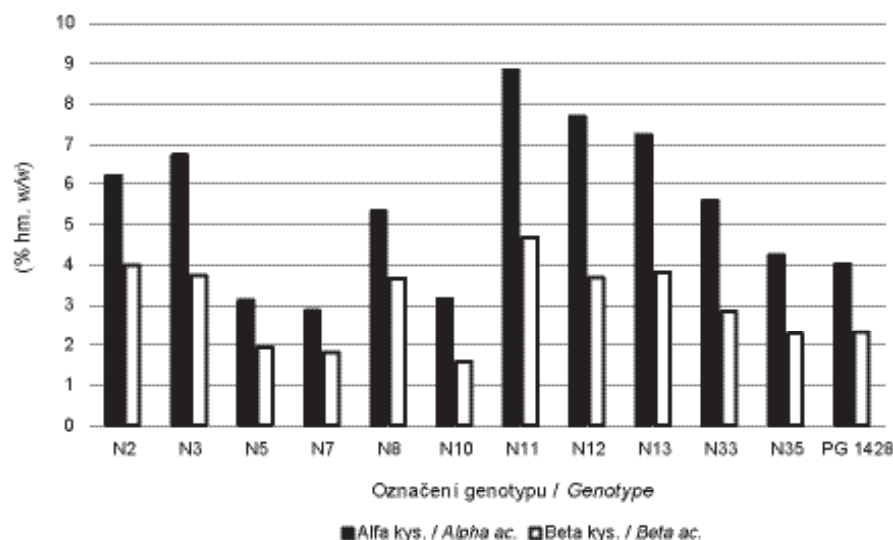
Perspective genotypes were planted in two hop gardens at the farm in Stekník, which belongs to Hop Research Institute, Co., Ltd. in Žatec (Saaz). The assessments of these genotypes were carried out since 2009 to 2015. The harvest was done by hand. Yield of fresh hops was converted per one hectare with the help of a coefficient, which was determined as "four" (average value of harvested samples). Evaluation of hop aroma was done by thirty-nine assessors. Genotypes were filed into groups according to characters of aroma (citrusy, floral, fruity, grassy, spicy, woody).

#### **3 RESULTS AND DISCUSSION**

It is obvious from Fig. 1 that contents of alpha acids are in the range from 2.87% w/w (N7) to 8.85% w/w (N11). Only three genotypes (N11, N12 and N13) have the contents higher than 7.0% w/w. On the contrary, the lowest alpha acid contents show genotypes N5, N7 and N10. If we take into consideration contents of alpha acids we can say they are very similar to Czech traditional hop varieties. Genotypes N5, N7, N8, N10, N33, N35 a PG1428 are comparable with Saazer and Saaz Late, whereas genotypes N2 and N3 are similar to Sládek, Kazbek or Bohemie. Genotypes with the highest contents of alpha acids are comparable with Harmonie and Premiant.

Average contents and composition of hop resins, including percentage of variability with the help of coefficient of variance (CV) are shown in Table 1. Only genotypes N5, N7, N11 and N12 have CV lower than 20.0%. On the contrary, the highest variability shows N8 genotype (33.3%). Lower variability in beta acids than 20.0% have four genotypes (N5, N7, N11 and N13). Even though N11 genotype shows the highest content of beta acids (4.68% w/w), the lowest ratio of alpha/beta has N2 genotype (1.55). On the contrary, the highest ratio of alpha/beta acids was found out in N10 genotype (2.09). Variability of this ratio moves since 12.3 (N7) till 22.11 (N13). From alpha/beta ratio point of view we can conclude that beta acids were influenced by the male parental plant of the English origin. The lowest ratio of cohumulone and colupulone shows N10 genotype (15.36%; resp. 29.61% rel.). On the contrary the highest of both cohumulone (> 30% rel.) and colupulone ratios (> 50% rel.) have genotypes N11, N12 and N13. We can conclude that variability in cohumulone and colupulone ratios is lower than in the alpha and beta bitter acids





Obr. 1 Obsah alfa a beta kyselin u perspektivních genotypů na nízkou konstrukci (Stekník, 2009–2015) / Fig. 1 Contents of alpha bitter acids in perspective dwarf genotypes (Stekník, 2009–2015)

beta kyselin ovlivnila samčí rostlina anglického původu. Nejnižší podíl kohumulonu a kolupulonu má genotyp N10 a to 15,36 % rel. resp. 29,61 % rel. Naopak nejvyšší podíl kohumulonu (nad hranicí 30 % rel.) i kolupulonu (nad hranicí 50 % rel.) mají genotypy N11, N12 a N13. Z celkového pohledu lze konstatovat, že variabilita podílu kohumulonu a kolupulonu je nižší než u obsahu alfa a beta kyselin.

contents. The results confirm that this characteristic is less influenced by weather and environment conditions.

Average contents and composition of hop essential oils are shown in Table 2. The lowest contents was found in N5 genotype (0.27% w/w), whereas the highest one in N8 genotype (1.01% w/w). It is obvious that dwarf genotypes show the ration of essential oils at the level of Czech fine aroma hops (Saazer and Saaz Late), which commonly have the contents of essential oils between 0.4 and 1.0% w/w. (Nesvadba et al., 2013). Nevertheless, the composition of essential oils is very variable in these new genotypes. Czech varieties only very rarely show the ration of myrcene lower than 20%. Genotypes N5, N7, N10 and N35 have the ratio of myrcene lower than 15% rel. The ratios of caryophyllene higher than 15% commonly have only Sládek, Kazbek, Bor, Premiant and Agnus. The highest ratios of this substance were found in N35 and N8 genotypes (21.56, resp.,

Tab. 1 Průměrný obsah a složení chmelových pryskyřic (Stekník, 2009–2015) / Table 1 Average contents and composition of hop resins (Stekník, 2009–2015)

Genotyp / Genotype	Statistický parametr / Statistical parameter	Alfa kys. (% hm.) / Alpha acids (% w/w)	Beta kys. (% hm.) / Beta acids (% w/w)	Poměr alfa/beta / Ratio alpha/beta	Kohumulon Cohumulone (% rel.)	Kolupulon Colupulone (% rel.)
N2	Průměr / Average	6.20	4.00	1.55	24.88	46.78
	Variační Koeficient (%) CV (%)	25.63	24.97	13.42	6.19	3.10
N3	Průměr / Average	6.75	3.75	1.82	23.18	44.08
	Variační Koeficient (%) CV (%)	30.85	31.44	19.96	12.69	6.32
N5	Průměr / Average	3.12	1.94	1.64	25.29	43.03
	Variační Koeficient (%) CV (%)	14.00	18.20	12.37	15.48	10.80
N7	Průměr / Average	2.87	1.80	1.61	25.95	44.48
	Variační Koeficient (%) CV (%)	17.12	19.34	12.03	10.17	7.42
N8	Průměr / Average	5.33	3.67	1.47	19.53	40.88
	Variační Koeficient (%) CV (%)	33.30	29.66	20.42	9.44	11.20
N10	Průměr / Average	3.17	1.59	2.09	15.36	29.61
	Variační Koeficient (%) CV (%)	22.00	32.60	19.26	5.83	5.82
N11	Průměr / Average	8.85	4.68	1.91	30.30	55.11
	Variační Koeficient (%) CV (%)	15.40	15.86	12.28	10.41	8.33
N12	Průměr / Average	7.71	3.69	2.14	31.30	54.89
	Variační Koeficient (%) CV (%)	13.35	22.78	14.91	11.94	8.05
N13	Průměr / Average	7.25	3.83	1.91	32.75	56.94
	Variační Koeficient (%) CV (%)	20.05	13.78	22.11	11.38	7.86
N33	Průměr / Average	5.59	2.85	2.03	26.19	48.90
	Variační Koeficient (%) CV (%)	24.57	33.71	19.59	18.13	12.25
N35	Průměr / Average	4.25	2.29	1.91	23.97	44.08
	Variační Koeficient (%) CV (%)	23.74	26.84	14.83	5.29	4.08
PG 1428	Průměr / Average	4.03	2.31	1.78	20.37	40.77
	Variační Koeficient (%) CV (%)	21.90	26.74	14.67	3.45	5.55

Tab. 2 Průměrný obsah a složení chmelových silic (Stekník, 2009–2015) / Table 2 Average content and composition of hop essential oils (Stekník, 2009–2015)

Genotyp Genotype	Obsah (% hm.) Contents (% w/w)	Myrcen Myrcene (% rel.)	Karyofylen Caryophyllene (% rel.)	Farnesen Pharnesene (% rel.)	Humulen Humulene (% rel.)	Selinen Selinene (% rel.)
N2	0.92	20.23	5.23	2.06	1.75	25.44
N3	0.87	23.14	10.23	0.22	25.68	17.07
N5	0.27	14.17	5.52	5.61	4.91	33.01
N7	0.32	14.29	9.24	2.33	15.21	20.01
N8	1.01	28.10	18.30	0.35	21.52	4.34
N10	0.52	11.73	5.24	5.19	2.00	26.85
N11	0.62	25.87	5.86	24.51	13.83	6.82
N12	0.71	24.77	7.32	18.40	18.33	7.75
N13	0.47	29.90	5.90	15.58	14.71	7.32
N33	0.81	25.78	8.69	0.91	15.28	17.56
N35	0.52	14.09	21.56	2.46	26.17	6.43
PG 1428	0.34	17.84	9.43	4.66	24.86	15.92

Tyto výsledky poukazují na to, že tento znak je méně ovlivněn ročníkem i prostředím pěstování.

V tab. 2 jsou uvedeny průměrné obsahy a složení chmelových silic. Nejnižší obsah silic vykazuje N5 (0,27 % hm.), naopak nejvyšší obsah silic vykazuje N8 (1,01 % hm.). Jak je patrné, genotypy na nízké konstrukce vykazují podíl silic na úrovni českých jemně aromatických odrůd Žatecký poloraný červeňák a Saaz Late, které vykazují obsah silic 0,4–1,0 % hm. (Nesvadba a kol., 2013). U sledovaných genotypů je velmi variabilní složení silic. České odrůdy jen výjimečně vykazují podíl myrcenu pod 20 %. Genotypy N5, N7, N10 a N35 mají průměrný podíl myrcenu pod hranicí 15 % rel. Podíl karyofylenu nad 15 % rel. vykazují pouze odrůdy Sládek, Kazbek, Bor, Premiant a Agnus. Nejvyšší průměrný podíl karyofylenu vykazují genotypy N35 a N8 a to 21,56 % rel. resp. 18,30 % rel. Z českých odrůd vykazují farnesen pouze ŽPČ a Saaz Late. V obr. 2 je uvedeno složení chmelových silic genotypů N11, N12 a N13, které vykazují nejvyšší podíl farnesenu v porovnání s ŽPČ a Saaz Late. Podíl humulenu pod hranicí 5 % rel. vykazují genotypy N2, N5 a N10. Takto nízký podíl humulenu vykazuje pouze jedna česká odrůda Vital. Podíl selinenů pod hranicí 10 % rel. mají genotypy N8, N11, N12, N13 a N35. Vyšší podíl selinenů vykazují z českých odrůd pouze Bohemie, Harmonie, Rubín a Vital, které překračují max. hranici 20 % rel. Velmi vysoký průměrný podíl selinenů vykazují genotypy N2, N5 a N10, který je nad hranicí 25 % rel.

V poloprovozních pokusech se prováděly výnosové zkoušky, jak bylo uvedeno v metodice. Z obr. 3 je zřejmé, že nejvyšší výnos má genotyp N8 (1,9 t/ha). Vysoký výnos vykazují též genotypy N10 a N11. Naopak nejnižší výnos vykazuje genotyp N33 (0,56 t/ha). Tento genotyp má negativní vlastnost, že po 3. roce pěstování nasazuje chmelové hlávky pouze ve vyšších patrech rostliny. Z celkového pohledu lze konstatovat, že řada genotypů vykazuje požadovanou hranici 1 t/ha. Vzhledem k tomu, že výsledky jsou pouze ze stanoviště Stekník, jsou dosažené výsledky dílčího charakteru.

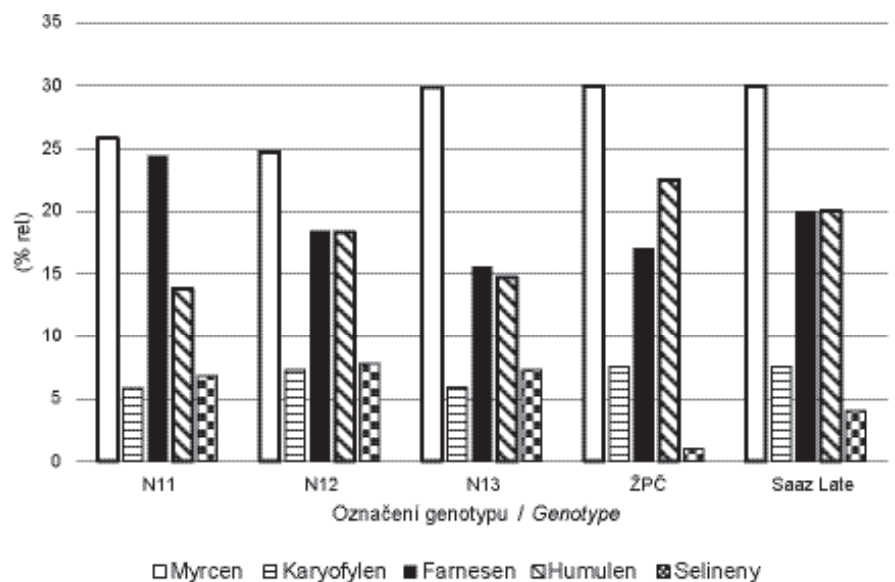
V rámci hodnocení vůně chmele se rozlišovaly jednotlivé druhy vůní u suchých vzorků chmele (tab. 3). Kontrolní odrůdy jsou Žatecký poloraný červeňák, jako standard chmelové vůně (45 bodů) a Kazbek, který vykazuje nejvyšší hodnocení z pohledu citrusové vůně (39 bodů). Nejvíce hodnocenou chmelovou vůní má N5 (33 bodů) a nad hranici 25 bodů chmelové vůně jsou genotypy N13 a N7. Žádný genotyp nedosahuje vysoké hodnocení citrusové vůně, nejvyšší hodnocení má genotyp N12 a to pouze 11 bodů.

Obr. 2 Genotypy s podílem farnesenu v porovnání s odrůdami ŽPČ a Saaz Late (Stekník, 2009–2015) / Fig. 2 New perspective dwarf genotypes in comparison with Saazer and Saaz Late (Stekník, 2009–2015)

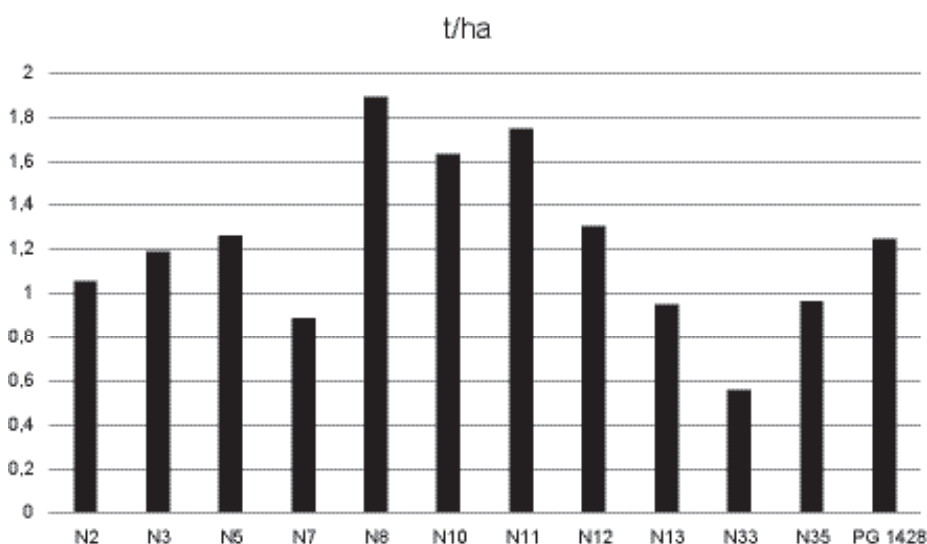
18.3% rel.). Comparison of Saazer and Saaz Late with the new dwarf genotypes showing the highest contents of pharnesene is obvious from Figure 2. Ratios of humulene under the level of 4% rel. were found in N2, N5 and N10 genotypes. Such a low content of humulene is typical just for the only Czech variety, Vital. Ratios of selinene lower than 10% rel. have genotypes N8, N11, N12, N13 and N35. Higher ratios of this substance show Bohemie, Harmonie, Rubín and Vital, which normally exceed the level of 20% rel. Very high ratios of selinene were determined in N2, N5 and N10 dwarf genotypes (> 25% rel.).

Yield was also evaluated in pilot trials, as it has already been mentioned. As it is evident from Figure 3, the highest yield was found out in N8 genotype (1.9 t/ha). Good yields were obtained also if N10 and N11 genotypes were harvested. On the contrary, the lowest yield was in N33 genotype (0.56 t/ha). Another lack of this genotype consists in too high growth of fertile laterals, which is obvious when the hop crowns get older than three years. It is possible to conclude that many tested genotypes have yield higher than 1.0 t/ha. Nevertheless, it is important to realize that the results are just from on locality.

Individual types of hop aroma in dry hops were assessed (Table 3). Saazer (45 points) and Kazbek (39 points) were used as standards (fine-aroma, resp. citrusy). The best fine-aroma was found out in N5 genotype (33 points), whereas N13 and N7 genotypes are above the level of 25 points. Unfortunately, no genotype reaches good citrusy flavor. The best from this point of view was N12 genotype (11 points). Nevertheless, other flavors exceed distinctively the reference varieties. Floral flavor was the most intensive in N11, N33, N3, N8 and N12 genotypes. Full of fruity flavor is N8 genotype, whereas N5 and PG1428 genotypes have the most intensive grassy aroma. Other three genotypes (N10, N13 and N35) reached identically 10 points if this flavor was evaluated. Very interesting is genotype N2, which showed 22 points if spicy aroma was assessed. Good spicy aromas



Obr. 3 Výnos suchého chmele u perspektivních genotypů na nízkou konstrukci (Stekník, 2009–2015) / Fig. 3 Yield of dry hops in perspective dwarf genotypes (Stekník, 2009–2015)



Další vůně výrazně převyšují standardní uvedené odrůdy. Nejvyšší bodové hodnocení květinové vůně mají genotypy N11, N33, N3, N8 a N12. Nejvýraznější ovocnou vůni má genotyp N8. Nejvyšší hodnocení trávové vůně mají genotypy N5 a PG1428, další 3 genotypy vykazují shodně 10 bodů (N10, N13 a N35). Velmi zajímavý je genotyp N2, který vykazuje 22 bodů kořenité vůně. Vyšší kořenitou vůni vykazují genotypy N10, N12 a N8. Dřevitá vůně je pouze u genotypu N35, i když v nižší intenzitě.

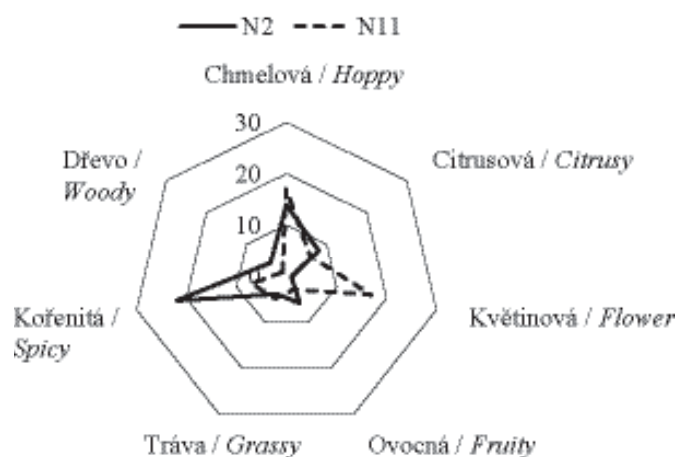
Tab. 3 Hodnocení vůně chmelových hlávek (Žatec, 2015) / Table 3 Assessment of hop flavor (Žatec, 2015)

Genotyp Genotype	Chmelová Hoppy	Citrusová Citrusy	Květinová Floral	Ovocná Fruity	Tráva Grassy	Kořenitá Spicy	Dřevo Woody
N2	14	8	1	6	4	22	4
N3	13	9	12	10	7	8	2
N5	33	4	8	1	15	3	3
N7	26	7	3	0	8	6	1
N8	12	9	11	12	7	13	1
N10	17	4	9	5	10	15	2
N11	17	6	17	3	5	7	1
N12	18	11	11	5	1	14	4
N13	27	5	7	4	10	6	2
N33	21	5	13	5	6	7	4
N35	7	4	3	8	10	9	7
PG 1428	17	4	7	5	13	8	3
Kazbek	16	39	4	6	1	8	0
ŽPČ / Saazer	45	1	1	1	2	4	3

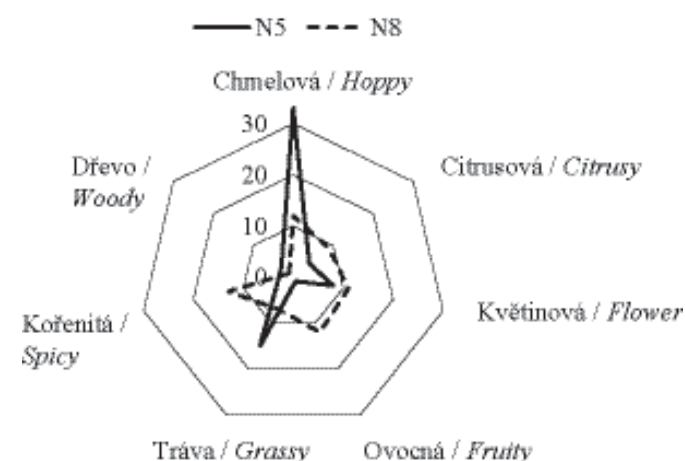
Na obr. 4 a 5 jsou uvedeny 4 genotypy s odlišným charakterem chmelových hlávek. Genotyp N2 má nejvyšší podíl kořenité vůně. Genotyp N11 má nejvyšší květinovou vůni. Genotyp N5 vykazuje vysoký podíl chmelové a trávové vůně. Velmi zajímavý je genotyp N8, který vykazuje vysokou ovocnou vůni a současně vyšší hodnocení květinové a kořenité vůně. Lze konstatovat, že se jedná o genotyp s vysokým podílem tří vůní.

have also N10, N12 and N8 genotypes. Woody flavor was found out just in N35 genotype even though in a lower intensity.

Four genotypes with different character of hop cones are in Fig. 4 and 5. Genotype N<sub>2</sub> has the highest ratio of spicy aroma; genotype N11 has the most intensive floral flavor and genotype N5 shows high ratio of hoppy and grassy aromas. Very interesting is genotype N8 with intensive fruity and good floral and spicy flavors, it means a genotype with high ratio of three flavors.



Obr. 4 Charakter vůně u genotypů N2 a N11 (Žatec, 2015) / Fig. 4 Character of aroma in N2 and N11 genotypes (Žatec, 2015)



Obr. 5 Charakter vůně u genotypů N5 a N8 (Žatec, 2015) / Fig. 5 Character of aroma in N5 and N8 genotypes (Žatec, 2015)

## ☒ 4 ZÁVĚR

Zásluhou mezinárodních projektů se z původního počtu 22 327 rostlin přihlásilo do registračních zkoušek UKZÚZ 12 nadějných genotypů, z nichž 5 vykazuje vysokou perspektivu a další 4 jsou svými znaky též zajímavé. Dosažené výsledky poukazují na vzájemnou variabilitu v kvantitativních i kvalitativních znacích. Tyto výsledky potvrzují, že do registračních zkoušek nebyly přihlášeny shodné genotypy. Naopak jsou registrovány genotypy, které mají charakter chmelů jemných aromatických, aromatických nebo se specifickou vůní. Velmi perspektivních je několik genotypů. Nejvýkonnější genotypy jsou N11 a N12. Velmi zajímavý je genotyp N8, který vykazuje nejvyšší výnos chmele. Z pohledu jemných aromatických chmelů, které vykazují obsah alfa kyselin 3–4 % hm., jsou velmi zajímavé genotypy N5 a N10. Genotyp N2 vykazuje výkonnost nad 1t/ha a je zajímavý vysokou kořenitou vůní. Tyto genotypy jsou namnoženy a budou vysazeny do provozních podmínek, aby se stanovila pěstitelská rentabilita. Ze získaného chmele se budou provádět varné zkoušky, aby mohly být uplatněny i v pivovarské praxi.

**PODĚKOVÁNÍ**

Tento příspěvek byl zpracován v rámci výzkumného projektu EUREKA LF 15020 „Komericializace specifických aromatických evropských chmelů vhodných pro pěstování na nízkých konstrukcích v České republice a Velké Británii za účelem uspokojení zvyšujících celosvětových pivovarnických požadavků“, který podporuje MŠMT ČR a kolekce GZ chmele, která je součástí Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a biodiversity (MZe 33083/03-300 6.2.1. – MZe ČR), které podporuje MZe.

**LITERATURA / REFERENCES**

- Analytica EBC, Metod 7.7, 1997: European Brewery Convention, Getränke Fachverlag.
- Darby, P., 2001: Single gene trails in hop breeding. International Hop Growers Convention, Proceedings of the Scientific Commission, Canterbury, Kent, England, August 5-7, 2001: 76-80.
- Glendinning, P., 2009: Současný stav pěstování chmele na nízké konstrukci ve Velké Británii. Chmelařství, 5-6/2009: 46-47.
- Nesvadba, V., Krofta, K., Poloncikova, Z., 2011: New knowledge in czech hop breeding. International hop growers convention „Proceedings of the Scientific Commission, June 19-23,2011, Lublin, Poland: 15-18.

## ☒ 4 CONCLUSION

Thanks to EUREKA project we have been able to select from the original 22,327 genotypes twelve the most promising ones, which are now in registration trials supervised by Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture. Five of them shows high perspective and other four genotypes are interesting because of their specific features. The results from twelve perspective genotypes show good variability in qualitative and quantitative characteristics, which is the aim of the breeding process aimed at dwarf hops as we need to register both fine aroma and flavor hops. The most productive are genotypes N11 and N12. Very interesting is genotype N8 because of its highest yield of hops. Very similar to fine aroma Czech hops are genotypes N5 and N10 with the contents of alpha acids at the level of 3–4% w/w. Nevertheless, there are also some other good genotype N12 has yield higher than 1.0 t/ha and is interesting because of its spicy flavor. These genotypes have been propagated and they will be planted in commercial hop gardens to find out their growing profitability. Brewing tests will be carried out from harvested hops so as to find utilization of these genotypes in breweries.

**ACKNOWLEDGEMENTS**

This work was supported by Czech Ministry of Education within the Research Project EUREKA no. LF 15020. “Commercialization of highly aromatic European hops by both the Czech Republic and the U.K. to supply brewing demand worldwide.” Breeding project 3.d and Genetic resources, is a part of “National Program of Conservation and Utilization of Genetic Resources in Plants and Biodiversity” (MZe 33083/03-300 6.2.1) issued by Czech Ministry of Agriculture.

- Nesvadba, V., Brynda, M., Henychová, A., Ježek, J., Kořen, J., Krofta, K., Malířová, I., Patzak, J., Polončíková, Z., Svoboda, P., Valeš, V., Vostřel, J., 2013: Development and Tradition of Czech Hop Varieties. Hop Research Institute, CO., LTD., Zatec. ISBN 978-80-87357-11-8
- Rígr, A., Faberová, I., 2000: Descriptor List Genus *Humulus* L. Hop Research Institute Zatec.

*Do redakce došlo / Manuscript received: 10/3/2016*  
*Přijato k publikování / Accepted for publication: 18/4/2016*