

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



Hodnocení nových aromatických genotypů chmele

Diplomová práce

Autor práce: Alena Henychová

Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Pulkrábek, CSc.

©2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Hodnocení nových aromatických genotypů chmele" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 1. dubna 2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Josefu Pulkrábkovi, CSc. za odborné vedení a věcné připomínky k diplomové práci. Všem kolegům a kolegyním za pomoc při získávání a zpracování vzorků, zejména Ing. Zděnce Polončíkové. Především bych chtěla poděkovat Ing. Josefu Patzakovi, Ph.D. a Ing. Karlu Kroftovi, Ph.D. za pomoc a cenné odborné rady. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Alexandru Mikyškovi z Výzkumného ústavu pivovarského a sladařského za poskytnutá data. A v neposlední řadě také celé mé rodině za trpělivost, kterou se mnou měli po celou dobu studia.

Hodnocení nových aromatických genotypů chmele

Souhrn

Požadavkem pěstitelů je, aby nová odrůda měla kvalitativní parametry Žateckého poloraného červeňáku, ale vyšší výnosový potenciál, a proto je v současné době snaha o vyšlechtění nové aromatické odrůdy.

Cílem diplomové práce bylo na základě produkčních ukazatelů, chemických a genetických analýz posoudit nově vyšlechtěné aromatické genotypy a vybrat ty, které by vykazovaly srovnatelné, nebo i lepší kvalitativní a kvantitativní parametry než registrovaná odrůda Žatecký poloraný červeňák. Získaná data byla vyhodnocena pomocí základních statistických charakteristik, oboustranných t-testů pro nezávislé výběry a korelační analýzy.

Výnos je nejdůležitější kvantitativní parametr, který je značně závislý především na klimatických podmínkách. Všechny genotypy hodnocené v diplomové práci dosahovaly vyšších průměrných výnosů než ŽPČ, kromě genotypu 4799. Z dosažených výsledků vyplývá, že nejvyššího teoretického výnosu dosáhl v roce 2014 genotyp 4801 (2,2 t suchého chmele) a v roce 2015 genotyp 4975 (1,77 t suchého chmele).

Nejdůležitější kvalitativní parametr je obsah alfa hořkých kyselin. Všechna aromatická novošlechtění vykazovala v chemickém rozboru pryskyřic parametry jemných aromatických chmelů. Aromatický genotyp 4975 měl nejvyšší průměrný obsah alfa i beta hořkých kyselin, vyrovnaný poměr mezi alfa a beta hořkými kyselinami, nejnižší obsah kohumulonu a kolupulonu a zároveň vykazoval ve všech sledovaných znacích chemického rozboru pryskyřic nízkou až střední variabilitu. Pro aromatické odrůdy s původem ŽPČ je typický obsah farnesenu vyšší než 12 % relativních, všechny hodnocené genotypy toto kritérium splňují.

Na základě genetických analýz byla vyhodnocena příbuznost k Žateckému poloranému červeňáku. Genotyp 4799 je geneticky nejbliže ŽPČ.

Piva uvařená z hodnocených genotypů mají podle sensorického hodnocení stejnou kvalitu jako Žatecký poloraný červeňák.

Klíčová slova: aromatický chmel, výnos, chemický rozbor chmele, genetická analýza

Evaluating new aromatic hop genotypes

Summary

Hop growers request new cultivar should have qualitative parameters of Saaz semi-early red-bine hop with higher yield potential. Therefore currently, there are efforts to breed new aroma cultivars.

The aim of diploma thesis was to evaluate and choose new breeding aroma genotypes, which would show equal or better quality and quantity parameters than Saaz semi-early red-bine hop registered cultivar, based on production indicators, chemical and genetic analyses. Obtained data were evaluated by basic statistical characteristics, two-sided t-tests for independent selections and correlation analysis.

A yield is the most important quantitative parameter, which is mainly and significantly dependent on climatic conditions. All evaluated genotypes in diploma thesis have reached higher average yields than ŽPČ cultivar, except genotype 4799. Genotype 4801 reached the highest theoretical yield (2.2 tons of dry hops) in year 2014 and genotype 4975 (1.77 tons of dry hops) in year 2015 from achieved results.

A content of alpha bitter acids is the most important qualitative parameter. All aroma new breeding lines have shown parameters of fine aroma hops according to chemical analyses of hop resins. Aroma genotype 4975 showed the highest average contents of alpha and beta bitter acids, balanced ratio between alpha and beta bitter acids, the lowest contents of cohumulone and colupulone, and as well it kept a low or middle variability in all studied traits of chemical analyses of hop resins. A relative content of farnesene higher than 12% is a typical for aroma hop cultivars with ŽPČ cultivar origin. All evaluated genotypes achieved this criteria.

We evaluated the relationship to Saaz semi-early red-bine hop cultivar based on genetic analyses. Genotype 4799 has been genetically the closest to ŽPČ.

Brewed beers have been a same quality as beers from Saaz semi-early red-bine hop cultivar by sensory evaluation.

Keywords: aroma hops, yield, chemical analysis of hops, genetic analysis

Obsah

1 ÚVOD	9
2 VĚDECKÁ HYPOTÉZA A CÍLE PRÁCE	10
2.1 Vědecké hypotézy	10
2.2 Cíle práce	10
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED	12
3.1 Chmel (<i>Humulus lupulus</i> L.)	12
3.1.1 Systematika chmele.....	12
3.1.2 Fylogeneze chmele.....	12
3.1.3 Morfologie chmele	13
3.1.3.1 Kořenová soustava.....	13
3.1.3.2 Soustava podzemních lodyžních orgánů	14
3.1.3.3 Soustava nadzemních vegetativních orgánů.....	14
3.1.3.4 Soustava generativních orgánů.....	15
3.1.4 Chemické složení	16
3.1.4.1 Chmelové pryskyřice.....	17
3.1.4.2 Chmelové silice	18
3.1.4.3 Chmelové polyfenoly	19
3.1.4.4 Odrůda a její role v chemickém složení chmele.....	19
3.1.5 Růst a vývoj chmele	21
3.1.6 Agroekologické faktory.....	22
3.1.6.1 Půdní podmínky	22
3.1.6.2 Klimatické podmínky	23
3.1.6.3 Výživa chmele.....	24
3.1.6.4 Tvorba výnosu.....	24
3.1.7 Šlechtění chmele v České republice.....	25
3.1.7.1 Klonová selekce.....	26
3.1.7.2 Hybridizace	27
3.1.7.3 Nové směry ve šlechtění chmele	28
3.1.8 Analýzy chmele pomocí molekulárních metod.....	29
3.1.9 Pěstování chmele v ČR a ve světě.....	31
3.1.10 Využití chmele	32
3.1.10.1 Chmelové produkty	33
3.1.10.2 Hodnocení kvality piva.....	34
4 MATERIÁL A METODY	36

4.1	Stanoviště.....	36
4.2	Meteorologická sledování.....	36
4.2.1	Agrometeorologický rok 2013/2014	37
4.2.2	Agrometeorologický rok 2014/2015	38
4.3	Charakteristika hodnocených genotypů.....	39
4.3.1	Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ)	39
4.3.2	Novošlechtění 4799	40
4.3.3	Novošlechtění 4801	40
4.3.4	Novošlechtění 4975	41
4.3.5	Novošlechtění 4979 a 4980	41
4.4	Sklizeň chmele – výnos	41
4.5	Chemický rozbor	42
4.5.1	Pryskyřice.....	42
4.5.2	Silice.....	42
4.6	Mechanický rozbor chmelové hlávky	43
4.7	Molekulárně-genetické analýzy.....	43
4.7.1	Izolace, amplifikace a separace DNA	44
4.8	Vaření a hodnocení piva.....	44
4.9	Metody statistického zpracování.....	46
5	VÝSLEDKY.....	47
5.1	Výnos chmele.....	47
5.2	Chemický rozbor	49
5.2.1	Chmelové pryskyřice.....	49
5.2.1.1	Obsah alfa hořkých kyselin	51
5.2.1.2	Obsah beta hořkých kyselin.....	53
5.2.1.3	Poměr alfa/beta hořkých kyselin	54
5.2.1.4	Obsah kohumulonu.....	56
5.2.1.5	Obsah kolupulonu.....	57
5.2.1.6	Obsah xanthohumolu.....	58
5.2.2	Chmelové silice	60
5.2.2.1	Obsah silic	62
5.2.2.2	Obsah farnesenu	63
5.3	Mechanický rozbor hlávek	65
5.3.1	Průměrná hmotnost 100 ks suchých hlávek	67
5.3.2	Průměrná hmotnost 100 ks větének	69
5.3.3	Průměrná délka věténka.....	70
5.3.4	Průměrná hustota zalomení věténka	72
5.4	Molekulárně-genetická analýza.....	74
5.5	Senzorické hodnocení piva.....	76

6 DISKUZE.....	79
7 ZÁVĚR.....	83
8 SEZNAM LITERATURY	85
9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	94
10 PŘÍLOHY	95

1 ÚVOD

Český chmel se vyznačuje velmi vysokou kvalitou a jemná aromatická odrůda Žatecký poloraný červeňák se považuje za standard kvality nejen u nás, ale i ve světě. Od roku 2007 je Žatecký chmel zapsán v Rejstříku chráněných označení původu a chráněných zeměpisných označení.

Chmel se vyskytuje na území České republiky již velmi dlouho, první dochované zprávy o chmelu na našem území pocházejí z 11. století. O počáteční rozvoj pěstování chmele se jako první zasloužil Karel IV., který rovněž učinil i první opatření proti vývozu chmelové sadby. Pěstování chmele na našem území dosahuje vrcholu v 19. století, a to především pro svoje kvalitativní vlastnosti, jako je vůně, barva a obsah lupulinu. Na počátku minulého století se chmel pěstoval na největší výměře (17 280 ha) v historii českého chmelařství.

Ve světě bylo v druhé polovině 20. století vyšlechtěno a zavedeno do komerčního pěstování několik desítek nových odrůd. Trend rychlé obměny pěstovaných odrůd chmele, který pružně reaguje na potřeby pivovarského průmyslu, pokračuje i v současné době. S tím současně vyvstala potřeba identifikace a vzájemného rozlišení různých chmelových odrůd. V posledních letech bylo vyvinuto několik metod identifikace chmelových odrůd na základě analýzy DNA. Nejspolehlivějším postupem pro molekulárně-genetickou determinaci odrůd chmele, hodnocení jejich variability a biodiverzity je metoda SSR (Simply Sequence Repeat).

V České republice je nyní registrováno 12 odrůd chmele: Žatecký poloraný červeňák, Bor, Sládek, Premiant, Agnus, Vital, Harmonie, Rubín, Kazbek, Saaz Late, Bohemie a Saaz Special. Česká republika stále zůstává největším producentem jemného aromatického chmele Žateckého poloraného červeňáku, který má nižší výnosový potenciál, ale specifické aromatické vlastnosti a také je zároveň zemí s největší plochou jedné odrůdy na světě. Český chmel je tradiční exportní surovinou, kterou najdeme v pivech z celého světa. Na současném trhu s chmelem je o jemný aromatický chmel velký zájem, proto se šlechtění zabývá vyšlechtěním nové aromatické odrůdy s kvalitativními parametry Žateckého poloraného červeňáku, ale s vyšším výnosovým potenciálem.

Chmel dodává pivu typicky hořkou chuť a chmelové aroma. Všechny nové genotypy musí vykazovat dobré pivovarské vlastnosti, proto jsou testovány v pivovarských testech.

2 VĚDECKÁ HYPOTÉZA A CÍLE PRÁCE

Výběr z populací planého chmele byla první šlechtitelská metoda, která se používala od počátku pěstování chmele. Ve dvacátých letech minulého století se začíná uplatňovat nová šlechtitelská metoda, tzv. klonová selekce. Na základě pozitivních výběrů byly v porostech žateckého chmele vybírány nejlepší rostliny. Tato metoda byla používána až do 90. let, kdy došlo k převratné změně ve šlechtění chmele v České republice a začalo se využívat křížení i pro vznik nových odrůd. Do této doby se křížení používalo pouze pro studijní a výzkumné účely. Z tohoto důvodu české šlechtitelství zaostávalo za celosvětovým trendem tvorby nových odrůd. V současné době došlo ve šlechtění chmele k výrazným změnám. Vznik nové odrůdy je dlouhodobá činnost. Doba od křížení až po registraci odrůdy se pohybuje mezi 15 až 20 roky, proto není možné flexibilně reagovat na požadavky trhu a pivovarníků. V současné době se šlechtění věnuje 6 různým cílům. Mezi nejnovější cíle patří vyšlechtění tzv. „flavour hops“, odrůdy se specifickou vůní pro využití při studeném chmelení nebo do speciálních piv. K dlouhodobým cílům ve šlechtění patří nová aromatická odrůda s kvalitativními parametry Žateckého poloraného červeňáku, ale s vyšším výnosovým potenciálem a s perspektivním uplatněním v pivovarech.

2.1 Vědecké hypotézy

1. Hodnocené aromatické genotypy budou vykazovat průkazně vyšší výnos než registrovaná aromatická odrůda Žatecký poloraný červeňák.
2. Hodnocené aromatické genotypy budou průkazně vykazovat odlišné morfologické a genetické znaky od odrůdy Žatecký poloraný červeňák.
3. Kvalita hlávek z hlediska chemického složení bude srovnatelná s kvalitou jemné aromatické odrůdy Žatecký poloraný červeňák.

2.2 Cíle práce

Na základě produkčních ukazatelů, chemických a genetických analýz posoudit nově vyšlechtěné aromatické genotypy a vybrat ty, které by vykazovaly srovnatelné, nebo i lepší kvalitativní a kvantitativní parametry než registrovaná odrůda Žatecký poloraný červeňák. Tyto cíle lze shrnout do čtyř okruhů:

1. Pomocí statistických metod vybrat perspektivní genotypy s průkazně vyšším výnosem než dosahuje registrovaná odrůda Žatecký poloraný červeňák.

2. Cílem je charakterizovat pomocí statistického hodnocení rozdíl ve vybraných morfologických znacích mezi sledovanými genotypy a Žateckým poloraným červeňákem.
3. Identifikace vybraných genotypů pomocí DNA analýz. Sledované genotypy budou vykazovat genetický polymorfismus při použití EST - SSR markerů a budou odlišitelné od Žateckého poloraného červeňáku.
4. Na základě chemických rozborů vybrat genotypy, které by z hlediska obsahu a složení chmelových pryskyřic a silic byly srovnatelné s jemně aromatickou odrůdou Žatecký poloraný červeňák.

Obrázek1: Chmelové hlávky genotypu 4801 (foto: V. Nesvadba).



3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Chmel (*Humulus lupulus* L.)

3.1.1 Systematika chmele

Podle platné botanické nomenklatury se v současné době rod chmel (*Humulus* L.) řadí do čeledi konopovité (*Cannabaceae*) řádu kopřivotvaré (*Urticales*). Do čeledi konopovitých je kromě rodu *Humulus* L. také řazen rod konopí (*Cannabis* L.), se kterým sdílí chmel mnoho společných znaků (McNeil *et al.*, 2012).

V rámci rodu *Humulus* L. Neve (1991) rozlišuje tři druhy chmele, a to *Humulus lupulus* L. (chmel otáčivý), *Humulus japonicus* Sieb. et Zucc. (chmel japonský) a *Humulus yunnanensis* Hu (chmel junnanský).

Faragó *et* Üргеová (2013) dělí chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) na šest variet:

1) *Humulus lupulus* ssp. *lupulus* – pochází z Evropy, ale byl introdukovaný a rozšířil se postupně do celého světa.

2) *Humulus lupulus* ssp. *neomexicanus* (Nels. *et* Cockerell) (chmel novomexický) – americký chmel vyskytující se v západní části Severní Ameriky.

3) *Humulus lupulus* ssp. *pubescens* (E. Small) – rovněž americký chmel nacházející se především ve střední části Severní Ameriky.

4) *Humulus lupulus* ssp. *lupuloides* (E. Small) – poslední z amerických variet, která se vyskytuje především ve východní části Severní Ameriky společně s výše uvedenými.

5) *Humulus lupulus* ssp. *cordifolius* (Miquel) (chmel srdčitolistý) – tato varieta se vyskytuje ve východní Asii, především na japonských ostrovech.

5) *Humulus lupulus* ssp. *fegxianensis* (J.Q.Fu) – tato varieta bylo popsána v roce 1998 v 23 edici Flóry Čínské lidové republiky, vyskytuje se velmi vzácně na území Číny.

3.1.2 Fylogeneze chmele

Centrum původu chmele je v Číně, kde se vyskytují všechny druhy rodu chmel. Též nálezy fosilních hlávek chmele druhů *H. irtshensis*, *H. rotindatus* a *H. scandens* v Číně a Rusku z období oligocénu, miocénu a pliocénu (35 až 2 miliony let před n. l.) potvrzují domněnku o rozšíření chmele z tohoto území do Evropy přes Beringovu úžinu do Severní Ameriky (Collinson, 1989).

Severoamerické a východoasijské variety jsou si morfologicky podobné, avšak odlišné od evropského chmele. Murakami *et al.* (2006) uvádějí rozdělení taxonomických variet chmelu do dvou velkých skupin, a to americko-asijské a evropské, potvrzené genetickými analýzami na úrovni polymorfizmu nekódujících sekvencí chloroplastové a jaderné DNA.

Patzak *et al.* (2010a) uvádějí, že studium variability evropského chmele prokázalo u planých druhů její nízkou úroveň, a proto je prokazatelné, že rozšíření chmele bylo výrazně ovlivněno člověkem. Více než tisícileté pěstování chmele v chmelařských oblastech Evropy vyselektovalo z krajových odrůd dva výrazné genotypy aromatických chmelů s červenou a zelenou barvou révy. Molekulárně tak lze odlišit středoevropskou skupinu starých odrůd Žatce, Hallertau, Tettngau, Spaltu a Bačky od skupiny starých západoevropských odrůd Fugglu, Goldingu, Hersbrücku a Striesselspaltu. Fric *et Beránek* (1998) potvrzují, že barva révy není kritériem aromatických chmelů, protože i chmele se zelenou barvou révy vykazují parametry aromatických chmelů. U chmele podle doby dozrávání hlávek rozeznáváme rané, polorané, polopozdní a pozdní odrůdy (Horejsek *et Zich*, 1990).

3.1.3 Morfologie chmele

Pro zemědělskou výrobu je významný jen druh chmel otáčivý (*H. lupulus*). Je to dvojdomá vytrvalá rostlina, ze které roste jednoletá réva z přezimující podzemní části. Pěstovaný chmel zůstává na stanovišti 15–20 let, planý chmel však může přežít více než 100 let (Faragó *et Úrgeová*, 2013). Podle biologického i agroekologického aspektu Kišgéci (2002) rozděluje chmelové orgány na dvě skupiny, a to na vegetativní orgány, které dále dělí na podzemní a nadzemní, a generativní orgány. Oproti tomu Špaldon *et al.* (1986) rozlišují u chmelové rostliny čtyři orgánové soustavy: 1) kořenovou soustavu, 2) soustavu podzemních lodyžních orgánů, tzv. babku, 3) soustavu nadzemních vegetativních orgánů, 4) soustavu generativních orgánů.

3.1.3.1 Kořenová soustava

Dobře vyvinutý kořenový systém u chmele může dosahovat do hloubky až 4 m a růst do šířky až 5 m (Turner *et al.*, 2011). Hlavní křídlové kořeny se několikrát větví a vytváří mohutný systém. Liší se od podzemních lodyžních orgánů tím, že nemají uzliny s pupeny. Podle vyspělosti rozdělujeme kořeny na dvě skupiny, a to na kosterní kořeny a koncové kořínky. Kosterní kořeny upevňují rostliny v půdě a podle směru růstu jsou buď vertikální,

nebo horizontální. Z horizontálních kořenů vyrůstají kořeny kotevní (Rybáček *et al.*, 1980). Kořenové hlízy jsou ztlustěliny převážně vertikálních kosterních kořenů, které slouží jako zásobárna asimilátů (Vrzalová *et Fric*, 1993).

3.1.3.2 Soustava podzemních lodyžních orgánů

Soustava podzemních lodyžních orgánů zahrnuje všechny lodyžní orgány vzniklé modifikací lodyhy pod povrchem půdy. Na povrchu babky jsou pupeny, které si udržují životaschopnost po dobu čtyř let. Babku tvoří vyspělé dřevo tmavší barvy, z kterého vyrůstá každým rokem mladé dřevo, které se používá k výrobě sádí (Vrzalová *et Fric*, 1993). Babka je částí rostliny, která zabezpečuje chmelu dlouhodobé přežití. Je značně odolná vůči různým nepříznivým podmínkám vnějšího prostředí, např. přežije teploty až $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ i nižší, pokud je přikrytá půdou nebo alespoň sněhem (Faragó *et Üргеová*, 2013).

Horejsk *et Zich* (1990) uvádějí, že podzemní lodyžní orgány do stáří jednoho roku se nazývají mladé dřevo a slouží k obnově nadzemní lodyhy v příštím roce. Vlky nazýváme vodorovné podzemní výhony, které jsou slabší a mají delší internodia. Pomocí vlků se rostlina samovolně rozmnožuje na přirozených stanovištích, zatímco v běžných pěstitelských podmínkách odstraňujeme vlky při řezu a zavádění chmele (Vrzalová *et Fric*, 1993).

3.1.3.3 Soustava nadzemních vegetativních orgánů

Hlavní funkcí soustavy vegetativních orgánů je tvorba organických látek při fotosyntéze a na ní navazujících pochodech (Rybáček *et al.*, 1980). Pokorný (2011) ověřil, že rostliny od raných fází chmele (dlouživý růst, pazochování, butonizace) směrem k fázi kvetení fotosyntetickou aktivitu zvyšují, směrem k technické zralosti chmele asimilaci snižují.

Do soustavy nadzemních vegetativních orgánů zahrnujeme nadzemní pupeny (*gemma*), postranní pupeny, lodyhu (*caulis*), postranní pazochy (*rames*) a listy (*folia*). Podle Horejska *et Zicha* (1990) pod povrchem půdy vzniká vrcholový pupen lodyhy na některém z orgánů babky. Je pokryt četnými obalovými listeny, které zezelenají, když se pupen objeví nad povrchem půdy. Ze vzrostlého vrcholu se postupně diferencují jednotlivá pletiva, která jsou základem všech nadzemních orgánů. Postranní pupeny se zakládají v úžlabí listů jako pupeny spící, z nichž některé se probouzejí k dalšímu růstu. U každého listu se zpravidla vytváří tři spící pupeny (Rybáček *et al.*, 1980). Lodyha tvoří základ nadzemní soustavy, je ovíjivá, pravotočivá, článkovaná, rozdělena na nody a internodia. Dorůstá do výšky 8–9 m,

dosahuje tloušťky 0,7–1,3 cm (Šnobl *et al.*, 2004). Chmelová lodyha je na průřezu šestihranná, na povrchu rostou početné trichomy s háčkovitým zakončením, které umožňují přichycení révy k chmelovodiči. Koncová část trichomů je bohatá na křemík (Faragó *et* Üргеová, 2013). Postranní pazochy, které nesou květenství, později plodenství a srdčité listy, vyrůstají z prostředních pupenů v úžlabí listů (Špaldon *et al.*, 1986). Listy vyrůstají z uzlin révy a pazochů po dvou, vstřícně proti sobě. Rozlišujeme je podle místa růstu. Révové listy vyrůstají dříve, jsou větší a mají hrubší stavbu oproti listům pazochovým. Oba typy listu jsou řapíkaté (Horejsek *et* Zich, 1990). Hniličková *et al.* (2000) uvádějí rozdílnou dynamiku v růstu listové plochy u jednotlivých typů listů. Do poloviny července převažuje na rostlině listová plocha pazochových listů.

3.1.3.4 Soustava generativních orgánů

Květy chmele jsou jednopohlavní a mají zelenou barvu. Samčí květy tvoří bohatou latu a nacházejí se na samčích rostlinách. Samčí rostliny kvetou obvykle 3–5 dní před samičimi rostlinami. Na korunních plátcích samčích květů se nacházejí lupulinové žlázky, jejich počet je mnohem nižší než na samičích květech (Faragó *et* Üргеová, 2013). Samičí květenství se zakládají na květonosných větévkách po 20 až 40, zprvu vypadají jako malé paličky zakryté v šupinách listů. Po jejich rozvinutí se objevují hustá šištice květenství, složená z 20 až 60 kvítků se štětičkovitě vzniklými bliznami. Tento stupeň vývinu označujeme jako osýpku, která se postupně vyvíjí v chmelovou hlávku (Šnobl *et al.*, 2004). Ve vývoji osýpky se rozlišují čtyři stupně, a to 1/4, 1/2, 3/4 a celá osýpka (Rybáček *et al.*, 1980). U mladších rostlin nastává fáze kvetení později, než je obvyklé u starších rostlin (Matsui *et al.*, 2015). V přírodě se nacházejí i hermafroditní rostliny, u kterých vždy první kvete samičí květenství a až po zaschnutí blizen se začíná tvořit samčí květenství (Nesvadba, 2010c).

Kišgeci (2002) uvádí, že z morfologického i fyziologického hlediska je plod chmele hlávka. Hlávku tvoří stopka, mnohokrát zalomené věténko, palisty (*brasteolae*), listeny (*brastae*) modifikované v krycí listence (zašpičatělé) a pravé listeny (zaoblené), lupulinové žlázky naplněné lupulinem a zaschlé zbytky semeníku nebo neúplné plody bez semen tzv. pecičky. Při vývoji hlávky, stejně jako u květenství, rozeznáváme čtyři stupně 1/4, 1/2, 3/4 a celá hlávka (Horejsek *et* Zich, 1990). Lupulin je nejcennější součástí hlávek, je to odborné označení pro mnohobuněčné lupulinové žlázky, které se vytvářejí z buněk pokožky (*epidermis*). Mají pohárkovitý, až kulovitý tvar. Lupulinové žlázky se naplňují extraktem,

v němž jsou obsaženy silice a pryskyřice způsobující zažloutlé zbarvení lupulinu. Ten se vytváří na všech částech hlávky, nejvíce na listenech (Rybáček *et al.*, 1980). Patzak *et al.* (2015) potvrdili, že lupulinové žlázy jsou jedinečné sekreční továrny pro syntézu a akumulaci sekundárních metabolitů. Celkový objem a počet lupulinových žlázek na povrchu listenů a palistů vysoce koreluje s obsahem hořkých kyselin a polyfenolů ve chmelových hlávkách.

3.1.4 Chemické složení

V rostlinách chmele otáčivého bylo identifikováno více než 1 000 různých sloučenin (Chadwick *et al.*, 2006). Zájem se v současnosti soustřeďuje zejména na chmelové silice, pryskyřice, a polyfenoly, které jsou složkou lupulinu, vylučovaného lupulinovými žlázkami samičího květenství. Tyto sloučeniny jsou důležitými biochemickými znaky, kterými se odlišují jednotlivé odrůdy chmele (Inglis, 2001). Jak uvádí De Keukeleire (2000), hlávky suchého chmele obsahují v průměru 12–17 % vody, 12–16 % vlákniny, 6–9 % popela, 15–24 % pryskyřic, 2–6 % tříslovin a asi 1 % chmelových silic.

Tabulka 1: Chemické složení chmelových hlávek (Zhao *et al.*, 2005).

Komponenty chmelové hlávky	obsah (% hm.)
alfa kyseliny	2 – 18
beta kyseliny	1 – 10
silice (éterické oleje)	0,5 – 3,0
polyfenolové látky	2 – 5
mastné kyseliny	2,5
proteiny	15
celulóza	40 – 50
chlorofyl	2
voda	8 – 12

Rybáček *et al.*, 1980 uvádějí, že z pivovarského hlediska se chemické látky obsažené ve chmelu rozdělují do tří skupin: účinné látky, které mají pro výrobu piva prvořadý význam, doprovodné látky, které mají druhořadý význam, a látky cizorodé, které se do chmele dostávají z vnějšího prostředí, např. při chemické ochraně proti škůdcům. Šnobl *et al.* (2004)

mezi látky cizorodé řadí reziduální zbytky chemických postřiků, těžké kovy atp. Dále tento autor uvádí, že tyto látky při normálním obsahu neovlivňují technologii vaření a kvalitu piva. Maximální limity reziduí účinných látek pesticidů stanoví vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 298/1997 Sb.

K problémovým složkám chmele patří dusičnany. Nejvyšší obsah je v hlávkovém chmelu (0,5 až 1,5 %), kdežto ve chmelových výrobcích je obsah dusičnanů v závislosti na zpracování obvykle snížen (granulované chmele) nebo zcela eliminován (extrakty na bázi oxidu uhličitého). Ostatní problémové složky chmele, jako jsou rezidua těžkých kovů, rezidua postřikových látek, rezidua chemických katalyzátorů, případně rezidua radionuklidů, nemají v pivovarském procesu výrazný technologický význam (Prugar *et al.*, 2008).

3.1.4.1 Chmelové pryskyřice

Chmelové pryskyřice patří z pivovarského hlediska k nejdůležitějším složkám chmele. Jejich transformační produkty, které se tvoří při chmelovaru, jsou zdrojem typické hořkosti piva, stabilizují pивní pěnu a díky antiseptickým účinkům zvyšují biologickou trvanlivost piva (Nesvadba *et al.*, 2013a). Obsah chmelových pryskyřic je nejvýznamnějším kvalitativním znakem. Chmelové pryskyřice se člení na měkké pryskyřice (alfa, beta hořké kyseliny) a tvrdé pryskyřice. Pro pivovarské využití mají prvořadý význam alfa hořké kyseliny, které jsou základní hořčící složkou piva (Peacock, 1998). Alfa i beta hořké kyseliny jsou v čistém stavu bez chuti a vůně a málo rozpustné ve vodě. Alfa hořké kyseliny jsou tvořeny směsí sedmi dosud známých analogů humulonu, z nichž převládá kohumulon, humulon a adhumulon. Beta hořké kyseliny se rovněž vyskytují ve směsi analogů, z nichž jsou nejvíce zastoupeny kolupulon, lupulin a adlupulon (Bamforth, 2004).

Obsah alfa a beta hořkých kyselin v chmelových hlávkách závisí především na odrůdě, ale i na jiných faktorech, např. na klimatických podmínkách, v jakých chmel roste (De Keukeleire, 2000). Obsah alfa hořkých kyselin je ovlivněn délkou dozrávání a intenzitou osvětlení (Peacock, 1998). Světlem se mnohé alfa kyseliny rozkládají (Moir, 2000). Beta kyseliny jsou ve vodě v porovnání s alfa kyselinami mnohem méně rozpustné. Unikátní struktura je na druhé straně zdrojem antimikrobiálních vlastností a schopnosti působit proti celé řadě mikroorganismů a dalších fyziologických účinků na organismus savců (Krofta *et Míkyška*, 2014). Při stanovení obsahu hořkých kyselin jsou nejstabilnějšími parametry zastoupení kohumulonu a kolupulonu, které se pohybují v relativně úzkém rozmezí (Krofta *et Patzak*, 2011).

Vent (1999) rozděluje podle obsahu chmelových pryskyřic (alfa hořkých kyselin) a tomu odpovídajícího pivovarského využití odrůdy chmele do čtyř komerčně i technologicky odlišných skupin, a to na jemně aromatické odrůdy (2,5–4,0 %), aromatické (4–7 %), hořké (7–10 %) a vysokoobsažné (12–17 %).

3.1.4.2 Chmelové silice

Chmelové silice jsou nejdůležitější skupinou látek odpovědných za aroma chmele. Silice jsou přítomny v lupulinových zrnech chmelové hlávky a chmel jich obsahuje 0,5 až 3,0 %. Jsou složitou směsí několika set přírodních látek převážně terpenického charakteru a různého chemického složení. Některé jsou zastoupeny řádově v desítkách procent, mnoho dalších se vyskytuje v malém až stopovém množství (Čepička, 2000). Eri *et al.* (2000) detekovali chromatograficky 286 různých chemických látek ve vzorcích silic, přičemž více než 100 z nich nebylo ještě identifikovaných.

Jelínek *et al.* 2010 publikovali, že silice jsou směs uhlovodíků a kyslíkatých sloučenin. Převážně je v nich zastoupena uhlovodíková frakce (okolo 75 %), z které jsou nejvýznamnějšími sloučeninami humulon, myrcen, farnesen a karyofylen, přičemž beta farnesen je jednou z klíčových sloučenin, který se využívá při identifikaci genotypů chmele. Z kyslíkaté frakce jsou nejdůležitější geraniol a terpineol. Aromatické odrůdy chmele mají vyšší obsah humulonu než myrcenu (De Keukeleire, 2000).

Beatson *et Inglis* (1999) uvádějí, že farnesen představuje 0–20 % celkového množství silic. Významné množství (5–25 %) se nachází v klonech Žateckého poloraného červeňáku, Tettang, Spalter a Fuggle. Kroupa (2007) zjistil, že farnesen je velmi nestabilní a během stárnutí chmele, případně nesprávného skladování, dochází k jeho rychlému úbytku. Pozdější sklizeň ŽPČ má vliv na množství silic, zvýší se obsah monoterpenů, seskviterpeny se zvýší jen nepatrně (Matsui, 2015).

Pluháčková *et al.* (2011) zjišťovali vliv stáří chmelnic na obsah silic u různých odrůd chmele a dospěli k závěru, že u všech sledovaných odrůd je obsah silic nižší u starších chmelnic.

Nesvadba *et al.* (2013b) zařadili vybrané složky chmelových silic dle sensorického charakteru aroma následovně:

1. ovocné: isobutylisobutyrate 2+3, methylbutylisobutyrate, 2-nonanon, S-methylthiohexanoate, methylnonanoate, 2-undekanon, methyldekanoate
2. květinové: linalool, geraniol, farnesol, 2-dekanon

3. citrusové: limonen
4. bylinné: beta pinen, beta phelandren, alfa a beta selinen, gama a delta kadinen, humulenpoxid I a II
5. kořenité: myrcen, karyofalen, farnesen, humulon, alfa kopaen, karyofylenepoxid

3.1.4.3 Chmelové polyfenoly

Rybáček *et al.* (1980) považovali chmelové polyfenoly za jeden ze zdrojů zákalů piva a za škodlivou složku chmele. V poslední době však byly prokázány pozitivní účinky chmelových polyfenolů na trvanlivost a senzoryckou stabilitu piva (Krofta *et al.*, 2003).

Chmelové polyfenoly zahrnují jednoduché fenolové kyseliny a jejich deriváty, a také polycyklické struktury nazývané flavonoidy. Chmel obsahuje 2–6 % polyfenolů (Čepička *et al.*, 2002). Typické polyfenoly jsou koncentrovány v lupulinových žlázkách listenů chmelové hlávky, ale vyskytují se i v listech (De Keukeleire *et al.*, 2003). Stevens *et al.* (1998) identifikovali u chmelu tři hlavní skupiny flavonoidů: flavonoglykosidy, kondenzované taniny a prenylflavonoidy. Více než 80–90 % hmotnostního podílu prenylflavonoidů chmele představuje xanthohumol. Dále je nejvíc zastoupený desmethylxanthohumol (2–5 %) a xanthohumol C (1–2 %), ostatní jsou přítomny jen ve stopovém množství (Hofta *et al.*, 2004).

Faragó *et al.* (2013) zjistili, že obsah xanthohumolu a ostatních prenylflavonoidů závisí na odrůdě, podmínkách pěstování a oblasti, stresových faktorech, jakož i na skladování. Po půlročním skladování může obsah klesnout až o 50 %.

3.1.4.4 Odrůda a její role v chemickém složení chmele

Nejrozšířenější odrůdou v České republice je, a do budoucna bezpochyby zůstane, Žatecký poloraný červeňák, který se v současné době pěstuje v několika klonech v ozdravené i neozdravené formě. Jednotlivé klony a formy se liší částečně v obsahu alfa hořkých kyselin, ale skladba chmelových pryskyřic i silic je stejná. Jelínek *et al.* (2011) uvádějí, že odrůda ŽPČ bývá snadno rozpoznatelná díky nejnižšímu obsahu alfa hořkých kyselin a navíc jako jediná česká odrůda má poměr alfa/beta menší než 1. Nejčastěji uváděným silicovým markerem českých chmelů je bezesporu vysoký obsah beta farnesenu u Žateckého poloraného červeňáku, tento obsah bývá zpravidla větší než 10 % rel. Odrůdě ŽPČ je z chemotaxonomické charakteristiky nejvíce podobná odrůda Saaz Late, která byla získána z potomstva F1 generace po rodičovské kombinaci rozpracovaného šlechtitelského materiálu

s vysokým podílem ŽPČ. Mikyška *et al.* (2013) publikují u odrůdy Saaz Late téměř shodný obsah a složení chmelových pryskyřic s odrůdou Žatecký poloraný červeňák. Autoři dále uvádějí, že hybridní původ odrůdy potvrzuje přítomnost esterů isobutylisobutyryát, 2-methylbutylisobutyryát a 3-methylisobutyryát v chmelové silici. Silice Žateckého poloraného červeňáku tyto složky neobsahuje vůbec, nebo v nepatrném množství.

Nesvadba (2007) uvádí, že obsah hořkých kyselin u odrůdy Sládek je ovlivněn lokalitou a přírodními podmínkami daného ročníku. Dále uvádí, že tato odrůda se vyznačuje vyšším podílem myrcenu (40–50 % rel.) a ze všech českých odrůd nejvyšším podílem 2-undekanonu (1,0–2,0 % rel.). Krofta *et Patzak* (2011) uvádějí jako identifikační znak pro odrůdu Sládek nízký obsah farnesenu (méně než 1 %), obsah selinenů (menší než 2 %) a poměr xanthohumol/alfa kyseliny. Z polyfenolických látek je charakteristický obsah kumarinu, který bývá větší než 10 % rel. (Jelínek *et al.*, 2011).

Nesvadba *et al.* (2012a) publikovali, že aromatická odrůda Kazbek vykazuje vysokou stabilitu obsahu chmelových pryskyřic a vyznačuje se v rámci českých odrůd vysokým podílem kohumulonu (až na úrovni 40 % hm.). Odrůda Kazbek v silicích obsahuje více než 1 % terpenického uhlovodíku alfa kopaenu, což je minimálně čtyřikrát více než ostatní české i zahraniční odrůdy chmele (Krofta *et Patzak*, 2011). Tato odrůda je charakteristická složením chmelových silic, kde vykazuje vyrovnaný podíl všech charakteristik vůní a pouze citrusová vůně (limonen) výrazně převažuje (Nesvadba *et al.* 2013b).

Krofta *et Patzak* (2011) uvádějí, že odrůda Harmonie se z hlediska obsahu hořkých látek vyznačuje nižším zastoupením kohumulonu (méně než 20 % hm.). Obsah silic se pohybuje v rozmezí 1–2 % hm., dále se tato odrůda se vyznačuje vysokým podílem selinenů (10–19 % rel.) a její předností je vlivem vyrovnaného poměru alfa a beta kyselin jemnější charakter hořkosti (Nesvadba, 2007).

Odrůda Agnus se svým obsahem a složením chmelových pryskyřic odlišuje od ostatních českých odrůd chmele. Je charakteristická vysokým zastoupením kohumulonu a kolupulonu a nízkými obsahy humulonu a lupulonu (Jelínek *et al.*, 2011). Křivánek *et al.* (2008) konstatovali, že pozitivní vliv na obsah alfa hořkých kyselin u odrůdy Agnus má mělčí prořezání na konci března nebo na začátku dubna. Stejní autoři uvádějí, že odrůda Agnus má různou dynamiku obsahu alfa hořkých kyselin v chmelových hlávkách v průběhu zrání. Agnus společně s Rubínem a Vitalem patří do skupiny vysokoobsažných chmelů, které vykazují obsah alfa hořkých kyselin v rozmezí 11–15 % hm. Odrůda Rubín se jako jediná česká odrůda vyznačuje vysokým poměrem alfa/beta kyselin, a to okolo 3 (Jelínek *et al.*, 2011). Odrůda Vital je charakteristická vysokým obsahem beta hořkých kyselin (7–10 % hm.)

a vykazuje velmi vysoký obsah farmaceuticky žádané látky desmethylxanthohumol (DMX) v rozmezí 0,3–0,4 % hm. DMX izomeruje na 8-prenylaringenin, který má antikarcinogenní účinky (Nesvadba, 2010a).

3.1.5 Růst a vývoj chmele

Chmel je víceletá rostlina, prochází dvěma periodami růstu. Perioda kryptovegetace, která trvá od poloviny října do počátku dubna. Perioda vegetace probíhá od rašení výhonů na jaře do odumření rév na podzim (Šnobl *et al.*, 2004).

V periodě vegetace rozlišujeme následující růstové fáze. Období raného růstu začíná ve fázi rašení a končí plným vytvořením tří nadzemních článků. Réva je plná, nemá schopnost se ovíjet. Období zavádění rév je obdobím hledání opory pro přímý růst. Rostlina je pravotočivá. Období pazochování, které začíná probuzením středního pupenu na internodiích, větvička se prodlužuje až do viditelné tvorby základů květenství. Réva intenzivně roste, dorůstá, případně přerůstá konstrukci stropu chmelnice. Období paličkování začíná tvorbou butonů a končí na počátku tvorby osýpky. Réva dokončuje růst. Období kvetení chmele začíná objevením čnělek s bliznami po rozvítí paliček, paličky jsou jakoby ochmýřené. Pazochy dorůstají a větví se. Období hlávkování, hlávky se začínají intenzivně tvořit po ukončení kvetení a zhnědnutí po opadu blizen. Hlávky rostou do délky, uzavírají se, vyzárají, snižuje se obsah vody a zvyšuje se obsah pivovarsky důležitých látek. Hlávka dostává odrůdový tvar, klesá obsah tříslovin. Období fyziologického dozrávání hlávek, hlávky dozrávají, u opylených hlávek se tvoří semena, růst všech orgánů se zastavuje. Období odumírání rév, réva dostává světlejší barvu, listy hnědnou, zkracují se, réva usychá od vrcholu, končí ukládání látek do podzemních orgánů (Horejsek *et Zich*, 1990).

Velmi důležitý vliv na celkový habitus rostliny má zavlažování chmelnic. Kopecký (2002a) uvádí, že habitus u nezavlažovaných chmelových rostlin byl špičatého kuželovitého tvaru s nedostatečnou délkou vrcholových pazochů. U zavlažovaných variant nebyly v habitu nadzemních částí chmelových rostlin významnější rozdíly. U kapkové závlahy shora i podzemní byl habitus válcovitého tvaru s dostatečnou délkou pazochů. U závlahy mikropostřikem byl cca u 50 až 60 % chmelových rostlin habitus boudovitý s delšími vrcholovými pazochy.

3.1.6 Agroekologické faktory

Chmel se u nás pěstuje ve třech uznaných chmelařských výrobních oblastech, kterými jsou Žatecko, Úštěcko a Tršicko. Prostředí, tj. poměry půdní a klimatické, mají na produkci kvalitního chmele značný vliv (Zázvorka *et Zima*, 1956). Charakteristickým rysem chmelařských oblastí jsou geologicko-pedologické podmínky (Prugar *et al.*, 2008). Rozhodující vliv na úspěšnost pěstování chmele má výběr stanoviště, který je daný především půdními vlastnostmi, klimatickými podmínkami a polohou, tj. reliéfem a nadmořskou výškou stanoviště (Kopecký, 2002a).

3.1.6.1 Půdní podmínky

Chmel vyžaduje půdy hluboké s mocným profilem, hladinou spodní vody 1,2 až 2 m, s neutrální reakcí půdy kolem 6,5 pH. Důležitý je obsah humusu. Nejvhodnější jsou půdy střední, hlinité až hlinitojílovité, hluboké, dobře výhřevné, dobře zadržující vodu a živiny. Výborné jsou i těžší jílovité půdy hnědočervené barvy, tzv. permské červenky. Důležitá je i poloha chmelnic (Horejsek *et Zich*, 1990). Prugar *et al.* (2008) publikují, že za chmelové půdy jsou označovány takové, které mají značnou mocnost ornice, odpovídající podíl humusu, dobrou vodní i vzdušnou kapacitu, nízkou hladinu podzemní vody a vhodné mechanické a chemické složení. Převládajícím typem je hnědozem, která je rozšířená v permském útvaru žatecké oblasti, v okrajové části úštěcké oblasti a částečně na Tršicku, kde převládají černozemě a jim blízké typy. Pro centrální žateckou oblast jsou typické červené půdy, tzv. červenky, zbarvené sloučeninami železa (Chládek, 2007).

Mohl (1924) zjistil, že největší tvorba a růst kořenů, a tím i nadzemních částí chmele je v humózní hlinité půdě, potom v jílovité humózní půdě a ve vápenité půdě s dostatkem humusu. Naopak nejhorší výsledky uvedené autor shledal v půdě písčité a v jílovité s nedostatkem humusu. Štranc *et al.* (2008) uvádějí, že porosty chmele v otevřených, silně návětrných polohách a na lehčích půdách vykazují značně menší životnost, nižší výnosy, zejména v sušších ročnicích, ale i malý obsah alfa hořkých kyselin.

Klas (2015) zjistil korelační závislost mezi obsahem fosforu, draslíku a obsahem organického uhlíku v půdě. Obsahy fosforu jsou ve spodním horizontu 60–90 cm téměř 5x menší než ve vrchním horizontu.

3.1.6.2 Klimatické podmínky

Rozhodující vliv na růst a vývoj chmelových porostů mají klimatické poměry. Limitujícím faktorem jsou teplo, světlo a srážky v průběhu vegetace (Prugar *et al.*, 2008). Chmelařské oblasti se nacházejí na území, kde podnebí tvoří přechod mezi mírným klimatem přímořským a vnitrozemským. Chmelu vyhovují oblasti s průměrnými ročními teplotami 8 až 10 °C. Vegetační tepelná konstanta se pohybuje v rozmezí 2 000 až 2 800 °C. Chmel je vlhkomilnou rostlinou, hlavním zdrojem vody je půdní vláhová zásoba a zásoba podzemní vody (Rybáček *et al.*, 1980). Kopecký *et al.* (2008) publikují, že specifickou zvláštností českých chmelařských oblastí je jejich poloha. Převážná část české chmelařské oblasti přináší k nejsušším oblastem Čech. Nacházejí se od severozápadu Krušných hor a Doupovských vrchů v oblasti tzv. dešťového stínu. V žatecké chmelařské oblasti, která je největší a nejvýznamnější, je klima mírně teplé až teplé a mírně suché až suché. Žatecká a úštěcká oblast se vyznačuje nízkým úhrnem srážek za rok a jejich relativně příznivým rozdělením během vegetace.

Middleton (1963) konstatuje, že do hloubky 60 cm půdy chmel přijímá 50 % z celkového množství vody, v hloubce 60–130 cm okolo 37 %, zatímco v hloubce 120–180 cm jen 10 % a zbývající 3 % vody přijímá v hloubce 180–240 cm. Z hlediska vodního režimu se při závlahách chmele uvažuje s aktivním půdním profilem do 60 cm, přičemž evapotranspirace bývá pokryta z horní třetiny z 60 %, ze střední třetiny 30 % a z dolní třetiny pouze 10 % (Kopecký *et al.*, 2008).

Chmel produkuje ze všech kulturních rostlin téměř největší množství organické hmoty v poměrně krátké době (115–120 dní), proto potřebuje ke svému vývinu velmi mnoho vody. Jeho transpirační koeficient je asi 500, tj. na 1 kg zelené hmoty spotřebuje 500 litrů vody (Krofta *et al.*, 2010). Podle Němce (1984) je na počátku vegetace průměrná vláhová potřeba chmele 1 mm na den. Ve fenofázi dlouhivého růstu a tvorby pazochů dochází k rychlému růstu průměrné hodnoty vláhové potřeby až k vrcholu 3,3 mm na den ve fenofázi kvetení. Dále hodnota vláhové potřeby chmele klesá až na 0,8 mm na den v období dozrávání rév.

Kopecký *et al.* (2008) uvádějí, že hlavním regulátorem dosahovaných výnosů je úroveň srážek a jejich časové rozložení. Rozhodující je množství srážek ve dvou vývojových fázích. Prvá je období dlouhivého růstu až do nástupu kvetení, tj. do konce června. Druhá fáze je v období července a srpna, kdy se tvoří a dorůstají chmelové hlávky. Nedostatečné a nerovnoměrné atmosférické srážky a průběh teplot, které jsou nepříznivé v daném ročníku pro růst a vývoj chmele, lze do značné míry ovlivňovat využitím závlah. Hnilíčková *et Hnilíčka*

(2006) publikují, že vodní stres ovlivňuje rostlinu více než stres z vysokých teplot. Z výsledků jejich měření se jako neúčinnější jeví mikropostřik, který mění i mikroklima ve chmelnici, kdy se v porostu sníží teplota a zvýší vlhkost. Tato skutečnost vede k prodloužení doby otevřenosti průduchů, a tedy i k prodloužení asimilace oxidu uhličitého listy.

Krofta *et al.* (2010) uvádí, že nejvíce světla vyžaduje chmel v období květu a hlávkování. V květnu a červnu, v období intenzivního dlouživého růstu, působí slunečné počasí velmi příznivě. Při nedostatečném osvětlení se rostliny špatně vyvíjejí, nasazují méně hlávek a mají zhoršenou pivovarskou hodnotu.

3.1.6.3 Výživa chmele

Chmel je rostlina velmi náročná na živiny a hnojení, neboť během krátkého období květen až srpen vytváří velké množství nadzemní biomasy. Kopecký (2002b) na podkladě získaných poznatků poukazuje na to, že hybridní odrůdy reagují na dávky dusíkatých hnojiv v průběhu vegetace odlišně, a proto byly stanoveny pro každou odrůdu jiné optimální dávky. Nejnižší potřebu dusíku vykazuje odrůda Sládek (140 až 160 kg na 1 ha), naopak nejvyšší odrůda Premiant (200 až 220 kg na 1 ha). Kořen (2007) publikuje, že dusíkaté hnojení má vliv na utváření celkového habitu chmele, a především na vývoj chmelových hlávek. Při vyšších dávkách dusíku jsou většího vzrůstu, prorostlé listeny, v době sklizně jsou neuzavřené a nedosahují technické zralosti, což negativně působí na obsah alfa hořkých kyselin.

3.1.6.4 Tvorba výnosu

Základním procesem tvorby výnosu je fotosyntéza a každý vliv vnějších i agrotechnických podmínek můžeme interpretovat jako vliv na proces fotosyntézy. Vysoký výnos je podmíněn vysokou fotosyntetickou produktivitou rostlin. Je pro něj důležitá velikost a doba trvání asimilačního aparátu rostlin, rychlost fotosyntézy, aktivita kořenového systému, rychlost transportu a rozdělení asimilátů mezi orgány (Petr, 1997).

U chmele začíná fotosyntetický proces, když rostliny začnou rašit. Fotosyntetická aktivita se postupně zvyšuje. Aktivní bilance fotosyntézy a dýchacích procesů usnadňuje růst prodlužování a zahušťování každého orgánu chmelové rostliny (Rybáček, 1980). Larcher *et al.* (1995) uvádějí, že přechod z vegetativní do generativní fáze vedl k významným změnám v enzymové aktivitě a v distribuci asimilátů, čímž se zvyšuje intenzita fotosyntézy. Pokorný *et al.* (2011) publikují, že fotosyntetická aktivita je zvýšená během kvetení, nejvíce

fotosynteticky aktivní je odrůda Saaz Late oproti ŽPČ, Bohemii a Premiantu. Tato skutečnost má příznivý vliv na výnos suchých hlávek. Hejnák *et al.* (2015) zjistili u Žateckého poloraného červeňáku omezení rychlosti fotosyntézy, spolu s nízkými hodnotami vodivosti průduchů a transpirace v důsledku vodního stresu. Nejvíce efektivní hospodaření s vodou (WUE) prokázali u odrůdy Premiant, Vital a Saaz Late.

Výkonnost fotosyntézy úzce souvisí s množstvím chlorofylu v listech, které je různé v závislosti na rostlinném druhu, odrůdě i podmínkách prostředí (Honsová, 2011). Obsah chlorofylu v listech, kromě genetických vlastností, ovlivňuje v průběhu vegetace mnoho dalších faktorů, a to jsou odrůda, růstová fáze, výživa dusíkem a dalšími živinami (Scherpes, 1992). Vodní stres se značně podílí na snížení produkčního procesu rostlin. Při jeho působení se snižuje především růst a fotosyntéza, neboť se také omezuje transport živin a vody z půdy (Hniličková *et Hnilička*, 2006).

Krofta *et Ježek* (2010) testovali u třech českých hybridních odrůd Harmonie, Rubín a Agnus vliv termínu řezu na kvalitu a výnos chmele v průběhu třech let. Naměřené údaje neodhalily žádný statistický vztah mezi termínem řezu, obsahem alfa kyseliny a výnosem u žádné z testovaných odrůd. Nicméně, během experimentálního období byly pozorovány značné meziroční rozdíly, zejména ve výnosu. Křivánek *et al.* (2008) konstatují, že mělčí řez na konci března nebo na začátku dubna má pozitivní vliv na výnos chmele u odrůdy Agnus. Několik posledních let zkoumal vliv termínu řezu u Žateckého poloraného červeňáku Matsui (2015) a zjistil, že termín řezu nemá vliv na výnos ani chemické složení hlávek.

Teplota je jednou z nejdůležitějších podmínek pro růst chmele. Krofta *et al.* (2010) publikují, že teploty v červnu rozhodují o intenzitě růstu, neboť v tomto měsíci narostou 2/3 celkové délky rostliny, vyrovnané teploty v červenci ovlivňují hustotu nasazení květů, zatímco teploty v srpnu rozhodují o kvalitě hlávek. Türkott (2005), považuje za rozhodující období měsíc srpen, převážně druhou polovinu srpna, tedy období těsně před sklizní. Dlouhotrvající vedra v červenci a srpnu mají velmi nepříznivý dopad na výnos chmele a obsah alfa hořkých látek (Krofta *et al.*, 2010).

3.1.7 Šlechtění chmele v České republice

Z historického hlediska bylo šlechtění chmele založeno nejprve na prostém výběru z populací planých chmelů, které se jako první využívaly k vaření piva. Na základě hodnocení kvality uvařeného piva z těchto chmelů byly postupně vybírány nejlepší plané chmele v rámci jednotlivých lokalit. Od zahájení větší výroby piva v kláštorech i v pivovarech se tyto chmele

začaly využívat pro množení a výsadbu do chmelnic tzv. tyčovek. Tímto způsobem vznikaly původní krajové odrůdy žatecký, úštěcký aj. (Nesvadba, 2012a).

V současnosti se asi ve 30 zemích světa pěstuje přibližně 200 odrůd chmele. Přes vysoký počet pěstovaných odrůd je jejich genetická různorodost poměrně úzká, což značně komplikuje šlechtění nových odrůd (Faragó *et* Üргеová, 2013). Nesvadba (2007) považuje ve šlechtění chmele za problém především heterozygotnost, polygenní založení znaků, dlouhodobou testací a samčí rostliny. Šlechtění chmele je velmi zdlouhavý a časově i finančně nákladný proces, vyšlechtění nové odrůdy trvá minimálně 10–15 let. Moderní metody šlechtění využívají sofistikovaných biotechnologických postupů, od rostlinných explantátových kultur, přes transgenozí až po různé molekulárně-biologické postupy. Tyto metody nenahrazují tradiční šlechtitelské metody, pouze je vhodně doplňují a zefektivňují šlechtění chmele (Faragó *et* Üргеová, 2013). Implementace molekulárních markerů urychlují šlechtitelský proces, vede k úsporám nákladů a také k větší přesnosti detekce šlechtitelských vlastností (Henning *et al.*, 2011).

3.1.7.1 Klonová selekce

Nejrozšířenější a nejstarší skupina „Žateckého červeňáku“ vznikla z raného Staročeského červeňáku, ze kterého pocházel nejprve Starožatecký červeňák, a z něho pak i Starouštěcký červeňák. Podle Osvalda (1946) vznikla ze smíšených porostů původní jednotná krajová odrůda „Žatecký“. Ve všech českých oblastech se tedy pěstuje jeden typ odrůdy (kultivar) „Žatecký“ a v našem chmelařství nemůžeme proto mluvit o odrůdách, ale pouze o krajových modifikacích – žatecký, úštěcký, tršický, roudnický.

První klonovou selekci provedl Kryštof Semš z Vrbice u Roudnice již v roce 1856, kdy si při procházení chmelnice všiml jednoho jediného keře, který se vyznačoval svěžím růstem, o něco časnějším květem a velmi bohatým osypem. Tento chmel vzrostl do foremných uzavřených hlávek, navěšených kolem tyček, takže bylo možno spatřit jen málo listoví (Göpp, 1942). Autor dále uvádí, že se Semšovi podařilo nalézt pravou mutaci, která oproti jiným keřům vynikala řadou lepších vlastností.

Zakladatelem moderních metod šlechtění chmele pomocí klonové selekce v původních krajových porostech ve 20. letech minulého století byl doc. Karel Osvald. Z jeho dlouholeté činnosti získalo české chmelařství tři klony, které jsou dosud využívány a na jeho počest byly pojmenovány Osvaldovy klony 31, 72 a 114 (Nesvadba *et al.*, 2013a). Osvaldův klon 31 byl šlechtěn od roku 1927 individuálním výběrem z populace „Žateckého krajového“ na

chmelnici v Rakovníku. Osvaldův klon 72 a 114 pochází z populace „Žateckého krajového“ ze chmelnice v Deštnici. Osvaldově klonu 72 se daří prakticky ve všech půdách i polohách (Linhart *et* Nesvadba, 1994).

V původních krajových porostech byla prováděna soustavná a opakovaná selekce, takto vznikly odrůdy Lučan ze „Žateckého krajového“ chmele a Blato z „Úštěckého krajového“ chmele (Nesvadba, 2007). Odrůda Siřem (1969) byla vyšlechtěna třífázovým výběrem z chmelnice v obci Siřem v Údolí Zlatého potoka (Linhart *et* Nesvadba, 1994).

Další šlechtitelskou činností byly získány další klony – Aromat (1969) restriktce v roce 1989, Zlatan (1976), Universal (1981) restriktce v roce 1993, Podlešák (1989) a Blšanka (1993). Nelze opomenout Klon 126, který byl získán pozitivním výběrem z odrůdy Fuggle, v 70. letech byla tato odrůda vyškrtnuta ze seznamu povolených odrůd a přestala se v ČR pěstovat. Tento klon je pěstován v Německu pod názvem Saladin (Beránek, 1996).

Výrazný nárůst ve výnosu chmele a obsahu alfa hořkých kyselin byl dosažen ozdravením Osvaldova klonu 72, které bylo realizováno na přelomu 80. a 90. let (Nesvadba *et al.*, 2013a). První porosty s bezvirozní sadbou byly založeny na třech lokalitách v žatecké a úštěcké oblasti (Krofta a Kroupa, 1995).

3.1.7.2 Hybridizace

V České republice jako v jediné zemi na světě bylo zákony zakázáno pěstování jiných chmelů než původu ŽPČ. Z tohoto důvodu byla upřednostněna klonová selekce a hybridizace (tvorba hybridních odrůd generativní cestou) nebyla přístupná. Až od roku 1996, po schválení zákona č. 97/96 Sb., je umožněno v ČR pěstovat i hybridní odrůdy (Nesvadba, 2005). V současné době je hybridizace, tj. křížení dvou vhodných rodičovských komponentů, hlavní metodou šlechtění chmele otáčivého (Darby, 2001).

Křížení v České republice zahájil v 50. letech minulého století doc. Ing. Lubomír Vent, CSc. a později tuto šlechtitelskou práci prováděl Ing. František Beránek, CSc., který je autorem prvních českých hybridních odrůd. V počátcích byla pro křížení nejvíce používána anglická odrůda Northern Brewer, která byla použita pro křížení u prvních českých odrůd Sládek a Bor (Nesvadba, 2007). Dále tento autor uvádí, že odrůda Bor byla získána mutací, kdy byla semena ozařována na gama poli. Beránek (1996) uvádí, že z důvodu nízké preference hybridních odrůd byly první hybridní odrůdy Bor a Sládek registrovány až v roce 1987. K volnému pěstování byly povoleny v roce 1994. Odrůda Premiant byla získána z hybridního potomstva křížením inzuchtní linie ŽPČ a dalšího šlechtitelského materiálu,

registrován byla v roce 1996. Nesvadba *et al.* (2008) publikují, že odrůdy Sládek a Premiant svou pivovarskou kvalitou nahradily řadu dováženého chmele, některé pivovary používají výhradně české chmele.

S povolením pěstování hybridních odrůd došlo ve šlechtění chmele k několika změnám. Ve druhé polovině 90. let bylo šlechtění zaměřeno na tvorbu genotypů typu superalfa s obsahem nad 12 % alfa hořkých kyselin. V roce 2001 byla zaregistrována první vysokoobsažná odrůda v České republice, a to odrůda Agnus. Byla pojmenována na počest svého šlechtitele Františka Beránka, volně přeloženo do latiny „Agnus“ (Nesvadba *et al.*, 2013a).

Odrůda Harmonie vznikla několikanásobným křížením a byla zaregistrována v roce 2004 jako aromatická odrůda. Vyznačuje se vysokým podílem selinenů a intenzitou aroma (Nesvadba, 2007). Do kategorie hořkých chmelů patří odrůda Rubín, která byla zaregistrována v roce 2007. Pro vysoký obsah desmethylxanthohumolu (DMX) byla v roce 2008 zaregistrována odrůda Vital jako první odrůda v ČR pro farmaceutické využití. Z pivovarského hlediska se jedná o odrůdu s vyšším obsahem alfa i beta kyselin (Nesvadba, 2010a). Odrůdová skladba se v témže roce rozrostla o velmi výnosnou aromatickou odrůdu Kazbek, která je charakteristická svojí specifickou citrónovou vůní. Autor dále uvádí, že z hlediska stability výkonnosti, především v ročnících s vysokou variabilitou povětrnostních podmínek, vykazuje Kazbek výbornou stabilitu ve výnosu chmele (Nesvadba, 2008). Odrůda Saaz Late, registrovaná v roce 2010, byla šlechtěna se záměrem vyššího výnosu na úrovni min. 2 t/ha při zachování pivovarské kvality Žateckého poloraného červeňáku. Geneticky náleží do skupiny evropských aromatických odrůd. Obsah i složení alfa a beta kyselin je velmi blízké ŽPČ, stejně jako složení silic (Mikyška *et al.*, 2013). Aromatická odrůda Bohemie byla získána výběrem z potomstva po matečné odrůdě Sládek a z rozpracovaného šlechtitelského materiálu, který má v původu ŽPČ. Název charakterizuje, že tato odrůda vykazuje typické kvalitativní parametry českého chmele (Nesvadba, 2013).

3.1.7.3 Nové směry ve šlechtění chmele

Šlechtění chmele je dlouhodobý proces, ve kterém je paralelně sledováno několik hlavních cílů, jako jsou stabilní výnos po dobu životnosti porostu, obsah i složení chmelových pryskyřic, dobrá vitalita a malá citlivost k agrotechnickým zásahům (Prugar *et al.*, 2008). Nesvadba (2009) publikuje, že šlechtění chmele má pět cílů. Jako prioritu uvádí šlechtění nových aromatických odrůd chmele s obsahem alfa kyselin 4 až 7 % a s vysokým obsahem

beta kyselin. Nesvadba *et al.* (2012b) rozdělují toto šlechtění na dva směry. První skupina je klasická, tj. křížení rodičovských komponent aromatického typu s následným výběrem z potomstev, standard této skupiny tvoří odrůda Sládek. Druhou skupinu tvoří ŽPČ, který se využívá ke křížení s vhodnými samčími genotypy.

Druhým cílem je šlechtění na vysoký obsah alfa hořkých kyselin, více než 15 %. Nové odrůdy musí vykazovat odolnost, dobré agrotechnické parametry i pivovarské vlastnosti.

Třetím cílem je šlechtění na odolnost k abiotickým a biotickým faktorům. Pro tento směr šlechtění jsou nejvíce využívány plané chmele (Patzak *et al.*, 2010b).

Čtvrtým cílem je šlechtění pro farmaceutické účely. V rámci tohoto cíle byla registrována odrůda Vital, která vykazuje dva až třikrát větší obsah DMX než všechny světové odrůdy chmele. Bohužel tato odrůda vykazuje nižší výnosovou úroveň, proto se pokračuje v tomto šlechtitelském směru (Nesvadba, 2010a).

Zmíněný autor jako pátý cíl uvádí šlechtění chmele na nízké konstrukce. Základ šlechtění tvoří anglické zakrslé odrůdy. Hlavními šlechtitelskými kritérii genotypů pro nízké konstrukce jsou vzdálenost internodií (max. do 15 cm), výška rostliny (max. 3,5 m) a nízké nasazení chmelových hlávek.

Těchto pět cílů bylo v posledních letech rozšířeno ještě o jeden šlechtitelský cíl. Dlouholetá šlechtitelská činnost byla zaměřena především na výběr jemných aromatických chmelů, v posledních letech však stoupá zájem některých pivovarů o odrůdy se specifickou vůní. Jedná se o nechmelové vůně, které mají výrazné citrusové, ovocné, česnekové a květinové aroma (Nesvadba *et al.*, 2013b).

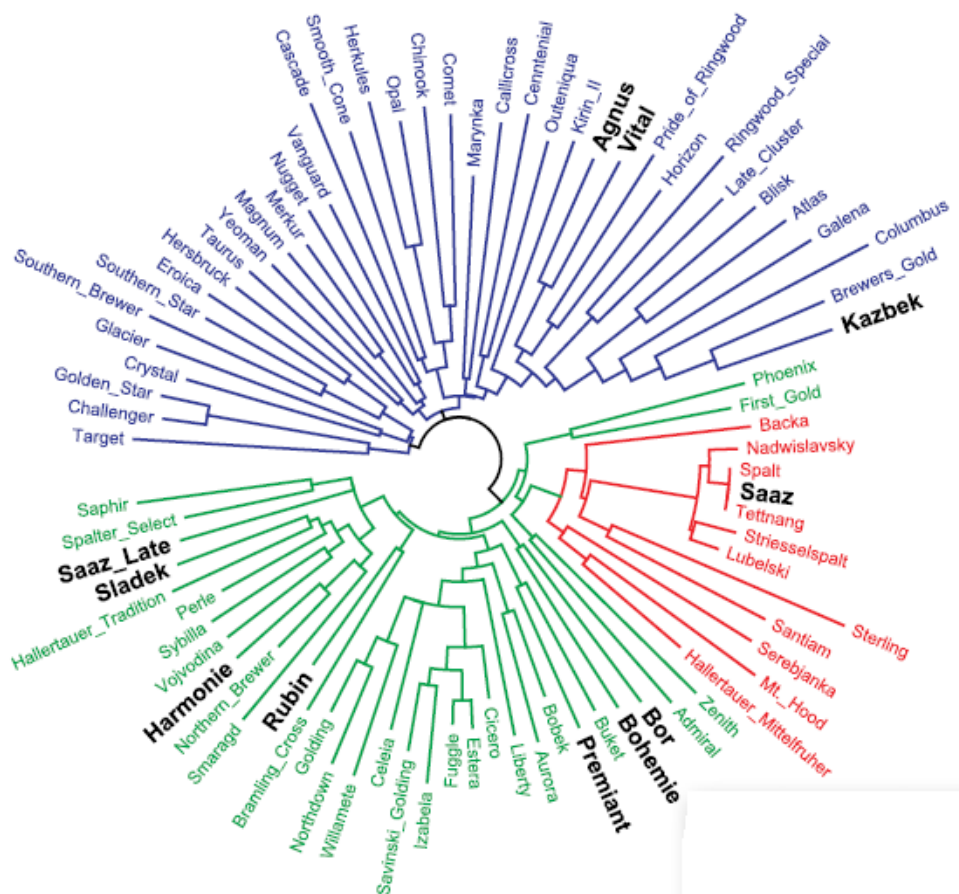
3.1.8 Analýzy chmele pomocí molekulárních metod

S rozšířením pěstování nových odrůd chmele vyvstala potřeba identifikace a vzájemné determinace jednotlivých odrůd chmele, proto bylo vyvinuto několik metod identifikace chmelových odrůd na základě analýzy DNA (Patzak *et Matoušek*, 2013). Na rozdíl od chemotaxonomických analýz, které vycházejí ze složení sekundárních metabolitů obsažených v hlávkách chmele (De Cooman *et al.*, 1998), nejsou genetické analýzy ovlivněny stářím rostlin ani různými vlivy prostředí. Nejpoužívanější molekulárně-biologické metody využívají k amplifikaci DNA polymerázovou řetězovou reakci. Jednotlivé metodické aplikace jsou RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA), STS (Sequence-Tagged Sites), SSR (Simple Sequence Repeat) ISSR (Inter-Simple Sequence repeat) a AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) a byly úspěšně použity pro identifikaci odrůd chmele (Patzak, 2001).

Pro studium molekulárních DNA markerů kvantitativních znaků (QTLs – quantitative trait loci) jsou v současnosti používány metody založené na analýze specifické hybridní populace. Tato analýza byla provedena pro obsah alfa hořkých kyselin (Čerenak *et al.*, 2006), polyfenolů (Patzak *et al.*, 2012) a sekundárních metabolitů (Koie *et al.*, 2005). Čerenak *et al.* (2006) identifikovali celkem 3 QTLs pro obsah alfa hořkých kyselin, jejichž podíl na fenotypové variabilitě byl celkem 50 %. Koie *et al.* (2005) též detekovali 3 QTLs pro obsah alfa hořkých kyselin, z toho byl jeden specifický pouze pro kohumulon. Patzak *et al.* (2012) identifikovali 14 potenciálních QTLs markerů xanthohumolu a 8 potencionálních QTLs markerů DMX s podílem na fenotypové variabilitě až 28 %.

Patzak (2001) uvádí, že nejspolehlivějším postupem pro molekulárně-genetickou determinaci odrůd chmele, hodnocení jejich variability a biodiverzity je metoda SSR. Pro chmel již bylo specifikováno více než 200 SSR markerů (Hadonou *et al.*, 2004, Jakše *et al.*, 2008, Štajner *et al.*, 2005). Patzak *et Matoušek* (2013) hodnotí SSR markery jako nevýhodné pro jejich nízkou úroveň genetického polymorfismu v českých odrůdách a z hlediska nespecifické sekvenční informace, nacházející se v nekódujících oblastech genomu chmele. Dále stejní autoři uvádějí jako efektivní markerovací systém, kvalitativně vyšší úroveň EST-SSR markery, které jsou odvozené od genetických elementů a sekvencí genů kodeterminujících metabolom chmele.

Pomocí statistických metod shlukové analýzy lze molekulárně-genetická data zpracovat do fylogenetických stromů, dendrogramů, kde jsou do jednotlivých shluků přiřazeny genotypy sobě si geneticky nejbližší (Nesvadba *et al.*, 2013a). Na Obrázku 2 je dendrogram genetických vzdáleností 74 odrůd světového sortimentu chmele na základě 26 STS a 80 SSR polymorfních molekulárních markerů. Červenou barvou jsou vyznačeny staré evropské chmely, zelenou barvou jsou označeny chmely evropského původu, modrá barva značí chmely amerického původu a černě jsou uvedeny české povolené odrůdy.



Obrázek 2: Dendrogram genetických vzdáleností 74 světových odrůd chmele (Patzak *et* Matoušek, 2013).

3.1.9 Pěstování chmele v ČR a ve světě

Výměra chmele dosáhla nejvyšší celosvětové úrovně v roce 1992 (tj. 95 535 ha) a od té doby, až na drobné výkyvy, klesala až na 46 288 ha v roce 2013. Česká republika zaujímá třetí místo mezi světovými pěstiteli chmele s 9,3 % po Německu (36,4 % světové plochy) a USA (30,8 % světové plochy). Během posledních pěti let (2009–2013) byla snížena výměra vysokoobsažného chmele o 3 900 ha, zatímco aromatického chmele ve stejném období bylo vysázeno 2 000 ha (MZe, 2014).

Německo je největší producent chmele na světě. V roce 2014 byla výměra chmele v Německu 17 308 ha. Aromatické odrůdy, jako např. Perle, Hallertauer Tradition, Hersbrucker, zaujímají zhruba 57 % výměry (MZe, 2014). Kammhuber (2015) uvádí, že v Německu byly vyšlechtěny nové odrůdy z kategorie „flavour hops“, a to Polaris, Mandarin Bavaria, Hallertau Blanc a Huell Melon.

USA jsou vedle Německa největší světovou chmelařskou velmocí. V současné době představuje obhospodařovaná plocha kolem 12 000 ha, na nichž se ročně vypěstuje neuvěřitelné množství chmele – zhruba 30 000 tun. To odpovídá přibližně 30 % celkové světové produkce. Okolo 80 % z toho se sklízí v nejvýznamnější chmelařské oblasti v údolí Yakima ve státě Washington, kde byl chmel poprvé vysazen až koncem 19. století (Schinagl, 2015). MZe (2014) uvádí, že plocha výměry chmele by měla dosahovat v roce 2014 v USA 15 893 ha, protože došlo k nárůstu ploch s aromatickými odrůdami a s odrůdami kategorie „flavour hops“, nejrozšířenější odrůdou je Cascade (3 090 ha).

Polsko je s 1 357 hektary jednou z předních chmelařských zemí ve světě, kde zaujímá z hlediska plochy i produkce pátou příčku. Do počátku 90. let byla v Polsku nejrozšířenější aromatická odrůda Lubelski, v současné době se pěstuje jen na čtvrtině výměry a rozšířilo se pěstování hořké odrůdy Marynka a německé odrůdy Magnum (Kovařík, 2014).

Další zemí Evropy, kde se pěstuje chmel na více než 1 000 hektarech, je Slovinsko. Produkce chmele ve Slovinsku se spoléhá na vlastní odrůdy, které pokrývají 99 % produkce chmele. Slovinské chmelařství přežilo díky neustálému výzkumu a vývoji, který byl zaměřen na chmelový genofond a šlechtění na odolnost proti chorobám, a to především k verticiliovému vadnutí (Čerenak *et al.*, 2015). V posledních deseti letech je nejvíce rozšířenou odrůdou Aurora, Savinskij Golding a Celeia.

Chmel se v České republice pěstuje ve třech chmelařských oblastech, a to v žatecké, ústěcké a tršické. V roce 2015 došlo ke zvýšení sklizňové plochy o 162 hektarů na současných 4 622 hektarů, které eviduje Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Je to oproti loňsku velmi malý nárůst. V posledních letech opět sílí poptávka po jemném aromatickém chmelu ze strany obchodních firem a pivovarů, proto plocha Žateckého poloraného červeňáku byla pěstiteli navýšena, a to o 145 hektarů, na současných 4 039 hektarů. U odrůdy Sládek i přes výsaz, který činil 20 hektarů, se plocha snížila o 3 hektary na stávajících 267 hektarů. Jednou ze zajímavých nových českých odrůd je odrůda Saaz Late, která byla nově vysázena na 20 hektarech, plocha ke sklizni tak byla 34 hektarů (ÚKZÚZ, 2015).

3.1.10 Využití chmele

V současné době je chmel téměř jednoúčelovou plodinou, více než 97 % sklizeného chmele se využije v pivovarském průmyslu. Původně byl chmel známý jako léčivá rostlina a také se používal jako součást lidské stravy. Pěstovat se začal v 8. století nejprve v zahradách

pro svoje květy a pro výhonky, které se jedly jako chřest. K rozmachu pěstování chmele došlo v 11. století, kdy se začal používat při vaření piva (Corran, 1975).

Pivo je pěnivý nápoj vyrobený zkvašením mladiny, připravené ze sladu, vody a chmele nebo chmelových produktů, který vedle kvasným procesem vzniklého alkoholu (ethylalkoholu) a oxidu uhličitého obsahuje i určité množství neprokvašeného extraktu (Zimová *et* Neuwirtová, 1994). Základními složkami pro výrobu piva jsou voda, slad a chmel a ke kvasným procesům dochází díky přidání kvasinek rodu *Saccharomyces* spp. Pivo obsahuje dva tisíce různých látek, z nichž nejvíce jsou zastoupeny sacharidy, bílkoviny, dále minerály, rozpustná vláknina, vitaminy skupiny B a také řada polyfenolických sloučenin, kterým jsou přisuzovány antioxidační, antikarcinogenní a antimikrobiální účinky (Olšovská, 2015).

Neve (1991) publikuje, že z chmele se průmyslově zpracovává jeho květenství, tzv. šišťice, které obsahují chemické látky, jako jsou chmelové pryskyřice a silice, které dodávají pivu hořkost a chuť. Chemické složení je závislé na odrůdě, provenienci, ročníku i způsobu posklizňové úpravy. Vent *et al.* (1999) rozdělují z pivovarského hlediska chmelové odrůdy podle kvality chmelového aroma, obsahu alfa hořkých kyselin, kohumulonu a farnesenu do čtyřech skupin. Odrůdy 1. skupiny – jemné aromatické odrůdy – náleží k žateckému genetickému okruhu, neboť vznikly vývozem žatecké sadby. Ve 2. skupině – aromatické odrůdy – jsou zařazeny původní bavorské sorty, slovinský Golding, německá odrůda Perle a česká odrůda Sládek. Skupina 3. – hořké odrůdy – se skládá z hybridů, jejichž vliv na kvalitu je podobný anglické odrůdě Northern Brewer. Skupina 4. – vysokoobsažné odrůdy – zahrnuje hybridy s vysokým obsahem alfa hořkých kyselin.

Rozmach moderních chemicko-analytických metod a biologických testovacích postupů umožnil objevit ve chmelu chemické sloučeniny se širokým rozsahem různých biologických aktivit, od antimikrobiálních, přes antioxidační až po protirakovinné účinky. Tyto objevy zapříčinily alternativní využití chmele ve farmaceutickém, potravinářském i kosmetickém průmyslu (Farágó *et* Ůrgeová, 2013).

3.1.10.1 Chmelové produkty

Chemická nestabilita, relativně nízká účinnost využití nejdůležitějších chmelových složek při výrobě piva, vysoké nároky na skladovací podmínky a obtížná manipulovatelnost s hlávkovým chmelem byly hlavní motivací postupného vývoje různých typů chmelových výrobků. Podle Kosaře *et* Procházky (2000) rozdělujeme chmelové výrobky do tří skupin, a to

na výrobky připravené mechanickými, fyzikálními a chemickými úpravami hlávkového chmele.

Nejrozšířenější chmelové výrobky, které jsou připravené mechanickými úpravami hlávkového chmele (60 %), představují granulované chmele (pelety) typu 90 a 45. V závislosti na podmínkách skladování pelet se mění obsah a složení chmelových pryskyřic, silic a dalších látek (Krofta *et al.*, 2003). Kaneda *et al.* (1990) publikují, že v peletách dochází k oxidačním změnám polyfenolů i v závislosti na odrůdě. Všechny české odrůdy se zpracovávají tímto způsobem.

Fyzikálními úpravami přírodního hlávkového chmele vznikají nemodifikované chmelové extrakty (20 %), a to etanolový a CO₂ – extrakt. Faragó *et Úrgeová* (2013) uvádějí, že pro výrobu extraktů nejsou vhodné aromatické odrůdy, včetně ŽPČ. Z českých odrůd chmele se extrakty připravují z odrůdy Agnus a Vital.

V průběhu chmelovaru může dojít ke ztrátám alfa hořkých kyselin ve výši až 50 %, proto se využívají izomerované a jinak chemicky upravené alfa hořké kyseliny, které vykazují větší chemickou stabilitu a větší míru využití hořkých látek v pivovarském procesu (Biendl, 2003).

Technologie chmelení zahrnuje diferencované dávkování zpravidla více forem a odrůd chmele. Chmel či chmelové produkty se přidávají nejčastěji na dvakrát až na třikrát, podle kvality a typu výrobku a vyráběného piva. Chmelový extrakt se přidává zpravidla na začátku chmelovaru, následuje granulovaný či hlávkový hořký či vysokoobsažný chmel pro docílení požadované hořkosti. Na závěr se ke konci chmelovaru dává dávku výrobek z odrůdy jemného aromatického chmele (ŽPČ) pro dosažení požadovaného aroma (Kadlec, 2002).

V posledních několika letech se začal využívat nezpracovaný hlávkový chmel pro výrobu piva v technologii „studeného chmelení“, kdy se přidává chmel do ležáckých tanků ve studené fázi výroby piva. Z českých chmelů se takto používá odrůda Kazbek, z amerických odrůda Citra, Amarillo, Simcoe, z německých Polaris, Mandarina Bavaria a další z kategorie „flavour hops“ (Mikyška *et al.* 2013).

3.1.10.2 Hodnocení kvality piva

Hodnocení kvality piva se v zásadě provádí podle dvou hledisek. Objektivně se pivo hodnotí chemickou a mikrobiologickou analýzou. Stejně důležitá je, především z hlediska spotřebitele, i senzorická analýza prováděná školeným hodnotitelem. Senzorický profil piva je ovlivňován surovinou (sladem, chmelem, vodou a eventuálně surogáty), dále výrobním

procesem a skladovacími podmínkami hotového výrobku. Při hodnocení běžného světlého ležáku se posuzují zejména tyto vlastnosti: vůně, plnost, říz a hořkost (Čejka, 1997).

Nesvadba *et al.* (2012b) zkoumali Žatecký poloraný červeňák z hlediska pivovarských vlastností, a to od roku 1998 až do roku 2012. Dosažené výsledky jednoznačně potvrzují vynikající pivovarské vlastnosti ŽPČ v porovnání se zahraničními odrůdami podobného typu, jako jsou Tett nang, Spalt, Lublin i Striesespalt. Dále autoři uvádějí, že odrůda Saaz Late vykazuje podobné pivovarské vlastnosti jako ŽPČ. Mikyška *et al.* (2013) uvádějí, že sensorická kvalita piva chmeleného odrůdou Saaz Late je blízká chmelení ŽPČ, doznívání sensorické hořkosti je mírně pomalejší, charakter hořkosti méně jemný s vyšší trpkostí.

Krofta *et al.* (1999) publikují výsledky z degustací, kde se hodnotilo pivo uvařené z odrůd ŽPČ, Bor, Sládek a Premiant spolu se zahraničními odrůdami. Nejlépe v tomto pokusu obstála hořká odrůda Premiant a jemná aromatická odrůda ŽPČ. Nesvadba (2010b) hodnotí na základě výsledků degustace hořkou odrůdu Rubín jako odrůdu, která vykazuje dobré pivovarské vlastnosti. Odrůda Premiant a Sládek v porovnání se zahraničními odrůdami chmele vykazují velmi dobré pivovarské vlastnosti, a to odrůda Sládek ve skupině aromatických chmelů a odrůda Premiant ve skupině hořkých chmelů.

4 MATERIÁL A METODY

Z hlediska uplatnění a zájmu trhu s chmelem o aromatické odrůdy je hlavním cílem diplomové práce na základě výnosu, anatomicko-morfologických popisů, chemických rozborů a výsledků pivovarských testů vybrat z dvouletého hodnocení perspektivní genotyp, který by byl srovnatelný s odrůdou Žatecký poloraný červeňák, ale s vyšším výnosovým potenciálem. Pro hodnocení byly vybrány aromatické genotypy, které jsou od roku 2012 přihlášeny v registračních zkouškách. Všechna měření, sledování a rozborů chmele byly prováděny na pracovištích Chmelařského institutu s.r.o. v Žatci. Pokusné várky a jejich hodnocení byly provedeny ve Výzkumném ústavu pivovarském a sladařském, a.s. Praha.

4.1 Stanoviště

Pokusná chmelnice s aromatickými genotypy byla vysázena v roce 2007 na Stekníku, tj. účelovém hospodářství Chmelařského institutu, na katastrálním území Rybňany na výměře 1,01 ha. Každý genotyp byl vysázen po 8 rostlinách ve třech opakováních.

Rybňany: nadmořská výška 200 m, lokalita náplavových půd povodí Ohře, BPEJ: 1.56.00, 1. klimaregion – T 1, teplý, suchý, 2 600-2 800 °C, suma teplot nad 10 °C, vláhová jistota 0–2, průměr ročních teplot 8–9 °C, roční úhrn srážek pod 500 mm, HPJ 56 = nivní půdy na nivních uloženinách, velmi lehké, zpravidla písčité, výsušné. 0 – rovina, 0 – bez skeletu.

4.2 Meteorologická sledování

Průběh klimatických a povětrnostních podmínek v zemědělství velmi mimořádně ovlivňuje výsledky jak kvantitativních, tak i kvalitativních ukazatelů v jednotlivých letech sledování.

Klabzuba *et al.* (1999) navrhli netradiční způsob pro hodnocení vztahu počasí a vegetace, tzv. agrometeorologický rok, kdy rozdělili rok na studený a teplý. Autoři poukázali na zásadní problém při hodnocení počasí, a to že kalendářní rok nevyhovuje zemědělským účelům, neboť zahrnuje dvě části zimního období, které spolu nesouvisejí a mezi něž je vložena teplá část roku. Pro hodnocení meteorologických dat je používán normál, který je vypočten z archívu dat Chmelařského institutu s.r.o. za roky 1961–1990 (30letý průměr) pro stanici Žatec. S tímto dlouhodobým průměrem jsou porovnávána data naměřená na automatické meteorologické stanici v Žatci.

4.2.1 Agrometeorologický rok 2013/2014

Celkově je agrometeorologický rok 2013/2014 hodnocen jako silně teplý a srážkově jako silně vlhký (140 % srážek normálu).

Tabulka 2: Hodnocení agrometeorologického roku 2013/2014 na meteorologické stanici v Žatci.

Agrometeorologický rok 2013/2014	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)		Hodnocení		Měsíční úhrn srážek (mm)		Hodnocení	
	t _m - normál	t _m - 2013/2014	Δ t	teplotní	r _m - normál	r _m - 2013/2014	%	srážkové
říjen 2013	8,4	8,7	+0,3	normální	29	47,8	165	vlhký
listopad 2013	3,1	4,9	+1,8	silně teplý	24	14,8	62	normální
prosinec 2013	0,4	1,6	+1,2	normální	25	6,0	24	silně suchý
leden 2014	-2	0,5	+2,5	teplý	20	18,4	92	normální
únor 2014	-0,2	1,9	+2,1	normální	19	7,2	38	suchý
březen 2014	3,6	6,5	+2,9	teplý	23	12,2	53	normální
Chladný půlrok	2,2	4,0	+1,8	silně teplý	140,0	106,4	76	normální
duben 2014	8,5	10,9	+2,4	teplý	32	61,6	192,5	silně vlhký
květen 2014	13,4	12,9	-0,5	normální	54	113,4	210	silně vlhký
červen 2014	16,7	16,6	-0,1	normální	56	23,6	42	silně suchý
červenec 2014	18	20,0	+2,0	silně teplý	59	127,6	216	silně vlhký
srpen 2014	17,4	16,8	-0,6	studený	62	78,8	127	normální
září 2014	13,5	14,8	+1,3	teplý	40	110,2	275,5	mimořádně vlhký
Teplý půlrok	14,6	15,3	+0,7	teplý	303,0	515,2	170	mimořádně vlhký
Průměr rok	8,4	9,7	+1,3	silně teplý	443,0	621,6	140	silně vlhký

Chladný půlrok byl v agrometeorologickém roce 2013/2014 hodnocen jako silně teplý a srážkově jako normální. Ve všech měsících tohoto půlroku byla průměrná měsíční teplota vyšší než je dlouhodobý normál. O 65 % byl překročen měsíční úhrn srážek v měsíci říjnu, naopak silně suchý byl prosinec 2013, suchý měsíc byl i únor 2014.

Teplý půlrok byl v agrometeorologickém roce 2013/2014 hodnocen jako teplý, a to díky teplému dubnu, silně teplému červenci a teplému září. Srážkově byl tento půlrok mimořádně vlhký, kdy srážky byly o 70 % vyšší oproti dlouhodobému průměru. Měsíc duben byl hodnocen jako teplý a srážkově silně vlhký. Měsíc květen byl teplotně normální, ale srážkově silně vlhký, kdy spadlo o 110 % více srážek oproti dlouhodobému průměru, proto se závěr května nesl ve znamení záplav na chmelnicích ÚH Stekník. V červnu byly zaznamenány první tři tropické dny tohoto roku, teplotně byl tento měsíc normální a srážkově hodnocený jako silně suchý. V červenci bylo naměřeno 18 letních a 5 tropických dnů, proto je hodnocen červenec jako silně teplý. Objevilo se 17 srážkových dní, kdy napršelo o 116 %

více vody než je dlouhodobý průměr. Měsíc srpen je hodnocen jako studený a srážkově normální. Září bylo vyhodnoceno jako teplé a srážkově mimořádně vlhké, kdy srážkové úhrny za tento měsíc jsou o 176 % vyšší než dlouhodobý průměr.

4.2.2 Agrometeorologický rok 2014/2015

Celkově je agrometeorologický rok 2014/2015 hodnocen jako mimořádně teplý a srážkově jako normální (109,5 % srážek normálu).

Tabulka 3: Hodnocení agrometeorologického roku 2014/2015 na meteorologické stanici v Žatci.

Agrometeorologický rok 2014/2015	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)		Hodnocení		Měsíční úhrn srážek (mm)		Hodnocení	
	t_m - normál	t_m - 2014/2015	Δt	teplotní	r_m - normál	r_m - 2014/2015	%	srážkové
říjen 2014	8,4	11,3	+2,9	mimořádně teplý	29	37,8	130	normální
listopad 2014	3,1	6,6	+3,5	mimořádně teplý	24	31,6	132	vlhký
prosinec 2014	0,4	3,2	+2,8	silně teplý	25	20,8	83,2	normální
leden 2015	-2	2,6	+4,6	silně teplý	20	13,6	68	suchý
únor 2015	-0,2	0,8	+1,0	normální	19	2,4	12,6	silně suchý
březen 2015	3,6	5,2	+1,6	normální	23	32,2	140	normální
Chladný půlrok	2,2	4,95	+2,75	mimořádně teplý	140,0	138,4	98,9	normální
duben 2015	8,5	8,8	+0,3	normální	32	34,0	106,3	normální
květen 2015	13,4	13,3	-0,1	normální	54	54,0	100	normální
červen 2015	16,7	16,4	-0,3	normální	56	85,4	152,5	vlhký
červenec 2015	18	20,5	+2,5	silně teplý	59	47,2	80	normální
srpen 2015	17,4	21,4	+4,0	mimořádně teplý	62	96,0	155	vlhký
září 2015	13,5	13,4	-0,1	normální	40	15,2	38	suchý
Teplý půlrok	14,6	15,6	+1,0	normální	303,0	331,8	109,5	normální
Průměr rok	8,4	10,3	+1,9	mimořádně teplý	443,0	470,2	106,1	normální

Chladný půlrok byl v agrometeorologickém roce 2014/2015 hodnocen jako mimořádně teplý, zejména protože byl mimořádně teplý říjen a listopad 2014 a silně teplý prosinec 2014 a leden 2015. Srážkově byl tento půlrok normální, ale rozložení srážek bylo velmi nevyrovnané, od vlhkého listopadu (132 % srážek), přes normální prosinec 2014 a suchý leden až k velmi suchému únoru 2015, kdy spadlo jen 12,6 % srážek dlouhodobého normálu.

Teplý agrometeorologický půlrok byl teplotně i srážkově normální v porovnání s dlouhodobým průměrem. V průběhu teplého půlroku bylo zaznamenáno celkem 25 tropických dní. Měsíc srpen 2015 byl extrémní, v tomto měsíci bylo zaznamenáno za celý teplý půlrok nejvíce suchých dní (23), ale byl srážkově vlhký, protože od 15. do 18. srpna spadlo 83,8 mm srážek. Tento měsíc byl i mimořádně teplý, na meteorologické stanici v Žatci bylo zaznamenáno celkem 9 letních a 14 tropických dní.

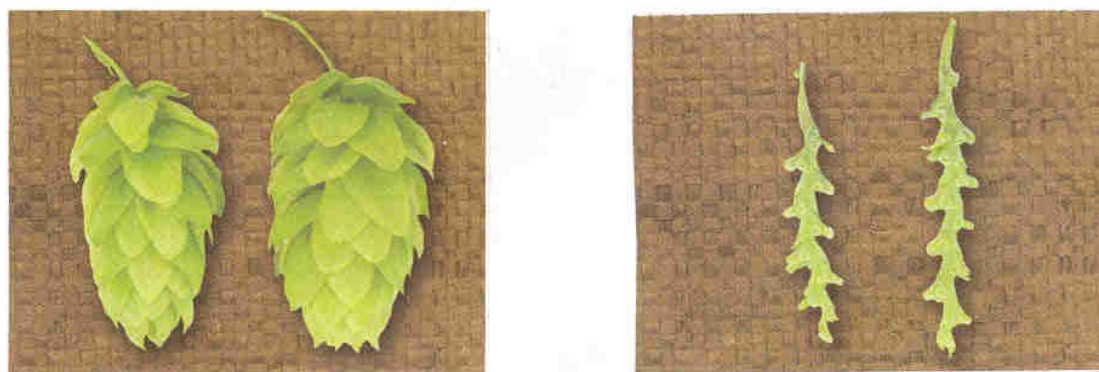
4.3 Charakteristika hodnocených genotypů

4.3.1 Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ)

Žatecký poloraný červeňák byl získán klonovou selekcí v původních porostech v žatecké a ústěcké oblasti. Tato odrůda je v současné době pěstována v devíti klonech: Lučan (1941), Blato (1952), Osvaldův klon 31 (1952), Osvaldův klon 72 (1952), Osvaldův klon 114 (1952), Siřem (1969), Zlatan (1976), Podlešák (1989), Blišanka (1993).

Žatecký poloraný červeňák má středně mohutný vzrůst, tvar chmelového keře je pravidelně válcovitý. Réva je středně silná (9–11 mm), barva révy je zeleno-červená. Plodonosné pazochy jsou nízko nasazené (50–100 cm), krátké až střední délky (30–80 cm). Vegetační doba této odrůdy je 122–128 dní. Výnos se pohybuje v závislosti na lokalitě a ročníku v rozmezí 0,8–1,5 t.ha⁻¹. ŽPČ je odolný k padlí chmelovému (*Podosphaera macularis*, syn.: *Sphaerotheca humuli*) a středně odolný k peronospoře chmelové (*Pseudoperonospora humuli*).

Obrázek 3: Chmelové hlávky a vřetenka Žateckého poloraného červeňáku (Atlas odrůd, 1997).



Vůně chmelových hlávek je charakterizována jako standard kvality, jedná se o pravou, jemnou chmelovou vůni. Velikost chmelové hlávky je střední (2,5–3,5 cm), tvar hlávky je oválný až dlouze vejčitý, na plodonosném pazochu jsou hlávky hustě nasazené. Průměrná hmotnost 100 kusů suchých hlávek je v rozpětí 13–17 gramů. Chmelové věténko je jemné, pravidelné, dlouhé 16–19 mm, těžkost hlávky je 0,6–0,8 (Nesvadba et al., 2013a).

Tabulka 4: Chemické složení chmelových hlávek Žateckého poloraného červeňáku (Nesvadba et al., 2013a).

Chmelové pryskyřice		Chmelové silice	
celkové pryskyřice (% hm.)	13 – 20	obsah silic (g/100g)	0,4 – 0,8
alfa kyseliny (% hm.)	2,5 – 4,5	isobutylisobutyrate (% rel.)	< 0,01
beta kyseliny (% hm.)	4,0 – 6,0	α + β -pinen (% rel.)	0,4 – 0,8
poměr α/β	0,6 – 1,0	myrcen (% rel.)	25 - 40
kohumulon (% rel.)	23 – 26	2-methylbutylisobutyrate (% rel.)	< 0,01
kolupulon (% rel.)	39 – 43	limonen (% rel.)	0,1 – 0,2
		linalool (% rel.)	0,4 – 0,6
		geraniol (% rel.)	0,1 – 0,2
Chmelové polyfenoly		2-undekanon (% rel.)	0,5 – 0,9
celkové polyfenoly (% hm.)	5,5 – 7,5	metyl-4-decenoát (% rel.)	1,0 – 1,75
xanthohumol (% hm.)	0,3 – 0,5	β -karyofylen (% rel.)	6 – 9
DMX (% hm.)	0,05 – 0,12	β -farnesen (% rel.)	14 – 20
		α -humulen (% rel.)	15 – 30
		α + β -selinen (% rel.)	0,5 – 1,5

4.3.2 Novošlechtění 4799

Toto novošlechtění pochází z křížení v roce 1997, semena byla vyseta v roce 1998 a výběr ze semenáčové školky byl uskutečněn v následujícím roce. Jako matečná rostlina byla použita odrůda Premiant a pyl byl ze samce Žateckého poloraného červeňáku ze Smilovic.

4.3.3 Novošlechtění 4801

Novošlechtění pochází z křížení z roku 1998, semena byla vyseta v roce 1999 a výběr ze semenáčové školky do hybridní školky kmenových matek byl proveden v následujícím roce. Jako matečná rostlina byla použita rostlina číslo 4627, což byl výběr z meristému Osvaldova klonu 72. Pyl byl použit ze samce Žateckého poloraného červeňáku z Liběšic.

4.3.4 Novošlechtění 4975

Toto novošlechtění pochází z křížení v roce 2001, semena byla vyseta v roce 2002 a výběr ze semenáčové školky do hybridní školky kmenových matek byl uskutečněn v následujícím roce. Jako matečná rostlina byla použita ukrajinská aromatická odrůda Serebjanka a pyl byl ze samce, který pocházel z německé odrůdy Taurus.

4.3.5 Novošlechtění 4979 a 4980

Tato dvě novošlechtění pochází z křížení v roce 2001, semena byla vyseta v roce 2002 a výběr ze semenáčové školky do hybridní školky kmenových matek byl uskutečněn v následujícím roce. Jako matečná rostlina byla použita německá aromatická odrůda Hallertauer Tradition a pyl byl ze samce, který pocházel ze Žateckého poloraného červeňáku z Liběšic.

4.4 Sklizeň chmele – výnos

Sklizeň chmele probíhala na konci měsíce srpna a na začátku měsíce září. Z každého opakování byly sklizeny všechny rostliny. Před sklizní se musí spočítat počet rév na rostlinách, protože rozhodující výnosový prvek tvoří počet zavedených rév na 1 rostlinu. Počet zavedených rév slouží k následnému přepočtu výnosu čerstvého chmele na rostlinu. Přepočet je standardizován na 4 révy na rostlinu. Révy byly standardně ustříženy ve výšce 1,0 m a ručně strženy na chmelovou káru, kde byly jednotlivě odděleny plachtou. V průběhu sklizně byla každá hodnocená rostlina samostatně sklizena na česacím stroji Wolf v areálu Chmelařského institutu. Získaný vzorek chmele byl zvážen v čerstvém stavu a následně byl standardně sušen 6 hodin v sušárně chmele při teplotě 52–58 °C.

Výnos chmele v čerstvém stavu se přepočítává podle metodiky ÚKZÚZ (Nesvadba, 2013c) na výnos chmele v suchém stavu na 1 ha. Výnos suchých hlávek (t/ha) se vypočítá podle vzorce: $V_h = (10 V_k) / (A \times B) / 4,5$

kde: V_h – výnos suchých hlávek na hektar (t/ha)

A – vzdálenost rostlin v řádku (m)

B – šířka řádku (m)

V_k – výnos zelených hlávek na rostlinu (kg/rostlina)

4,5 – koeficient přepočtu čerstvého chmele na suchý chmel

4.5 Chemický rozbor

Nejdůležitější kvalitativní parametr u chmele je obsah a složení chmelových pryskyřic a silic. Chemický rozbor všech sklizených vzorků byl proveden v oddělení chemie chmele ve Chmelařském institutu v Žatci. Chemický rozbor se prováděl ze suchých hlávek podle metod uvedených v Metodice od Krofty (2008).

4.5.1 Pryskyřice

Alfa kyseliny, které společně s beta kyselinami patří ke specifickým složkám chmelových pryskyřic, jsou z pivovarského hlediska nejdůležitější složkou chmele. Obsah a složení chmelových pryskyřic byly stanoveny vysokotlakou kapalinovou chromatografií (HPLC – EBC 7.7). Alfa a beta kyseliny byly z chmele extrahovány směsí diethyl-éter-methanol a zředěným roztokem kyseliny chlorovodíkové. Chmelové pryskyřice, vyextrahované do éterové fáze, se dělí na chromatografické HPLC koloně s reverzní fází a jsou spektrometricky detekovány při vlnové délce 314 nm. Celkový obsah alfa kyselin se vyjadřuje jako hmotnostní podíl součtu obsahu jednotlivých analogů alfa kyselin, kohumulonu, humulonů a adhumulonů. Stejným způsobem se vyjadřuje i celkový obsah beta kyselin jako součet obsahu kolupulonů, lupulinů a adlupulonů. Obsah alfa i beta hořkých kyselin je uveden v % hmotnosti (dále jen % hm.) v 100% sušině. Podíl kohumulonu a kolupulonů je uveden v % relativních (dále jen % rel.).

4.5.2 Silice

Chmelové silice jsou nejdůležitější skupinou obsahových látek chmele odpovědných za aroma chmele a piva. Chmel obsahuje 0,5 až 3,0 % hmotnostních silic, které jsou obsaženy v lupulinových žlázkách. Obsah silic byl stanoven destilační metodou jako hmotnostní podíl, který vytěká s vodní párou ze 100 g chmele při varu v časovém intervalu 1,5 hodiny. Složení chmelových silic bylo stanoveno kapilární plynovou chromatografií. Semikvantitativní hodnocení složení silic se vyjadřuje v relativních procentech jako podíl integrované plochy složky k celkové integrované ploše všech složek silice. Obsah složek je vyjádřen v relativních procentech. Nejvyšší podíl chmelových silic připadá na terpenické uhlovodíky myrcen, β -karyofylen, α -humulen, β -farnesen a selineny, které tvoří 60 až 80 % hmotnosti silic. Velké množství farnesenu je typické pro Žatecký poloraný červeňák a další geneticky příbuzné odrůdy.

4.6 Mechanický rozbor chmelové hlávky

Mechanický rozbor byl proveden z jednotlivých genotypů i kontrolní odrůdy ŽPČ. Po usušení bylo ze vzorku z každého vzorku odebráno 100 celých a nepoškozených hlávek. Na digitálních vahách ($d = 0,1$ g, max. 200 g) byly hlávky zváženy. Poté se jednotlivé hlávky rozebraly, kdy se oddělilo věténko od listenů a všechna věténka se zvážila. Následovalo změření všech jednotlivých větének, k měření bylo použito papírové měřítko (mm) a byly spočítány počty článků na věténku. Mechanický rozbor tvoří základ pro podrobnou charakterizaci typu hlávek dané odrůdy chmele a z měření vycházejí tyto znaky:

- Průměrná délka věténka u suchých hlávek (mm)
- Průměrný počet článků na věténku (ks)
- Průměrná hmotnost 100 suchých hlávek (g)
- Průměrná hmotnost 100 suchých větének (g)

Ostatní parametry mechanického rozboru se vypočítají dle následujících vzorců:

- Procentický podíl větének na hmotnost hlávek (%)

$$= \frac{\text{průměrná hmotnost větének} \times 100}{\text{hmotnost 100 hlávek}}$$

- Hustota zalomení na věténku

$$= \frac{\text{průměrný počet článků} \times 10}{\text{průměrná délka věténka}}$$

- Těžkost chmele (gramy)

$$= \frac{\text{průměrná hmotnost 100 hlávek}}{\text{průměrná délka věténka}}$$

Těžkost chmele je číslo vyjadřující, kolik gramů by vážila hlávka s věténkem dlouhým 100 mm.

4.7 Molekulárně-genetické analýzy

Nejúčinnějšími metodami hodnocení a charakterizace jednotlivých genotypů chmele jsou molekulárně-genetické metody. Tyto metody vycházejí z EST-SSR molekulárně-genetických markerů odvozených od genetických elementů a sekvencí genů

kodeterminujících metabolom chmele. Tyto analýzy byly provedeny na oddělení Biotechnologie v Chmelařském institutu s.r.o. podle Metodiky (Patzak *et Matoušek*, 2013).

4.7.1 Izolace, amplifikace a separace DNA

Pro izolaci DNA byly použity suché hlávky a zamražené mladé výhony. DNA byla vyizolována pomocí modifikované extrakční CTAB metody (Nesvadba *et al.*, 2008), DNeasy Plant mini kitu od firmy Qiagen nebo E.Z.N.A. SP Plant DNA kitem ze suchých hlávek. Koncentrace vyizolované DNA byla poté změřena na spektrofotometru a následně upravena pro PCR na doporučenou koncentraci 10ng na mikrolitr.

K PCR reakci se do 0,2 ml zkumavek připravil mix z 50ng DNA, PCR master mixu (Qiagen) a z primeru F a R pro danou sadu. K vlastní amplifikaci dochází v termocykleru Genius thermocykler od firmy Techne. Vzorky byly nejprve denaturovány 3 minuty při 94 °C. Polymerázová řetězová reakce měla následující časový a teplotní profil: 35 cyklů – denaturace 30 s při 94 °C, annealing primerů trval 60 s při teplotě 54 °C a elongace trvala 90 s při 72 °C. Reakce byla ukončena závěrečnou 10 minutovou elongací při 72 °C a zchlazením na 10 °C.

Pro separaci získaných amplifikovaných produktů byla použita vertikální denaturační polyakrilamidová elektroforéza. Vzorky byly vizualizovány dle Metodiky (Patzak *et Matoušek*, 2013). U jednotlivých primerových kombinací byla zaznamenána prezence nebo absence v jednotlivých vzorcích na základě molekulárních velikostí podle velikostních markerů a byly zapsány v binárním kódu (0, 1) do matice. Pro vytvoření dendrogramu genetických vzdáleností byl použit software Darwin5.

4.8 Vaření a hodnocení piva

Informace o pivovarských vlastnostech nových českých odrůd i novošlechtění jsou důležité pro zajištění kvalitních českých chmelů pro výrobu piva dle CHZO České pivo.

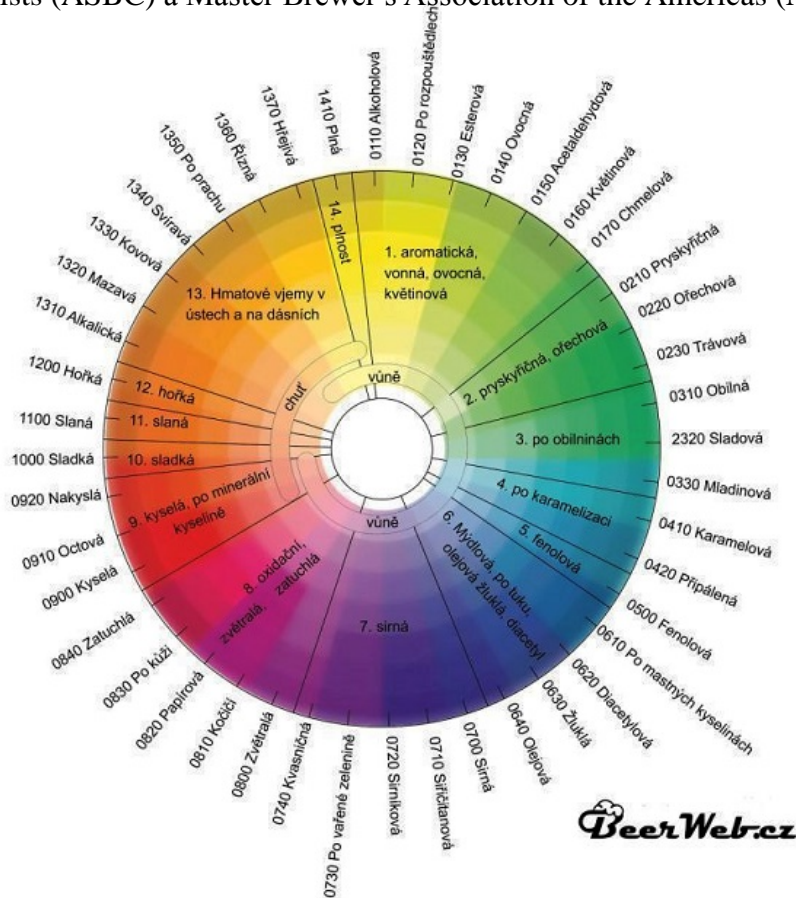
Ze sušených hlávkových chmelů byly ve VÚPS Praha uvařeny pokusné čtvrtprovozní várky 12% světlého ležáckého piva (38 l horké mladiny). Várky byly chmeleny 100 % testovaného chmele v dávce 10g/hl alfa kyselin. Srovnávací várky byly chmeleny peletami 90 odrůdou ŽPČ. Chmelení bylo ve třech dávkách, 30 % na začátku, 50 % po 30 minutách a 20 % chmele 15 minut před koncem chmelovaru. Chmelovar trval vždy 90 minut.

Senzorická analýza čerstvého piva byla provedena devítičlennou degustační komisí VÚPS deskriptivní metodou podle postupu vypracovaného na VÚPS (Čejka *et al.*, 2002). U sensorického profilu piva se hodnotilo celkem 28 kategorií bodovým hodnocením.

Tabulka 5: Protokol pro určení sensorického profilu piva (Čejka *et al.*, 2002).

DEGUSTAČNÍ ARCH – SENZORICKÝ PROFIL				
Jméno:				
Datum:				
Označení vzorku	1	2	3	4
Říz				
Plnost				
Hořkost				
Doznívání po 20 s				
Trpkost (adstringentní)				
Sladkost				
Kyselost				
Chmelová				
Ovocná/esterová				
Kvasničná				
Karamelová				
Parfémová				
Oxidační/pasterační				
Obilná				
Sirupová				
Mladinová				
DMS				
Po rozpouštědlech				
Autolyzační				
Sklepní/zatuchlá				
Diacetylová				
Připálená				
Stará				
Sírná/po vařené zelenině				
Kovová				
Fenolová				
Medicínální				
Celkový subjektivní dojem				
Číselná transformace: 0 – žádná, 1 – velmi slabá, 2 – slabá, 3 – střední, 4 – silná, 5 – velmi silná				
Celkový subjektivní dojem: 1 – 9 (1 – nejlepší, 9 – nejhorší)				
Podpis:				

Obrázek 4: Mezinárodní systém popisných termínů objektivního sensorického hodnocení piva – kruhové schéma dle organizací European Brewery Convention (EBC), American Society of Brewing Chemists (ASBC) a Master Brewer’s Association of the Americas (MBAA).



4.9 Metody statistického zpracování

Získané výsledky byly statisticky vyhodnoceny a zpracovány pomocí počítačového programu. Pro statistické zpracování výsledků byl použit program *STATISTICA 12* s využitím jednotlivých statistických metod. Naměřené údaje byly hodnoceny základními statistickými charakteristikami. Pro sledované znaky byl vypočten aritmetický průměr, medián (\tilde{x}), směrodatná odchylka (s), rozptyl a variační koeficient (V_k), dále bylo stanoveno minimum a maximum.

Následně bylo provedeno testování významnosti rozdílu mezi průměry dvou souborů, při kterém byl použit oboustranný t-test pro nezávislé výběry dle proměnných. V tabulce jsou poté uvedeny hladiny významnosti α , na kterých se porovnávané průměry odlišují.

Pomocí korelační matice byly vyhodnoceny vzájemné korelace mezi jednotlivými složkami chemického rozboru pryskyřic a silic, mechanického rozboru chmelových hlávek a sensorického hodnocení piva.

5 VÝSLEDKY

5.1 Výnos chmele

Výnos chmele je nejdůležitější kvantitativní parametr, který se hodnotí u každé plodiny. Z tabulky 6 je patrné, že průměrný výnos (kg.rostlinu⁻¹) u odrůdy ŽPČ ve sledovaných letech 2014 a 2015 byl 1,77 (kg.rostlinu⁻¹). Nejvyšší průměrný výnos vykazovalo novošlechtění 4801, a to 2,77 kg.rostlinu⁻¹. Vyšší průměrný výnos než odrůda Oswaldův klon 72 (ŽPČ) vykazovaly aromatické genotypy 4975, 4979 a 4980. Nejvyšší variabilitu z hodnocených genotypů vykazovalo shodně novošlechtění 4799 a 4975 ($V_k = 40,43\%$). Všechna ostatní novošlechtění také vykazovala vyšší variabilitu než porovnávaná odrůda ŽPČ ($V_k = 29,15\%$).

Tabulka 6: Výnos chmele v kg čerstvého chmele na rostlinu – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient (%)
ŽPČ	1,77	1,95	0,78	2,38	0,267	0,516	29,15
4799	1,63	1,50	0,76	3,10	0,437	0,661	40,43
4801	2,77	2,87	1,06	4,46	1,231	1,109	40,02
4975	2,69	2,44	0,75	5,00	1,183	1,088	40,43
4979	2,29	2,17	0,97	4,40	0,740	0,860	37,53
4980	2,48	2,37	0,96	4,10	0,713	0,844	34,05

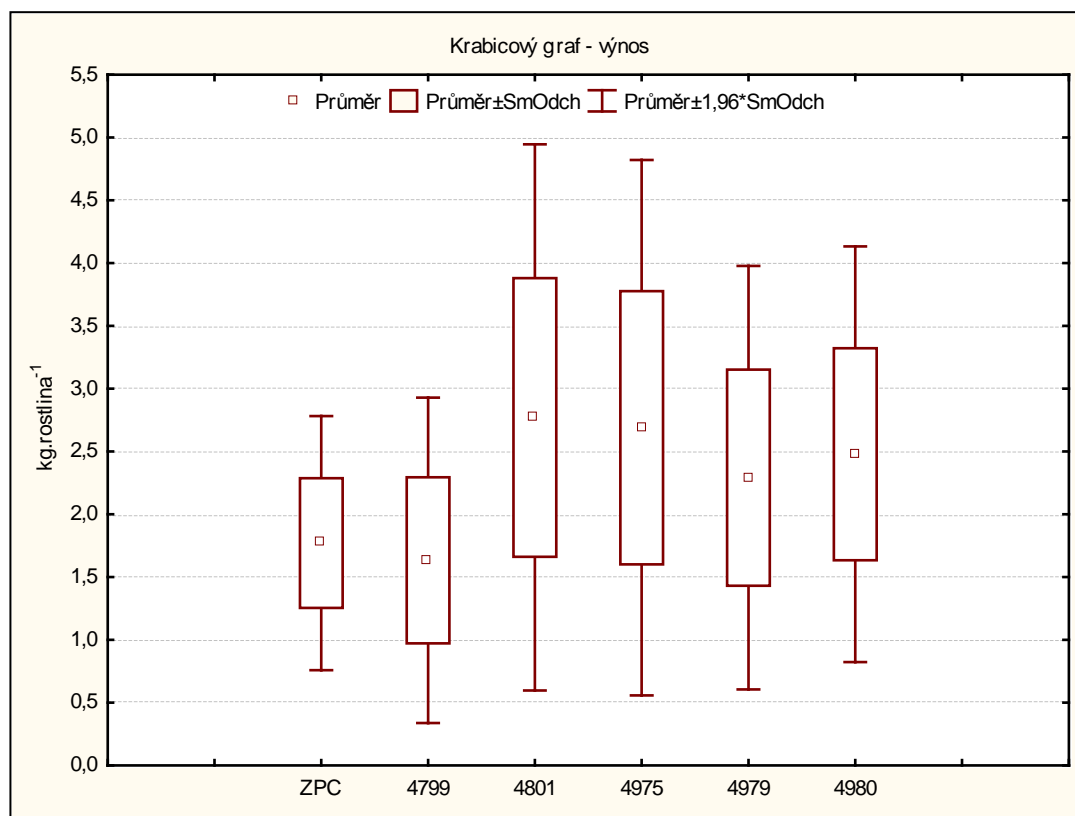
V tabulce 7 jsou uvedeny hladiny významnosti α , na kterých se porovnávané průměry odlišují. Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami byly u všech testovaných aromatických novošlechtění včetně registrované odrůdy Oswaldův klon 72 (ŽPČ) stanoveny pomocí t-testu pro nezávislé výběry dle proměnných. Rozdíly mezi průměrem Oswaldova klonu 72 a novošlechtěním 4801, 4975 a 4980 lze považovat za statisticky významné na hladině významnosti $\alpha = 0,01$. Rozdíl mezi průměrem Oswaldova klonu 72 a novošlechtěním 4979 lze považovat s 95% pravděpodobností za statisticky významné. Statisticky nebyl prokázán rozdíl mezi průměrem Oswaldova klonu 72 a genotypem 4799.

Tabulka 7: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami výnosu jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	-	4799				
4801	0,01	0,01	4801			
4975	0,01	0,01	-	4975		
4979	0,05	0,05	-	-	4979	
4980	0,01	0,01	-	-	-	4980

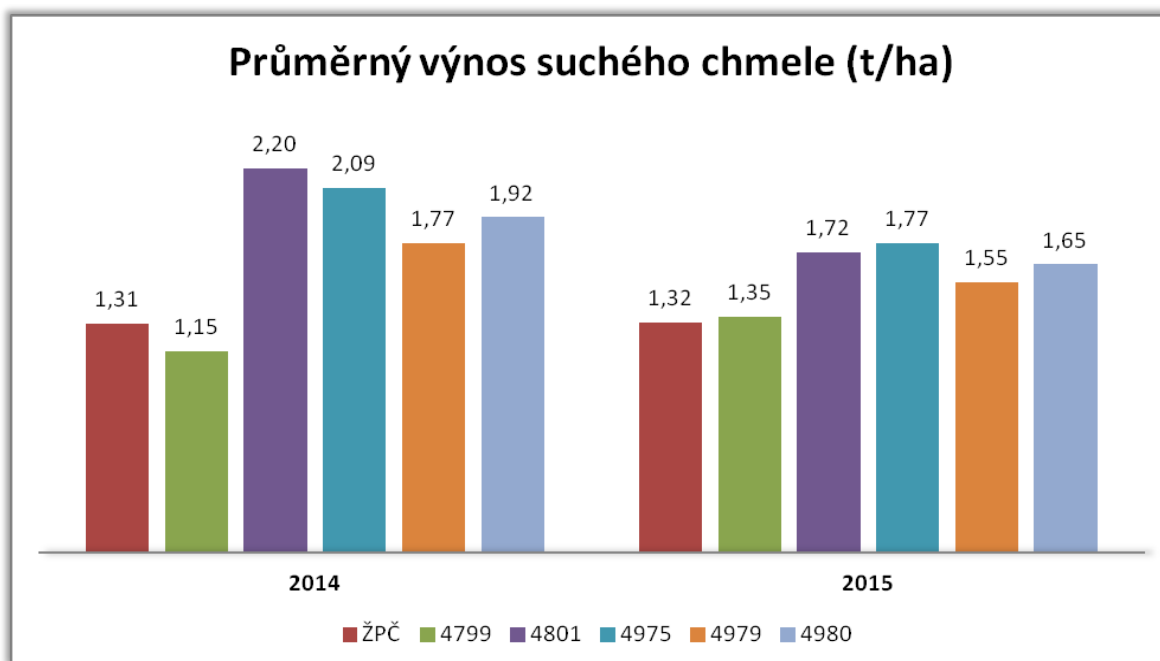
Z krabicového grafu je zřejmé, že genotypy 4801 a 4975 jsou na stejné výnosové úrovni. Stejný výnos jako ŽPČ vykazuje genotyp 4799. Aromatické genotypy 4979 a 4980 jsou výnosnější než ŽPČ, ale jejich průměrný výnos nepřekračuje 2,5 kg čerstvého chmele na jednu rostlinu. Zjištěné výsledky průměrných výnosů čerstvého chmele u sledovaných genotypů jsou přehledně zpracovány v krabicovém grafu 1.

Graf 1: Průměrný výnos aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



V grafu 2 jsou uvedeny hodnoty přepočítaného výnosu u sledovaných aromatických genotypů a ŽPČ, které jsou uvedeny v tunách suchého chmele na 1 ha. Z grafu je patrné, že všechna aromatická novošlechtění dosahovala v roce 2014 vyššího průměrného výnosu než v roce 2015, s výjimkou genotypu 4799.

Graf 2: Průměrný výnos suchého chmele u sledovaných genotypů a ŽPČ ve sledovaných letech 2014 a 2015.



5.2 Chemický rozbor

5.2.1 Chmelové pryskyřice

Chmelové pryskyřice jsou nejdůležitějším kvalitativním ukazatelem u chmele, zejména obsah alfa hořkých kyselin. Z tabulky 8 je patrné, že nejvyšší obsah alfa kyselin i beta kyselin vykazuje novošlechtění 4975, a to 5,12 % resp. 6,85 % hmotnostních. Zároveň se toto novošlechtění vyznačuje vyrovnaným poměrem mezi alfa a beta kyselinami (0,80). Odrůda Oswaldův klon 72 i ostatní aromatické genotypy mají vyrovnaný poměr alfa a beta hořkých kyselin, tzn. okolo 1. Nejnižší obsah kohumulonu i kolupulonu vykazuje novošlechtění 4975, a to 17,74 %, resp. 35,69 % relativních.

Tabulka 8: Obsah a složení chmelových pryskyřic u sledovaných genotypů (metoda HPLC, EBC 7.7)

	Alfa kyseliny (% hm.)	Beta kyseliny (% hm.)	Poměr α/β	Kohumulon (% rel.)	Kolupulon (% rel.)	Xanthohumol (% hm.)
ŽPČ	3,99	4,84	0,94	22,32	40,68	0,36
4799	4,03	5,34	0,81	22,44	39,69	0,37
4801	3,75	3,17	1,24	24,28	42,64	0,23
4975	5,12	6,85	0,80	17,74	35,69	0,37
4979	2,24	4,61	0,52	23,01	41,73	0,25
4980	4,84	3,82	1,39	24,91	45,40	0,33

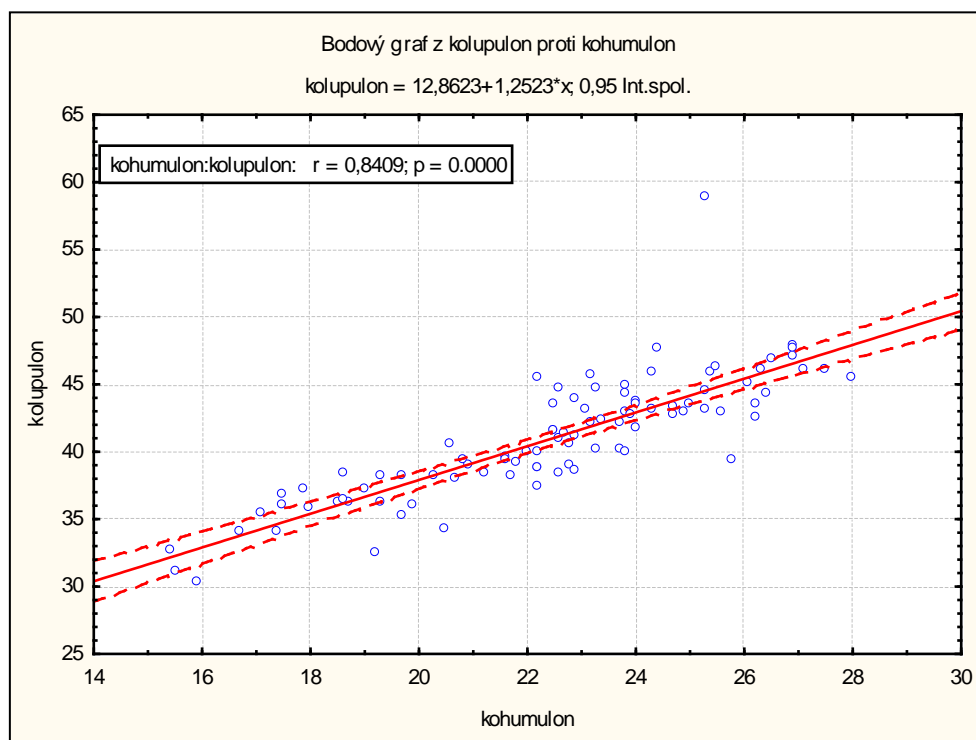
V tabulce 9 jsou uvedeny hodnoty korelačních koeficientů u složek chemického rozboru chmelových pryskyřic, ze kterých je patrné, že nejtěsnější pozitivní korelace je mezi obsahem kohumulonu a kolupulonu, a to 0,841. Těsná pozitivní korelace je zřejmá i mezi xanthohumolem a beta hořkými kyselinami, a to 0,717.

Tabulka 9: Korelační závislost mezi složkami chemického rozboru chmelových pryskyřic – označené korelace jsou významné na hladině $\alpha = 0,05$.

	α-kyseliny					
β-kyseliny	0,249	β-kyseliny				
Poměr α/β	0,494	-0,641	Poměr α/β			
Kohumulon	-0,214	-0,623	0,279	Kohumulon		
Kolupulon	-0,036	-0,497	0,371	0,841	Kolupulon	
Xanthohumol	0,609	0,717	-0,201	-0,301	-0,234	Xanthohum.

Grafické vyjádření nejtěsnějšího pozitivního korelačního koeficientu mezi kohumulonem a kolupulonem je v grafu 3.

Graf 3: Korelační závislost mezi kohumulonem a kolupulonem na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.



5.2.1.1 Obsah alfa hořkých kyselin

Průměrné obsahy alfa hořkých kyselin jsou uvedeny v tabulce 10, ze které je patrné, že nejvyšší průměrný obsah vykazuje novošlechtění 4975, a to 5,12 % hmotnostních. Vyšší průměrný obsah alfa hořkých kyselin než registrovaná odrůda Osvaldův klon 72 (ŽPČ) vykazuje novošlechtění 4799 a 4980, a to 4,03 %, resp. 4,85 % hmotnostních. Velmi nízký průměrný obsah alfa hořkých kyselin vykazuje novošlechtění 4979, které se vyznačuje nejvyšší variabilitou ($V_k = 32,25$ %). Velmi nízkou variabilitou v tomto znaku se vyznačují novošlechtění 4801, 4975 a 4980, a to v rozmezí od 15,25 do 17,88 %.

Tabulka 10: Průměrný obsah alfa hořkých kyselin (% hm.) – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koef. (%)
ŽPČ	3,99	3,77	2,15	5,98	1,198	1,095	27,37
4799	4,03	4,27	2,06	5,69	1,223	1,106	27,43
4801	3,75	3,75	2,79	5,25	0,345	0,587	15,66
4975	5,12	5,17	3,37	6,67	0,841	0,917	17,88
4979	2,24	2,16	1,41	4,55	0,526	0,725	32,25
4980	4,85	5,09	3,77	5,81	0,546	0,739	15,25

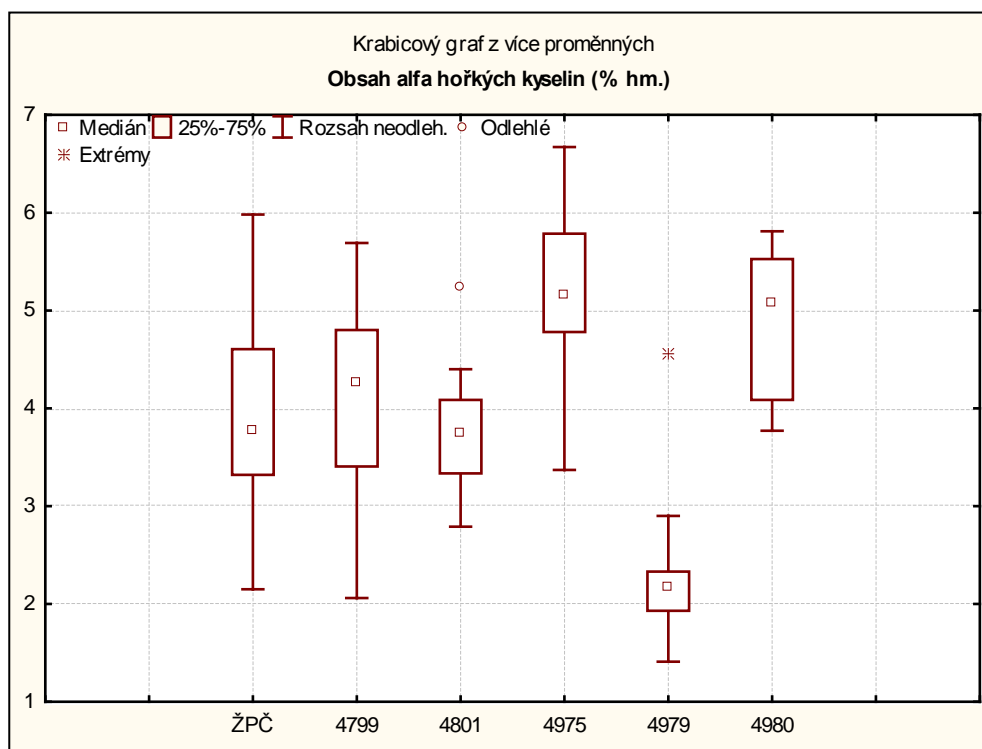
V tabulce 11 jsou uvedeny hladiny významnosti α , na kterých se porovnávají průměry alfa hořkých kyselin odlišují. Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami byly stanoveny pomocí t-testu pro nezávislé výběry dle proměnných. Registrovaná odrůda Osvaldův klon 72 (ŽPČ) se liší od novošlechtění 4975 a 4979 na hladině významnosti $\alpha = 0,01$. Aromatický genotyp 4980 se s 95% pravděpodobností liší od novošlechtění 4799 a ŽPČ.

Tabulka 11: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu alfa hořkých kyselin u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	-	4799				
4801	-	-	4801			
4975	0,01	0,01	0,01	4975		
4979	0,01	0,01	0,01	0,01	4979	
4980	0,05	0,05	0,01	-	0,01	4980

Všechny uvedené výsledky jsou přehledně zpracované v krabicovém grafu 4, ze kterého je dobře patrný rozdíl v průměrném obsahu alfa hořkých kyselin. Novošlechtění 4801 obsahuje jednu odlehlou hodnotu a novošlechtění 4979 obsahuje jednu extrémní hodnotu.

Graf 4: Průměrný obsah alfa hořkých kyselin u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



5.2.1.2 Obsah beta hořkých kyselin

Průměrné obsahy beta hořkých kyselin jsou současně s hodnotami popisné statistiky uvedeny v tabulce 12. Nejnižší průměrný obsah beta hořkých kyselin vykazuje novošlechtění 4801, a to 3,17 % hmotnostních. Toto novošlechtění vykazuje i nejnižší variabilitu ze všech sledovaných aromatických genotypů ($V_k = 22,37\%$). Nejvyšší obsah beta hořkých kyselin vykazuje novošlechtění 4975 (6,85 % hm.). Vyšší obsah beta hořkých kyselin než ŽPČ má novošlechtění 4799. Nejvyšší variabilitu v průměrném obsahu beta hořkých kyselin má odrůda Osvaldův klon 72 (ŽPČ), a to 33,05 %.

Tabulka 12: Průměrný obsah beta hořkých kyselin (% hm.) – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koef. (%)
ŽPČ	4,84	4,96	2,05	7,14	2,555	1,598	33,05
4799	5,34	5,66	2,96	7,16	2,000	1,415	26,51
4801	3,17	3,38	1,93	4,47	0,502	0,709	22,37
4975	6,85	6,92	3,49	9,31	2,858	1,690	24,70
4979	4,61	4,82	2,01	7,65	1,903	1,380	29,92
4980	3,82	4,04	2,05	5,32	1,009	1,004	26,27

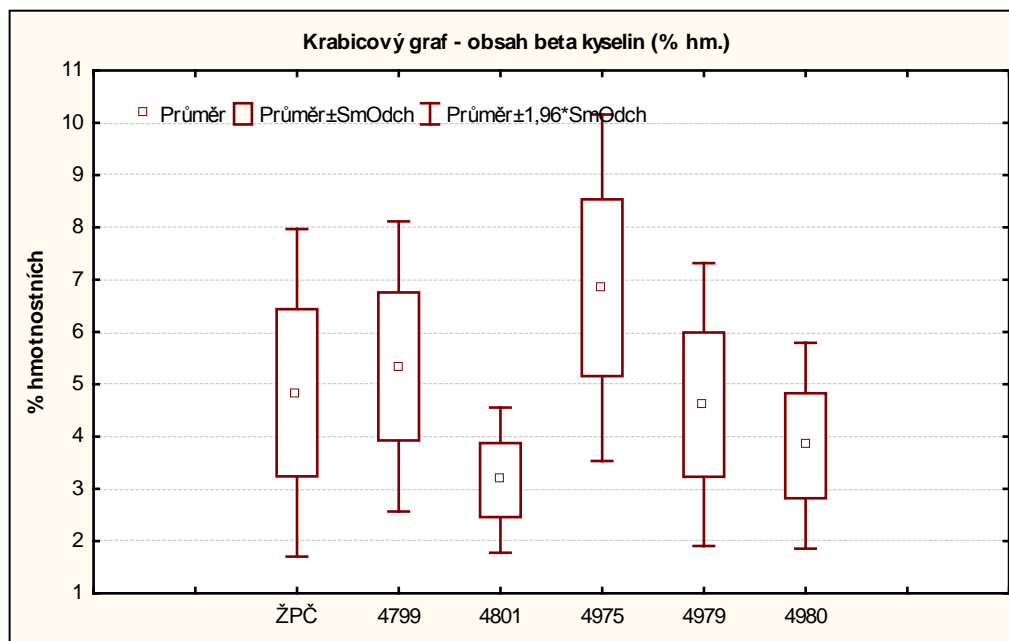
Z hlediska průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami beta hořkých kyselin je z tabulky 13 patrné, že Osvaldův klon 72 (ŽPČ) je statisticky odlišný od aromatických novošlechtění 4801 a 4975 na hladině významnosti $\alpha = 0,01$. Průměrný obsah beta hořkých kyselin u aromatického genotypu 4980 je s 95% pravděpodobností odlišný od ŽPČ. Statisticky významný rozdíl nebyl zjištěn u Osvaldova klonu 72 a novošlechtění 4799 a 4979.

Tabulka 13: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu beta hořkých kyselin u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	-	4799				
4801	0,01	0,01	4801			
4975	0,01	0,05	0,01	4975		
4980	0,05	0,01	0,05	0,01	4980	
4979	-	-	0,01	0,01	-	4979

Všechny uvedené výsledky jsou přehledně zpracované v krabicovém grafu 5, ze kterého je dobře patrný rozdíl v průměrném obsahu beta hořkých kyselin u aromatických genotypů a ŽPČ.

Graf 5: Průměrný obsah beta hořkých kyselin u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



5.2.1.3 Poměr alfa/beta hořkých kyselin

Nejvyšší vzájemný poměr mezi alfa a beta hořkými kyselinami vykazuje aromatický genotyp 4980, a to 1,39. Vzájemný poměr vyšší než 1 vykazuje také novošlechtění 4801 (1,24), všechny ostatní aromatické genotypy mají poměr mezi alfa a beta hořkými kyselinami pod 1. Nejnižší hodnotu poměru mezi alfa a beta hořkými kyselinami vykazuje novošlechtění 4979, a to 0,52. V tomto sledovaném znaku mají všechny genotypy velmi vysokou variabilitu, nejvyšší vykazuje Osvaldův klon 72 (ŽPČ), a to 54,79 %.

Tabulka 14: Průměrný poměr mezi alfa/beta kyseliny – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koef. (%)
ŽPČ	0,94	0,73	0,48	2,32	0,263	0,513	54,79
4799	0,81	0,75	0,35	1,44	0,112	0,334	41,22
4801	1,24	1,10	0,94	2,22	0,133	0,375	29,44
4975	0,80	0,75	0,44	1,30	0,075	0,275	34,20
4979	0,52	0,50	0,29	0,86	0,033	0,183	35,26
4980	1,39	1,20	0,76	2,50	0,302	0,549	39,50

V tabulce 15 jsou uvedeny hladiny průkaznosti rozdílu průměrných hodnot poměru alfa a beta hořkých kyselin, ze kterých je patrné, že rozdíly nejsou průkazné mezi

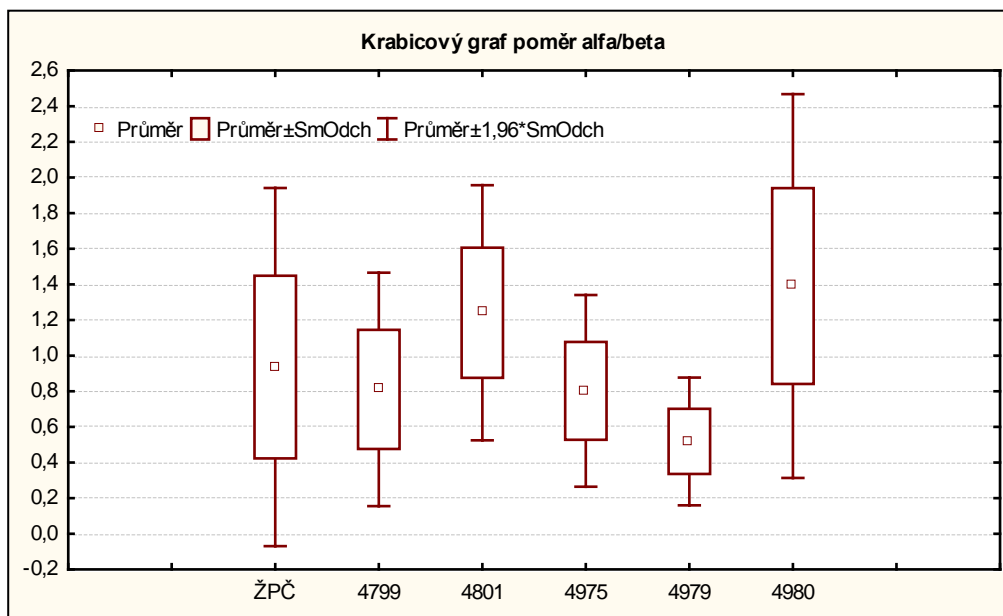
Osvaldovým klonem 72 (ŽPČ) a aromatickými genotypy 4799, 4801 a 4975. S 99% pravděpodobností je prokázán rozdíl mezi průměry poměrů u Osvaldova klonu 72 (ŽPČ) a aromatickým genotypem 4979. Průkazný je rovněž rozdíl mezi aromatickým genotypem 4980 a Osvaldovým klonem 72 (ŽPČ), a to na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Tabulka 15: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami poměru alfa/beta hořkých kyselin u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	-	4799				
4801	-	0,01	4801			
4975	-	-	0,01	4975		
4979	0,01	0,01	0,01	0,01	4979	
4980	0,05	0,01	-	0,01	0,01	4980

Všechny uvedené výsledky jsou přehledně zpracované v krabicovém grafu 6, ze kterého je dobře patrný rozdíl v průměrném poměru alfa a beta hořkých kyselin u aromatických genotypů a ŽPČ.

Graf 6: Průměrný poměr alfa/beta hořkých kyselin u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



5.2.1.4 Obsah kohumulonu

Průměrné obsahy kohumulonu jsou současně s hodnotami popisné statistiky uvedeny v tabulce 16. Nejvyšší průměrný obsah kohumulonu vykazují novošlechtění 4980 a 4801, a to 24,91 % resp. 24,28 % relativních. Nejnižší obsah kohumulonu vykazuje novošlechtění 4975 (17,74 % rel.). Průměrný obsah kohumulonu má velmi nízkou variabilitu u všech sledovaných aromatických genotypů, nejnižší variabilitu ze všech vykazuje novošlechtění 4979, a to 5,11 %. Nejvyšší variabilitu v průměrném obsahu kohumulonu vykazuje odrůda Osvaldův klon 72 (ŽPČ), a to 10,72 %.

Tabulka 16: Průměrný obsah kohumulonu (% rel.) – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koef. (%)
ŽPČ	22,33	22,85	17,40	25,80	5,731	2,394	10,72
4799	22,44	22,20	19,20	26,10	4,905	2,215	9,87
4801	24,28	23,90	20,80	28,00	4,853	2,203	9,07
4975	17,74	17,95	15,40	19,70	1,761	1,327	7,48
4979	23,01	22,90	20,30	24,70	1,385	1,177	5,11
4980	24,91	25,15	22,20	27,10	3,090	1,758	7,06

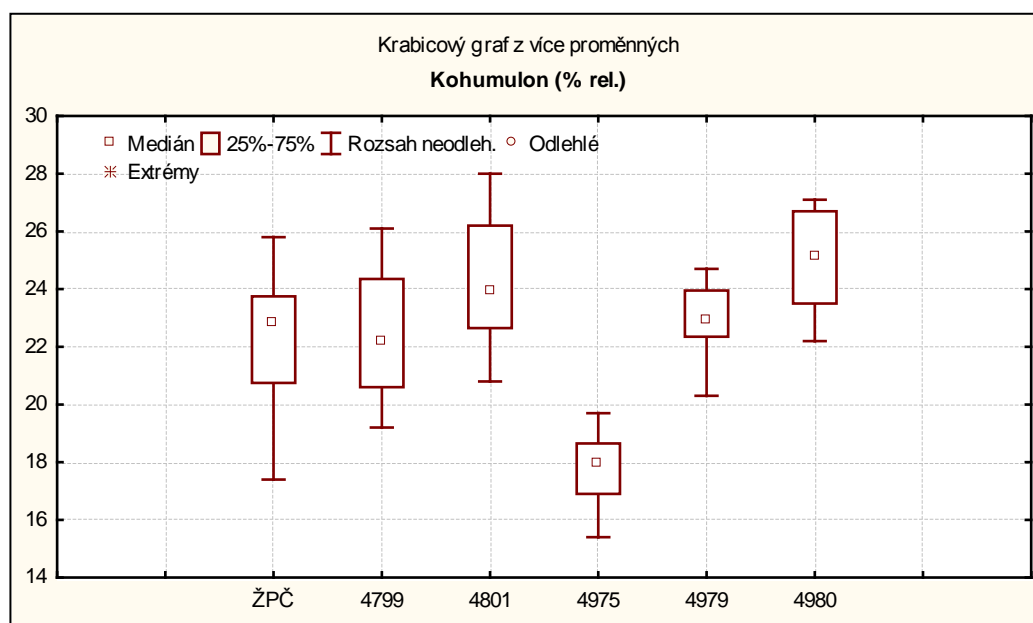
Z hlediska průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami kohumulonu je z tabulky 17 patrné, že Osvaldův klon 72 (ŽPČ) je statisticky odlišný od aromatických novošlechtění 4975 a 4980 na hladině významnosti $\alpha = 0,01$. Průměrný obsah kohumulonu u aromatického genotypu 4801 je s 95% pravděpodobností odlišný od Osvaldova klonu 72 (ŽPČ). Statisticky významný rozdíl nebyl zjištěn u Osvaldova klonu 72 a novošlechtění 4799 a 4979.

Tabulka 17: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu kohumulonu u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	-	4799				
4801	0,05	0,05	4801			
4975	0,01	0,01	0,01	4975		
4979	-	-	-	0,01	4979	
4980	0,01	0,01	-	0,01	0,01	4980

Všechny uvedené výsledky jsou přehledně zpracované v krabicovém grafu 7, ze kterého je dobře patrný rozdíl v průměrném obsahu kohumulonu u aromatických genotypů a ŽPČ.

Graf 7: Průměrný obsah kohumulonu u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



5.2.1.5 Obsah kolupulonu

V tabulce 18 jsou uvedeny hodnoty popisné statistiky obsahu kolupulonu. Nejvyšší průměrný obsah kolupulonu vykazuje novošlechtění 4980, a to 45,40 % relativních. Nejnižší průměrný obsah kolupulonu má aromatický genotyp 4975 (35,69 % rel.). Nejvyšší variabilitu obsahu kolupulonu má odrůda Osvaldův klon 72 (ŽPČ), a to 15,61 %. Velmi nízkou variabilitu obsahu kolupulonu vykazuje aromatický genotyp 4980 ($V_k = 3,72$ %).

Tabulka 18: Průměrný obsah kolupulonu (% rel.) – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koef. (%)
ŽPČ	40,68	39,25	34,00	59,00	40,324	6,350	15,61
4799	39,69	39,80	32,60	45,90	13,782	3,712	9,35
4801	42,64	42,75	38,50	47,60	6,320	2,514	5,90
4975	35,69	36,25	30,40	38,40	5,837	2,416	6,77
4979	41,73	42,50	37,50	45,90	5,665	2,380	5,70
4980	45,40	45,70	41,50	47,80	2,848	1,688	3,72

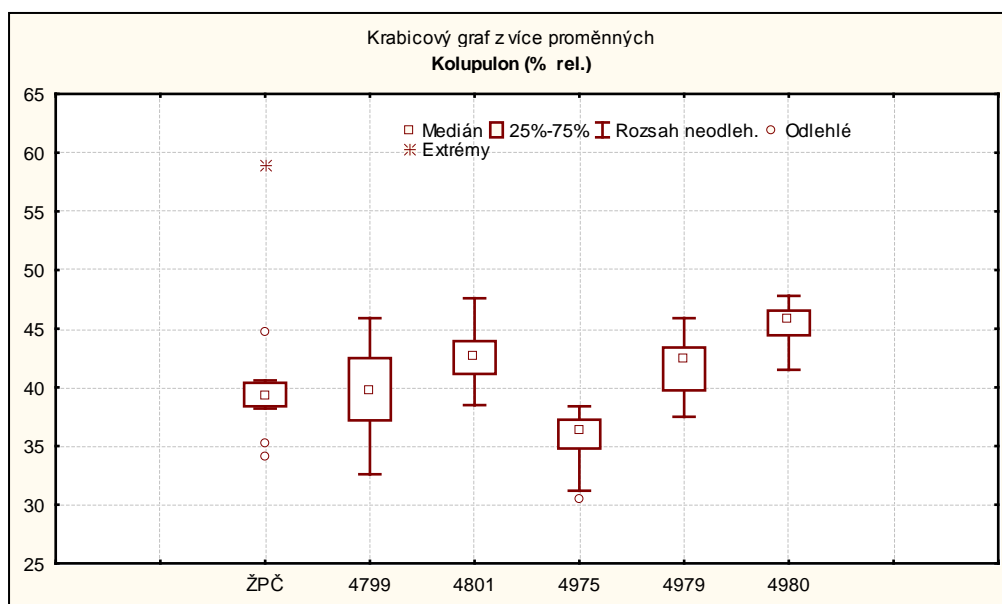
Z hlediska průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami kolupulonu je z tabulky 19 patrné, že Osvaldův klon 72 (ŽPČ) je statisticky odlišný od aromatických novošlechtění 4975 a 4980 na hladině významnosti $\alpha = 0,01$. Aromatický genotyp 4980 je s 99% pravděpodobností odlišný od Osvaldova klonu 72 (ŽPČ) i všech ostatních aromatických genotypů.

Tabulka 19: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu kolupulonu u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	-	4799				
4801	-	0,05	4801			
4975	0,01	0,01	0,01	4975		
4979	-	-	-	0,01	4979	
4980	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	4980

Všechny uvedené výsledky jsou přehledně zpracované v krabicovém grafu 8, ze kterého je dobře patrný rozdíl v průměrném obsahu kolupulonu u aromatických genotypů a ŽPČ. U odrůdy Oswaldův klon 72 (ŽPČ) jsou patrné odlehlé a extrémní hodnoty.

Graf 8: Průměrný obsah kolupulonu u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



5.2.1.6 Obsah xanthohumolu

V tabulce 19 jsou uvedeny průměrné obsahy xanthohumolu u aromatických novošlechtění a odrůdy Oswaldův klon 72 (ŽPČ). Nejvyšší průměrný obsah xanthohumolu vykazují novošlechtění 4799 a 4975, a to 0,37 %. Nejnižší obsah xanthohumolu vyazuje novošlechtění 4801 (0,23 % hm.), toto novošlechtění má i nejnižší variabilitu v tomto

sledovaném znaku ($V_k = 15,02 \%$). Nejvyšší variabilitu obsahu xanthohumolu vykazuje novošlechtění 4979 ($V_k = 26,55 \%$).

Tabulka 19: Průměrný obsah xanthohumolu (% hm.) – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koef. (%)
ŽPČ	0,36	0,36	0,24	0,50	0,008	0,088	24,73
4799	0,37	0,41	0,24	0,51	0,006	0,077	20,73
4801	0,23	0,25	0,13	0,32	0,003	0,051	21,93
4975	0,37	0,37	0,26	0,49	0,005	0,068	18,32
4979	0,25	0,24	0,16	0,47	0,005	0,067	26,55
4980	0,33	0,35	0,23	0,38	0,003	0,050	15,02

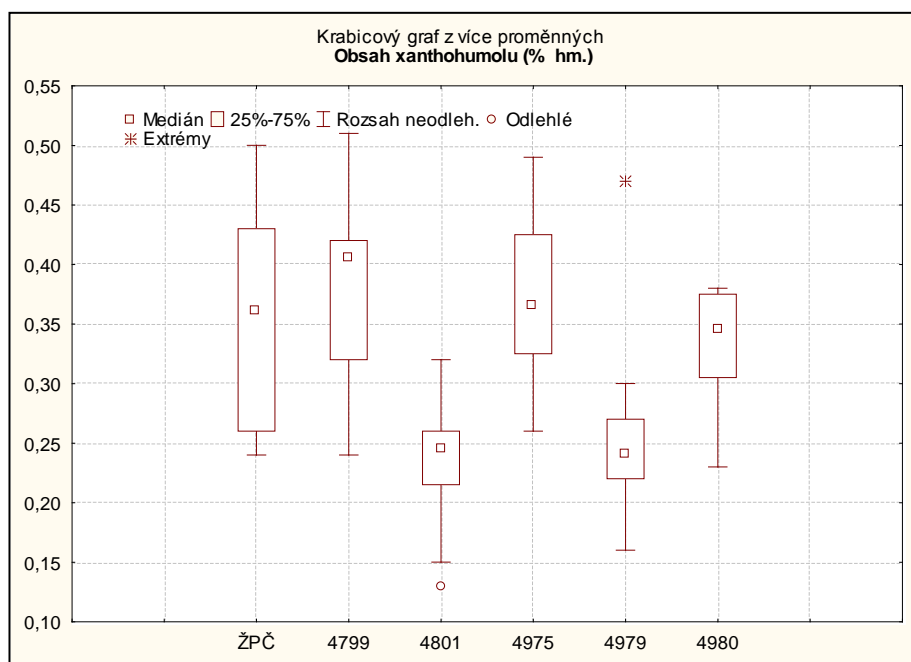
Z hlediska průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami xanthohumolu je z tabulky 20 patrné, že Osvaldův klon 72 (ŽPČ) je statisticky odlišný od aromatických novošlechtění 4801 a 4979 na hladině významnosti $\alpha = 0,01$. Statisticky neprůkazný rozdíl s ŽPČ vykazují aromatické genotypy 4799, 4975 a 4980.

Tabulka 20: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu xanthohumolu u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	-	4799				
4801	0,01	0,01	4801			
4975	-	-	0,01	4975		
4979	0,01	0,01	-	0,01	4979	
4980	-	-	0,01	-	0,01	4980

Všechny uvedené výsledky jsou přehledně zpracované v krabicovém grafu 9, ze kterého je dobře patrný rozdíl v průměrném obsahu xanthohumolu u aromatických genotypů a ŽPČ. U aromatického genotypu 4979 byla naměřena extrémní hodnota xanthohumolu.

Graf 9: Průměrný obsah xanthohumolu u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



5.2.2 Chmelové silice

Složení a obsah chmelových silic je u chmele důležité z hlediska jeho aroma. Z tabulky 21 je patrné, že nejvyšší průměrný obsah silic vykazuje novošlechtění 4975, a to 0,67 g ve 100 g suchiny. Aromatické novošlechtění 4975 také vykazuje nejvyšší průměrný obsah myrcenu (22,82 % relativních) a selinenů (23,12 % relativních), ale nejnižší obsah humulonu (4,72 % relativních). Průměrný obsah karyofylenu aromatické genotypy vykazují v rozmezí od 8,59 do 11,27 % relativních. Průměrný obsah humulonu se u hodnocených aromatických genotypů pohybuje v rozmezí od 22,21 do 31,35 % relativních, s výjimkou genotypu 4975.

Tabulka 21: Obsah a složení chmelových silic u sledovaných genotypů.

	Obsah silic (g/100g)	Myrcen (% rel.)	Karyofylen (% el.)	Humulen (% rel.)	Farnesen (% rel.)	Seleniny (% rel.)
ŽPČ	0,43	18,49	8,90	27,05	15,36	2,51
4799	0,59	21,17	9,66	22,21	13,02	8,77
4801	0,37	17,46	10,92	31,35	13,13	2,68
4975	0,67	22,82	8,59	4,74	16,87	23,12
4979	0,33	16,70	11,27	28,26	16,20	2,89
4980	0,59	18,12	9,84	26,60	19,37	2,29

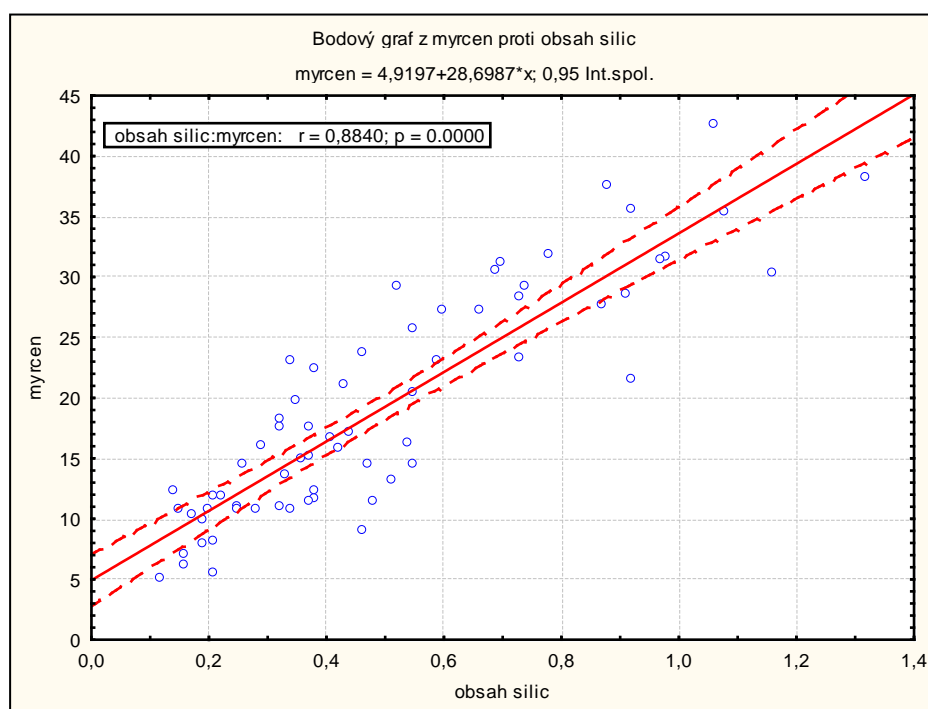
V tabulce 22 jsou uvedeny hodnoty korelačních koeficientů u složek chemického rozboru chmelových silic, ze kterých je patrné, že nejtěsnější pozitivní korelace je mezi obsahem silic a myrcenem, a to 0,884. Těsná negativní korelace je zřejmá mezi humulenem a selineny (-0,784), a mezi karyofylenem a myrcenem (-0,703).

Tabulka 22: Korelační závislost mezi složkami chemického rozboru chmelových silic – označené korelace jsou významné na hladině $\alpha = 0,05$.

	obsah silic					
farnesen	-0,092	farnesen				
myrcen	0,884	-0,181	myrcen			
karyofylen	-0,656	0,246	-0,703	karyofylen		
humulen	-0,606	-0,142	-0,527	0,541	humulen	
selineny	0,148	0,044	0,049	-0,244	-0,784	selineny

Grafické vyjádření nejtěsnějšího pozitivního korelačního koeficientu mezi obsahem silic a myrcenem je v grafu 10.

Graf 10: Korelační závislost mezi obsahem silic a myrcenem na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.



5.2.2.1 Obsah silic

Hodnoty popisné statistiky obsahu silic jsou uvedeny v tabulce 23. Z tabulky je patrné, že nejvyšší průměrný obsah silic vykazuje novošlechtění 4975, a to 0,67 g ve 100 g sušiny chmele. Nižší průměrný obsah silic než Oswaldův klon 72 (ŽPČ), tj. 0,43 g/100 g, vykazují aromatické genotypy 4801 a 4979, a to 0,37, resp. 0,33 g/100g. Tento sledovaný znak vykazuje neobvykle vysokou variabilitu u všech hodnocených aromatických genotypů, nejvyšší variabilitu má novošlechtění 4799 ($V_k = 77,28\%$). Nejnižší variabilitu obsahu silic vykazuje aromatický genotyp 4980, a to 32,80 %.

Tabulka 23: Průměrný obsah silic (g/100 g) – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koef. (%)
ŽPČ	0,43	0,37	0,16	0,78	0,041	0,203	47,24
4799	0,59	0,38	0,12	1,32	0,207	0,455	77,28
4801	0,37	0,32	0,20	0,70	0,026	0,161	44,09
4975	0,67	0,55	0,19	1,08	0,096	0,309	46,34
4979	0,33	0,28	0,16	0,66	0,023	0,153	46,10
4980	0,59	0,51	0,37	0,92	0,037	0,193	32,80

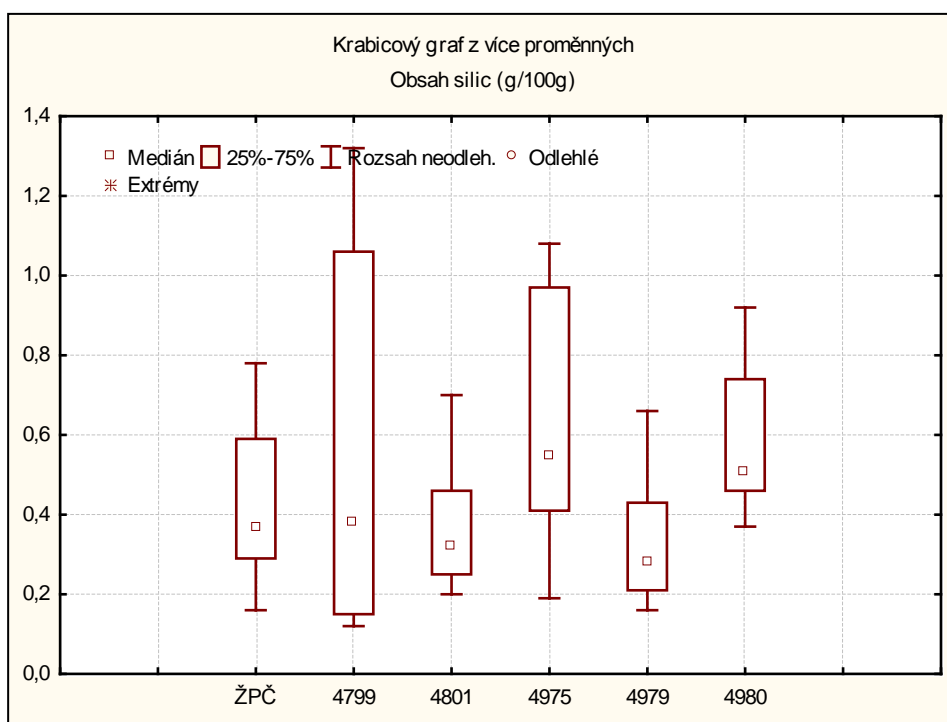
Z hlediska průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu silic je z tabulky 24 patrné, že Oswaldův klon 72 (ŽPČ) je statisticky odlišný od aromatického novošlechtění 4975 na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Statisticky neprůkazný rozdíl se ŽPČ vykazují aromatické genotypy 4799, 4801, 4975 a 4980.

Tabulka 24: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu silic u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	-	4799				
4801	-	-	4801			
4975	0,05	-	0,01	4975		
4979	-	-	-	0,01	4979	
4980	-	-	-	-	0,01	4980

Všechny uvedené výsledky jsou přehledně zpracované v krabicovém grafu 11, ze kterého je dobře patrný rozdíl v průměrném obsahu silic u aromatických genotypů a ŽPČ.

Graf 11: Průměrný obsah silic u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



5.2.2.2 Obsah farnesenu

V tabulce 25 jsou uvedeny průměrné obsahy farnesenu u ŽPČ a aromatických novošlechtění. Nejvyšší průměrný obsah farnesenu vykazuje aromatické novošlechtění 4980, a to 19,37 % relativních. Nejnižší průměrný obsah farnesenu vykazuje aromatické novošlechtění 4799, a to 13,02 % relativních. Obsah farnesenu má vyrovnanou variabilitu, ta se pohybuje v rozmezí 12,32–19,96 %. Nejnižší variabilitu vykazuje Osvaldův klon 72 (ŽPČ), a to 12,32 %. Nejvyšší variabilitu obsahu farnesenu vykazuje novošlechtění 4799 ($V_k = 19,96$ %).

Tabulka 25: Průměrný obsah farnesenu (% rel.) – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koef. (%)
ŽPČ	15,36	15,48	12,38	18,86	3,581	1,892	12,32
4799	13,02	13,40	9,12	16,96	6,756	2,599	19,96
4801	13,13	13,08	10,50	16,27	3,335	1,826	13,91
4975	16,87	16,30	12,57	22,12	7,408	2,722	16,13
4979	16,20	17,06	11,99	19,11	6,762	2,600	16,05
4980	19,37	19,25	14,20	24,14	11,146	3,339	17,24

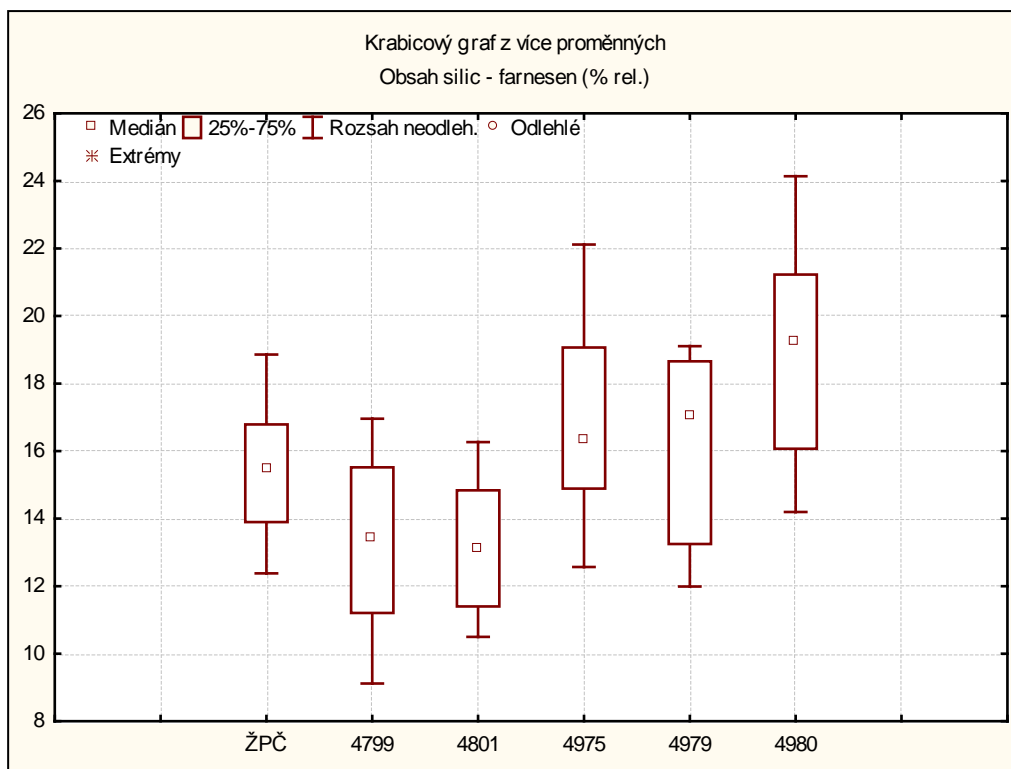
Z hlediska průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami farnesenu je z tabulky 26 patrné, že Osvaldův klon 72 (ŽPČ) je statisticky odlišný od aromatických novošlechtění 4799 a 4801 na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ a od novošlechtění 4980 je statisticky odlišný na hladině významnosti $\alpha = 0,01$. Statisticky neprůkazný rozdíl se ŽPČ vykazují aromatické genotypy 4975 a 4979.

Tabulka 26: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu farnesenu u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	0,05	4799				
4801	0,05	-	4801			
4975	-	0,01	0,01	4975		
4979	-	0,01	0,01	-	4979	
4980	0,01	0,01	0,01	-	0,05	4980

Všechny uvedené výsledky jsou přehledně zpracované v krabicovém grafu 12, ze kterého je dobře patrný rozdíl v průměrném obsahu farnesenu u aromatických genotypů a ŽPČ.

Graf 12: Průměrný obsah farnesenu u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



5.3 Mechanický rozbor hlávek

Průměrné hodnoty mechanických rozborů chmelových hlávek jsou uvedeny v tabulce 27. Nejvyšší průměrnou hmotnost 100 ks suchých hlávek vykazuje novošlechtění 4799, a to 16,44 gramů. Toto novošlechtění rovněž vykazuje nejvyšší průměrnou hmotnost 100 ks větének (2,04 gramů) a největší průměrný počet článků na věténku (21,06). Nejnižší průměrnou hmotnost 100 ks suchých hlávek vykazuje aromatický genotyp 4801, a to 10,35 gramů. Aromatický genotyp 4801 vykazuje také nejnižší průměrnou hmotnost 100 ks větének (1,30 gramů), nejmenší délku věténka (7,81 mm) a nejnižší těžkost (0,59 gramů), ale procentické zastoupení větének v hlávce vykazuje nejvyšší, a to 12,58 %. Odrůda Osvaldův klon 72 (ŽPČ) vykazuje nejvyšší průměrnou hustotu zalomení na věténku, a to 5,86 článků na 1 cm věténka. Aromatický genotyp 4980 vykazuje nejvyšší těžkost (0,91 gramů), tzn., že hlávka s věténkem dlouhým 100 mm by vážila 0,91 gramů.

Tabulka 27: Průměrné hodnoty mechanického rozboru hlávek u sledovaných genotypů a ŽPČ.

	Hmotnost hlávek (g)	Hmotnost větének (g)	Délka věténka (mm)	Počet článků	% větének	Hustota	Těžkost
ŽPČ	11,94	1,38	8,41	14,49	11,91	5,86	0,81
4799	16,44	2,04	9,25	21,06	12,48	4,47	0,77
4801	10,35	1,30	7,81	17,27	12,58	4,56	0,59
4975	14,86	1,48	8,75	17,71	10,06	4,99	0,85
4979	13,03	1,52	9,49	18,74	11,83	5,25	0,69
4980	14,80	1,55	8,90	16,33	10,15	5,61	0,91

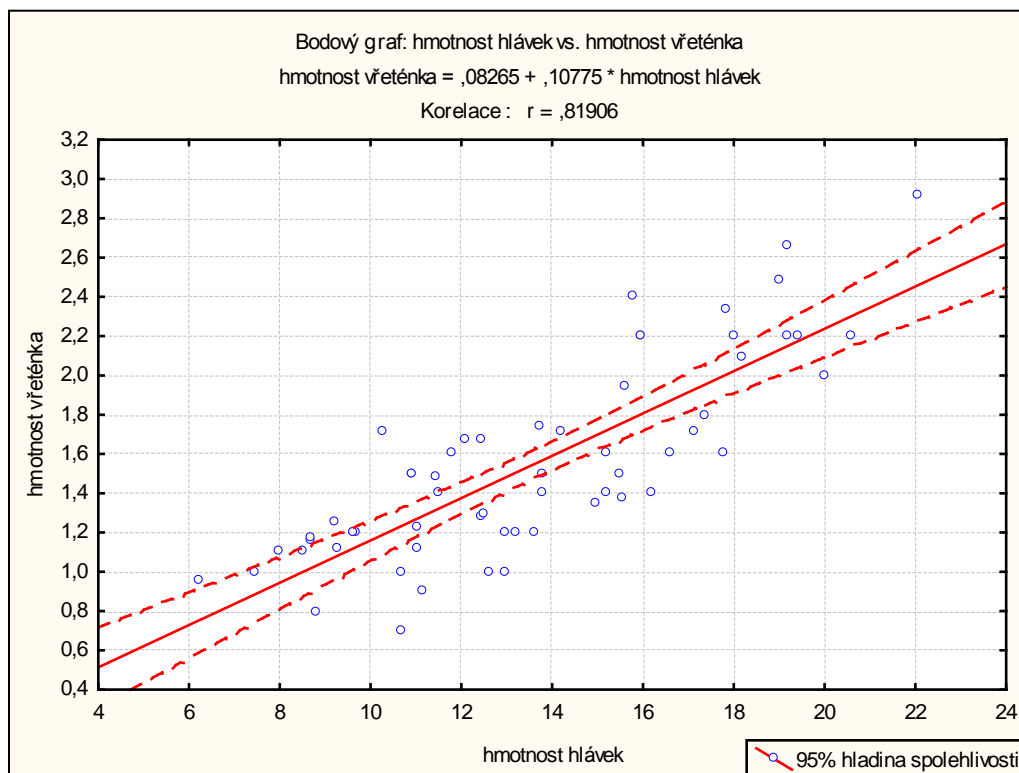
V tabulce 28 jsou uvedeny hodnoty korelačních koeficientů u složek mechanického rozboru chmelových hlávek, ze kterých je patrné, že nejtěsnější pozitivní korelace je mezi délkou věténka a hmotností věténka a hmotností hlávek a hmotností věténka, a to 0,82. Těsná negativní korelace je zřejmá mezi hustotou a délkou věténka (- 0,77).

Tabulka 28: Korelační závislost mezi složkami chemického rozboru chmelových silic – označené korelace jsou významné na hladině $\alpha = 0,05$.

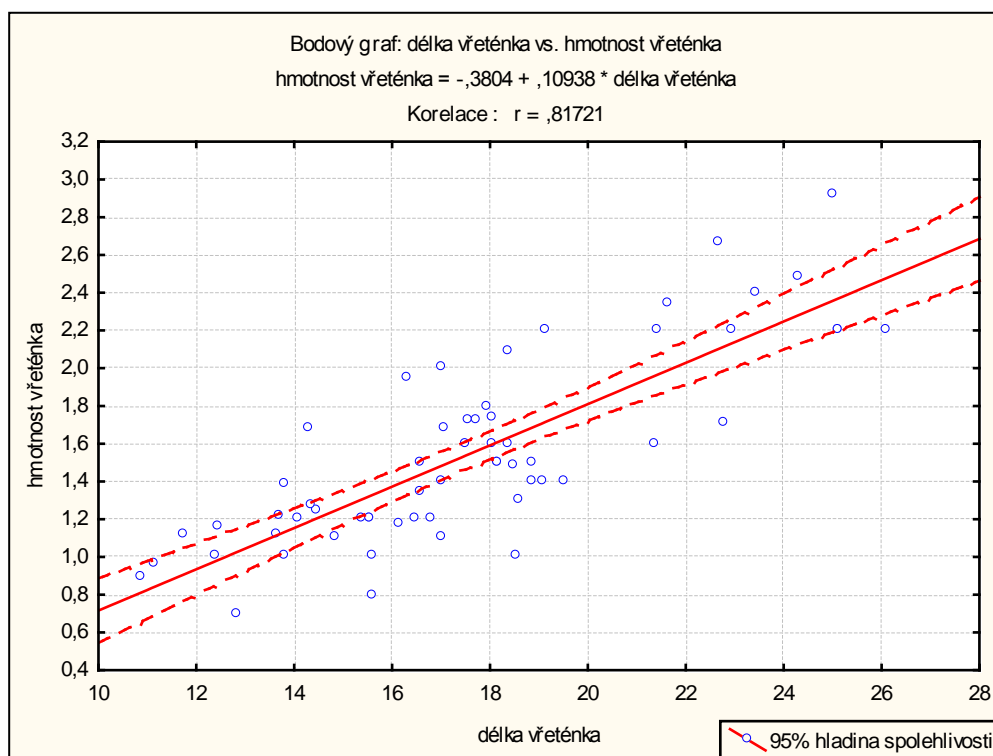
	délka vřeténka						
počet článků	0,64	počet článků					
hmotnost hlávek	0,73	0,64	hmotnost hlávek				
hmotnost vřeténka	0,82	0,69	0,82	hmotnost vřeténka			
% vřetének	0,22	0,14	-0,19	0,39	% vřetének		
hustota	-0,77	-0,04	-0,42	-0,49	-0,18	hustota	
těžkost	-0,09	0,12	0,55	0,17	-0,55	0,22	těžkost

Grafické vyjádření nejtěsnějšího pozitivního korelačního koeficientu mezi délkou vřeténka a hmotností vřeténka a hmotností hlávek a hmotností vřeténka je v grafech 13 a 14.

Graf 13: Korelační závislost mezi hmotností hlávek a hmotností vřeténka na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.



Graf 14: Korelační závislost mezi délkou věténka a hmotností věténka na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.



5.3.1 Průměrná hmotnost 100 ks suchých hlávek

Průměrné hmotnosti 100 kusů suchých hlávek jsou současně s hodnotami popisné statistiky uvedeny v tabulce 29. Z tabulky je patrné, že nejvyšší průměrnou hmotnost 100 kusů hlávek vykazuje novošlechtění 4799, a to 16,44 gramů. Nejnižší průměrnou hmotnost hlávek vykazuje novošlechtění 4801 (10,35 gramů). Ostatní aromatická novošlechtění 4975, 4979 a 4980 vykazují vyšší průměrnou hmotnost 100 kusů suchých hlávek než odrůda Osvaldův klon 72 (ŽPČ). Nejnižší variabilitu u tohoto sledovaného znaku vykazuje genotyp 4975 ($V_k = 18,56\%$). Nejvyšší variabilitu průměrné hmotnosti hlávek má ŽPČ, a to 29,19 %.

Tabulka 29: Průměrná hmotnost 100 ks suchých hlávek (g) – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koef. (%)
ŽPČ	11,94	11,75	6,24	18,20	12,144	3,485	29,19
4799	16,44	17,91	10,28	22,04	15,319	3,914	23,82
4801	10,35	9,85	7,44	15,80	6,800	2,607	25,18
4975	14,86	14,39	11,44	20,00	7,607	2,758	18,56
4979	13,03	13,65	9,30	16,60	10,366	3,220	24,72
4980	14,80	14,51	10,68	20,60	12,230	3,497	23,63

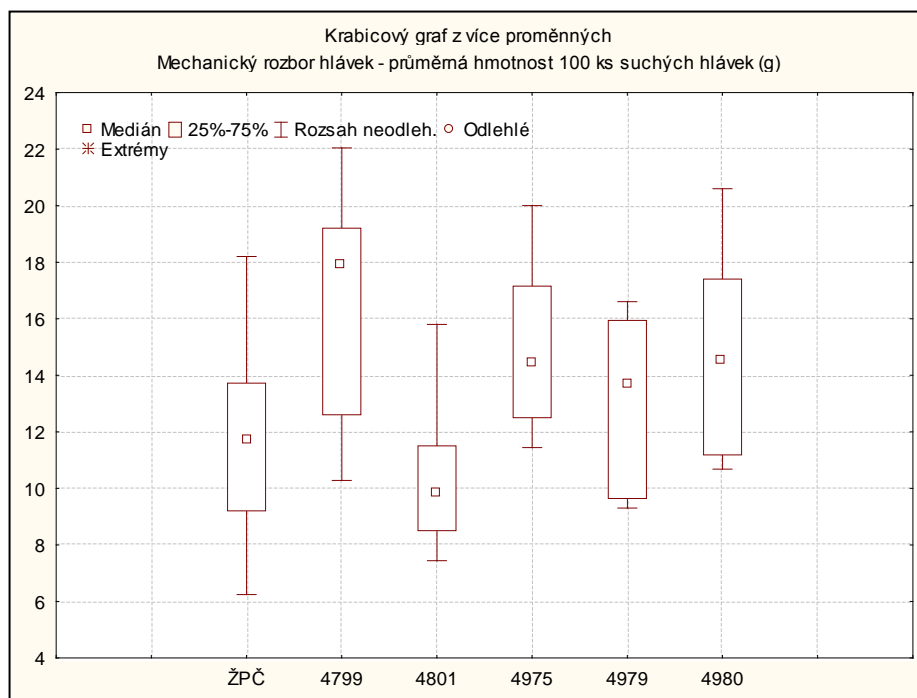
Z hlediska průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami hmotnosti 100 kusů suchých hlávek je z tabulky 30 patrné, že Osvaldův klon 72 (ŽPČ) je statisticky odlišný pouze od aromatického novošlechtění 4799, a to na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Statisticky neprůkazný rozdíl se ŽPČ vykazují aromatické genotypy 4801, 4975, 4979 a 4980.

Tabulka 30: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami hmotnosti 100 kusů suchých hlávek u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	0,05	4799				
4801	-	0,01	4801			
4975	-	-	0,01	4975		
4979	-	0,05	-	-	4979	
4980	-	-	0,01	-	-	4980

Všechny uvedené výsledky jsou přehledně zpracované v krabicovém grafu 15, ze kterého je dobře patrný rozdíl v průměrných hmotnostech 100 kusů suchých hlávek u aromatických genotypů a ŽPČ.

Graf 15: Průměrná hmotnost 100 kusů suchých hlávek u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



5.3.2 Průměrná hmotnost 100 ks vřetének

Průměrné hmotnosti 100 kusů vřetének jsou současně s hodnotami popisné statistiky uvedeny v tabulce 31. Z tabulky je patrné, že nejvyšší průměrnou hmotnost 100 kusů vřetének vykazuje novošlechtění 4799, a to 2,04 gramů. Nejnižší průměrnou hmotnost hlávek vykazuje novošlechtění 4801 (1,30 gramů). Ostatní aromatická novošlechtění 4975, 4979 a 4980 vykazují větší průměrnou hmotnost 100 kusů vřetének než odrůda Oswaldův klon 72 (ŽPČ). Nejnižší variabilitu u tohoto sledovaného znaku vykazuje genotyp 4975 ($V_k = 16,10\%$). Nejvyšší variabilitu průměrné hmotnosti 100 vřetének vykazuje aromatický genotyp 4980, a to 39,93 %.

Tabulka 31: Průměrná hmotnost 100 ks vřetének (g) – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koef. (%)
ŽPČ	1,38	1,24	0,96	2,09	0,121	0,348	25,23
4799	2,04	2,20	1,00	2,92	0,291	0,539	26,45
4801	1,30	1,14	0,80	2,40	0,203	0,450	34,74
4975	1,48	1,44	1,20	2,00	0,057	0,239	16,10
4979	1,52	1,40	1,12	2,20	0,161	0,402	26,43
4980	1,55	1,55	0,70	2,66	0,384	0,619	39,93

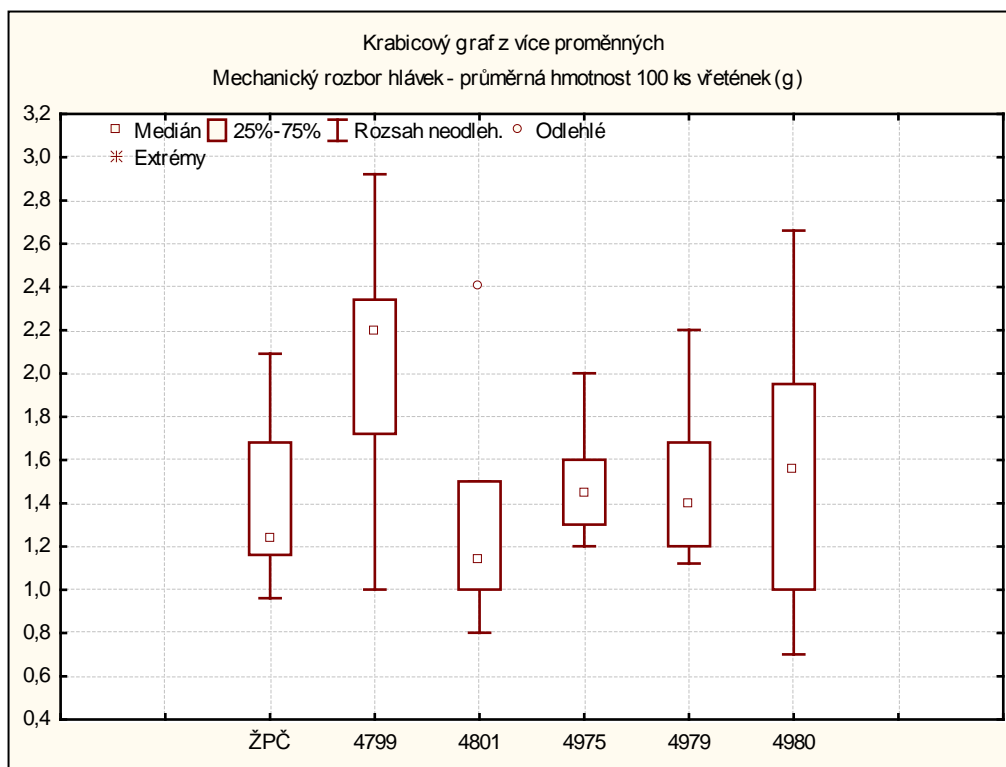
Z hlediska průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami hmotnosti 100 kusů vřetének je z tabulky 32 patrné, že Oswaldův klon 72 (ŽPČ) je statisticky odlišný pouze od aromatického novošlechtění 4799, a to na hladině významnosti $\alpha = 0,01$. Statisticky neprůkazný rozdíl se ŽPČ vykazují aromatické genotypy 4801, 4975, 4979 a 4980. Aromatický genotyp 4799 je s 95% pravděpodobností odlišný od genotypu 4979 a s 99% pravděpodobností odlišný od aromatických genotypů 4801 a 4975.

Tabulka 32: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami hmotnosti 100 kusů vřetének u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	0,01	4799				
4801	-	0,01	4801			
4975	-	0,01	0,01	4975		
4979	-	0,05	-	-	4979	
4980	-	-	-	-	-	4980

Všechny uvedené výsledky jsou přehledně zpracované v krabicovém grafu 16, ze kterého je dobře patrný rozdíl v průměrných hmotnostech 100 kusů vřetének u aromatických genotypů a ŽPČ. U genotypu 4801 byla zjištěna jedna odlehlá hodnota v tomto znaku.

Graf 16: Průměrná hmotnost 100 kusů vřetének u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



5.3.3 Průměrná délka vřeténka

V tabulce 33 jsou uvedeny průměrné hodnoty délky vřeténka u aromatických genotypů a ŽPČ s hodnotami popisné statistiky. Všechna aromatická novošlechtění mají větší průměrnou délku vřeténka než odrůda Osvaldův klon 72 (ŽPČ), který vykazuje průměrnou délku vřeténka 14,49 milimetrů. Největší průměrnou délku vřeténka vykazuje novošlechtění 4799, a to 21,06 milimetrů. V tomto sledovaném znaku vykazují všechny genotypy včetně ŽPČ vyrovnanou variabilitu v rozmezí od 14,05 do 21,75 %. Nejnižší variabilitu v průměrné délce vřeténka vykazuje genotyp 4975 ($V_k = 14,05 \%$).

Tabulka 33: Průměrná délka věténka (mm) – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koef. (%)
ŽPČ	14,49	14,08	11,16	18,39	6,338	2,518	17,37
4799	21,06	21,53	15,58	26,10	12,917	3,594	17,07
4801	17,57	17,03	13,82	23,44	7,030	2,651	15,35
4975	17,71	18,01	14,08	22,76	6,195	2,489	14,05
4979	18,74	18,07	13,62	25,12	16,603	4,075	21,75
4980	16,33	16,54	10,88	22,66	12,310	3,509	21,49

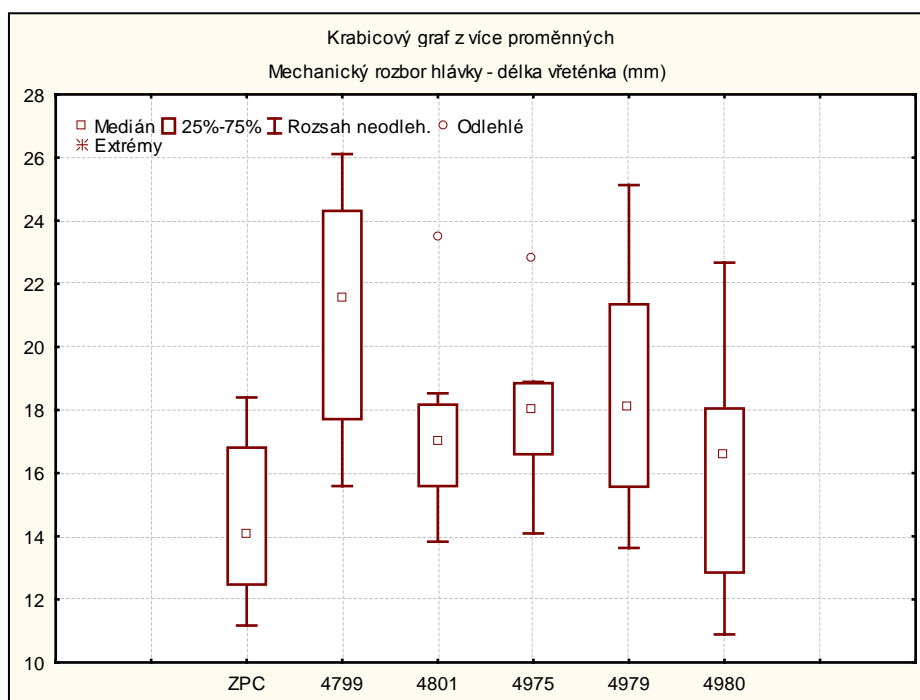
Z hlediska průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami délky věténka je z tabulky 34 patrné, že Osvaldův klon 72 (ŽPČ) je statisticky odlišný od aromatického novošlechtění 4799, a to na hladině významnosti $\alpha = 0,01$. S 95% pravděpodobností je Osvaldův klon 72 (ŽPČ) statisticky odlišný v průměrné délce věténka od genotypů 4801, 4975 a 4979. Statisticky neprůkazný rozdíl se ŽPČ vykazuje s aromatickým genotypem 4980.

Tabulka 34: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami délky věténka u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	0,01	4799				
4801	0,05	0,05	4801			
4975	0,05	0,05	-	4975		
4979	0,05	-	-	-	4979	
4980	-	0,01	-	-	-	4980

Všechny uvedené výsledky jsou přehledně zpracované v krabicovém grafu 17, ze kterého je dobře patrný rozdíl v průměrných délkách větének u aromatických genotypů a ŽPČ. U genotypů 4801 a 4975 byla zjištěna jedna odlehlá hodnota v tomto znaku.

Graf 17: Průměrná délka větének u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



5.3.4 Průměrná hustota zalomení věténka

V tabulce 35 jsou uvedeny průměrné hodnoty hustoty zalomení věténka u aromatických genotypů a ŽPČ s hodnotami popisné statistiky. Odrůda Osvaldův klon 72 (ŽPČ) vykazuje nejvyšší průměrnou hustotu zalomení věténka, a to 5,86. Nejmenší průměrnou hustotu zalomení věténka vykazuje aromatické novošlechtění 4799, a to 4,47. V tomto sledovaném znaku vykazují všechny genotypy včetně ŽPČ vyrovnanou variabilitu v rozmezí od 12,22 do 16,79 %. Nejnižší variabilitu v průměrné délce věténka vykazuje genotyp 4975 ($V_k = 12,22$ %).

Tabulka 35: Průměrná hustota zalomení věténka – popisná statistika.

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koef. (%)
ŽPČ	5,86	5,77	4,75	7,00	0,525	0,725	12,36
4799	4,47	4,31	3,58	5,41	0,456	0,675	15,09
4801	4,56	4,32	3,98	5,81	0,361	0,601	13,17
4975	4,99	4,88	4,23	5,98	0,372	0,610	12,22
4979	5,25	4,96	4,36	7,20	0,776	0,881	16,79
4980	5,61	5,20	4,52	7,03	0,864	0,929	16,56

Z hlediska průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami hustoty zalomení věténka je z tabulky 36 patrné, že Osvaldův klon 72 (ŽPČ) je statisticky odlišný od

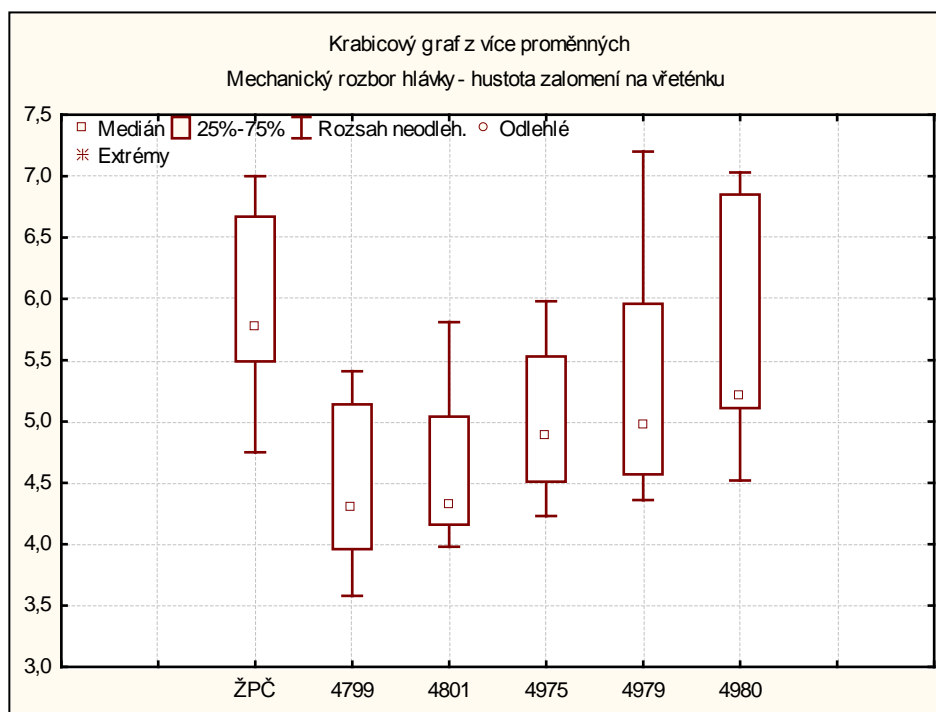
aromatických novošlechtění 4799, 4801 a 4975, a to na hladině významnosti $\alpha = 0,01$. S 99% pravděpodobností je genotyp 4980 statisticky odlišný v průměrné hustotě zalomení vřeténka od genotypů 4799 a 4801. Statisticky neprůkazný rozdíl se ŽPČ vykazuje s aromatickým genotypem 4979 a 4980.

Tabulka 36: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami hustoty zalomení vřeténka u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

	ŽPČ					
4799	0,01	4799				
4801	0,01	-	4801			
4975	0,01	-	-	4975		
4979	-	0,05	-	-	4979	
4980	-	0,01	0,01	-	-	4980

Všechny uvedené výsledky jsou přehledně zpracované v krabicovém grafu 18, ze kterého je dobře patrný rozdíl v hustotě zalomení vřetének u aromatických genotypů a ŽPČ.

Graf 18: Průměrná hustota zalomení vřeténka u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).



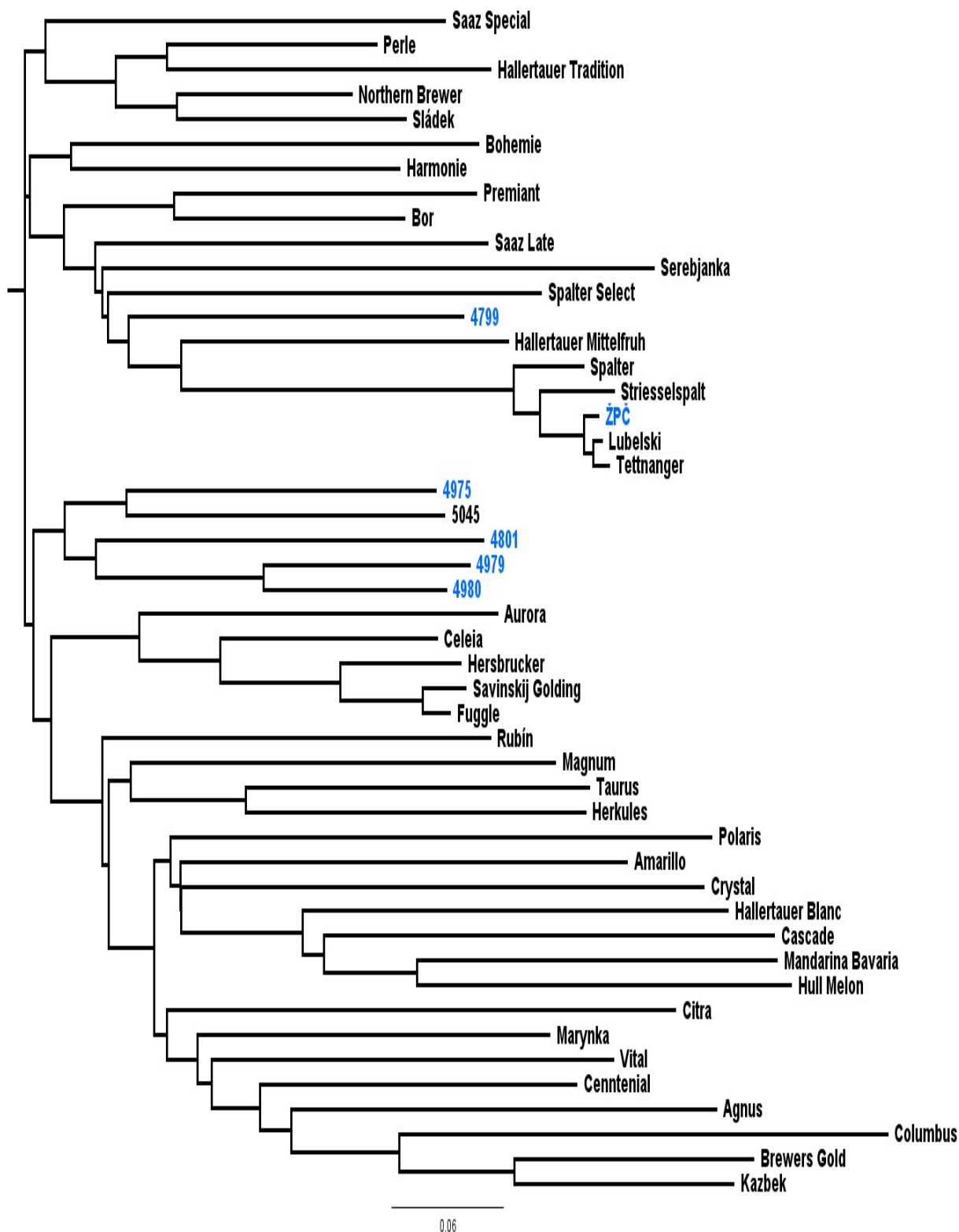
5.4 Molekulárně-genetická analýza

Na obrázku 2 je dendrogram vytvořený ze čtyřiceti třech světových i českých převážně aromatických odrůd a hodnocených pěti genotypů 4799, 4801, 4975, 4979 a 4980. Pro vytvoření dendrogramu bylo v analýzách použito 270 markerů. Označení markerů i s výsledky přítomnosti jednotlivých alel jsou uvedeny v příloze.

Z dendrogramu je patrné, že všechny aromatické genotypy se rozdělují do čtyř odlišných skupin. Do jedné skupiny se řadí genotypy, které mají v původu Northern Brewer a Hallertauer Tradition. Do druhé skupiny se na základě genetických analýz řadí ŽPČ společně s českými aromatickými odrůdami a hodnoceným genotypem 4799, který je geneticky nejbližší ŽPČ. Do třetí skupiny patří aromatické genotypy 4801, 4975, 4979 a 4980, které jsou od ŽPČ vzdálenější, ale nacházejí se mezi všemi aromatickými odrůdami. Nejbližší příbuznost vykazují k aromatickým odrůdám Aurora, Celeia, Hersbrucker, Savinskij Golding a Fuggle, které tvoří čtvrtou skupinu aromatických odrůd.

Samostatnou skupinu tvoří vysokoobsažné chmele, které se rozdělují na tři skupiny. V jedné jsou společně s americkou odrůdou Columbus odrůdy Agnus, Vital, Kazbek. Ve druhé skupině je stará americká odrůda Cascade, společně s novými „flavour hops“ odrůdami. Třetí skupinu tvoří německé vysokoobsažné chmele s odrůdou Agnus.

Obrázek 5: Dendrogram genetických vzdáleností 43 světových odrůd chmele a hodnocených genotypů.



5.5 Senzorické hodnocení piva

V tabulce 37 jsou uvedeny průměrné bodové hodnoty sensorického hodnocení piva uvařeného z aromatických novošlechtění a ŽPČ. Všechna aromatická novošlechtění vykazují vyšší průměrné bodové hodnocení u položky říz než porovnávaná odrůda ŽPČ (2,62). U položky plnost vykazuje ŽPČ průměrné bodové hodnocení 2,70, aromatické genotypy 4799, 4801, 4975 a 4979 vykazují stejné nebo vyšší bodové hodnocení, pouze genotyp 4980 má nižší bodové hodnocení (2,62). Nejnižší průměrné bodové hodnocení hořkosti vykazuje aromatický genotyp 4975 (2,66), všechny ostatní genotypy mají průměrné bodové hodnocení hořkosti od 2,80 do 2,98 bodů. Nejnižší průměrné bodové hodnocení u položky trpkost vykazuje aromatický genotyp 4980, a to 1,22 bodů, naopak nejvyšší bodové hodnocení u této položky vykazuje genotyp 4801 (1,60 bodů). Nejnižší průměrné bodové hodnocení u položek sladkost a kyselost vykazuje aromatický genotyp 4975, a to 1,44, resp. 1,22 bodů.

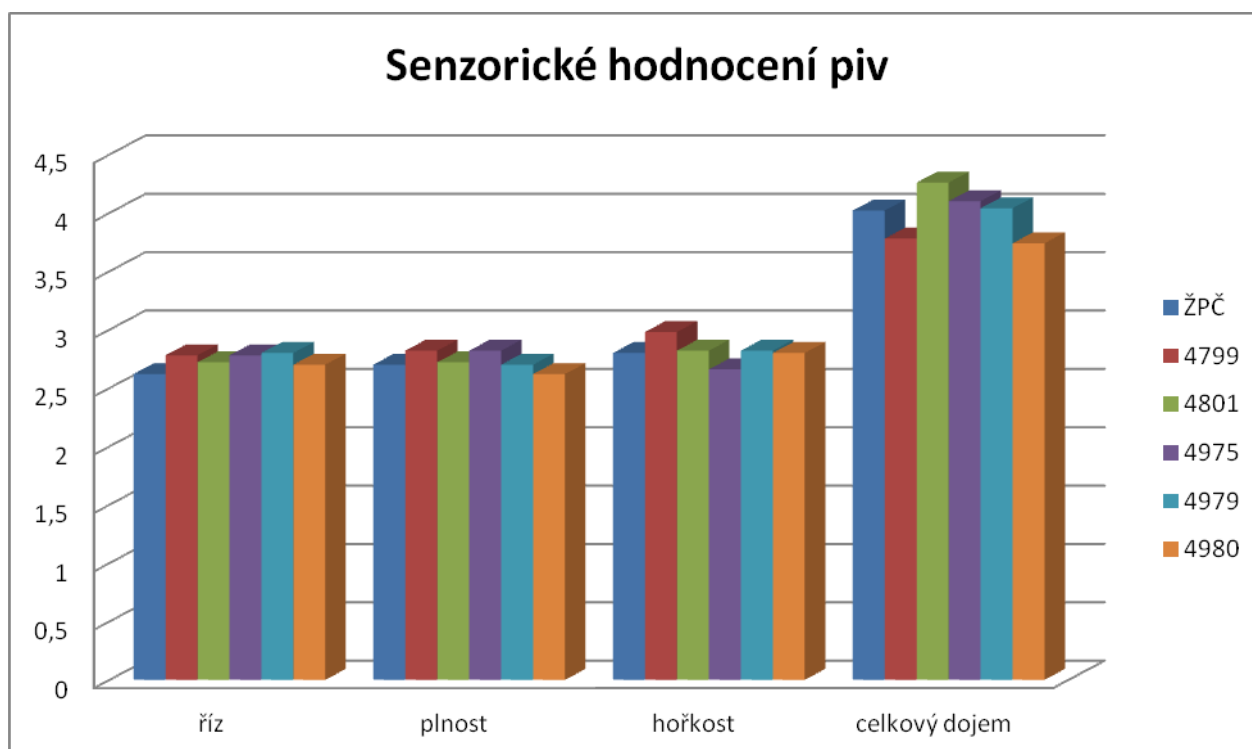
Nejdůležitější položkou sensorického hodnocení piva je celkový dojem. Průměrné bodové hodnoty celkového dojmu vykazují hodnocené genotypy v rozmezí od 3,74 do 4,26 bodů.

Tabulka 37: Průměrné hodnoty sensorického hodnocení piva uvařeného ze sledovaných genotypů a ŽPČ – bodové hodnocení.

	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
Říz	2,62	2,78	2,72	2,78	2,80	2,70
Plnost	2,70	2,82	2,72	2,82	2,70	2,62
Hořkost	2,80	2,98	2,82	2,66	2,82	2,80
Trpkost	1,28	1,28	1,60	1,34	1,56	1,22
Sladkost	1,68	1,48	1,64	1,44	1,60	1,48
Kyselost	1,36	1,36	1,38	1,22	1,60	1,32
Chmelová	0,76	0,94	0,62	0,68	1,32	0,92
Ovocná/esterová	1,90	1,76	1,80	1,80	1,38	1,54
Celkový dojem	4,02	3,78	4,26	4,10	4,04	3,74

Z grafu 19 je dobře patrné, že výsledky sensorického hodnocení piv uvařených z hodnocených aromatických genotypů a ŽPČ jsou si velmi podobné ve všech sledovaných položkách sensorického hodnocení. Piva uvařená z aromatických genotypů 4799 a 4980 vykazují nepatrně horší celkový dojem než piva uvařená ze ŽPČ a genotypů 4801, 4975 a 4979.

Graf 19: Průměrné bodové hodnocení u položek sensorického hodnocení piva.



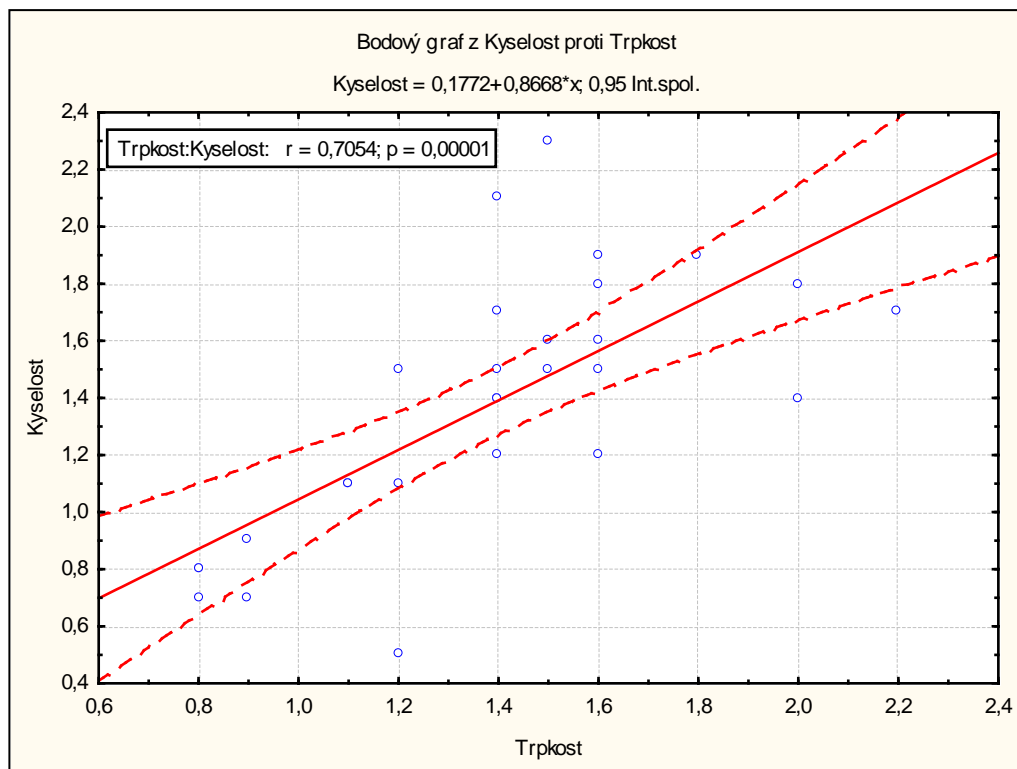
V tabulce 38 jsou uvedeny hodnoty korelačních koeficientů u položek sensorického hodnocení piv, ze kterých je patrné, že nejtěsnější pozitivní korelace je mezi položkami trpkost a kyselost, a to 0,77.

Tabulka 38: Korelační závislost mezi složkami sensorického hodnocení piva – označené korelace jsou významné na hladině $\alpha = 0,05$.

	Plnost							
Říz	0,20	Říz						
Hořkost	0,48	0,08	Hořkost					
Trpkost	-0,32	0,26	-0,32	Trpkost				
Sladkost	-0,57	-0,42	-0,36	0,32	Sladkost			
Kyselost	-0,26	0,17	-0,41	0,77	0,25	Kyselost		
Chmelová	0,37	0,13	0,07	0,14	-0,19	0,48	Chmelová	
Ovocná	-0,27	-0,16	-0,41	0,11	0,30	0,09	-0,44	Ovocná
Celkový dojem	-0,31	-0,21	-0,09	0,20	0,59	-0,10	-0,41	0,24

Grafické vyjádření nejtěsnějšího pozitivního korelačního koeficientu mezi položkami sensorického hodnocení piva trpkost a kyselost je v grafu 20.

Graf 20: Korelační závislost mezi trpkostí a kyselostí piva na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.



6 DISKUZE

Tvorba nové odrůdy je velmi náročná a dlouhodobá činnost. Předpoklad vzniku a zachycení hospodářsky využitelných somatických mutací je velmi malý. V České republice je od roku 1996 základní metodou šlechtění chmele metoda křížení. Nesvadba (2012) uvádí, že je tato metoda velmi komplikovaná, protože chmel je dvoudomá rostlina. Samčí genotyp netvoří chmelové hlávky, proto vstupuje do křížení jako téměř neznámý opylovač. Naše výsledky ukazují na vhodné použití jak Žateckého poloraného červeňáku, tak i zahraničních aromatických odrůd (Serebjanka, Hallertauer Tradition) ke křížení s vhodnými samčími genotypy, které mají v původu též ŽPČ. Jako nejvhodnější samčí genotyp s původem ŽPČ je používán při křížení samec z Liběšic. Kříženci ukazují na širokou rozmanitost důležitých technologických vlastností. Všechny hodnocené genotypy dokládají skutečnost, že si zachovávají některé vlastnosti Žateckého poloraného červeňáku při dosažení vyšších výnosů.

U klasických jemných aromatických odrůd (Žatecký poloraný červeňák, Tettngang, Spalt) je v uplynulých zhruba 15 až 25 letech zaznamenán postupný pokles výkonnosti. Obsah chmelových pryskyřic je nestabilní, podléhá silným výkyvům a postupně klesá. Úsilí šlechtitelů je proto zcela logicky zaměřeno na šlechtění nových aromatických odrůd hybridního původu, které by si při vyšším výnosu a obsahu pryskyřic zachovaly co nejvíce znaků původních jemných aromatických odrůd (Krofta *et al.*, 1996). Zastavit pokles a stabilizovat obsah chmelových pryskyřic při zachování dalších vlastností se podařilo vhodným výběrem rodičovských komponentů i výběrem odpovídajících kříženců. Aromatické genotypy 4975 a 4980 již tento požadavek splňují, při průměrném obsahu alfa hořkých kyselin 5,12, resp. 4,85 % hmotnostních, vykazují nejnižší variabilitu ze všech hodnocených genotypů.

V 90. letech minulého století se v pivovarech výrazně prosadily vysokoobsažné chmele s vysokým obsahem chmelových pryskyřic, zejména alfa hořkých kyselin, zpravidla ve formě extraktu. V posledních několika letech došlo společně s celosvětovým rozvojem minipivovarů a vařením speciálních piv i k potřebě nových aromatických i „flavour hops“ odrůd chmele. Aromatická novošlechtění hodnocená v diplomové práci jsou v současné době v registračním řízení ÚKZÚZ. Z dosažených výsledků vyplývá, že základní požadavek na novou aromatickou odrůdu s kvalitativními parametry ŽPČ, ale průkazně vyšším výnosem splňují téměř všechny hodnocené genotypy. Tento požadavek nesplňuje jediný genotyp 4799, který dosahuje stejných průměrných výnosů jako ŽPČ. Nejvyšší průměrný výnos v obou letech sledování vykázal aromatický genotyp 4801 (2,77 kg čerstvého chmele).

Výnos je v jednotlivých letech ovlivňován především klimatickými podmínkami. Podle Kopeckého *et* Ježka (2008) dosahuje chmel nejvyšších výnosů v letech, kdy celková suma srážek za vegetaci je nad 200 mm, a to ve fázi dlouhivého růstu 120–170 mm a ve fázi květu a tvorby hlávek 100 mm. Toto tvrzení se nepotvrdilo, protože i přesto, že celková suma srážek za vegetaci v roce 2015 byla 331,8 mm, výnos byl průměrný. Větší vliv na výnos bude mít rozložení srážek než jejich úhrn. Výnos je ovlivněn i sumou teplot v období vegetace. Kopecký *et* Ježek (2008) uvádějí, že vysoké výnosy z hlediska průběhu teplot jsou dosaženy v ročnících, kdy v období měsíců od dubna do června je suma teplot v rozmezí 1 150–1 280 °C, nižších výnosů je dosahováno při sumě teplot vyšší než 1 350 °C. I v tomto případě se toto tvrzení nepotvrdilo, protože ačkoliv teploty v období od dubna do června byly normální, vyšší výnosu ovlivnily vyšší teploty v průběhu měsíce července a srpna, kdy bylo zaznamenáno 25 tropických dní, tj. dní kdy denní maximální teplota byla vyšší než 30 °C. Krofta *et al.* (2010) uvádějí, že dlouhotrvající vedra v červenci a srpnu mají nepříznivý dopad na výnos chmele.

Pejml (1971) uvádí, že srážky mají na výnosové parametry větší vliv než teplota. Vyšší teploty se příznivě projevují na výnosech chmele, ale jen v letech s dostatečným množstvím srážek. Naopak v teplých, ale suchých letech je nutno počítat s výnosy minimálními. Toto tvrzení bylo potvrzeno v roce 2015, kdy snížení výnosu zapříčinily tropické teploty a sucho v období kvetení a tvorby hlávek. Průměrný hektarový výnos chmele v České republice byl v roce 2014 1,39 t suchého chmele, oproti tomu v roce 2015 pouze 1,05 t chmele, což je o 32 % méně. Nízký výnos chmele nebyl patrný pouze v ČR, ale i v celé Evropě, kde byl hektarový výnos v roce 2015 (1,49 t) nižší o 35 % než v roce 2014 (2,01 t). V Německu byl průměrný hektarový výnos chmele v roce 2015 1,69 t suchého chmele, ale v roce předcházejícím to bylo 2,39 t chmele (Hopsteiner, 2015). U hodnocených genotypů byl výnos v roce 2015 o 13 až 22 % nižší než v roce 2014. Pouze genotyp 4799 měl vyšší výnos o 17 % v roce 2015 než v roce 2014. U kontrolní odrůdy Osvaldův klon 72 (ŽPČ) nebyl ve sledovaných letech zjištěn rozdíl ve výnosu.

De Keukeleire (2000) uvádí, že obsah hořkých kyselin v chmelových hlávkách závisí především na odrůdě, ale i na klimatických podmínkách, v jakých chmel roste. Pro pivovarské využití mají prvořadý význam alfa hořké kyseliny, jejich obsah je ovlivněn délkou dozrání a intenzitou osvětlení (Peacock, 1998). Nejvyšší průměrný obsah alfa hořkých kyselin ve sledovaných letech vykázal genotyp 4975 (5,12 % hm.) a zároveň v tomto znaku vykázal i nízkou variabilitu, z čehož je zřejmé, že si zachovává stabilní obsah alfa hořkých kyselin i v klimaticky nepříznivých letech.

K hořkosti piva přispívají beta kyseliny, které se ve chmelu nachází ve směsi analogů, z nichž nejvýznamnější jsou kolupulon, lupulin a adlupulon. Významnými oxidačními produkty transformace beta kyselin jsou hulupony, které vykazují krátce doznívající, mírnou hořkost (Krofta *et* Mikyška, 2016). Nejvyšší průměrný obsah beta kyselin má z hodnocených aromatických genotypů 4975 (6,85 % hm.). Krofta *et* Patzak (2011) uvádějí, že při stanovení obsahu hořkých kyselin jsou nejstabilnějšími parametry zastoupení kohumulonu a kolupulonu. Toto tvrzení bylo potvrzeno, všechny hodnocené aromatické genotypy i kontrolní odrůda Osvaldův klon 72 vykázaly v obsahu hořkých látek ve složce kohumulon a kolupulon velmi nízkou variabilitu (3,72–15,61 %). Z toho je možné usuzovat, že tyto znaky jsou podmíněny geneticky a nejsou ovlivněny prostředím.

Vyrovnaným poměrem alfa a beta hořkých kyselin se vyznačují aromatické chmele. Žatecký jemně aromatický chmel je charakteristický poměrem alfa hořkých kyselin k beta-frazi přibližně 1,0 : 1,5 (Čepička, 1991). Všechna hodnocená novošlechtění mají velmi vyrovnaný poměr, a to od 0,52 (4979) do 1,39 (4980).

Významným znakem ŽPČ je jemná a ušlechtilá chmelová vůně, která je dána jedinečnou skladbou chmelových silic. Kammhuber (2015) uvádí, že celkový obsah silic a jejich složení silně závisí na době sklizně. Skladba složek chmelových silic jemně aromatických odrůd se vyznačuje poměrně nízkým obsahem myrcenu a významným obsahem farnesenu, a to 15–20 % relativních (Nesvadba *et al.*, 2012b). U hodnocených aromatických genotypů v diplomové práci se potvrdilo tvrzení o obsahu farnesenu, kdy hodnocené genotypy vykazovaly průměrný obsah farnesenu v rozmezí od 13,02 do 19,37 % relativních.

Během dozrávání se obsah myrcenu zvyšuje více než ostatní složky silic (Kammhuber, 2015). De Keukeleire (2000) uvádí, že aromatické odrůdy mají vyšší obsah humulonu než myrcenu. Vyšší obsah humulonu než myrcenu mají hodnocené genotypy 4799, 4801, 4979, 4980 a kontrolní odrůda Osvaldův klon 72. Pouze genotyp 4975 vykazuje vyšší průměrný obsah myrcenu (22,82 % rel.) než humulonu (4,74 % rel.).

Mechanický rozbor chmelových hlávek slouží pro stanovení odrůdové odlišnosti a pro charakterizaci odrůd. Vent *et al.* (1963) uvádí, že čím je menší procento větének v hmotnosti hlávek, tím je chmel cennější a ušlechtlejší, poněvadž věténko je jemnější a větší podíl připadá na listeny a listence. U hodnocených genotypů se pohybuje procento větének v hmotnosti hlávky od 10,06 do 12,58 %. Polončíková (2006) uvádí rozmezí procentického zastoupení věténka v hlávce u klonů Žateckého poloraného červeňáku od 12,23 do 15,84 %. Krofta *et* Patzak (2011) uvádějí, že nejspolehlivějším postupem pro molekulárně-genetickou charakterizaci genotypů chmele a hodnocení jejich variability a biodiverzity je metoda SSR

(jednoduché sekvenční repatice). Mnoho SSR markerů pro chmel již bylo specifikováno (Hadonou *et al.*, 2004, Jakse *et al.*, 2008, Štajner *et al.*, 2005). Patzak (2011) uvádí, že připravil účinný SSR markerovací systém pro genotypizaci českých odrůd chmele. Všechna aromatická novošlechtění hodnocená v diplomové práci jsou na základě genetických analýz metodou SSR odlišitelná od českých i světových aromatických odrůd chmele.

Ze senzoričského hodnocení piva vyplynulo, že pivo uvařené z aromatických genotypů je srovnatelné s pivem z kontrolní odrůdy Osvaldův klon 72. Myslím si, že pivařským laikům by piva z nové aromatické odrůdy mohla chutnat a pivovarským odborníkům by nová odrůda rozšířila sortiment aromatických odrůd, při zachování stávající technologie vaření piva.

Stanovisko k výzkumným hypotézám

Hypotéza 1

Hodnocené aromatické genotypy budou vykazovat průkazně vyšší výnos než registrovaná aromatická odrůda Žatecký poloraný červeňák.

Hypotéza potvrzena – hodnocené aromatické genotypy 4801, 4975, 4979 a 4980 prokazatelně vykazují vyšší průměrný výnos než registrovaná odrůda Osvaldův klon 72.

Hypotéza 2

Hodnocené aromatické genotypy budou průkazně vykazovat odlišné morfologické a genetické znaky než odrůda Žatecký poloraný červeňák.

Vyjádření ke genetickým znakům:

Hypotéza potvrzena – všechny hodnocené aromatické genotypy jsou pomocí molekulárně-genetických markerů odlišitelné mezi sebou i mezi všemi českými i světovými odrůdami.

Vyjádření k morfologickým znakům:

Hypotéza nepotvrzena – z hlediska mechanického rozboru nevykazují hodnocená novošlechtění statisticky průkazný rozdíl ve sledovaných znacích mechanického rozboru hlávky. Pouze genotyp 4799 se prokazatelně liší od odrůdy Osvaldův klon 72, a to v průměrné hmotnosti 100 kusů hlávek i větének a v počtu článků na věténku.

Hypotéza 3

Kvalita hlávek z hlediska chemického složení bude srovnatelná s kvalitou jemné aromatické odrůdy Žatecký poloraný červeňák.

Hypotéza potvrzena – hodnocené genotypy mají velmi podobné chemické složení jako ŽPČ. Vykazují vyrovnaný poměr mezi alfa a beta kyselinami. Obsah farnesenu je rovněž velmi obdobný jako u všech klonů Žateckého poloraného červeňáku.

7 ZÁVĚR

Tradiční česká chmelová odrůda Žatecký poloraný červeňák je považována v pivovarnictví za nejkvalitnější surovinu pro výrobu piva. Z důvodu nestability výnosu a obsahu hořkých kyselin a silic je v současné době snaha o vyšlechtění nové aromatické odrůdy, která by měla kvalitativní parametry Žateckého poloraného červeňáku, ale vyšší výnosový potenciál i vyšší obsah alfa hořkých kyselin.

Cílem diplomové práce bylo na základě produkčních ukazatelů, chemických a genetických analýz posoudit nově vyšlechtěné aromatické genotypy a vybrat ty, které by vykazovaly srovnatelné, nebo i lepší kvalitativní a kvantitativní parametry než registrovaná odrůda Žatecký poloraný červeňák. Na základě hodnocení aromatických genotypů v kontrolní školce Chmelařského institutu byly vybrány do registračních zkoušek ÚKZÚZ nadějně aromatické genotypy, které se hodnotily v rámci diplomové práce. Data, která byla získána ve sledovaných letech, byla statisticky vyhodnocena pomocí základních statistických charakteristik. Následně bylo provedeno testování významnosti rozdílu mezi průměry dvou souborů, při kterém byl použit oboustranný t-test pro nezávislé výběry dle proměnných. Mezi jednotlivými složkami chemického rozboru pryskyřic i silic, mechanickým rozbohem hlávek a u sensorického hodnocení piva byla provedena regresní analýza.

Jak již bylo zmíněno dříve, výnos je nejdůležitější kvantitativní parametr každé pěstované odrůdy, který je značně závislý především na klimatických podmínkách. Průměrný výnos v České republice je za posledních 27 let (od roku 1989) 1,069 t suchého chmele z hektaru, nejpěstovanější odrůdou je Žatecký poloraný červeňák. V závislosti na ročníku kolísal výnos v rozmezí 0,80 t v roce 2000 až po 1,49 t v roce 2010. Z dosažených výsledků v diplomové práci je patrné, že nejvyššího teoretického výnosu dosáhl v roce 2014 genotyp 4801 (2,2 t suchého chmele) a v roce 2015 genotyp 4975 (1,77 t suchého chmele). Kontrolní odrůda Osvaldův klon 72 ve sledovaných letech v dané lokalitě dosáhla průměrného teoretického hektarového výnosu 1,32 t suchého chmele.

Obsah alfa hořkých kyselin, které jsou nejčinnější složkou chmele, se u ŽPČ pohybuje v rozmezí 2,5–4,5 % hmotnostních. Obsah a složení chmelových pryskyřic je závislý na lokalitě, stáří chmelnice a především na klimatických podmínkách. To jsou parametry, které šlechtitel ani pěstitel nemůže ovlivnit, proto je kladen požadavek na novou aromatickou odrůdu s vyšším obsahem alfa hořkých kyselin. Tento požadavek z hodnocených aromatických novošlechtění nejlépe splňuje genotyp 4975, u něhož průměrný obsah alfa kyselin ve sledovaných letech byl 5,12 % hmotnostních.

Z hlediska chemotaxonomie je genotyp 4975 snadno odlišitelný od kontrolní odrůdy ŽPČ, protože se statisticky významně liší v obsahu kohumulonu i kolupulonu, při velmi nízké variabilitě (7,48 a 6,77 %). Obě tyto složky chemického rozboru pryskyřic vykazují i velmi těsnou korelační závislost ($r = 0,84$). Genotyp 4975 se statisticky významně liší v obsahu alfa i beta hořkých kyselin od ŽPČ, přesto splňuje tento genotyp z hlediska poměru mezi alfa a beta hořkými kyselinami (0,80) a obsahem farnesenu (16,87 % rel.) kritéria jemné aromatické odrůdy.

Průměrný obsah silic u všech sledovaných genotypů v rámci diplomové práce vykazuje velmi vysokou variabilitu, nejvyšší u genotypu 4799 (77,28 %).

Na základě genetických analýz byla vyhodnocena příbuznost k Žateckému poloranému červeňáku. Hodnocená aromatická novošlechtění 4801, 4975, 4979 a 4980 jsou geneticky příbuzná s odrůdami Aurora, Celeia, Hersbrucker, Savinskij Golding a Fuggle. Genotyp 4799 je geneticky nejbliže ŽPČ.

Ze sensorického hodnocení piva uvařeného ze ŽPČ a hodnocených genotypů, které bylo provedeno z dodaného chmele ve Výzkumném ústavu pivovarském a sladařském, je patrné, že všechny hodnocené genotypy vykazují stejné pivovarské vlastnosti jako ŽPČ. Z výsledků je zřejmý velmi nepatrný, statisticky nevýznamný rozdíl v sensorickém hodnocení piva i v celkovém hodnocení.

Z hodnocených genotypů je vhodný pro registraci jako nová odrůda pouze genotyp 4975, který splňuje lepší kvalitativní i kvantitativní parametry než ŽPČ.

8 SEZNAM LITERATURY

- Atlas odrůd. 1997.** Chmelařský institut s.r.o. Žatec, ISBN: 80-7084-275-X.
- Bamforth, C. W. 2004.** Brewing New Technologies, CRC Press, Boca Raton, ISBN-13:978-0-8493-9159-0.
- Barborka, V. 2016.** České chmelařství v přehledech ÚKZÚZ. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Chmelařská ročenka 2016, s. 131-147. ISBN 978-80-86576-69-5.
- Beatson, R. A., Inglis, T. E. 1999.** Development of aroma hop cultivars in New Zealand. Journal of the Institute of Brewing, vol. 105, no. 6, p. 382-385.
- Beatson, R. A., Stephens, M. J., Alspach, P. A. 2015.** Polyploid Breeding Strategies for Developing Hop Cultivars in New Zealand. Bulletin IV International Humulus Symposium Yakima 2015, s. 56.
- Beránek, F. 1996.** Hybridizace chmele a možnosti uplatnění nových šlechtění, Chmelařství, 5, s. 67–72. ISSN 0373-403X.
- Biendl, M. 2003.** Research on the xanthohumol content in hops. Hopfen Rundschau Int. 2002/2003, p. 72–75.
- Collinson, M. E. 1989.** The fossil history of the Moraceae, Urticaceae (including Cecropiaceae), and Cannabaceae. in: Crane, P. R., Blackmore, S.: Evolution systematics and fossil history of the Hamamelidae. Vol. 2: Higher Hamamelidae. Clarendon press, Oxford, p. 319-339.
- Corran, H. S. 1975.** History of Brewing. David & Charles PLC, p. 303. ISBN 0-7153-6735-8.
- Čejka, P. 1997.** Faktory ovlivňující senzorycké vlastnosti piva. Kvasný průmysl 43, č. 6, s. 167-173. ISSN 0023-5830.
- Čepička, J. 1991.** Kvalitativní stránka chmele z pivovarského hlediska. Chmelařství, 7, s. 84-86.
- Čepička, J. 2000.** Kvantifikace chmelového aroma v pivu, Pivovarský kalendář 2000, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, s. 243, ISBN 80-902658-3-9.
- Čepička, J., Dostálek, P., Karabín, M. 2002.** Polyfenolové látky chmele, Chmelařská ročenka 2003. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, s. 211, ISBN 80-86576-06-X.
- Čerenak, A., Satovic, Z., Javornik, B. 2006.** Genetic mapping of hop (*Humulus lupulus* L.) applied to the detection of QTLs for alpha-acid content. Genome 49, p. 485-464.
- Čerenak, A., Radišek, S., Košir, I. J., Oset Luskar, M., Kolenc, Z., Jakše, J., Javornik, B. 2015.** Recent advances in slovenian hop breeding. Bulletin IV International Humulus Symposium Yakima 2015, s. 42.
- Darby, P. 2001.** Single gene trans in hop breeding. Proceedings of the Scientific Commission, Canterbury, England, p. 86-91.
- De Cooman, L., Everaert, E., De Keukeleire, D. 1998.** Quantitative analysis of hop acids, essential oils and flavonoids as a clue to the identification of hop varieties. Phytochemistry Analysis 9, p. 145-150.
- De Keukeleire, D. 2000.** Fundamentals of beer and hop chemistry. Química Nova, vol. 23, no. 1, p. 108 -112.
- De Keukeleire, J., Ooms, G., Heyerick, A., Van Bockstaele, E., 2003.** Formation and accumulation of alpha acids, beta acids desmethyl-xanthohumol and xanthohumol during flowering of hops (*Humulus lupulus* L.). J. Agric. Food Chem.: 51, 4436–4441.

- Eri, S., Khoo, B. K., Lech, J., Hartman, T. G. 2000.** Direct thermal desorption-gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry profiling of hop (*Humulus lupulus* L.) Essential oils in support of varietal characterization. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 48, no. 4, p. 1140-1149.
- Faragó, J., Üргеová, E. 2013.** Chmel' obyčejný – nové pohľady na tradičnú plodinu. Trnava. Univerzita sv. Cyrila a Metoda, 2013, s. 180, ISBN 978-80-8105-518-8.
- Fric, V., Beránek, F. 1998.** Šlechtění chmele s obsahem nad 12 % alfa hořkých kyselin v roce 1997. Výroční zpráva Chmelařského institutu s.r.o. Žatec.
- Göpp, K. 1942.** Pěstování výzkumnictví u chmele jako prostředek k podpoření odbytu, Český chmelař, roč. XV., č. 24, 11. července 1942.
- Hadonou, A. M., Walden, R., Darby, P. 2004.** Isolation and characterization of polymorphic microsatellites for assessment of genetic variation of hops (*Humulus lupulus* L.). Molecular Ecology Notes4, p. 280-282.
- Hejnák, V., Hniličková, H., Hnilička, F. 2015.** Physiological response of juvenile hop plants to water deficit. Plant, Soil and Environment 61, no. 7, s. 332-338.
- Henning, J. A., Townsend, M. S., Gent, D. H., Bassil, N., Matthews, P., Buck, E., Beatson, R. 2011.** QTL mapping of pokery mildew susceptibility in hop (*Humulus lupulus* L.). Euphytica, Vol. 180, No. 3, p. 411-420.
- Hniličková, H., Hnilička, F., Novák, V. 2000.** Vývoj listové plochy u zavlažovaných a nezavlažovaných chmelových rostlin. Chmelařství, 6-7, s. 91-94, ISSN 0373-403X.
- Hniličková, H., Hnilička, F. 2006.** Vodní stres a jeho výzkum u chmele. Chmelařství, 4, s. 44-46, ISSN 0373-403X.
- Hofta, P., Dostálek, P., Basařová, G. 2004.** Xanthohumol – chmelové pryskyřice nebo polyfenol? Chemické listy, vol. 39, no. 2, s. 35 – 53.
- Honsová, H. 2011.** Kvalita bulev vybraných odrůd krmné řepy a cukrovky v ekologickém zemědělství. Listy cukrovarnické a řepařské, roč. 127, č 7/8, s. 232-234. ISSN: 12103306.
- Hopsteiner. 2015.** Crop and Market Update & Hop crop 2015 Estimale [on line]. Dostupné z <http://hopsteiner.com/wp-content/uploads/2015/08/2015-09_HM_Crop_Market_Update.pdf>
- Horejsek, J., Zich, M. 1990.** Chmelařství. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, ISBN 80-209-0125-6.
- Chadwick, L. R., Pauli, G. F., Farnsworth, N. R. 2006.** The pharmacognosy of *Humulus lupulus* L. (hops) with an emphasis on estrogenic properties. Phytomedicine, vol. 13, no. 1-2, p. 119-131.
- Chládek, L. 2007.** Pivovarnictví. Praha: Grada Publishing, a.s., ISBN 978-80-247-1616-9.
- Inglis, T. 2001.** Hops and beer flavours. IOB Technical Symposium, Ho-Chi-Minh City, Vietnam, April 2001.
- Jakše, J., Luthar, Z., Javornik, B. 2008.** New polymorphic dinucleotide and trinucleotide microsatellite loci for hop *Humulus lupulus* L. Molecular Ecology Resources, 8 (4), p. 769-772.
- Jelínek, L., Šneberger, M., Karabín, M., Dostálek, P. 2010.** Comparison of Czech hop cultivars based on their contents of secondary metabolites. Czech Journal of Food Science, vol. 28, no. 4, p. 309-316.

- Jelínek, L., Dolečková, M., Hudcová, T., Karabín, M., Dostálek, P. 2011.** Profilování českých chmelových odrůd prostřednictvím analýz α - a β -hořkých kyselin, silic a polyfenolů. Kvasný průmysl 57, č. 7-8, s. 272-276. ISSN 0023-5830.
- Kadlec, P. 2002.** Technologie potravin II. Vysoká škola chemicko-technologická, s. 236, ISBN 978-80-7080-510-7.
- Kammhuber, K. 2015.** Analytical and sensorial characterization of the new Hüller „Special Flavor-Hops". Bulletin IV International Humulus Symposium Yakima 2015, s. 52.
- Kišgeci, J. 2002.** Hmelj. Bělehrad, Partenon, p. 377, ISBN 86-7157-217-X.
- Klabzuba, J., Kožnarová, V., Voborníková, J. 1999.** Hodnocení počasí v zemědělství. Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 125, ISBN 80-213-0584-3.
- Klas, M. 2015.** Agrochemické vlastnosti půd chmelnic. Chmelařství 4/2015. 46-53 s.
- Koie, K., Inaba, A., Okada, Y., Kaneko, T., Ito, K. 2005.** Construction of the genetic linkage map and QTL analysis on hop (*Humulus lupulus* L.). Acta Horticulturae 668, p. 59-66.
- Kopecký, J. 2002a.** Závlaha chmele jako stabilizující faktor výnosu a kvality chmele, Chmelařství, 6-8, s. 69-75, ISBN 80-86836-05-3.
- Kopecký, J. 2002b.** Výživa hybridních odrůd dusíkem, Sborník přednášek. Chmelařský institut s.r.o. Žatec, s. 24-29, ISBN 80-86836-05-3.
- Kopecký, J., Ježek, J., Klíma, B., Slavík, L. 2008.** Zásady pro využití progresivních systémů závlahy chmele v podmínkách chmelařských oblastí ČR. Metodika pro praxi. Chmelařský institut s.r.o. Žatec, 3/2008. ISBN 978-80-86836-12-6.
- Kopecký, J., Ježek, J. 2008.** Výnos chmele ve vztahu k průběhu počasí. Sborník přednášek. Chmelařský institut s.r.o. Žatec, s. 71-75, ISBN 978-80-86836-27-0.
- Kořen, J. 2007.** Faktory ovlivňující tvorbu a kvalitu hlávek perspektivních odrůd chmele. Doktorská disertační práce, ČZU Praha FAPPZ.
- Kosař, K., Procházka, S. 2000.** Technologie výroby sladu a piva. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a. s., s. 398, ISBN 80-902658-6-3.
- Kovařík, M. 2014.** Krátce o polském chmelařství. Chmelařská ročenka 2014. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, s. 257-260, ISBN 978-80-86576-61-9.
- Krofta, K., Kroupa, F. 1995.** Kvalitativní ukazatele bezvirozních chmelů české provenience. Rostlinná výroba, 41, č. 8, s. 383-388.
- Krofta, K., Rígr, A., Kroupa, F., Beránek, F. 1996.** Analýzy hořkých látek a silic hybridních novošlechtění chmele. Kvasný průmysl 42, č. 7-8, s. 237-240.
- Krofta, K., Čepička, J., Kubiček, J. 1999.** Uplatnění nových českých hybridních odrůd chmele v pivovarském procesu. Kvasný průmysl 45, č. 7-8, s. 187-190.
- Krofta, K., Nesvadba, V., Tichá, J., Urban, J., Čepička, J., 2003.** Qualitative and economic aspects of ageing of Czech hop varieties. Kvasný průmysl 49, č.11-12, s. 326-335.
- Krofta, K. 2008.** Hodnocení kvality chmele. Metodika pro praxi 4/08 Žatec, Chmelařský institut s.r.o. Žatec, 2008, 52 s. ISBN 978-80-86836-84-3
- Krofta, K., Brynda, M., Nesvadba, V. 2010.** Rajonizace českých odrůd chmele. Metodika pro praxi. Chmelařský institut s.r.o. Žatec. 4/2010. ISBN 978-80-87357-04-0.
- Krofta, K., Ježek, J. 2010.** The effect of time of cutting on yield and the quality of the hop hybrid varieties Harmonie, Rubín and Agnus. Plant, Soil and Environment 56, no. 12, s. 564-569.
- Krofta, K., Patzak, J. 2011.** Zjišťování autenticity českých odrůd chmele pomocí chemických a molekulárně-genetických analýz. Kvasný průmysl 57, č. 7-8, s. 296-304.

- Krofta, K., Mikyška, A. 2014.** Beta kyseliny chmele, význam a využití. Kvasný průmysl 60, č. 4, s. 96–105. ISSN 0023-5830.
- Krofta, K., Mikyška, A. 2016.** Beta kyseliny chmele: vlastnosti, význam a využití. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Chmelařská ročenka 2016, s. 131-147. ISBN 978-80-86576-69-5.
- Kroupa, F. 2007.** Objektivní charakteristika chmelového aroma českých chmelů a chmelových výrobků. Disertační práce. VŠCHT v Praze. Fakulta potravinářské a biochemické technologie. 172 s.
- Křivánek, J., Pulkrábek, J., Chaloupský, R., Kudrna, T., Pokorný, J. 2008.** Response of the Czech hybrid hop cultivar Agnus to the term of pruning, depth of pruning and number of trained bines. Plant, Soil and Environment 54, no. 11, s. 471-478.
- Larcher, W., Biederman, M., Thorson, A. 1995.** Physiological Plant Ecology. Issue 3. Springer, Berlin, 303.
- Linhart, J., Nesvadba, V. 1994.** Odrůdová skladba Českého chmele. Chmelařství 1994, č. 6, s. 69-76.
- McNeill, J., Barrie, F. R., Buck, W. R., Demoulin, V., Greuter, W., Hawksworth, D. L., Herendeen, P. S., Knapp, S., Marhold, K., Prado, J., Prudhome Van Reine, W. F., Smith, G. F., Wiersema, J. H., Turland, N. J. 2012.** Regnum Vegetabile, Vol. 154 International Code of Nomenclature for Algae, Fungi and Plants (Melbourn Code). 18th International Botanical Congress Melbourne, Australia, July 2011. Koeltz Scientific Books, p. 240, ISBN 978-3-87429-425-6.
- Matsui, H. 2015.** The Influence of Various Hop Cultivation on Hop Quality, Beer Quality and Yield. Bulletin IV International Humulus Symposium Yakima 2015, s. 47.
- Matsui, H., Inui, T., Hideshima, S., Fukui, N. 2015.** Vývoj japonského trhu s prémiovým pivem a vliv kvality Žateckého chmele na pivo prémiového typu. Český chmel 2015. MZe, s. 14-17. ISBN 978-80-7434-246-2.
- Middleton, J. E. 1963.** Irrigation Leeds of hops. Washington State University.
- Mikyška, A., Slabý, M., Jurková, M., Krofta, K., Patzak, J., Nesvadba, V. 2013.** Saaz Late – česká odrůda chmele doporučena pro České pivo. Kvasný průmysl. 10-11/2013. s. 296-305. ISSN 0023-5830.
- Mohl, A. 1924.** Chmelařství I. A II. Praha.
- Moir, M. 2000.** Hops – A millenium review. Journal of the American Society of Brewing Chemists, vol. 58, no. 4, p. 131 – 146.
- Murakami, A., Darby, P., Javornik, B., Pais, M. S. S., Seigner, E., Lutz, A., Svoboda, P. 2006.** Microsatellite DNA Analysis of Wild Hops, *Humulus lupulus* L. Genetic Resources and Crop Evolution, vol. 53, no. 8, p. 1553-1562.
- MZe, Situační a výhledová zpráva chmel, pivo 2014.** Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-190-8.
- Němec, J. 1984.** Závlahové období a vláhová potřeba chmele. Chmelařství, 5, s. 84-85. ISSN 0373-403 X.
- Nesvadba, V. 2005.** Harmonie nová česká aromatická odrůda chmele. Pivovarsko-sladařské dny, Ústí n/Labem. Souhrn-Kvasný průmysl, 51(9), s. 299, ISSN 0023 -5830.
- Nesvadba, V. 2007.** Šlechtění chmele v České republice. Sborník přednášek. Chmelařský institut s.r.o. Žatec, s. 38-43.

- Nesvadba, V., Brynda, M., Krofta, K., Patzak, J. 2008.** Metodika pro udržení odrůdové čistoty chmelových porostů. Metodika pro praxi. Chmelařský institut s.r.o. Žatec, 5/2008. ISBN 978-80-86836-87-4.
- Nesvadba, V. 2010a.** Hodnocení variability hlávek chmele u odrůdy Vital. Chmelařství 7-8/2010, s. 100-103.
- Nesvadba, V. 2010b.** Shrnutí výsledků degustovaných piv od roku 1998. Sborník Uplatnění českých odrůd chmele v pivovarnictví a farmacii. Chmelařský institut s.r.o., s. 1-12.
- Nesvadba, V. 2010c.** Zajímavosti o chmelu – samčí rostliny. Chmelařství 7-8/2010, s. 103-105.
- Nesvadba, V., Polončíková, Z., Henychová, A. 2012a.** Šlechtění chmele v České republice. Kvasný průmysl 58, č. 2, s. 36-39. ISSN 0023-5830.
- Nesvadba, V., Polončíková, Z., Henychová, A. 2012b.** Hodnocení Žateckého poloraného červeňáku z pivovarského hlediska. Kvasný průmysl 58, č. 7-8, s. 209-214. ISSN 0023-5830.
- Nesvadba, V. 2013.** Jedenáct českých odrůd chmele. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Chmelařská ročenka 2013, s. 138-148. ISBN 978-80-86576-57-2.
- Nesvadba, V., Brynda, M., Henychová, A., Ježek, J., Kořen, J., Krofta, K., Malířová, I., Patzak, J., Polončíková, Z., Svoboda, P., Valeš, V., Vostřel, J. 2013a.** Vývoj a tradice českých odrůd chmele. Chmelařský institut s.r.o. Žatec, s. 104, ISBN 978-80-87357-11-8.
- Nesvadba, V., Krofta, K., Polončíková, Z., Henychová, A. 2013b.** Šlechtění chmele pro specifické vůně. Chmelařská ročenka 2013. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, s. 148-158, ISBN 978-80-86576-57-2.
- Nesvadba, Z. 2013c.** Metodika zkoušek užitné hodnoty – chmel. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, s. 23.
- Neve, R. A. 1991.** Hops. London. Chapman and Hall, p. 266, ISBN 0-412-30330-2.
- Olšovská, J. 2015.** Pivo a zdraví. Pivní ročenka 2015. Agriprint, Olomouc, s. 108-113, ISBN 978-80-87091-60-9.
- Osvald, K. 1946.** Studie genetiky chmele, Habilitační práce, Praha.
- Patzak, J. 2001.** Comparison of RAPD, STS, ISSR and AFLP molecular methods used for assessment of genetic diversity and DNA fingerprinting in hop (*Humulus lupulus* L.). Euphytica 121, p. 9-18.
- Patzak, J., Nesvadba, V., Henychová, A., Krofta, K. 2010a.** Assessment of the genetic diversity of wild hops (*Humulus lupulus* L.) in Europe using chemical and molecular analyses. Biochemical Systematics and Ecology 38. p. 136-145.
- Patzak, J., Nesvadba, V., Henychová, A., Krofta, K., Marzoev, A., Richards, K. 2010b.** Evaluation of genetic variability of wild hops (*Humulus lupulus* L.) in Canada and Caucasus by chemici and molecular methods. Genome no. 53, p. 545-557.
- Patzak, J. 2011.** Využití moderních molekulárních metod u chmele. Chmelařská ročenka 2011, VUPS Praha, s. 126.
- Patzak, J., Henychová, A., Nesvadba, V., Krofta, K. 2012.** Study of molecular markers for xanthohumol and DMX contents in hop (*Humulus lupulus* L.) by QTLs mapping analysis. Brewing Science 65, p. 96-102.
- Patzak, J., Matoušek J. 2013.** Metodika využití molekulárně-genetických markerů sekvencí genů a genetických elementů ve šlechtění a managementu chmele (*Humulus lupulus* L.). Metodika pro praxi 02/2013. s. 34. ISBN 978-80-86836-94-2.

- Patzak, J., Krofta, K., Henychová, A., Nesvadba, V. 2015.** Number and size of lupulin glands, glandular trichomes of hop (*Humulus lupulus* L.), play key-role in contents of bitter acids and polyphenols in hop cone. *International Journal of Food Science and Technology* 50, no.8, p.1864-1877.
- Peacock, V. 1998.** Fundamentals of Hop Chemistri. *MBAA Technical Quertely*, 35 (1), s. 4-8.
- Pejml, K. 1971.** Příspěvek ke studiu vlivu počasí na průběh fenologických fází chmele a na jeho výnosy. *Meteorologické zprávy*, 5-6.
- Petr, J. 1997.** Produkční procesy u rostlin. Speciální produkce rostlinná – I. *Agronomická fakulta ČZU v Praze*, s. 197.
- Pluháčková, H., Ehrenbergerová, J., Kretek, P., Kocourková, B. 2011.** Hop Essential Oils in the Selected Varieties from Differently Old Hop Yards. *Kvasný průmysl* 57, č. 7-8, s. 266-271.
- Pokorný, J. 2011.** Vliv lokality a ročníku na produkci a kvalitu chmele. *Disertační práce. ČZU v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů.*
- Pokorný, J., Pulkrábek, J., Štranc, P., Bečka, D. 2011.** Photosynthetic aktivity of selected genotype sof hops (*Humulus lupulus* L.) in critical periods for yield formativ. *Plant, Soil and Environment* 57, no. 6, s. 264-270.
- Polončíková, Z. 2005.** Udržovací šlechtění 2005. *Chmelařství* 5, s. 65 – 69. ISSN 0373-403 X.
- Prugar, J., Sýkorová S. ed. 2008.** Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. *Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha*, s. 327.
- Rybáček, V., Fric, V., Havel, J., Libich, V., Kříž, J., Makovec, K., Petrlík, Z., Sachl, J., Srp, A., Šnobl, J., Vančura, M. 1980.** *Chmelařství*, SZN Praha, s. 426, ISBN 07-068-80-04/37.
- Schepers, J. S. 1992.** Comparison of corn leaf nitrogen concetrationand chlorophyll meter readins. *Communication in Soil Science and Pland Analysis*, 1992 (23), s. 2173-2187.
- Schinagl, S. 2015.** Pěstování chmele v USA [online]. Dostupné z <http://www.pivobierale.cz/article.php?id=1928>
- Stevens, J. F., Mirada, C. L., Buhler, D. R., Deinzer, M. L. 1998.** Chemistry and biology of hop flavonoids. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, vol., no. 4, p. 136-145.
- Šnobl, J., Štaud, J., Vašák, J., Zimolka, J. 2004.** *Rostlinná výroba IV., Česká zemědělská univerzita, Power Print, ISBN 80-213-1153-3.*
- Špaldon, E., Rybáček, V., Hruška, L., Fric, V. 1986.** *Rostlinná výroba. Praha, Státní zemědělské nakladatelství.*
- Štajner, N., Jakše, J., Kozjak, P., Javornik, B. 2005.** The isolation and characterization of microsattellites in hop (*Humulus lupulus* L.). *Plant science* 168, p. 213-221.
- Štranc, J., Štranc, D., Štranc, P., Ledvina, R. 2008.** *Zpracování půdy ve chmelnicích, Kurent s.r.o., České Budějovice, 159 s., ISBN 978-8087111-11-6.*
- Turner, S. F., Benedict, C. A., Darby, H., Hoagland, L. A., Simonson, P., Serrine, J. R., Murphy, K. M. 2011.** Challenges and opportunities for organic hop production in the United States. *Agronomy Journal*, vol. 103, no. 6, p. 1645-1654.
- Türkott, L. 2005.** Vliv povětrnostních podmínek na růst a vývoj ozdravených a neozdravených klonů chmele. *Bioklimatologie současnosti a budoucnosti, Křtiny 12. – 14.9.2005, ISBN 80-86 690–31-08.*

- ÚKZÚZ.** Sklizňová plocha chmele se zvyšuje, ale stále pomalu [online]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/trvale-kultury/registrace/registrace-chmelnic/skliznove-plochy-chmelnic-k-20-8-2015.html>
- Vent, L., Blatný, C. ed. 1963.** Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, s.413.
- Vent, L. 1999.** Skupiny odrůd chmele a jejich využití v pivovarském průmyslu. Chmelařství 1999, č. 11-12, s. 173-175.
- Vent, L., Vent, J., Beránek, F., Šrogl, J. 1999.** Pokusné várky s novými a tradičními odrůdami chmele. Chmelařství 1999, č. 1, s. 9-10.
- Vrzalová, J., Fric, V., 1993.** Rostlinná výroba IV (Přadné rostliny, chmel). Praha, VŠZ, ISBN 80-213-0155-4.
- Zázvorka, V., Zima, F. 1956.** Chmelařství. Praha 279 s.
- Zhao, F., Watanabe, Y., Nozawa, H., Daikonnya, A., Kondo, K., Kitanaka, S. 2005.** Prenylflavonoids and phloroglucinol derivatives from hops (*Humulus lupulus*). Journal of natural product, vol. 68, no. 1, p. 43-49.
- Zimová, I., Neuwirtová, O. 1994.** Pivo o zdraví. Studie. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha. 1994, s. 6.

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1: Chmelové hlávky genotypu 4801 (foto: V. Nesvadba).

Obrázek 2: Dendrogram genetických vzdáleností 74 světových odrůd chmele (Patzak *et Matoušek*, 2013).

Obrázek 3: Chmelová hlávka a věténko Žateckého poloraného červeňáku (Atlas odrůd, 1997).

Obrázek 4: Mezinárodní systém popisných termínů objektivního sensorického hodnocení piva – kruhové schéma dle organizací European Brewery Convention (EBC), American Society of Brewing Chemists (ASBC) a Master Brewer's Association of the Americas (MBAA).

Obrázek 5: Dendrogram genetických vzdáleností 43 světových odrůd chmele a hodnocených genotypů.

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1: Chemické složení chmelových hlávek (Zhao *et al.*, 2005).

Tabulka 2: Hodnocení agrometeorologického roku 2013/2014 na meteorologické stanici v Žatci.

Tabulka 3: Hodnocení agrometeorologického roku 2014/2015 na meteorologické stanici v Žatci.

Tabulka 4: Chemické složení chmelových hlávek Žateckého poloraného červeňáku (Nesvadba *et al.*, 2013a).

Tabulka 5: Protokol pro určení sensorického profilu piva (Čejka *et al.*, 2002).

Tabulka 6: Výnos chmele v kg čerstvého chmele na rostlinu – popisná statistika.

Tabulka 7: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami výnosu jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

Tabulka 8: Obsah a složení chmelových pryskyřic u sledovaných genotypů (*metoda HPLC, EBC 7.7*)

Tabulka 9: Korelační závislost mezi složkami chemického rozboru chmelových pryskyřic – označené korelace jsou významné na hladině $\alpha = 0,05$.

Tabulka 10: Průměrný obsah alfa hořkých kyselin (% hm.) – popisná statistika.

Tabulka 11: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu alfa hořkých kyselin u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

Tabulka 12: Průměrný obsah beta hořkých kyselin (% hm.) – popisná statistika.

Tabulka 13: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu beta hořkých kyselin u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

Tabulka 14: Průměrný poměr mezi alfa/beta kyseliny – popisná statistika.

Tabulka 15: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami poměru alfa/beta hořkých kyselin u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

Tabulka 16: Průměrný obsah kohumulonu (% rel.) – popisná statistika.

Tabulka 17: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu kohumulonu u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

Tabulka 18: Průměrný obsah kolupolonu (% rel.) – popisná statistika.

Tabulka 19: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu kolupolonu u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.

Tabulka 19: Průměrný obsah xanthohumolu (% hm.) – popisná statistika.
Tabulka 20: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu xanthohumolu u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.
Tabulka 21: Obsah a složení chmelových silic u sledovaných genotypů.
Tabulka 22: Korelační závislost mezi složkami chemického rozboru chmelových silic – označené korelace jsou významné na hladině $\alpha = 0,05$.
Tabulka 23: Průměrný obsah silic (g/100g) – popisná statistika.
Tabulka 24: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu silic u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.
Tabulka 25: Průměrný obsah farnesenu (% rel.) – popisná statistika.
Tabulka 26: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami obsahu farnesenu u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.
Tabulka 27: Průměrné hodnoty mechanického rozboru hlávek u sledovaných genotypů a ŽPČ.
Tabulka 28: Korelační závislost mezi složkami chemického rozboru chmelových silic – označené korelace jsou významné na hladině $\alpha = 0,05$.
Tabulka 29: Průměrná hmotnost 100 ks suchých hlávek (g) – popisná statistika.
Tabulka 30: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami hmotnosti 100 kusů suchých hlávek u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.
Tabulka 31: Průměrná hmotnost 100 ks větének (g) – popisná statistika.
Tabulka 32: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami hmotnosti 100 kusů větének u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.
Tabulka 33: Průměrná délka věténka (mm) – popisná statistika.
Tabulka 34: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami délky věténka u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.
Tabulka 35: Průměrná hustota zalomení věténka – popisná statistika.
Tabulka 36: Průkaznosti rozdílu mezi průměrnými hodnotami hustoty zalomení věténka u jednotlivých novošlechtění a ŽPČ stanovenými pomocí t-testu nezávislých proměnných.
Tabulka 37: Průměrné hodnoty sensorického hodnocení piva uvařeného ze sledovaných genotypů a ŽPČ – bodové hodnocení.
Tabulka 38: Korelační závislost mezi složkami sensorického hodnocení piva – označené korelace jsou významné na hladině $\alpha = 0,05$.

SEZNAM GRAFŮ:

Graf 1: Průměrný výnos aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).
Graf 2: Průměrný výnos suchého chmele u sledovaných genotypů a ŽPČ ve sledovaných letech 2014 a 2015.
Graf 3: Korelační závislost mezi kohumulonem a kolupulonem na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.
Graf 4: Průměrný obsah alfa hořkých kyselin u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).
Graf 5: Průměrný obsah beta hořkých kyselin u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).
Graf 6: Průměrný poměr alfa/beta hořkých kyselin u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).

- Graf 7: Průměrný obsah kohumulonu u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).
- Graf 8: Průměrný obsah kolupulonu u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).
- Graf 9: Průměrný obsah xanthohumolu u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).
- Graf 10: Korelační závislost mezi obsahem silic a myrcenem na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.
- Graf 11: Průměrný obsah silic u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).
- Graf 12: Průměrný obsah farnesenu u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).
- Graf 13: Korelační závislost mezi hmotnostmi hlávek a hmotnostmi věténka na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.
- Graf 14: Korelační závislost mezi délkou věténka a hmotností věténka na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.
- Graf 15: Průměrná hmotnost 100 kusů suchých hlávek u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).
- Graf 16: Průměrná hmotnost 100 kusů větének u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).
- Graf 17: Průměrná délka větének u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).
- Graf 18: Průměrná hustota zalomení věténka u aromatických genotypů a ŽPČ (2014 a 2015).
- Graf 19: Průměrné bodové hodnocení u položek sensorického hodnocení piva.
- Graf 20: Korelační závislost mezi trpkostí a kyselostí piva na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

AFLP = Amplified Fragment Length Polymorphism (délkový polymorfismus amplifikovaných fragmentů)

EST – SSR = Expressed Sequence Tags – Simple Sequence Repeats (mikrosatelitní exprimované úseky)

DMX = desmethylxanthohumol

DNA = deoxyribonucleic acid (deoxyribonukleová kyselina)

ISSR = Inter Simple Sequence Repeat

MZe = Ministerstvo zemědělství

PCR = Polymerase Chain Reaction (polymerázová řetězová reakce)

QTL = Quantitative Trait Locus (lokus/lokusy kvantitativních znaků)

RAPD = Restriction Length Polymorphism Fragment (náhodná amplifikace polymorfní DNA)

STS = Sequence Tagget Sites Sequence Tagged Site (sekvenčně specifické místo)

SSR = Simple Sequence Repeat (sekvenčně jednoduché repetice)

ÚKZÚZ = Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

ŽPČ = Žatecký poloraný červeňák

10 PŘÍLOHY

Příloha 1: Agrometeorologický rok 2013/2014 a 2014/2015

Příloha 2: Výnos

Příloha 3: Chemický rozbor chmelových pryskyřic

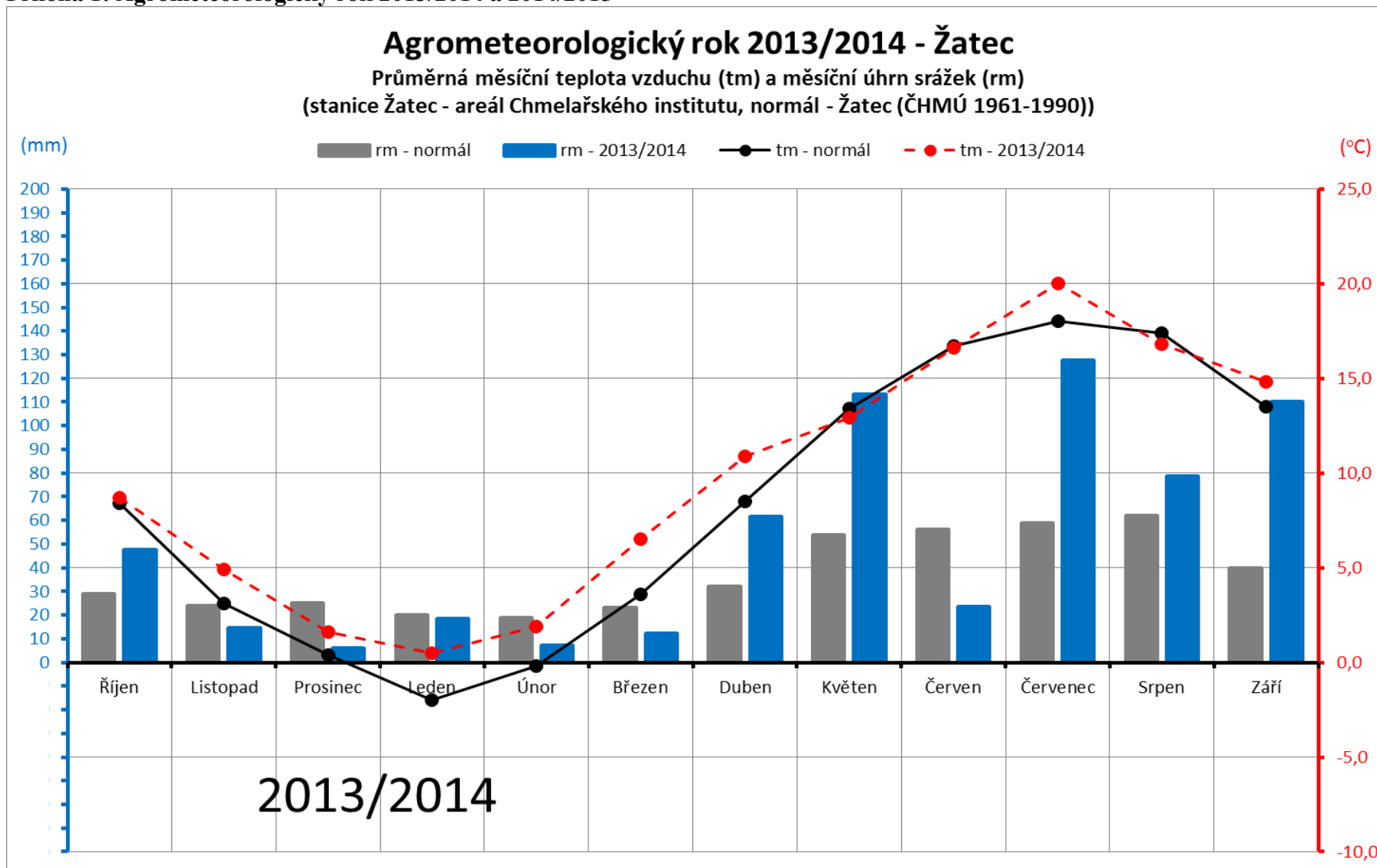
Příloha 4: Chemický rozbor chmelových silic

Příloha 5: Mechanický rozbor chmelové hlávky

Příloha 6: Senzorické hodnocení piv

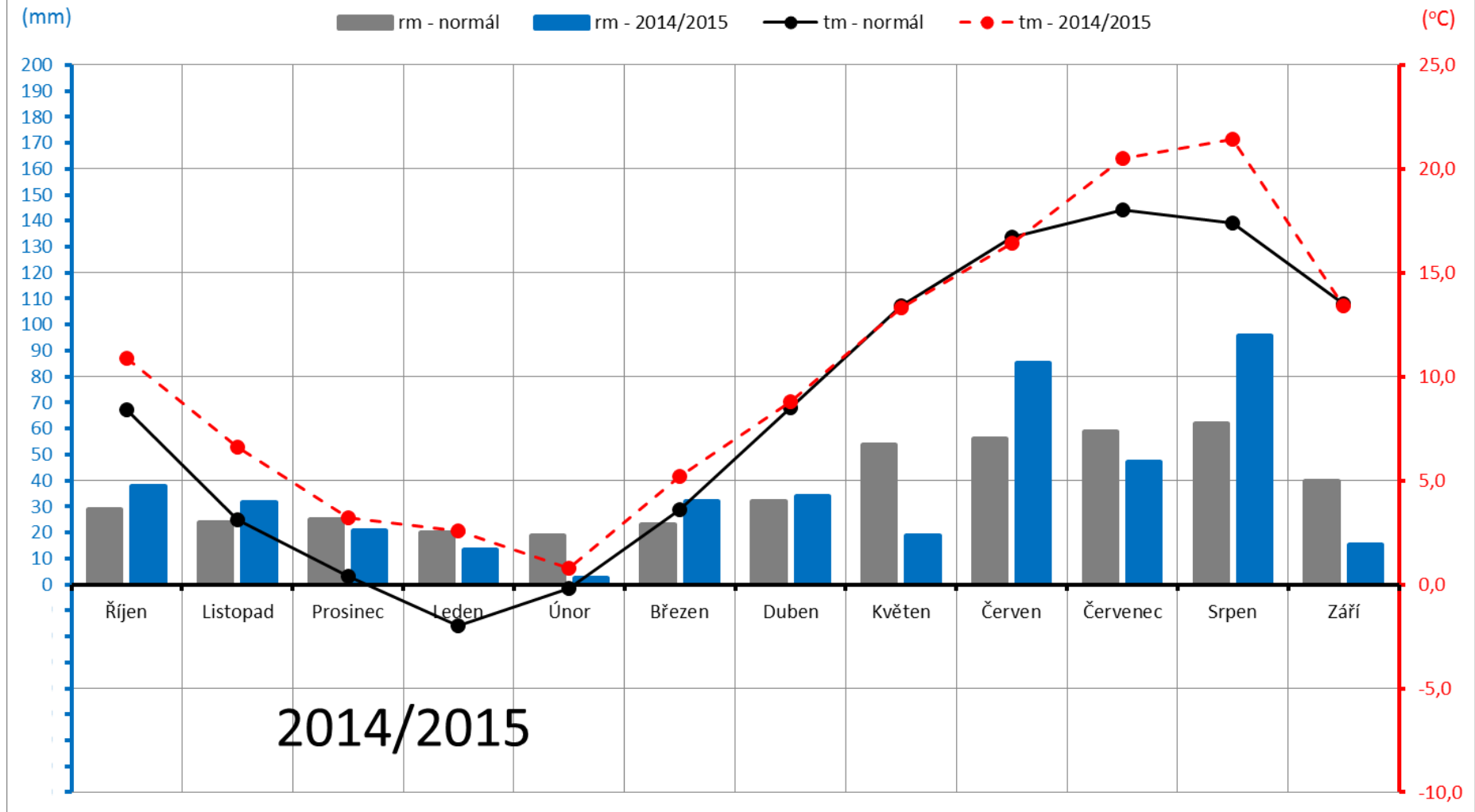
Příloha 7: Genetická analýza

Příloha 1: Agrometeorologický rok 2013/2014 a 2014/2015



Agrometeorologický rok 2014/2015 - Žatec

Průměrná měsíční teplota vzduchu (tm) a měsíční úhrn srážek (rm)
(stanice Žatec - areál Chmelařského institutu, normál - Žatec (ČHMÚ 1961-1990))



Příloha 2: Výnos

Výnos čerstvého chmele v kg na rostlinu.

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	2,02	0,76	3,01	2,39	1,73	2,05
2014	0,78	1,53	1,72	3,85	1,83	2,26
2014	2,34	0,77	3,36	2,31	2,24	2,63
2014	1,30	1,66	3,62	3,75	1,78	1,95
2014	1,40	2,10	2,73	3,62	2,10	3,16
2014	1,75	2,48	4,46	2,48	2,48	2,33
2014	1,45	2,27	1,93	3,28	2,27	3,41
2014	2,38	1,30	2,50	2,60	3,50	3,60
2014	2,10	1,50	2,40	2,00	3,20	2,30
2014	2,00	1,50	3,20	2,30	2,70	2,40
2014	1,90	1,20	3,80	2,40	2,40	2,40
2015	1,27	1,19	1,13	1,43	1,12	1,13
2015	0,94	1,33	1,06	0,75	2,06	1,88
2015	2,31	1,06	1,33	1,38	0,97	0,96
2015	2,30	2,40	4,40	3,50	4,40	4,10
2015	2,10	3,10	3,70	5,00	1,90	3,10

Popisná statistika – výnos.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	1,771250	1,950	2,10	2	0,78	2,38	0,266612	0,516345	29,15142
4799	1,634375	1,500	1,50	2	0,76	3,10	0,436666	0,660807	40,43180
4801	2,771875	2,870	Vícenás.	1	1,06	4,46	1,230576	1,109313	40,02033
4975	2,690000	2,440	Vícenás.	1	0,75	5,00	1,182707	1,087523	40,42837
4979	2,292500	2,170	Vícenás.	1	0,97	4,40	0,740073	0,860275	37,52563
4980	2,478750	2,365	2,4	2	0,96	4,10	0,712518	0,844108	34,05378

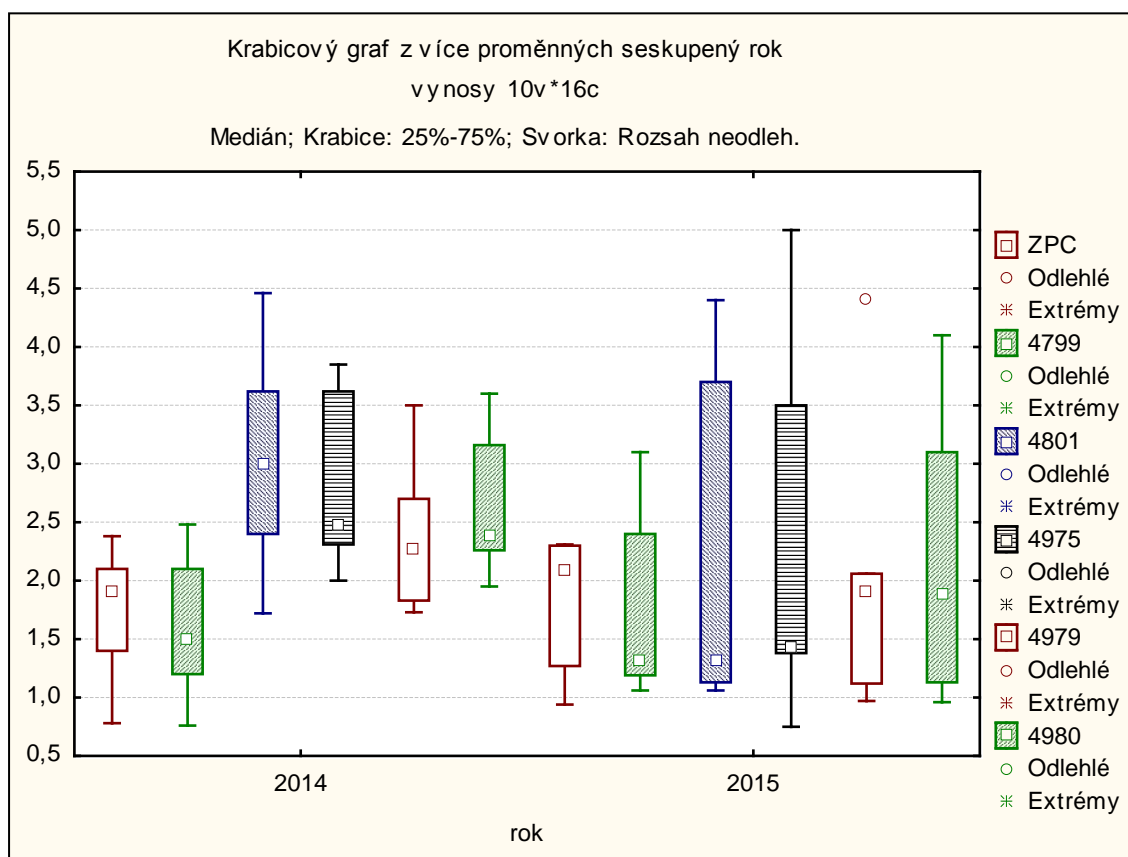
Výnos v čerstvém i v suchém stavu v jednotlivých letech.

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	2,02	0,76	3,01	2,39	1,73	2,05
2014	0,78	1,53	1,72	3,85	1,83	2,26
2014	2,34	0,77	3,36	2,31	2,24	2,63
2014	1,30	1,66	3,62	3,75	1,78	1,95
2014	1,40	2,10	2,73	3,62	2,10	3,16
2014	1,75	2,48	4,46	2,48	2,48	2,33
2014	2,38	1,30	2,50	2,60	3,50	3,60
2014	2,10	1,50	2,40	2,00	3,20	2,30
2014	2,00	1,50	3,20	2,30	2,70	2,40
2014	1,90	1,20	3,80	2,40	2,40	2,40
2014	1,45	2,27	1,93	3,28	2,27	3,41
x	1,77	1,55	2,98	2,82	2,38	2,59
s	0,46502	0,53264	0,78539	0,63999	0,54226	0,52683
Vk	26,3399	34,3236	26,3957	22,724	22,7405	20,3408
Suchý chmel (t/ha)	1,30774	1,14949	2,20404	2,0862	1,76633	1,91852
2015	2,30	2,40	4,40	3,50	4,40	4,10
2015	2,10	3,10	3,70	5,00	1,90	3,10
2015	1,27	1,19	1,13	1,43	1,12	1,13
2015	0,94	1,33	1,06	0,75	2,06	1,88
2015	2,31	1,06	1,33	1,38	0,97	0,96
x	1,78	1,82	2,32	2,41	2,09	2,23
s	0,5838	0,11025	0,11441	0,30944	0,48238	0,39969
Vk	32,7242	6,07116	4,92283	12,8294	23,0803	17,8914
Suchý chmel (t/ha)	1,32148	1,34519	1,72148	1,78667	1,54815	1,65481

Výnosy přepočítané na výnos čisté alfy na 1 hektar.

	Rok	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
kg čerstvého chmele na rostlinu	2014	1,77	1,55	2,98	2,82	2,38	2,59
	2015	1,78	1,82	2,32	2,41	2,09	2,23
tun suchého chmele na 1 ha	2014	1,31	1,15	2,20	2,09	1,77	1,92
	2015	1,32	1,35	1,72	1,77	1,55	1,65
průměrný obsah alfa kyselin (% hm.)	2014	4,03	3,96	3,70	5,01	2,26	4,73
	2015	3,94	4,24	3,91	5,48	2,21	5,19
výnos čisté alfy (kg) na 1 ha	2014	52,79	45,54	81,40	104,71	40,00	90,82
	2015	52,01	57,24	67,25	97,00	34,26	85,64

Výnos chmele v čerstvém stavu v kg na rostlinu – krabicový graf.



Příloha 3: Chemický rozbor chmelových pryskyřic

Obsah alfa hořkých kyselin (% hm.).

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	3,30	2,25	3,51	3,50	1,41	4,05
2014	3,34	2,77	3,82	4,77	1,81	4,28
2014	5,98	4,04	4,40	4,79	2,30	4,04
2014	4,11	2,33	3,31	3,37	1,43	3,79
2014	3,42	5,05	4,10	5,84	2,12	5,69
2014	4,25	2,06	3,73	6,34	4,55	5,01
2014	3,39	4,49	3,60	4,98	2,15	3,77
2014	4,45	4,71	2,79	4,93	2,17	5,16
2014		4,89	4,07	5,80	2,05	4,58
2014		4,04	3,36	5,55	2,35	5,19
2014		5,69	3,93	5,35	2,31	5,67
2014		5,21	3,76	4,90	2,50	5,55
2015	3,19	4,34	3,07	6,67	2,25	4,12
2015	2,15	4,28	4,10	4,12	2,90	5,33
2015	4,76	4,09	3,20	5,77	1,59	5,50
2015	5,64	4,25	5,25	5,36	2,10	5,81

Obsah alfa hořkých kyselin – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	3,998333	3,765	Vícenás.	1	2,15	5,98	1,197942	1,094506	27,37404
4799	4,030625	4,265	4,040000	2	2,06	5,69	1,222646	1,105733	27,43330
4801	3,750000	3,745	4,100000	2	2,79	5,25	0,344667	0,587083	15,65555
4975	5,127500	5,16	Vícenás.	1	3,37	6,67	0,840740	0,916919	17,88237
4979	2,249375	2,16	Vícenás.	1	1,41	4,55	0,526273	0,725447	32,25103
4980	4,846250	5,085	Vícenás.	1	3,77	5,81	0,546425	0,739206	15,25315

Obsah beta hořkých kyselin (% hm.).

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	4,51	4,88	3,73	8,00	4,81	4,40
2014	6,02	5,17	3,96	9,31	5,51	4,60
2014	5,41	6,72	4,47	8,76	6,19	5,32
2014	6,06	4,87	3,30	6,65	4,86	3,83
2014	7,14	7,16	3,46	8,88	5,75	4,62
2014	6,17	5,81	3,24	8,58	7,65	4,66
2014	3,76	6,41	3,48	6,61	4,25	3,78
2014	6,50	5,51	2,61	6,63	4,30	4,34
2014		6,16	3,52	7,33	4,21	3,82
2014		6,00	3,08	7,09	5,06	3,79
2014		7,00	3,55	6,95	4,83	4,24
2015		6,60	3,53	6,89	4,99	4,64
2015	3,68	3,22	2,26	5,12	2,61	2,05
2015	2,95	2,96	2,19	3,49	3,44	2,37
2015	2,05	2,96	1,93	4,54	2,01	2,41
2015	3,79	4,03	2,36	4,69	3,31	2,32

Obsah beta hořkých kyselin – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	4,836667	4,96	Vícenás.	1	2,05	7,14	2,554515	1,598285	33,04518
4799	5,341250	5,66	2,960000	2	2,96	7,16	2,004225	1,415707	26,50515
4801	3,166875	3,38	Vícenás.	1	1,93	4,47	0,501996	0,708517	22,37275
4975	6,845000	6,92	Vícenás.	1	3,49	9,31	2,857693	1,690471	24,69644
4979	4,611250	4,82	Vícenás.	1	2,01	7,65	1,903332	1,379613	29,91841
4980	3,824375	4,035	Vícenás.	1	2,05	5,32	1,009026	1,004503	26,26581

Poměr alfa/beta – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	0,935833	0,730	Vícenás.	2	0,48	2,32	0,262881	0,512719	54,78746
4799	0,810625	0,750	0,790000	2	0,35	1,44	0,111673	0,334175	41,22436
4801	1,240625	1,100	1,07000	2	0,94	2,22	0,133406	0,365248	29,44066
4975	0,802500	0,745	Vícenás.	2	0,44	1,30	0,075327	0,274457	34,20025
4979	0,518750	0,495	Vícenás.	2	0,29	0,86	0,033452	0,182898	35,25744
4980	1,390625	1,200	1,20000	2	0,76	2,50	0,301766	0,549333	39,50257

Poměr alfa/beta.

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	0,73	0,46	0,94	0,44	0,29	0,92
2014	0,55	0,54	0,96	0,51	0,33	0,93
2014	1,11	0,60	0,98	0,55	0,37	0,76
2014	0,68	0,48	1,00	0,51	0,29	0,99
2014	0,48	0,71	1,18	0,66	0,37	1,23
2014	0,69	0,35	1,15	0,74	0,59	1,08
2014	0,90	0,70	1,03	0,75	0,51	1,00
2014	0,68	0,85	1,07	0,74	0,50	1,19
2014		0,79	1,16	0,79	0,49	1,20
2014		0,67	1,09	0,78	0,46	1,37
2014		0,81	1,11	0,77	0,48	1,34
2014		0,79	1,07	0,71	0,50	1,20
2015	0,87	1,35	1,36	1,30	0,86	2,01
2015	0,73	1,44	1,87	1,18	0,84	2,25
2015	2,32	1,38	1,66	1,27	0,79	2,28
2015	1,49	1,05	2,22	1,14	0,63	2,50

Obsah kohumulonu (% rel.).

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	17,40	20,50	21,20	15,50	22,60	22,50
2014	19,70	19,90	22,60	16,70	21,60	24,00
2014	20,90	19,30	23,40	17,50	22,90	25,00
2014	22,80	19,20	22,20	15,90	22,20	25,30
2014	21,70	20,70	26,20	15,40	22,00	23,80
2014	23,70	24,00	23,20	17,10	20,30	25,50
2014	25,30	22,20	25,60	19,00	24,30	27,10
2014	23,80	23,30	28,00	19,70	24,30	26,90
2014		22,20	27,50	19,30	24,70	26,30
2014		21,80	26,40	18,70	22,50	26,90
2014		21,60	26,20	18,00	23,70	26,90
2014		22,80	24,90	18,50	23,80	26,50
2015	22,9	24,7	20,8	17,5	23,9	23,8
2015	25,8	25,3	23,1	18,6	22,9	23,2
2015	23,3	26,1	22,7	17,9	24	22,6
2015	20,6	25,4	24,4	18,6	22,5	22,2

Obsah kohumulonu – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	22,32500	22,85	Vícenás.	1	17,40	25,80	5,731136	2,393979	10,72331
4799	22,43750	22,20	22,20000	2	19,20	26,10	4,905167	2,214761	9,87080
4801	24,27500	23,90	26,20000	2	20,80	28,00	4,852667	2,202877	9,07467
4975	17,74375	17,95	Vícenás.	2	15,40	19,70	1,761292	1,327137	7,47946
4979	23,01250	22,90	Vícenás.	2	20,30	24,70	1,385167	1,176931	5,11431
4980	24,90625	25,15	26,90000	3	22,20	27,10	3,089958	1,757828	7,05778

Obsah kolupulonu (% rel.).

Rok sklizeň	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	34	34,3	38,5	31,2	38,4	41,5
2014	35,3	36,1	40,9	34,1	39,5	43,5
2014	39	36,3	42,3	36,1	41,2	43,5
2014	39	32,6	38,9	30,4	37,5	44,5
2014	38,2	38,1	43,6	32,7	40	44,9
2014	40,2	41,8	42,1	35,5	38,3	46,3
2014	59	38,8	42,9	37,3	45,9	46,2
2014	40	40,1	45,5	38,3	43,2	47,1
2014		40	46,1	38,2	42,8	46,2
2014		39,2	44,3	36,3	41,6	47,8
2014		39,6	42,6	35,9	42,2	47,6
2014		40,6	43	36,2	42,9	46,8
2015	38,6	43,4	39,5	36,8	42,8	44,4
2015	39,5	43,2	43,1	36,4	44	45,8
2015	44,7	45,1	41,4	37,2	43,7	44,7
2015	40,6	45,9	47,6	38,4	43,6	45,6

Obsah kolupulonu – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	40,67500	39,25	39,0000	2	34,00	59,00	40,32386	6,350107	15,61182
4799	39,69375	39,80	Vícenás.	1	32,60	45,90	13,78196	3,712406	9,35262
4801	42,64375	42,75	Vícenás.	1	38,50	47,60	6,31996	2,513953	5,89524
4975	35,68750	36,25	Vícenás.	1	30,40	38,40	5,83717	2,416023	6,76994
4979	41,72500	42,50	42,8000	2	37,50	45,90	5,66467	2,380056	5,70415
4980	45,40000	45,70	Vícenás.	2	41,50	47,80	2,84800	1,687602	3,71718

Obsah xanthohumolu (% hm.).

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	0,36	0,26	0,23	0,41	0,24	0,34
2014	0,29	0,31	0,25	0,44	0,26	0,35
2014	0,50	0,42	0,32	0,49	0,30	0,36
2014	0,43	0,24	0,21	0,34	0,20	0,33
2014	0,36	0,47	0,28	0,47	0,24	0,38
2014	0,44	0,26	0,25	0,46	0,47	0,38
2014	0,38	0,41	0,26	0,38	0,22	0,29
2014		0,41	0,23	0,35	0,25	0,38
2014		0,42	0,24	0,35	0,22	0,34
2014		0,41	0,22	0,36	0,28	0,37
2014		0,51	0,25	0,38	0,24	0,38
2014		0,42	0,27	0,37	0,27	0,37
2015	0,24	0,35	0,15	0,28	0,21	0,23
2015	0,26	0,35	0,15	0,26	0,22	0,26
2015	0,24	0,33	0,13	0,3	0,16	0,25
2015	0,41	0,4	0,26	0,31	0,27	0,32

Obsah xanthohumolu – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	0,355455	0,360	Vícenás.	2	0,24	0,50	0,007727	0,087905	24,73028
4799	0,373125	0,405	Vícenás.	3	0,24	0,51	0,005983	0,077349	20,73013
4801	0,231250	0,245	,2500000	3	0,13	0,32	0,002572	0,050712	21,92934
4975	0,371875	0,365	Vícenás.	2	0,26	0,49	0,004643	0,068139	18,32308
4979	0,253125	0,240	Vícenás.	3	0,16	0,47	0,004516	0,067203	26,54935
4980	0,333125	0,345	,3800000	4	0,23	0,38	0,002503	0,050029	15,01813

Příloha 4: Chemický rozbor chmelových silic

Obsah silic (g/100 g).

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	0,16	0,15	0,20	0,37	0,21	0,38
2014	0,17	0,14	0,25	0,55	0,21	0,37
2014	0,37	0,19	0,33	0,42	0,26	0,47
2014	0,32	0,12	0,21	0,19	0,22	0,51
2014	0,36	0,38	0,25	0,41	0,16	0,46
2014	0,44	0,34	0,32	0,54	0,28	0,48
2015	0,59	0,73	0,32	0,91	0,35	0,55
2015	0,29	1,06	0,70	0,98	0,52	0,92
2015	0,78	1,32	0,60	0,97	0,66	0,87
2015	0,69	0,88	0,38	0,92	0,34	0,73
2015	0,55	1,16	0,46	1,08	0,43	0,74

Obsah silic – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	0,429091	0,37	Vícenás.	1	0,16	0,78	0,041089	0,202704	47,24044
4799	0,588182	0,38	Vícenás.	1	0,12	1,32	0,206596	0,454529	77,27691
4801	0,365455	0,32	Vícenás.	2	0,20	0,70	0,025967	0,161144	44,09403
4975	0,667273	0,55	Vícenás.	1	0,19	1,08	0,095602	0,309195	46,33719
4979	0,330909	0,28	,2100000	2	0,16	0,66	0,023269	0,152542	46,09789
4980	0,589091	0,51	Vícenás.	1	0,37	0,92	0,037329	0,193207	32,79755

Obsah farnesenu (% rel.).

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	12,89	13,45	13,08	22,12	19,11	24,14
2014	12,38	11,21	14,84	16,76	18,89	20,55
2014	16,03	12,36	14,31	15,26	16,95	19,24
2014	18,86	9,12	11,28	15,78	17,53	24,01
2014	16,79	16,35	16,27	19,07	18,66	21,23
2014	16,05	16,96	12,98	14,72	11,99	14,89
2015	15,48	15,52	15,01	19,71	17,06	21,20
2015	16,99	13,40	10,50	16,30	15,20	14,20
2015	13,90	11,57	13,09	14,89	13,25	16,07
2015	15,02	13,84	11,62	18,44	17,20	19,25
2015	14,53	9,46	11,40	12,57	12,41	18,25

Obsah farnesenu (% rel.).

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	15,35636	15,48	Vícenás.	1	12,38	18,86	3,58085	1,892312	12,32266
4799	13,02182	13,40	Vícenás.	1	9,12	16,96	6,75620	2,599268	19,96087
4801	13,12545	13,08	Vícenás.	1	10,50	16,27	3,33493	1,826178	13,91326
4975	16,87455	16,30	Vícenás.	1	12,57	22,12	7,40829	2,721817	16,12972
4979	16,20455	17,06	Vícenás.	1	11,99	19,11	6,76173	2,600332	16,04693
4980	19,36636	19,25	Vícenás.	1	14,20	24,14	11,14583	3,338536	17,23884

Obsah myrcenu (% rel.).

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	7,14	10,85	10,69	17,49	8,09	12,39
2014	10,43	12,41	11,03	14,52	11,84	11,48
2014	15,20	9,93	13,57	15,83	14,40	14,61
2014	10,99	5,16	5,58	7,85	11,81	13,28
2014	15,05	11,60	10,72	16,80	6,26	9,04
2014	17,13	10,86	17,64	16,21	10,72	11,47
2015	23,08	23,21	18,24	28,51	19,76	20,38
2015	16,12	42,70	31,20	31,60	29,30	21,50
2015	31,84	38,15	27,26	31,42	27,27	27,62
2015	30,59	37,58	22,39	35,47	23,10	28,29
2015	25,69	30,40	23,75	35,37	21,14	29,29

Obsah myrcenu – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	18,47818	16,12	Vícenás.	1	7,14	31,84	67,7699	8,23225	44,55119
4799	21,16818	12,41	Vícenás.	1	5,16	42,70	187,4283	13,69044	64,67463
4801	17,46091	17,64	Vícenás.	1	5,58	31,20	63,8209	7,98880	45,75249
4975	22,82455	17,49	Vícenás.	1	7,85	35,47	95,1142	9,75265	42,72878
4979	16,69909	14,40	Vícenás.	1	6,26	29,30	61,2230	7,82451	46,85592
4980	18,12273	14,61	Vícenás.	1	9,04	29,29	57,4317	7,57837	41,81694

Obsah karyofylenu (% rel.).

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	10,36	11,65	12,89	9,67	12,94	12,26
2014	8,89	9,04	12,62	8,61	11,07	10,52
2014	9,03	8,70	12,15	7,39	11,06	10,37
2014	10,53	12,03	13,02	11,25	14,43	12,62
2014	9,78	11,89	11,72	8,94	13,04	11,91
2014	8,32	12,97	11,61	9,47	10,08	9,05
2015	9,51	10,74	11,11	9,06	11,79	9,78
2015	10,08	8,00	10,00	9,10	12,70	9,40
2015	6,97	7,07	7,85	6,33	9,04	8,03
2015	6,82	6,92	8,92	6,99	9,22	7,10
2015	7,58	7,27	8,18	7,72	8,56	7,23

Obsah karyofylenu – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	8,89727	9,03	Vícenás.	1	6,82	10,53	1,747442	1,321908	14,85746
4799	9,66182	9,04	Vícenás.	1	6,92	12,97	5,066176	2,250817	23,29600
4801	10,91545	11,61	Vícenás.	1	7,85	13,02	3,562467	1,887450	17,29154
4975	8,59364	8,94	Vícenás.	1	6,33	11,25	1,948465	1,395874	16,24312
4979	11,26636	11,07	Vícenás.	1	8,56	14,43	3,624225	1,903740	16,89755
4980	9,84273	9,78	Vícenás.	1	7,10	12,62	3,703002	1,924319	19,55066

Obsah humulonu (% rel.).

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	39,03	34,77	38,99	2,05	34,88	25,25
2014	30,80	30,34	35,16	4,41	32,93	30,25
2014	24,11	23,04	27,78	6,16	31,52	26,54
2014	25,77	36,34	41,97	9,10	35,27	27,91
2014	27,95	21,42	34,23	4,51	27,15	27,81
2014	23,91	23,24	31,13	4,84	24,91	34,82
2015	22,01	18,23	26,88	2,31	23,17	22,76
2015	35,43	12,30	24,70	6,60	26,00	25,50
2015	22,08	14,43	26,50	3,49	24,01	24,95
2015	24,36	16,04	32,91	3,70	27,70	24,84
2015	22,06	14,14	24,61	4,93	23,28	21,99

Obsah humulonů – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	27,04636	24,36	Vícenás.	1	22,01	39,03	33,09975	5,753238	21,27176
4799	22,20818	21,42	Vícenás.	1	12,30	36,34	70,36520	8,388397	37,77165
4801	31,35091	31,13	Vícenás.	1	24,61	41,97	34,23449	5,851025	18,66301
4975	4,73636	4,51	Vícenás.	1	2,05	9,10	4,04785	2,011926	42,47828
4979	28,25636	27,15	Vícenás.	1	23,17	35,27	21,20477	4,604863	16,29673
4980	26,60182	25,50	Vícenás.	1	21,99	34,82	12,89250	3,590612	13,49762

Obsah selinenů (% rel.).

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	2,41	7,25	2,04	28,18	3,98	2,57
2014	2,92	9,22	2,58	25,69	3,61	1,90
2014	2,43	15,12	3,47	25,54	2,19	1,75
2014	2,73	8,77	2,99	33,59	2,84	1,89
2014	1,90	14,96	2,11	27,61	2,73	2,97
2014	1,39	2,16	2,13	27,03	3,99	1,41
2015	2,49	8,08	3,34	15,49	2,63	2,83
2015	2,00	7,40	1,10	17,50	1,00	4,10
2015	2,61	7,68	3,04	20,80	2,05	2,21
2015	1,14	7,54	2,57	16,03	2,55	1,30
2015	5,56	8,28	4,12	16,83	4,19	2,21

Obsah selinenů – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	2,50727	2,43	Vícenás.	1	1,14	5,56	1,33092	1,153656	46,01238
4799	8,76909	8,08	Vícenás.	1	2,16	15,12	13,01377	3,607460	41,13836
4801	2,68091	2,58	Vícenás.	1	1,10	4,12	0,69145	0,831534	31,01687
4975	23,11727	25,54	Vícenás.	1	15,49	33,59	36,81498	6,067535	26,24676
4979	2,88727	2,73	Vícenás.	1	1,00	4,19	0,95854	0,979051	33,90921
4980	2,28545	2,21	2,210000	2	1,30	4,10	0,64793	0,804939	35,22010

Příloha 5: Mechanický rozbor chmelové hlávky

Průměrná délka věténka

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	11,16	21,62	13,82	14,36	15,56	10,88
2014	11,76	17,56	14,84	14,08	13,62	12,40
2014	18,06	17,70	18,16	18,50	25,12	12,84
2014	16,80	25,00	18,52	18,84	19,06	19,12
2014	18,39	24,30	23,44	18,88	21,34	22,66
2014	14,44	21,44	15,58	17,00	19,52	16,48
2015	14,32	22,92	16,14	17,52	17,08	17,94
2015	13,70	26,10	17,02	22,76	15,37	18,04
2015	12,46	18,35	18,16	18,60	25,12	16,31
2015	13,83	15,58	17,04	16,59	15,56	16,59

Průměrná délka věténka – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	14,49200	14,075	Vícenás.	1	11,16	18,39	6,33831	2,517599	17,37234
4799	21,05700	21,530	Vícenás.	1	15,58	26,10	12,91716	3,594045	17,06817
4801	17,27200	17,030	18,16000	2	13,82	23,44	7,03015	2,651443	15,35111
4975	17,71300	18,010	Vícenás.	1	14,08	22,76	6,19538	2,489052	14,05212
4979	18,73500	18,070	Vícenás.	2	13,62	25,12	16,60345	4,074733	21,74931
4980	16,32600	16,535	Vícenás.	1	10,88	22,66	12,30967	3,508514	21,49035

Počet článků na věténku.

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	7,82	11,12	8,04	8,60	9,28	7,50
2014	6,84	9,28	7,74	7,80	8,92	8,72
2014	9,92	9,58	7,56	8,86	11,50	8,80
2014	7,98	9,92	7,70	9,74	9,06	10,08
2014	10,26	9,18	10,48	8,32	9,30	10,26
2014	7,35	8,54	7,86	9,88	9,44	8,42
2015	8,23	9,58	6,42	7,98	8,67	9,30
2015	9,18	9,34	6,97	9,65	7,93	9,24
2015	7,24	8,14	7,56	8,38	11,50	8,52
2015	9,23	7,85	7,76	8,25	9,28	8,20

Počet článků na věténku – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	8,405	8,105	Vícenás.	1	6,84	10,26	1,387828	1,178061	14,01619
4799	9,253	9,310	9,58000	2	7,85	11,12	0,874846	0,935332	10,10842
4801	7,809	7,720	7,56000	2	6,42	10,48	1,107388	1,052325	13,47580
4975	8,746	8,490	Vícenás.	1	7,80	9,88	0,574293	0,757821	8,66478
4979	9,488	9,280	Vícenás.	2	7,93	11,50	1,313640	1,146141	12,07990
4980	8,904	8,760	Vícenás.	1	7,50	10,26	0,709404	0,842262	9,45936

Průměrná hmotnost 100 kusů hlávek.

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	6,24	17,82	7,44	12,44	9,64	11,18
2014	11,04	14,22	8,00	13,00	9,30	10,68
2014	13,72	10,28	10,90	11,44	15,94	10,68
2014	13,20	22,04	13,00	15,52	15,20	20,60
2014	18,20	19,00	15,80	13,80	16,60	19,20
2014	9,20	18,00	8,80	20,00	16,20	13,60
2015	12,45	19,40	8,70	17,80	12,10	17,40
2015	11,04	19,20	8,50	17,15	9,70	15,20
2015	8,72	11,79	10,90	12,50	15,94	15,63
2015	15,56	12,60	11,50	14,98	9,64	13,82

Průměrná hmotnost 100 kusů hlávek – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	11,937	11,745	11,04000	2	6,24	18,20	12,14378	3,484793	29,19320
4799	16,435	17,910	Vícenás.	1	10,28	22,04	15,31918	3,913973	23,81486
4801	10,354	9,850	10,90000	2	7,44	15,80	6,79894	2,607477	25,18328
4975	14,863	14,390	Vícenás.	1	11,44	20,00	7,60698	2,758075	18,55665
4979	13,026	13,650	Vícenás.	2	9,30	16,60	10,36552	3,219552	24,71635
4980	14,799	14,510	10,68000	2	10,68	20,60	12,22917	3,497022	23,63013

Průměrná hmotnost 100 kusů větének.

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	0,96	2,34	1,00	1,28	1,20	0,90
2014	1,12	1,72	1,10	1,20	1,12	1,00
2014	1,74	1,72	1,50	1,48	2,20	0,70
2014	1,20	2,92	1,00	1,50	1,40	2,20
2014	2,09	2,48	2,40	1,40	1,60	2,66
2014	1,25	2,20	0,80	2,00	1,40	1,20
2015	1,68	2,20	1,17	1,60	1,68	1,80
2015	1,22	2,20	1,10	1,71	1,20	1,60
2015	1,16	1,60	1,50	1,30	2,20	1,95
2015	1,38	1,00	1,40	1,35	1,20	1,50

Průměrná hmotnost 100 kusů větének – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	1,380	1,235	Vícenás.	1	0,96	2,09	0,121222	0,348170	25,22970
4799	2,038	2,200	2,200000	3	1,00	2,92	0,290529	0,539007	26,44786
4801	1,297	1,135	Vícenás.	2	0,80	2,40	0,202979	0,450532	34,73645
4975	1,482	1,440	Vícenás.	1	1,20	2,00	0,056907	0,238551	16,09657
4979	1,520	1,400	1,200000	3	1,12	2,20	0,161422	0,401774	26,43249
4980	1,551	1,550	Vícenás.	1	0,70	2,66	0,383566	0,619327	39,93080

Procento větének v hlávce.

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	15,38	13,13	13,44	10,28	12,44	8,05
2014	10,14	12,09	13,75	9,23	12,04	9,36
2014	12,68	16,73	13,76	12,94	13,80	6,55
2014	9,09	13,24	7,69	9,66	9,21	10,67
2014	11,48	13,05	15,19	10,14	9,64	13,85
2014	13,59	12,22	9,09	10,00	8,64	8,82
2015	13,49	11,34	13,45	8,99	13,88	10,34
2015	11,05	11,46	12,94	9,97	12,37	10,53
2015	13,30	13,57	13,76	10,40	13,80	12,47
2015	8,86	7,94	12,71	9,01	12,44	10,85

Procento větének v hlávce – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	11,906	12,080	Vícenás.	1	8,86	15,38	4,577427	2,139492	17,96987
4799	12,477	12,635	Vícenás.	1	7,94	16,73	4,860757	2,204712	17,67021
4801	12,578	13,445	13,76000	2	7,69	15,19	5,411218	2,326202	18,49422
4975	10,062	9,985	Vícenás.	1	8,99	12,94	1,285862	1,133959	11,26971
4979	11,826	12,405	Vícenás.	2	8,64	13,88	3,875627	1,968661	16,64689
4980	10,149	10,435	Vícenás.	1	6,55	13,85	4,419588	2,102282	20,71417

Hustota zalomení věténka.

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	7,00	5,14	5,81	5,98	5,96	6,89
2014	5,81	5,23	5,21	5,53	7,20	7,03
2014	5,49	5,41	4,16	4,79	4,57	6,85
2014	4,75	3,96	4,16	5,16	4,75	5,27
2014	5,57	3,77	4,47	4,41	4,36	4,52
2014	5,09	3,98	5,04	5,81	4,84	5,11
2015	5,74	4,18	3,98	4,55	5,08	5,18
2015	6,70	3,58	4,10	4,23	5,16	5,12
2015	5,81	4,44	4,16	4,51	4,57	5,22
2015	6,67	5,04	4,55	4,97	5,96	4,94

Hustota zalomení věténka – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	5,863	5,775	5,810000	2	4,75	7,00	0,525179	0,724692	12,36043
4799	4,473	4,310	Vícenás.	1	3,58	5,41	0,455801	0,675130	15,09346
4801	4,564	4,315	4,160000	3	3,98	5,81	0,361271	0,601058	13,16955
4975	4,994	4,880	Vícenás.	1	4,23	5,98	0,372360	0,610213	12,21892
4979	5,245	4,960	Vícenás.	2	4,36	7,20	0,775828	0,880811	16,79334
4980	5,613	5,200	Vícenás.	1	4,52	7,03	0,863557	0,929277	16,55581

Těžkost.

Rok sklizně	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	0,55	0,82	0,53	0,86	0,61	1,02
2014	0,93	0,80	0,54	0,92	0,68	0,86
2014	0,76	0,58	0,60	0,62	0,63	0,83
2014	0,79	0,88	0,70	0,82	0,80	1,08
2014	0,99	0,78	0,67	0,73	0,78	0,84
2014	0,64	0,84	0,56	1,18	0,83	0,83
2015	0,87	0,85	0,54	1,02	0,71	0,97
2015	0,80	0,74	0,50	0,75	0,63	0,84
2015	0,69	0,64	0,60	0,67	0,63	0,96
2015	1,12	0,81	0,67	0,90	0,61	0,83

Těžkost – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	0,814	0,795	Vícenás.	1	0,55	1,12	0,028916	0,170046	20,89014
4799	0,774	0,805	Vícenás.	1	0,58	0,88	0,009138	0,095592	12,35035
4801	0,591	0,580	Vícenás.	2	0,50	0,70	0,004743	0,068872	11,65345
4975	0,847	0,840	Vícenás.	1	0,62	1,18	0,028423	0,168592	19,90463
4979	0,691	0,655	,6300000	3	0,61	0,83	0,007099	0,084255	12,19318
4980	0,906	0,850	,8300000	3	0,83	1,08	0,008716	0,093357	10,30432

Příloha 6: Senzorické hodnocení pív

Říz – bodové hodnocení.

Rok hodnocení	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	2,6	2,6	2,6	2,8	2,8	2,7
2014	2,6	2,9	2,7	2,6	2,9	2,7
2014	2,7	2,8	2,7	2,7	2,8	2,8
2015	2,6	2,8	2,9	3	2,8	2,8
2015	2,6	2,8	2,7	2,8	2,7	2,5

Říz – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	2,62	2,60	2,600000	4	2,60	2,70	0,002	0,044721	1,706922
4799	2,78	2,80	2,800000	3	2,60	2,90	0,012	0,109545	3,940450
4801	2,72	2,70	2,700000	3	2,60	2,90	0,012	0,109545	4,027372
4975	2,78	2,80	2,800000	2	2,60	3,00	0,022	0,148324	5,335395
4979	2,80	2,80	2,800000	3	2,70	2,90	0,005	0,070711	2,525381
4980	2,70	2,70	Vícenás.	2	2,50	2,80	0,015	0,122474	4,536092

Plnost – bodové hodnocení.

Rok hodnocení	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	2,7	2,9	2,9	3	2,9	2,7
2014	2,4	2,7	2,4	2,6	2,4	2,4
2014	2,7	2,8	2,7	2,8	2,7	2,7
2015	2,9	2,9	2,9	2,9	2,7	2,7
2015	2,8	2,8	2,7	2,8	2,8	2,6

Plnost – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	2,70	2,70	2,700000	2	2,40	2,90	0,035	0,187083	6,928995
4799	2,82	2,80	Vícenás.	2	2,70	2,90	0,007	0,083666	2,966880
4801	2,72	2,70	Vícenás.	2	2,40	2,90	0,042	0,204939	7,534523
4975	2,82	2,80	2,800000	2	2,60	3,00	0,022	0,148324	5,259715
4979	2,70	2,70	2,700000	2	2,40	2,90	0,035	0,187083	6,928995
4980	2,62	2,70	2,700000	3	2,40	2,70	0,017	0,130384	4,976490

Hořkost – bodové hodnocení.

Rok hodnocení	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	2,7	3	3,1	2,8	3,1	3
2014	2,7	2,9	2,7	2,4	2,7	2,7
2014	2,8	3	2,9	2,6	2,8	2,9
2015	2,9	2,9	2,6	2,8	2,7	2,8
2015	2,9	3,1	2,8	2,7	2,8	2,6

Hořkost – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	2,80	2,80	Vícenás.	2	2,70	2,90	0,010	0,100000	3,571429
4799	2,98	3,00	Vícenás.	2	2,90	3,10	0,007	0,083666	2,807584
4801	2,82	2,80	Vícenás.	1	2,60	3,10	0,037	0,192354	6,821058
4975	2,66	2,70	2,800000	2	2,40	2,80	0,028	0,167332	6,290677
4979	2,82	2,80	Vícenás.	2	2,70	3,10	0,027	0,164317	5,826836
4980	2,80	2,80	Vícenás.	1	2,60	3,00	0,025	0,158114	5,646924

Trpkost – bodové hodnocení.

Rok hodnocení	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	0,8	0,9	1,2	0,8	0,9	0,8
2014	1,6	1,4	2,0	1,4	2,2	1,6
2014	1,1	1,2	1,6	1,1	1,4	1,1
2015	1,5	1,4	1,6	2,0	1,8	1,4
2015	1,4	1,5	1,6	1,4	1,5	1,2

Trpkost – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	1,28	1,40	Vícenás.	1	0,8	1,6	0,107	0,327109	25,55536
4799	1,28	1,40	1,400000	2	0,9	1,5	0,057	0,238747	18,65209
4801	1,60	1,60	1,600000	3	1,2	2,0	0,080	0,282843	17,67767
4975	1,34	1,40	1,400000	2	0,8	2,0	0,198	0,444972	33,20686
4979	1,56	1,50	Vícenás.	1	0,9	2,2	0,233	0,482701	30,94235
4980	1,22	1,20	Vícenás.	1	0,8	1,6	0,092	0,303315	24,86189

Sladkost – bodové hodnocení.

Rok hodnocení	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	1,5	1,3	1,7	1,4	1,5	1,1
2014	1,8	1,6	1,7	1,8	1,8	1,7
2014	1,7	1,5	1,7	1,6	1,6	1,4
2015	1,5	1,5	1,5	1,0	1,6	1,3
2015	1,9	1,5	1,6	1,4	1,5	1,9

Sladkost – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	1,68	1,70	1,500000	2	1,50	1,90	0,03	0,178885	10,64794
4799	1,48	1,50	1,500000	3	1,30	1,60	0,01	0,109545	7,40166
4801	1,64	1,70	1,700000	3	1,50	1,70	0,01	0,089443	5,45382
4975	1,44	1,40	1,400000	2	1,00	1,80	0,09	0,296648	20,60055
4979	1,60	1,60	Vícenás.	2	1,50	1,80	0,02	0,122474	7,65466
4980	1,48	1,40	Vícenás.	1	1,10	1,90	0,10	0,319374	21,57935

Kyselost – bodové hodnocení.

Rok hodnocení	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	0,8	0,7	0,5	0,8	0,9	0,7
2014	1,8	1,4	1,8	1,4	1,7	1,6
2014	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1
2015	1,6	2,1	1,9	1,4	1,9	1,7
2015	1,5	1,5	1,5	1,4	2,3	1,5

Kyselost – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	1,36	1,50	Vícenás.	1	0,80	1,80	0,163	0,403733	29,68622
4799	1,36	1,40	Vícenás.	1	0,70	2,10	0,268	0,517687	38,06523
4801	1,38	1,50	Vícenás.	1	0,50	1,90	0,317	0,563028	40,79910
4975	1,22	1,40	1,400000	3	0,80	1,40	0,072	0,268328	21,99411
4979	1,60	1,70	Vícenás.	1	0,90	2,30	0,310	0,556776	34,79853
4980	1,32	1,50	Vícenás.	1	0,70	1,70	0,172	0,414729	31,41885

Chmelová – bodové hodnocení.

Rok hodnocení	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	0,5	0,5	0,5	1,0	1,2	0,5
2014	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2014	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2015	1,0	1,1	0,8	0,6	1,9	1,6
2015	1,3	2,1	0,8	0,8	2,5	1,5

Chmelová – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	0,76	0,50	,5000000	3	0,50	1,30	0,138	0,371484	48,87941
4799	0,94	0,50	,5000000	3	0,50	2,10	0,488	0,698570	74,31595
4801	0,62	0,50	,5000000	3	0,50	0,80	0,027	0,164317	26,50270
4975	0,68	0,60	,5000000	2	0,50	1,00	0,047	0,216795	31,88159
4979	1,32	1,20	,5000000	2	0,50	2,50	0,772	0,878635	66,56328
4980	0,92	0,50	,5000000	3	0,50	1,60	0,332	0,576194	62,62983

Ovocná, esterová – bodové hodnocení.

Rok hodnocení	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	2,3	1,6	1,7	1,8	1,0	1,5
2014	2,2	1,8	1,9	1,9	1,8	1,9
2014	2,0	1,7	1,8	1,9	1,4	1,5
2015	1,6	1,9	1,8	1,6	1,0	1,3
2015	1,4	1,8	1,8	1,8	1,7	1,5

Ovocná, esterová – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (Vk)
ŽPČ	1,90	2,00	Vícenás.	1	1,40	2,30	0,15	0,387298	20,38412
4799	1,76	1,80	1,800000	2	1,60	1,90	0,01	0,114018	6,47827
4801	1,80	1,80	1,800000	3	1,70	1,90	0,01	0,070711	3,92837
4975	1,80	1,80	Vícenás.	2	1,60	1,90	0,02	0,122474	6,80414
4979	1,38	1,40	1,000000	2	1,00	1,80	0,14	0,376829	27,30644
4980	1,54	1,50	1,500000	3	1,30	1,90	0,05	0,219089	14,22656

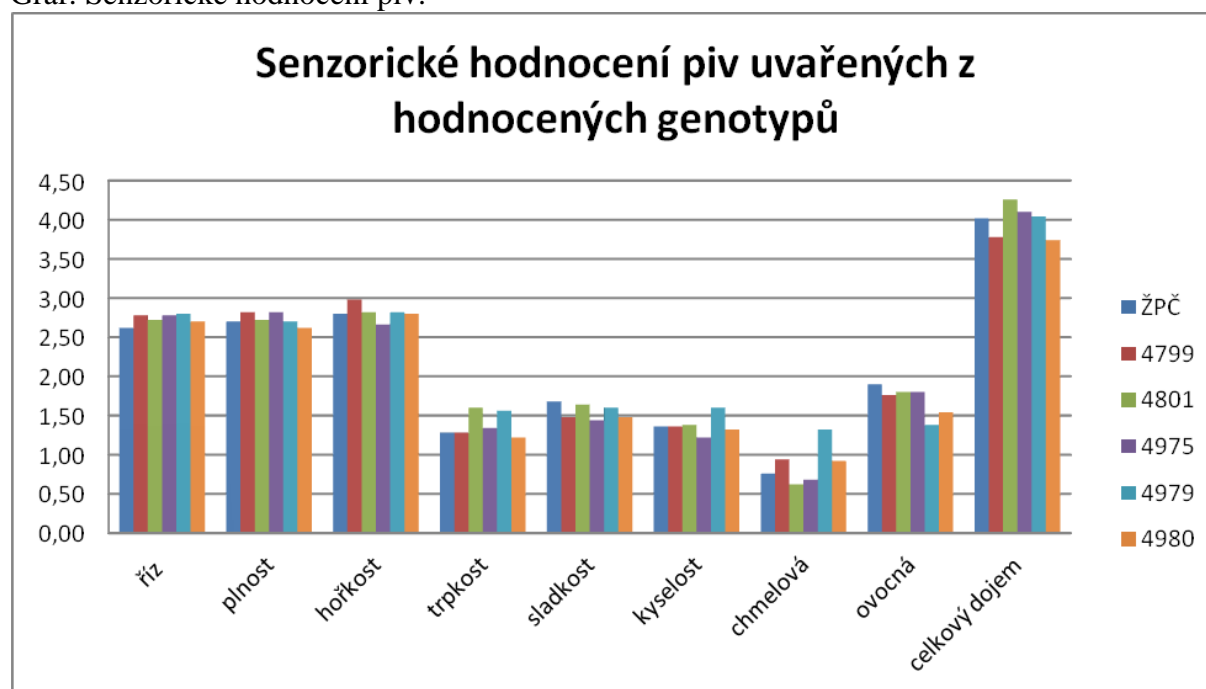
Celkový dojem – bodové hodnocení.

Rok hodnocení	ŽPČ	4799	4801	4975	4979	4980
2014	3,7	3,7	4,7	3,9	3,9	3,9
2014	4,4	4,2	4,3	4,3	4,7	3,7
2014	4,2	4,0	4,5	4,1	4,2	3,8
2015	3,4	3,5	3,6	4,1	3,1	3,3
2015	4,4	3,5	4,2	4,1	4,3	4,0

Celkový dojem – popisná statistika.

	Průměr (x)	Medián	Modus	Četnost	Min.	Max.	Rozptyl	Sm.odch (s)	Koef. prom. (V _k)
ŽPČ	4,02	4,20	4,400000	2	3,40	4,40	0,202000	0,449444	11,18020
4799	3,78	3,70	3,500000	2	3,50	4,20	0,097000	0,311448	8,23937
4801	4,26	4,30	Vícenás.	1	3,60	4,70	0,173000	0,415933	9,76368
4975	4,10	4,10	4,100000	3	3,90	4,30	0,020000	0,141421	3,44930
4979	4,04	4,20	Vícenás.	1	3,10	4,70	0,358000	0,598331	14,81017
4980	3,74	3,80	Vícenás.	1	3,30	4,00	0,073000	0,270185	7,22420

Graf: Senzorické hodnocení pív.



Příloha7: Genetická analýza

odrůda/marker	CHL_A	CHL_B	CHL_C	CHS_A	CHS_B	CHS_C	CHS_D	HIGA3_A	HIGA3_B	HIGA3_C	HIGA3_D	HIGA3_E	HIGA3_F	HIGA3_G	HIGA3_H	HIGA3_I	HIGA3_J	HIGA3_K	HIGA3_L	HIGA3_M	HIGA3_N	HIGA4_A	HIGA4_B	HIGA4_C	HIGA4_D	HIGA4_E	HIGA4_F	HIGA4_G	HGA9_23_0	HGA9_23_0	HGA9_24_0	HGA9_24_8	HGA9_25_0	HGA9_25_4	HGA9_25_42	HGA9_25_40	HGA9_25_30	HGA9_25_20	HGA9_25_15	HGT12_A								
Perle	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0					
Serebjanka	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0					
Striesselspalt	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0				
Magnum	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0				
Marynka	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0					
Hallertauer Tradition	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0				
Taurus	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0				
Spalter Select	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0				
Cenntennial	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0				
Hallertauer Mittelfrüh	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0				
Lubelski	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0			
Savinskij Golding	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Northern Brewer	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0			
Fuggle	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0			
Tettnanger	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0			
Hersbrücker	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0			
Spalter	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0		
Cascade	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0		
Aurora	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0		
Brewers Gold	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0			
Sládek	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Premiant	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0		
ŽPČ	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0		
Bor	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
Agnus	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Celeia	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
Columbus	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0		
Kazbek	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
Saaz Late	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
Bohemie	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
Vital	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Rubín	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0		
Harmonie	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Herkules	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saaz Special	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	
4799	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
4801	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	
4975	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
4979	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
4980	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
Amarillo	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	
Citra	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0																																	

