

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Porovnání vývoje a produkčních schopností dvou
vybraných odrůd chmele v různých agroekologických
podmínkách**

Bakalářská práce

Sabina Trnková

Veřejná správa v zemědělství a krajině

Ing. Pavel Procházka, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že bakalářskou práci "Porovnání vývoje a produkčních schopností dvou vybraných odrůd chmele v různých agroekologických podmínkách" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych také poděkovala Ing. Pavlu Procházkovi, Ph.D., za vedení mé bakalářské práce. Velké díky patří celému kolektivu zaměstnanců Chmelařského institutu, s.r.o., kteří mi poskytli cenné rady a dopomohli uskutečnit splnění praktické části této bakalářské práce. Závěrem bych ráda poděkovala rodině a příteli za trpělivost, podporu a důvěru během celého studia.

Porovnání vývoje a produkčních schopností dvou vybraných odrůd chmele v různých agroekologických podmínkách

Abstrakt

Bakalářská práce porovnává dvě odlišné odrůdy chmele, Žatecký poloraný červeňák – Osvaldův klon 72 (ŽPČ) a Kazbek, pěstované ve třech odlišných lokalitách v žatecké chmelařské oblasti. Sledováním průběhu vybraných fenofází bylo zjištěno, že oddálení doby řezu v závislosti na místních agroekologických podmínkách mělo významný vliv především na vývoj vegetativních orgánů rostlin a na zpoždění dlouhivého růstu chmele. Vývoj generativních orgánů začal u obou sledovaných odrůd v téměř shodném termínu bez ohledu na lokalitu. Chladné a vlhké jaro způsobilo opoždění vegetace a intenzivní růst tak nastal až v závěru května a průběhu celého června a července, které byly teplotně normální až teplé a srážkově normální až vlhké. Dostatek vláhy v celé žatecké oblasti znamenal, že i rostliny odrůdy Kazbek, vyznačující se bujným habitem, měly dostatek vláhy na tvorbu vegetativní i generativní nadzemní biomasy i v oblasti, která je jinak dlouhodobě sužována nedostatkem vody v průběhu vegetace, tj. na Rakovnicku v lokalitě Chrášťany. Popisné charakteristiky všech porostů víceméně odpovídaly odrůdovým vlastnostem obou odrůd, stejně jako kvalitativní parametry sklizeného chmele, ačkoliv byl zjištěn nižší obsah β – hořkých kyselin, a to jak v hlávkách Žateckého poloraného červeňáku, tak v hlávkách Kazbeku. Produkční schopnost ŽPČ v lokalitě Stekník však byla cca 1,83x vyšší než v lokalitě Chrášťany, ale srovnatelná s lokalitou Kněžice. Stejně tak Kazbek dosáhl cca 1,78x vyššího výnosu zeleného chmele v lokalitě Stekník oproti Chrášťanům. V lokalitě Knežice byl porost Kazbeku silně napaden peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*) a z toho důvodu dosáhl pouze velmi nízkého výnosu neodpovídajícího odrůdovému standardu ve vztahu k podmínkám ročníku.

Klíčová slova: chmel otáčivý, agroekologické podmínky, produkční schopnost, výnos, hořké kyseliny

Comparison of the development and production abilities of two selected hop varieties in different agroecological conditions

Abstract

The bachelor's thesis compares two different varieties of hops, Saaz – Oswald's clone 72 (Saaz) and Kazbek, grown in three different locations in the Žatec hop growing region. By monitoring the progress of selected phenophases, it was found that delay in pruning depending on local agro-ecological conditions had a significant effect primarily on the development of the vegetative organs of plants and on the delay in the prolongation growth of hop bines. The development of the generative organs began in both studied varieties at almost the same time, regardless of location. A cold and wet spring caused a delay in vegetation and intensive growth did not occur until the end of May and throughout June and July, which were normal to warm in temperature and normal to wet in precipitation. Sufficient moisture in the entire Žatec region meant that even plants of the Kazbek variety, characterized by a lush habit, had enough moisture to create vegetative and generative above-ground biomass even in an area that is otherwise known by a lack of water during the growing season, i.e. in Chrášťany. The descriptive characteristics of all stands more or less corresponded to the varietal characteristics of both varieties, as well as the qualitative parameters of the harvested hops, although a lower content of β -bitter acids was detected, both in the cones of Saaz as well as in the heads of Kazbek. However, the production capacity of Saaz in Stekník was approximately 1.83 times higher than in the Chrášťany, but comparable to Kněžice. Likewise, Kazbek achieved a 1.78 times higher yield of green hops in Stekník compared to Chrášťany. In Knežice, the Kazbek stand was heavily damaged by downy mildew (*Pseudoperonospora humuli*) and only achieved a very low yield that did not meet the variety standard in relation to the conditions of the year.

Keywords: hop, agroecological conditions, production potential, yield, bitter acids

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Charakteristika chmele	10
3.2 Historie pěstování chmele	11
3.3 Chmelařské oblasti v České republice	11
3.3.1 Žatecká pěstební oblast.....	13
3.3.2 Úštěcká pěstební oblast.....	13
3.3.3 Tršická pěstební oblast	13
3.4 Chmelařské oblasti ve světě	14
3.5 Chemické složení chmele	15
3.5.1 Chmelové pryskyřice	15
3.5.1.1 α – hořké kyseliny	16
3.5.1.2 β – hořké kyseliny	16
3.5.2 Polyfenolové látky	17
3.5.3 Silice	17
3.6 Kategorizace chmelových odrůd	17
3.6.1 Jemně aromatické	18
3.6.2 Aromatické	18
3.6.3 Hořké	18
3.7 Vybrané odrůdy chmele	18
3.7.1 Žatecký poloraný červeňák – Osvaldův klon 72	19
3.7.2 Kazbek	20
3.8 Tvorba výnosu chmele	22
3.9 Rajonizace	22
3.10 Ochrana chmele	22
3.10.1 Choroby chmele.....	23
3.10.1.1 Peronospora chmelová (<i>Pseudoperonospora humuli</i>)	23
3.10.1.2 Padlí chmelové (<i>Sphaerotheca humuli</i>)	24
3.10.2 Škůdci chmele.....	26
3.10.2.1 Svilaška chmelová (<i>Tetranychus urticae</i>).....	26
3.10.2.2 Mšice chmelová (<i>Phorodon humuli</i>)	26
3.11 Agroekologie chmele	26
3.11.1 Půda a výživa rostlin.....	27
3.11.2 Konfigurace terénu	28
3.11.3 Klimatické podmínky	28

3.12	Agrotechnika	28
3.12.1	Založení chmelnice	29
3.12.2	Jarní agrotechnické zásahy	30
3.12.3	Letní agrotechnické zásahy.....	32
3.12.4	Sklizeň a sušení chmele	33
3.12.5	Podzimní agrotechnické zásahy.....	33
	34	
3.13	Chmelové výrobky	34
3.14	Přínos chmele pro zdraví.....	34
4	Materiál a metody	36
4.1	Základní charakteristika sledovaných stanovišť a porostů	36
4.2	Hodnocení průběhu počasí na Žatecku ve vegetačním období roku 2021	37
4.3	Agrotechnika praktikovaná ve sledovaných lokalitách.....	38
5	Výsledky	44
5.1	Termín rašení po řezu.....	44
5.2	Sledování výšky rostlin v průběhu vegetace	44
5.3	Sledování průběhu fenofází.....	45
5.3.1	ŽPČ OSK 72	46
5.3.2	Kazbek	47
5.4	Předsklizňové popisy rostlin	48
5.4.1	ŽPČ OSK 72	48
5.4.2	Kazbek	48
5.5	Vegetační doba	49
5.6	Výnos chmele ze sledovaných rostlin	50
5.6.1	Výnos ŽPČ OSK 72.....	50
5.6.2	Výnos odrůdy Kazbek	50
5.6.3	Hektarový výnos suchého chmele – přepočet.....	51
5.7	Kvalitativní parametry	51
6	Diskuze	53
7	Závěry	57
8	Literatura	58

1 Úvod

Pěstování chmele má na území České republiky velmi dlouhou tradici. Chmel je původním druhem naší květeny a také jednou z nejzásadnějších a zároveň velmi tradičních zemědělských komodit u nás. Své využití nachází především ve vaření piva, ale i ve farmaceutickém průmyslu či kosmetice. Divoké formy se vyskytují v nižších polohách na celém území. Rostlině jsou nejpříjemnější vlhčí lokality, tedy lužní lesy, okolí potoků a řek. Pěstování kulturního chmele je v ČR soustředěno do tří oblastí, a to žatecké, úštěcké a tršické chmelařské oblasti.

Až do konce 80. let 20. století byl na území ČR pěstován pouze Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ), s rozvojem šlechtitelských metod byly od 60. let 20. století šlechtěny hybridní odrůdy vhodné do podmínek našich chmelařských oblastí. Jednou z relativně mladých hybridních odrůd je Kazbek (registrovaný v roce 2008), který byl v této práci porovnáván s ŽPČ Osvaldovým klonem 72 registrovaným roku 1952. V rámci práce byla sledována základní agrotechnika porostů, průběh vybraných vývojových fází chmele v kontextu průběhu počasí v roce 2021 a také hospodářský výnos a kvalita hlávek ze tří vzájemně odlišných, avšak typických lokalit v žatecké chmelařské oblasti. Změna klimatu, která přináší zvyšující se průměrné teploty a nerovnoměrně rozložené srážky, znamená pro pěstitele, především hybridních odrůd náročných na dostatek vláhy, problém. Pěstitelé hospodařící v blízkosti dostupného zdroje závlahové vody mají možnost jak rostlinám v průběhu vegetace pomoci vyrovnat se s teplotním i vodním stresem, ovšem v oblastech, jako je zvolená lokalita Chrást'any (bez závlahy a ve vyšší nadmořské výšce), jsou stále odkázáni na přírodní srážky, jelikož zdroje závlahové vody na severním Rakovnicku jsou velmi omezené. Jedním z cílů práce tak bylo zjistit, zdali má lokalita a dostupnost závlahy vliv na produkci chmele jak ŽPČ, tak hybridního Kazbeku. Rajonizace novějších genotypů chmele totiž není stále dořešena.

V současnosti se české chmelařství potýká s několika aktuálními problémy. Prvním jsou neustále se zvyšující náklady na produkci chmele, dále nedostatek lidské pracovní síly v exponovaných obdobích nebo rozšiřování nových chorob. Řeší však i problémy další, jako je právě zmiňovaná rajonizace nových odrůd chmele, ověřování doposud zavrhaných způsobů pěstování chmele či přechod ke stále racionálnějšímu způsobu hospodaření.

2 Cíl práce

Cílem práce je jednak zpracování kvalitní literární rešerše na zadané téma a jednak porovnání vlivu agroekologických podmínek na vývoj a produkční parametry dvou vybraných odrůd chmele.

3 Literární rešerše

3.1 Charakteristika chmele

Chmel otáčivý je dvoudomá vytrvalá pravotočivá liána, která se řadí do čeledi konopovité (*Cannabaceae*) z řádu *Urticales*. Rod *Humulus* zahrnuje tři druhy chmele – *Humulus lupulus* L. (chmel otáčivý), *Humulus japonicus* Siebold et Zucc. (chmel japonský) a *Humulus yunnanensis* Hu (chmel junnanský) (Krofta a Mikyška, 2014).

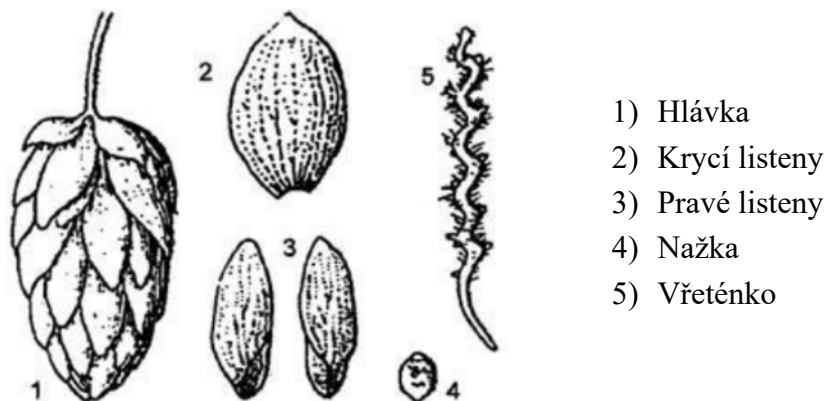
Jeho podzemní část je tvořena tzv. zdřevnatělou babkou, ze které vyrůstá mohutně vyvinutá kořenová soustava, která kromě příjmu vody a živin z půdy zajišťuje zásobní funkci sloužící jako zdroj živin pro obnovení růstu nadzemní biomasy v časném období nové vegetační sezóny. Během jara vyrůstají z babky nadzemní výhony porůstající trichomickými přichytnými chlupy, jež slouží k uchycení nadzemní části na oporu při jejím dlouhivém růstu (Vent, 2002).

Nadzemní část je tvořena soustavou vegetativních orgánů, a to lodyhou, která je větvena na révu, a pazochy. Základem nadzemní části je réva, dorůstající do výšky až 8 m. Réva je šestihranná a dutá s červenými nebo zelenými podélnými pruhy (Faragó et Ůrgeová, 2013). U postranních větví, zvaných pazochy, vyrůstají zhruba od poloviny června květonosné větévky nesoucí samičí květenství, tzv. osýpky, které se mění v chmelové hlávky. Na jedné větévce jich může být až 30 (Basařová et al., 2010).

Hlávka se skládá z vřetenka, tvořícího její osu. Každý článek vřetenka nese 4 pravé a 2 krycí listeny. Lupulinové žlázy do paždí pravých listenů produkují lupulin, který je látkou obsahující všechny pivovarsky cenné látky. Stavba vřetenka má velký vliv na kvalitu hlávek. Tvar chmelových hlávek může být různorodý – vejčitý, kuželovitý, válcovitý, okrouhlý nebo přechodný. Velikost chmelových hlávek je závislá na odrůdě. Pohybuje se v rozmezí od 15-35 mm (Faragó et Ůrgeová, 2013). Obrázky 1 a 2 znázorňují stavbu chmelové hlávky.



Obrázek 1 - Řez hlávkou chmele (Kříženecká, 2016).



Obrázek 2 - Chmelová hlávka (Basařová et al., 2010).

3.2 Historie pěstování chmele

Pěstování chmele se na území České republiky začalo rozvíjet na přelomu 8. a 9. století. Významným milníkem byla vláda Karla IV., který celé chmelařství zvelebil, neboť si byl vědom jeho předností. Během 18. století pak český chmel, a to zejména ten žatecký, dostává významné postavení. Dochází k rozšiřování ploch a chmel je hojně vyvážen (Zázvorka et Zima, 1956).

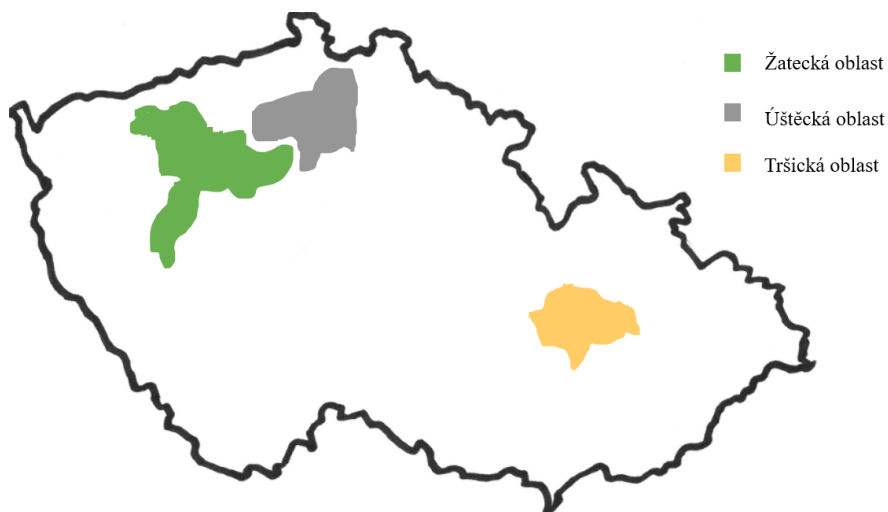
V 19. století žatecký chmel dosahuje vrcholu pro svoji vůni a barvu, a stává se tak standardem kvality i ceny nejen v rámci tehdejší rakousko-uherské monarchie, ale celé Evropy. Město Žatec se stalo evropským střediskem pěstování a zpracování chmele (Rybáček et al., 1980).

S nástupem první světové války toto rozmachující se odvětví zaznamenalo ohromné ztráty. Došlo ke snížení počtu chmelnic a jejich celková plocha 17 200 ha se tak snížila více než o polovinu. Výrazně klesly výnosy, které chmelařům nepokryly ani pětinu jejich nákladů. Révy tak byly odkupovány chmelařskými spolky a následně páleny. V meziválečném období došlo k opětovnému rozrůstání a zotavování chmelnic a již na počátku 30. let 20. století se jejich celková plocha rozrostla na téměř 18 000 ha (Hajšl, 2005). Od té doby výměra klesala až téměř do současnosti, kdy se ustálila okolo 5 000 ha (Procházka et al., 2021).

3.3 Chmelařské oblasti v České republice

Chmelařské oblasti jsou území vhodná pro produkci chmele. Vlastní pěstování je na území České republiky kontrolováno a řízeno dle zákona č. 97/1996 Sb., o ochraně chmele. K roku 2022 bylo v ČR registrováno 121 pěstitelů chmele, kteří se nachází ve třech

chmelařských oblastech – Žatecko, Úštěcko a Tršicko (Altová, 2022). Tyto 3 oblasti jsou vyobrazeny na obrázku 3.



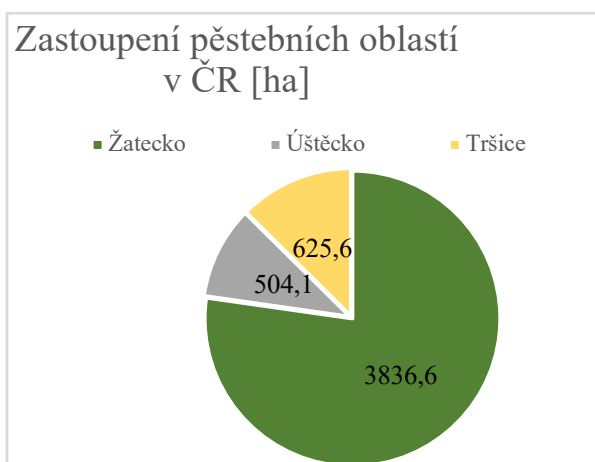
Obrázek 3 - Chmelařské oblasti v České republice (Trnková, 2022).

Tabulka 1 obsahuje souhrn základních abiotických charakteristik stanovených oblastí.

Tabulka 1 – Abiotické charakteristiky chmelařských oblastí.

Abiotické charakteristiky	Žatecká oblast	Úštěcká oblast	Tršická oblast
Typ půdy	Černozemě	Hnědozemě až černozemě	Hnědozemě a podzolové půdy
Roční úhrn srážek	450 mm	489 mm	600–650 mm
Průměrná teplota ve vegetačním období	14–16 °C	15 °C	15 °C

V grafu 1 jsou uvedeny hektarové rozlohy pěstebních oblastí dle Agrární komory České republiky v hektarovém podílu.



Graf 1 – Rozloha a podíl chmelařských oblastí.

3.3.1 Žatecká pěstební oblast

Považuje se za největší a také nejčlenitější pěstební oblast chmele s výměrou cca 3 800 ha s nadmořskou výškou 200–500 m.n.m. Do této oblasti spadají okresy Louny, Rakovník, Chomutov, Kladno a Rokycany. Mezi nejpěstovanější odrůdy v žatecké oblasti patří Žatecký poloranný červeňák (dále ŽPČ), Sládek, Premiant a Agnus (Chromý in Kovařík, 2022).

3.3.2 Ústěcká pěstební oblast

Ústěcká oblast přímo sousedí s žateckou oblastí a ze všech tří jmenovaných oblastí je typická místy s nejnižší nadmořskou výškou, a to 147 m. (místy ale dosahuje nadmořská výška i 450 m). Spadají sem okresy Litoměřice, Mělník, Česká Lípa a chmelařská poloha Polepská Blata (Chromý in Kovařík, 2022).

3.3.3 Tršická pěstební oblast

Poslední oblast se nachází na východní straně České republiky, a to na Hané v okresech Olomouc a Přerov. Pěstují se zde především odrůdy ŽPČ, Premiant a Sládek (Chromý in Kovařík, 2022).

3.4 Chmelařské oblasti ve světě

Celosvětová roční produkce chmele se pohybuje kolem 80 000 až 100 000 tun. Produkce v rámci Evropské unie z toho zahrnuje zhruba 50 000 tun. Chmel se pěstuje celkem ve 12 dalších zemích, například Německo, Slovinsko, Polsko, Rakousko, Španělsko či Belgie nebo také Francie. Přehled chmelařských oblastí v jednotlivých vybraných státech je uveden v tabulce 2 (European Commission, 2022).

Tabulka 2 - Chmelařské oblasti vybraných zemí EU (Chmel (europa.eu)).

Německo	Hallertau
	Spalt
	Tett nang
	Rottenburg – Herrenberg – Weil der Stadt
	Rheinpfalz
	Bitburg
	Elbe-Saale
Rakousko	Oberösterreich
	Niederösterreich
	Steiermark
Belgie	West-Vlaanderen
	Oost-Vlaanderen
	Vlaams-Brabant
	Hainaut
Polsko	Lubelski region
	Wielkopolski region
	Dolnośląski region
	Opolski region
	Śląski region
	Kujawsko-pomorski region
	Mazowiecki region
	Podkarpacki region
	Świętokrzyski region

Mezi významné světové producenty chmele dále řadíme USA. Především státy Washington, Oregon a Idaho s výměrou cca 24 800 ha a Čínu s výměrou cca 2 700 ha (Altová, 2022).

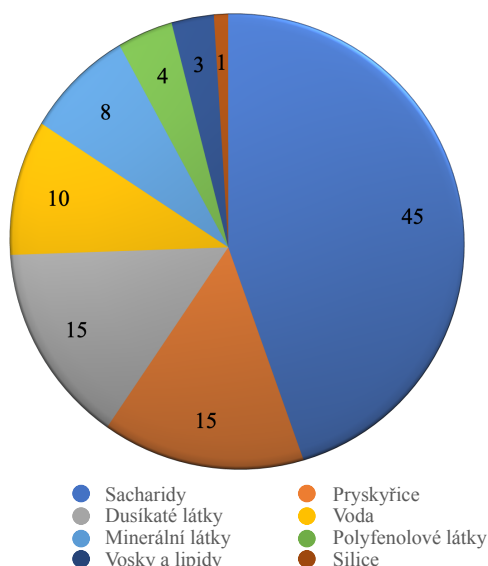
3.5 Chemické složení chmele

Chemické složení chmele (viz. graf 2) je závislé na několika faktorech, jako například provenienci, ročníku, odrůdě a posklizňové úpravě. Největší látkové zastoupení mají sacharidy, které může chmelová hlávka obsahovat až z 50 %, následují pryskyřice v zastoupení cca 20 % a dusíkaté látky až 15 %, které mohou nepříznivě ovlivňovat kvalitu (Basařová et al., 2010).

Z hlediska pivovarnické hodnoty chmele se sleduje hlavně obsah pryskyřičných látek, silic a polyfenolů, které dodávají pivu nenahraditelnou chuť a aroma (Hough et al., 1982).

Mezi pravidelně kontrolované problematické látky, z pohledu hygienicko-zdravotních požadavků, patří již zmíněné dusičnany a dále těžké kovy, rezidua účinných látek přípravků na ochranu rostlin a chemických katalyzátorů (Basařová et al., 2010).

**Průměrné látkové složení chmele –
procentuální obsah látek**



Graf 1 – Průměrné látkové složení chmele.

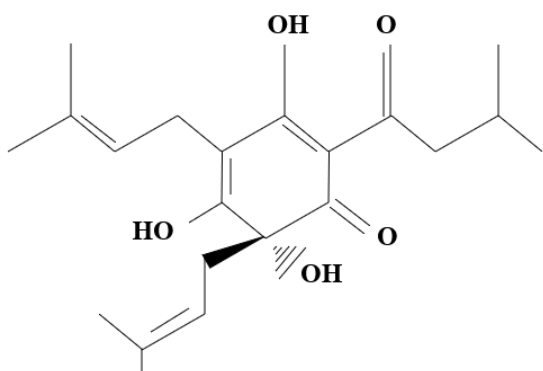
3.5.1 Chmelové pryskyřice

Jedná se o složité organické, těžko rozpustné sloučeniny snadno podléhající oxidaci a dalším chemickým přeměnám (Basařová et al., 2010). Byly izolovány roku 1863 a jsou tvořeny převážně z α – hořkých a β – hořkých kyselin (Bamforth, 2010). Jednotlivé klony ŽPČ se vyznačují poměrem α – hořkých a β – hořkých kyselin 1:1,2-1,5 s tím, že převažuje složka β – hořkých kyselin (Rybáček et al., 1980). Nejpěstovanější hybridní odrůdy (Sládek, Premiant, aj.) jsou charakteristické poměrem α – hořkých a β – hořkých kyselin mezi 1:1 až 2:1 (Krofta,

Čepička, Kubíček, 1999). Kazbek je charakteristický poměrem α – hořkých a β – hořkých kyselin 1,25:1 (Nesvadba, Krofta, Patzak, 2022).

3.5.1.1 α – hořké kyseliny

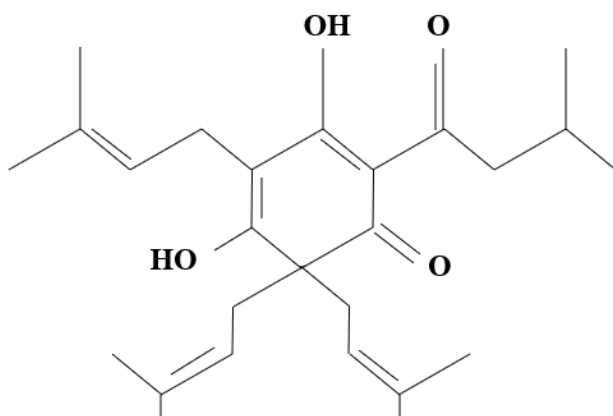
Za hořkou chuť piva jsou primárně zodpovědné iso – α – hořké kyseliny vznikající během varného procesu z α – hořkých kyselin. Na jejich obsahu jsou závislé dávky chmelení v pivovarech, s čímž je spojená i celková spotřeba chmele pro plánovaný objem (Krofta et al., 2012). Iso – α – hořké kyseliny se formují do dvou prostorových izomerů, které snadněji podléhají oxidaci za vzniku těkavých látek, které významně ovlivňují sensorické vlastnosti piva. Je tedy důležité kontrolovat obsah a přeměnu těchto látek, neboť mají vliv na stárnutí piva (Jurková et al., 2010). Strukturální vzorec α – hořkých kyselin znázorňuje obrázek 4.



Obrázek 4 - Strukturální vzorec α – hořkých kyselin (Trnková, 2022).

3.5.1.2 β – hořké kyseliny

Jedná se o bezbarvé krystalické kyseliny, které jsou vlivem přítomných hydrofobních postranních řetězců v molekule málo rozpustné ve vodě (Krofta et Mikyška, 2014). K hořkosti piva přispívají méně než α – hořké kyseliny, naopak jejich větší obsah může hořkost piva zjemnit (Basařová, 2010). Význam těchto kyselin spočívá také v antibakteriálním účinku, jež nalézá využití i v jiných oborech než v pivovarnictví. Také byla doložena řada důkazů o pozitivním vlivu sekundárních metabolitů β – hořkých kyselin na lidské zdraví (Krofta et Mikyška, 2014). Strukturální vzorec β – hořkých kyselin znázorňuje obrázek 5.



Obrázek 5 - Strukturální vzorec β – hořkých kyselin (Trnková, 2022).

3.5.2 Polyfenolové látky

Pod polyfenolové látky nacházející se v chmelové hlávce spadají flavonové glykosidy, katechiny a další fenolové kyseliny a jejich deriváty. Tyto látky jsou dobře rozpustné ve vodě, a proto se dostávají až do konečného produktu. Tvoří zhruba 30 % celkových polyfenolů přítomných v pivu. Ostatní pocházejí ze sladu a jeho náhražek (Čepička et al., 2008). Mají asi čtyřikrát vyšší antioxidační účinek než vitamin C a zpomalují tak procesy stárnutí v organismu (Kowalska et al., 2022).

3.5.3 Silice

Důležitá skupina aromatických látek jsou rostlinné silice. Celkovým dojmem vzniklým působením vonných a chuťových látek obsažených v chmelových silicích představuje chmelové aroma. Rostlinné silice jsou produktem sekundárního metabolismu rostliny, během kterého dochází k degradaci látek primárního metabolismu, tedy sacharidů, lipidů a proteinů (Nováková et Šedivý, 1996).

3.6 Kategorizace chmelových odrůd

Dle obsahu hořkých kyselin a použití při výrobě piva lze rozdělit odrůdy do několika kategorií. Tyto kategorie nejsou legislativně definovány a řazení odrůd tak není jasně vymezené. Nejčastější dělení odrůd je na jemně aromatické, aromatické a hořké. Kategorizace dle obsahu α – hořkých kyselin je založena na návrhu týmu Forstera et al. (2022) předneseného na konferenci IHGC (International Hop Growers' Convention) v roce 2022.

3.6.1 Jemně aromatické

Odrůdy v této skupině představují tisíciletou tradici šlechtění chmele, určují světový standard jakosti a poskytují pivu vynikající chmelové aroma a hořkost. Českými jemnými aromatickými odrůdami jsou Žatecký poloraný červeňák a Saaz Late (Nesvadba, Krofta, Patzak, 2022). Průměrný obsah α – hořkých kyselin je menší než 7 % (Forster et al., 2022).

3.6.2 Aromatické

Veškeré české aromatické odrůdy, které byly vyšlechtěny, pochází z žateckého chmele, tudíž nabízejí vynikající vlastnosti pro vaření piva. Nevýhodou aromatických odrůd je jejich schopnost kumulace nitrátů v hlávkách chmele (Krofta et al., 2008). Do této skupiny spadají ze světové produkce například anglická odrůda Fuggle nebo německá Spalter Select. Z české produkce můžeme jmenovat například odrůdu Sládek, Harmonie, Bohemie nebo Kazbek (Prugar et al., 2008; Krofta et Mikyška, 2017). Průměrný obsah α – hořkých kyselin je mezi 6,0 – 10,0 % (Forster et al., 2022).

3.6.3 Hořké

Hořké odrůdy mají využití jak pro první či druhé chmelení, tak je lze použít pro výrobu ostatních chmelových výrobků, především chmelových extraktů. Řadí se sem odrůdy Agnus či Vital (Nesvadba, Krofta, Patzak, 2022). Průměrný obsah α – hořkých kyselin je 11,0 – 18,6 % (Forster et al., 2022).

3.7 Vybrané odrůdy chmele

Momentálně se pěstuje více než 200 odrůd chmele. V České republice jich je registrovaných 25, a to: Agnus, Blues, Bohemie, Boomerang, Bor, Country, Gaia, Harmonie, Jazz, Juno, Kazbek, Mimosa, Most, Pluto, Premiant, Rubin, Saaz Brilliant, Saaz Comfort, Saaz Late, Saaz Shine, Saaz Special, Saturn, Sládek, Vital a nejstarší zaregistrovaná odrůda Žatecký poloraný červeňák (ÚKZÚZ, 2022).

U ŽPČ bylo vyšlechtěno a zaregistrováno několik klonů (např. Oswaldův klon 31, Oswaldův klon 72, Lučan apod.), které se částečně liší v obsahu α a β hořkých kyselin, a především jejich rajonizaci, neboť kromě klonů 31, 72 a 114 vznikly pozitivním výběrem z krajových klonů (Rybáček et al., 1980).

Následující podkapitoly více přiblíží odrůdu Žateckého poloraného červeňáku – Oswaldův klon 72 a Kazbeku, jelikož jim je věnována praktická část této bakalářské práce.

3.7.1 Žatecký poloraný červeňák – Osvaldův klon 72

Rostlina je středně mohutného vzhledu s pravidelně válcovým tvarem a zeleno-červenou révou o tloušťce 9-11 mm. Plodonosné pazochy jsou nízko nasazené, krátké až střední. Chmelové hlávky (obr. 6) mají vejčitý tvar, jsou malé až střední a hustě nasazené. Jemná chmelová vůně je charakterizována jako standard kvality, tzv. pravá chmelová vůně. Její bylinný charakter je slabý, s převažující kořeněnou až citrusovou složkou (Krofta et al., 2010; Nesvadba et al., 2013).

ŽPČ je pěstovaný na 84,2 % celkové pěstitelské plochy (Chromý in Kovařík, 2022) a je hojně využíván pro šlechtění. Pro šlechtění českého chmele se provádělo klonovou selekcí v populačních porostech metodou pozitivních výběrů v žatecké a úštěcké oblasti. Výběrem nejlepších rostlin a jejich zavedením do kultury s následným přirozeným výběrem nevhodnějších poloh byl umožněn vznik jednotné populace chmele. Pro české chmelařství mají zásadní význam výsledky šlechtitelské práce doc. Karla Osvalda. Klony, které vyšlechtil, označené jako 31, 72, 114 jsou dodnes základní složkou plodných porostů ve všech pěstitelských oblastech České republiky. Byly registrovány v roce 1952 (Prugar et al., 2008).

Žatecký poloraný červeňák je středně odolný k primární infekci peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*) a tolerantní proti primární infekci padlím chmelovým (*Sphaerotheca humuli*). Je i středně odolný proti sekundární infekci peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*) a velmi tolerantní proti sekundární infekci padlím chmelovým (*Sphaerotheca humuli*) (Ježek et al., 2015).

Pro vaření piva je tato odrůda spíše vedena k druhému a třetímu chmelení, nebo je také vhodná pro chmelení za studena. Osvaldův klon má nízký obsah myrcenu a vyvážený obsah alfa a beta kyselin. Složení chmelových pryskyřic je specifické relativně nízkým obsahem alfa-hořkých kyselin v rozmezí 2,5-5,5 %. Obsah beta-hořkých kyselin je vyšší než alfa-hořkých kyselin, jejich vzájemný podíl se pohybuje v rozmezí 0,60-0,80. Obsah myrcenu se pohybuje v rozmezí 25-40 %. Dalším typickým znakem je vysoký obsah beta-farnesenu (14-20 %), takto vysoký obsah farnesenu je v jiných odrůdách vzácný. Vůně je dána vzájemným podílem jednotlivých složek chmelových silic (Nesvadba et al., 2012). Aromatický profil je znázorněn obrázkem 7.



Obrázek 6 - Chmelová hlávka odrůdy ŽPČ (Bohemia hop).



Obrázek 7 - Senzorické vlastnosti ŽPČ (Bohemia hop).

3.7.2 Kazbek

Odrůda Kazbek byla vyšlechtěna v České republice jako první aromatická odrůda chmele se specifickým citrusovým aroma určená pro výrobu piva plzeňského typu. Byla registrována v roce 2008, vykazuje vysokou stabilitu obsahu chmelových pryskyřic i výnosu chmele. Je první odrůdou, která má vyšší výnos chmele než odrůda Sládek, která vykazuje v praxi výnos nad 3 t/ha (Nesvadba et al., 2012). V roce 2010 byla vysazena první provozní plocha a v současnosti dosahuje výměra cca 40 ha (0,8 % výměry) (Chromý in Kovařík, 2022). Má kořeny v již nepěstované odrůdě Bor a v ruském planém chmelu (Krofta et al., 2012; Nesvadba et al., 2012).

Rostlina je mohutná, válcovitého až kyjovitého tvaru. Barva révy je červeno-zelená. Réva je silná 12–15 mm. Plodonosné pazyochy jsou velmi dlouhé (až 2 m) a jsou nízko až středně vysoko nasazené. Nasazení chmelových hlávek je husté až velmi husté. Chmelová hlávka (obr. 8) je protáhlá. Špičky krycích listů jsou odkloněné od chmelové hlávky. Hmotnost 100

hlávek je 20–27 g. Vřeténko je pravidelné a dlouhé 16–23 mm. Aroma chmelových hlávek je kořenité až hrubě kořenité (obr. 9). Z hlediska termínu zralosti je odrůda Kazbek polopozdní až pozdní s termínem sklizně v rozmezí 05.09.-15.09. (Nesvadba, Krofta, Patzak, 2022).

Odrůda Kazbek je středně odolná (primární infekce) až velmi tolerantní (sekundární infekce) k padlí chmelovému a středně odolná (primární a sekundární infekce) k peronospoře chmelové (Krofta et al., 2012).

Při výrobě piva se používá především ke druhému chmelení, lze ji ale využít ve všech stupních chmelení včetně studeného chmelení, při kterém přechází do piva po citrusech vonící silice. Kazbek je charakteristický obsahem myrcenu okolo 40-50 % a poměrem obsahu alfa a beta kyselin cca 1,2:1. Obsah alfa-hořkých kyselin se pohybuje v rozmezí 5-8 %. Obsah beta-hořkých kyselin je nižší než alfa-hořkých kyselin, cca 4-6 %. Vyznačuje se citrusovou vůní, a proto se často používá na studené chmelení jak spodně, tak svrchně kvašených piv (Nesvadba et al., 2012).



Obrázek 8 - Chmelová hlávka odrůdy Kazbek (Bohemia hop).



Obrázek 9 - Senzorické vlastnosti Kazbeku (Bohemia hop).

3.8 Tvorba výnosu chmele

Výnos chmele je dán násobkem počtu hlávek na jednotce plochy a jejich hmotnosti. Počet hlávek je dán počtem rév a počtem plodonosných větví na révě. Vhodné je zaměřit stavbu porostu na produkci co nejvyššího počtu hlávek (spon, prosvětlení porostu atd.) (Rybáček et al., 1980). Dle habitu odrůdy je optimální počet zavedených rév na jednom chmelovodiči 2-3 (Kopecký, 1997). Hospodářský výnos je ovlivněn mnoha vnějšími i vnitřními faktory, např. odrůdou, agroekologickými podmínkami stanoviště, průběhem počasí v daném roce, výživou rostlin, napadením chorobami a škůdci, tj. celkovým zdravotním stavem rostlin apod. (Donner, 2014).

3.9 Rajonizace

Rajonizací se rozumí lokalizace pěstování kulturních druhů, potažmo odrůd rostlin do vyhovujících přírodních podmínek tak, aby mohl být naplněn jejich výnosový a kvalitativní potenciál, a tím pádem bylo jejich pěstování ekonomicky co nejvýhodnější. České chmelařské oblasti, přestože zaujímají poměrně malou výměru v rámci zemědělského půdního fondu ČR, se vyznačují značnou geografickou i mikroklimatickou diverzitou. Rajonizace byla v průběhu 20. století vyřešena pro standardní žatecký červeňák, jehož pěstování se ustálilo ve výše vyjmenovaných chmelařských oblastech, ovšem s proměnou odrůdové skladby od 90. let 20. století a postupným zaváděním hybridních odrůd vyvstala otázka, do jakých poloh a přírodních podmínek jsou tyto odrůdy (včetně Kazbeku) vhodné. Obecně lze říci, že hybridní odrůdy prospívají v uzavřenějších polohách na středně těžkých až těžkých půdách s vyšší hladinou spodní vody, a to především z důvodu charakteru jejich habitu a výnosového potenciálu. Hybridní odrůdy vytváří větší množství nadzemní biomasy, mají vyšší nároky na vláhu, a zároveň by se neměly vysazovat do návětrných poloh z důvodu vyšší zátěže konstrukčních prvků chmelnice a možnému zborcení konstrukce v případě silných poryvů větru (Krofta et al., 2010).

3.10 Ochrana chmele

Pro ochranu chmele je nejdůležitější důsledná kontrola chmelnice během celého roku, jakož i péče o půdu a okolí chmelnice. Správné hnojení a vhodně strukturovaná, druhově bohatá půda s dostatkem organické hmoty, je základním předpokladem dobrého zdravotního stavu rostliny chmele, které jsou odolnější k napadení chorobami a škůdci, ale také jsou odolnější

vůči abiotickým i biotickým stresům. Ochranu chmele můžeme dělit dle systému pěstování na konvenční, integrovaný systém či ekologický (nebo až biodynamický) režim (Procházka et al., 2021).

Systém integrované produkce chmele spočívá v dosažení výnosů v dobré kvalitě s co nejmenší zátěží životního prostředí. Je zde racionálně omezen vstup průmyslových hnojiv a pesticidů. Ve výživě se využívá půdních i listových analýz, na jejichž základě jsou stanoveny dávky základního hnojení i doplnění živin během vegetace. Z hlediska ochrany se jedná hlavně o kvalitní monitoring škůdců a chorob a v závislosti na prognostických modelech jsou v případě potřeby aplikovány přípravky na ochranu rostlin. K ochraně rostlin se využívají i biologické látky, bioagens anebo vybrané pesticidy (Krofta et al., 2012).

Na kvalitě ochrany chmele závisí kvalita sklizeného chmele. Mezi nejvýznamnější škodlivé organismy se řadí peronospora chmelová (*Pseudoperonospora humuli*), mšice chmelová (*Phorodon humuli*) a sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*). (Prugar et al., 2008). Ošetření proti peronospoře a mšici lze realizovat v závislosti na prognostických modelech, proti svilušce se ošetření provádí až při zaznamenání jejího výskytu v porostu. Současné syntetické pesticidy vykazují téměř stoprocentní účinnost v hubení živočišných škůdců všech stádií, v případě peronospory je důležitá včasná aplikace fungicidů, ačkoliv některé z nich mají částečně kurativní účinek (Vostřel et al., 2008c).

3.10.1 Choroby chmele

3.10.1.1 Peronospora chmelová (*Pseudoperonospora humuli*)

Peronospora chmelová (*Pseudoperonospora humuli*) patří do čeledi peronosporovitých a je považována za nejzávažnější chorobu chmele. V časném vegetačním období po vyrašení výhonů začne napadat vrcholy rostliny. Zastavuje se jejich růst, zkracují se internodia a vrcholy hnědnou, zkrucují se a usychají, tvoří tzv. klasovité výhony. Napadené pazochy nekvetou a listy na nich jsou nahloučené (Starý, 1959). V pozdějším vegetačním období se projevuje napadením listů a hlávek. Plíseň se na listech i hlávkách projevuje charakteristickými žlutými, do hněda až tmavě hněda přecházejícími skvrnami (Gent et al., 2015; 2020). Infekce hlávek může mít za následek vážné snížení kvality produkce, obsahu hořkých kyselin, což může vést až k odmítnutí této produkce odběrateli (Trefilová, 2021).

Základem ochrany proti peronospoře je včasná eradikace primární infekce. Nezbytné je brzké provedení jarního ošetření (optimálně na počátku vzházení po řezu chmele). Od začátku června nastává období sekundární infekce (Procházka et al., 2021). Ošetření proti peronospoře

můžeme provést například fungicidy obsahujícími účinné látky fosetyl-Al, folpet, hydroxid Cu, mandipropamid, azoxystrobin apod. (Vostřel, Klapal, Trefilová, 2022). Hlávky i révy napadené peronosporou chmelovou jsou znázorněny na obrázcích 10 a 11.



Obrázek 10 - Chmelová hlávka napadená peronosporou chmelovou (Chmelařský institut Žatec, s.r.o.).



Obrázek 11 - Tzv. klasovité výhony (Chmelařský institut Žatec, s.r.o.).

3.10.1.2 Padlí chmelové (*Sphaerotheca humuli*)

Padlí chmelové (*Sphaerotheca humuli*) je nejstarší známou houbovou chorobou chmele. Jedná se o fakultativního patogena gradačního charakteru, což dokládá i jeho škodlivý výskyt na některých chmelnicích na přelomu tisíciletí (Krofta et al., 2012). Do konce osmdesátých let 20. století měla choroba spíše omezený význam, v devadesátých letech se však objevily zprávy o jejím výraznějším rozšíření. Na rozdíl od peronospory chmelové, padlí není výrazně závislé na klimatických a povětrnostních podmínkách (Vostřel et al., 2010).

Prvotní příznak napadení je tvorba puchýřků na mladých listech, na kterých se později tvoří mycelium (obr. 12). Při napadení hlávky v raném stádiu růstu dochází k zastavení růstu, v pozdějších fázích se objevují deformace hlávek. V raných stádiích infekce jsou puchýřky zbarvené do bíla díky konidiím hustě rostoucím z mycelia. Toto stádium se také nazývá „bílá plíseň“. Během pozdějších fází infekce se zpravidla na hlávkách začínají tvořit v místě mycelii plodnice. Hlávky tak získávají červenou barvu, proto bývá toto stádium také označováno jako „červená plíseň“. Tvorba bílého mycelia nepředstavuje výraznou hrozbu a lze ji chemickým ošetřením poměrně snadno odstranit. Napadení hlávek je problémem mnohem závažnější a dochází zde často k výnosovým ztrátám (Holý et al., 2017).

V rámci integrované produkce lze využít například přípravky na bázi pomerančového oleje (Wetcit), který má prokazatelný efekt na potlačení rozvoje padlí díky obsahu pomerančových olejů. Účinnou formu ochrany může taktéž představovat aplikace biologicky aktivních látek, jež zlepšují zdravotní stav rostliny a odolnost jejích pletiv. Nepřímou metodou ochrany je také defoliace spodních pater porostu (Holý et al., 2017; Procházka et al., 2021).

Základem ochrany proti padlí chmelovému je likvidace infikovaných rostlinných zbytků a pravidelná kontrola porostů pro případné preventivní fungicidní ošetření (Procházka et al., 2021). Proti této chorobě můžeme použít fungicidy boskalid, pyraklostrobin, síru, metrafenon, apod. (Vostřel, Klapal, Trefilová, 2022).



Obrázek 12 - Listy napadné padlím chmelovým (Chmelařský institut Žatec, s.r.o.).

3.10.2 Škůdci chmele

3.10.2.1 Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*)

Patří do kmene členovců (*Arthropoda*), podkmene klepítkačů (*Chelicerata*), třídy pavoukovců (*Arachnida*), řádu roztočů (*Acarina*), podřádu sametkovců (*Trombidiformes*) a čeledi sviluškovitých (*Tetranychidae*) (Vostřel et al., 2008a).

Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*) škodí sáním rostlinných šťáv přímo na povrchu listů a hlávek chmele. Některé druhy svilušek preferují kolonizaci a kladení vajíček na spodní stranu listu rostliny, kde si spřádají „pavučinky“; některé druhy se však často nacházejí na horní ploše listu (Sarwar, 2020). Při silném výskytu přecházejí svilušky i na hlávky. Časně napadené hlávky se nevyvíjejí, zůstávají malé, zbarvují se žlutě s přechodem do červenohnědé a zasychají. Později napadené odrostlejší hlávky se zbarvují cihlově červeně.

Preventivním opatřením proti svilušce je udržování chmelnic v bezplevelném stavu a odstraňování zbytků chmelových rostlin (prevence proti prezimování škůdce). Ochranou slouží aplikace akarcidních přípravků (Vostřel et al., 2008a).

3.10.2.2 Mšice chmelová (*Phorodon humuli*)

Mšice chmelová (*Phorodon humuli*) je jedním z nejvýznamnějších savých škůdců mnoha chmelařských oblastí po celém světě (Weichel et Nauen, 2003). Napadají většinu částí rostlin, zejména listy a květy, a jsou přenašeči virových onemocnění (Sayed et Montaser, 2012). Zakladatelka – *fundatrix* – se líhne z vajíček na primárních hostitelích, a to obvykle koncem března. Má tmavě zelenou barvu a dospívá po čtyřech svlékáních. (Vostřel et al., 2008b).

Poškození listů chmele sáním mšice chmelové, kdy poškozené listy při pohledu zdola nejprve prosvítají, později se při silném výskytu mšice krouťí pěstovitě okraji dovnitř. Růst rostlin se zpomalí, popř. úplně zastaví. Na svrchní straně listů se objevuje medovice, na které vytvářejí saprofytické houby tmavý povlak, který snižuje asimilační schopnost listů (Rybáček et al., 1980).

Z přirozených nepřátel mšice chmelové mají hlavní význam především larvy afidofágních slunéček (*Coccinelidae*), larvy pestřenek (*Syrphidar*), některých síťokřídých (*Neuroptera*) a dravé ploštice (*Heteroptera*) (Vostřel et al., 2008b).

3.11 Agroekologie chmele

Chmel patří mezi nejnáročnější plodiny z hlediska potřeby živin, vhodné lokality, půdních vlastností a mikroklimatických podmínek. Patří mezi plodiny charakteristické intenzivním způsobem obhospodařování. Proto je výběr stanoviště s vhodnými

agroekologickými podmínkami zásadní. Menší životnost vykazují porosty, které jsou v otevřených a návětrných, tzv. polních polohách (Tauferová et al., 2014). Charakteristickým rysem chmelařských oblastí jsou specifické geologicko-pedologické podmínky (Čepička et al., 2008).

3.11.1 Půda a výživa rostlin

Chmel vyžaduje půdy hluboké s mocným profilem, hladinou spodní vody 1,2 až 2 m, neutrální půdní reakcí s pH kolem 6,5. Důležitý je obsah humusu. Nejvhodnější jsou půdy středně těžké, hlinité až hlinitojílovité, hluboké, dobře výhřevné s vysokou retenční schopností na zadržování vody a živin (Horejsek et Zich, 1990). Současné lokality pěstebních ploch v ČR odpovídají požadavkům ŽPČ, ovšem hybridní odrůdy vykazují odlišné požadavky na podmínky pěstování. Bez provedené rajonizace může docházet k náhodnému vysazování nových hybridních odrůd v různých lokalitách s rizikem nízké výkonnosti, což by vedlo ve svém důsledku k ekonomickým ztrátám pěstitelů chmele (Krofta, Brynda, Nesvadba, 2010). Výnosy odrůdy Kazbek jsou udávány mezi 2,1-3,0 t/ha, průměrný výnos ŽPČ se pohybuje okolo 0,8-1,5 t/ha (Kovařík, 2021).

Jelikož chmel každoročně vytváří velké množství nadzemní biomasy v krátkém období mezi dubnem a srpnem, je potřeba věnovat pozornost kvalitnímu a dostatečnému doplňování živin do půdy, doplňkově i foliární aplikací. Z praktického hlediska se obecně aplikace hnojiv dělí na hnojení v období vegetačního klidu a v průběhu vegetace. Při určování dávek hnojiv je třeba vycházet z výsledků agrochemických rozborů půd a dlouhodobě dosahovaného výnosu. Hnojiva organická, vápenatá, fosforečná, draselná a hořečnatá je doporučeno aplikovat na pozdím nebo v brzkém předjaří, hnojiva dusíkatá a kapalná se aplikují v průběhu vegetace (Vaněk et al., 2016).

Dle Kopeckého (2002) reagují hybridní odrůdy na dávky dusíkatých hnojiv v průběhu vegetace odlišně, a proto byly stanoveny pro každou odrůdu jiné optimální dávky. Nejnížší potřebu dusíku vykazuje odrůda Sládek (140 až 160 kg na 1 ha), naopak nejvyšší odrůda Premiant (200 až 220 kg na 1 ha). Dávka dusíku pro ŽPČ se dle různých autorů pohybuje mezi 100-150 kg N/ha (Zázvorka et Zima, 1956; Vent et al., 1963; Rybáček et al., 1980). Dávky dusíku pro hybridní odrůdy jsou vyšší, odrůdám Agnus a Premiant se doporučuje dodat 200-240 kg N/ha, odrůdám Sládek, Harmonie a Rubín postačuje 160-180 kg N/ha (Kopecký et al., 2008a). U výnosné odrůdy Kazbek lze uvažovat nad dávkou okolo 180-200 kg N/ha, aby byl zajištěn dostatečný přísun dusíku pro dosažení vysokého výnosu, ale zároveň nedocházelo k přerůstání vegetativní části biomasy. Výživa dalšími prvky (P, K, Ca, Mg, S, Zn) se liší dle

autorů, ale střední dávka těchto živin je přibližně 20-30 kg P/ha, 100-130 kg K/ha, 100-200 kg Ca/ha, 20 kg Mg/ha, 16 kg S/ha a 0,6 kg Zn/ha. Vždy je ale třeba vycházet z výsledků agrochemického rozboru půdy a výnosových výsledků předchozích let (Zázvorka et Zima, 1956; Rybáček et al., 1980; Vaněk et al., 2016). Zásobní dávky hnojiv (kromě dusíkatých) se aplikují v předvegetačním období od podzimu do brzkého jara, dusíkatá hnojiva jsou dodávána v období řezu a poté před první či druhou přiorávkou v období vegetace. Doplňkově lze použít listová hnojiva, z nichž většina je mísitelná s přípravky na ochranu rostlin (Kopecký et al., 2008a).

3.11.2 Konfigurace terénu

Pěstitelské oblasti se rozléhají v nadmořské výšce od 150 do 500 m.n.m. Úštěcká chmelařská oblast má nižší nadmořskou výšku, od povodí Labe 147 m.n.m. až k úpatí Sedla 450 m.n.m. Tršická oblast je na rozhraní mezi teplejším a sušším podnebím Hornomoravského úvalu a bečovské části Moravské brány. Průměrná nadmořská výška chmelařských oblastí je 260 až 300 m.n.m. Z hlediska orientace je vhodné stavět konstrukce tak, aby byly řady směřovány ve směru převládajících větrů kvůli úpravě mikroklimatu porostu, kdy přirozené proudění větru zajišťuje odvod vlhkosti z porostu a tím pádem snižuje riziko infekce houbovými chorobami. Vhodné jsou rovinaté či mírně svažité pozemky pravidelného tvaru s dostatečnou manipulační plochou v okolí konstrukce (Rybáček et al., 1980).

3.11.3 Klimatické podmínky

Klimatické poměry mají rozhodující vliv pro dobrý růst a vývoj chmelových porostů. Limitujícími faktory jsou teplo, světlo a srážky v průběhu vegetace. Chmelu nejlépe vyhovuje poloha s průměrnou roční teplotou 7,5-8,5 °C. Jeden z nejdůležitějších faktorů je světlo, protože čím intenzivnějším osvětlením je rostlina vystavena, tím větší je nasazení hlávek a jejich hmotnostní podíl v poměru k ostatní rostlinné hmotě (Čepička et al., 2008).

Výnos chmele a obsah hořkých kyselin klesají se zvyšujícími se teplotami a nedostatkem vláhy (Eriksen et al., 2021). Suché a poměrně teplé počasí v zimních měsících nepříznivě ovlivňuje zásobu vody v půdě. Nedostatek vody pro růst a vývoj chmelové rostliny může nastat i v průběhu vegetace (Čepička et al., 2008).

3.12 Agrotechnika

Chmel bezesporu patří mezi velmi náročné plodiny na rozsah a úroveň agrotechniky. Hlavní zásadou správné agrotechniky chmele je provedení jednotlivých kroků

v agrotechnickém termínu takovým způsobem, aby byly operace sladěny s biologickými nároky rostlin a podmínkami prostředí (Vent et. al., 1963).

3.12.1 Založení chmelnice

Zakládání chmelnice se provádí buď na jaře nebo na podzim, přičemž podzimní termín v období od poloviny října do konce listopadu bývá preferován. V důsledku využití zimní vláhly mívá podzimní výsadba výrazně lepší vzešlost porostu než jarní (Rybáček et al., 1980).

Chmel je vytrvalá a hluboko kořenicí rostlina, proto je před výsadbou velmi důležité důkladné zpracování půdy do hloubky. Kořeny chmele dosahují délky až 5 m a nejhustší síť je zpravidla od 0,1 do 1 m. Řádné prokypření spodních vrstev je příznivé nejen pro snadnější růst kořenů, ale i pro lepší mineralizaci, oxidaci a mikrobiologickou aktivitu. (Zima et Zázvorka, 2017). Nejnovější poznatky Branta a kol. (2020) ukazují, že kořenová soustava chmele nedosahuje takových hloubek, jako udávají starší publikace, ale dosahuje hloubky maximálně dvou metrů pod povrchem půdy.

Ačkoli se chmelu může dařit na rozsáhlé škále půd, nejvhodnější jsou půdy středně těžké, nezamokřené a se zajištěným dostatečným přísunem vody a živin (Neve, 1991). Chmel lze pěstovat i na těžších půdách, ale před výsadbou rostlin je třeba vytvořit vyvýšené záhony a navrhnout přesný povrchový a podpovrchový odvodňovací systém (Afonso, Arrobas, Rodrigues, 2020). Chmel sice přirozeně prospívá podél řek a ve vlhkých břehových zónách, nesnáší ale podmáčené půdy. I když se většina kořenového systému nachází v horních 80 cm půdního horizontu, kořenový systém chmele sahá v průběhu let do hlubších vrstev půdy (1,0-2,25 m) (Brant et al., 2020). Rydlování a hluboká orba jsou běžnou praxí před výsadbou nové chmelnice. Tyto pracovní operace slouží k hlubokému prokypření půdy, ke zlepšení vláhového režimu a snazšímu pronikání kořenů do hlubších vrstev. Po zaměření a označení řadů probíhá jamkování a následná výsadba chmelové sadby s aplikací kompostu/hnoje a základní dávky hnojiva, např. Osmocote či Agrobien (Kopecký et al., 2008b).

3.12.2 Jarní agrotechnické zásahy

První jarní operací je urovnání povrchu půdy půdním kypřičem (obr. 13), případně ještě kruhovou branou (obr. 14).



Obrázek 53 - Traktorista urovnávající povrch meziřadí radličkovým půdním kypřičem před řezem (Kopecký et al. 2008).



Obrázek 44 - Urovnání povrchu kruhovou branou (Kopecký et al. 2008).

Řez je druhou a velmi důležitou jarní agrotechnickou operací, jejímž cílem je odstranění výhonků a korunních pupenů. Existuje několik způsobů mechanického (obr. 15) a chemického řezu. Důvodem této operace je především zajištění rovnoměrného růstu výhonů pro zavádění. Počátek jarních prací k urovnání povrchu chmelnice by měl být, v závislosti na půdních a klimatických podmínkách ročníku, zahájen do poloviny března. Na nedostatečně urovnaném povrchu meziřadí chmelnice dochází při mechanickém řezu ke kolísání hloubky řezu, a tak i k mechanickému poškození, někdy i k úplnému zničení celé podzemní části chmelové rostliny. To způsobuje snížení počtu rašících výhonů, nevyrovnanost růstu, což se následně projeví na porostu v průběhu vegetace. Termín řezu se liší dle odrůdy (dříve se řezou hybridní odrůdy s delší dobou vegetace), stáří porostu (starší porosty se řezou dříve), dle vzrůstu v předchozích ročnících (mohutné porosty se řezou později a hlouběji) i dle polohy a druhu půdy (Kopecký et al., 2008b). Vzhledem k mohutnému habitu odrůdy Kazbek (Krofta et al., 2010) bývá uplatňován hlubší řez v pozdním termínu, aby došlo k oslabení rostlin a opoždění jejich vývoje jako prevence proti jejich přerůstání a zajištění dostatečného prosvětlení porostu (Pokorný, Kozlovský, 2016; Pokorný, 2023 pers. comm.).



Obrázek 15 - Řez chmele sloupových řad (Kopecký et al., 2008).

Jelikož je chmel plodinou, která nutně potřebuje k růstu oporu, využívá se při jeho pěstování chmelovodičů z různých materiálů. V podmínkách ČR se nejčastěji používá žíhaného ocelového drátku o průměru 1,0-1,4 mm. Chmelovodiče jsou uvazovány ke stropu konstrukce z plošin (obr. 16) a poté zapichovány do půdy v blízkosti rostlin chmele (Rybáček et al., 1980). Minoritně se uplatňují strunky nebo motouzy z polypropylenu (PP) či jiných materiálů, které podléhají biologické degradaci (konopí, papír, kyselina polymléčná apod.) (Donner, Ježek, Pokorný, 2015; Ježek, Donner, 2022).



Obrázek 16 - Drátkování chmelnice (Kubištová, 2010).

Následuje tzv. „zavádění“. Znamená to ovinutí odrostlých výhonů okolo vodícího drátku. Rostliny se zavádějí ve výšce 40-60 cm, a to ve směru hodinových ručiček s tím, že na každém vodícím drátku se doporučuje zavádět 2-4 révy (v závislosti na habitu odrůdy,

stáří porostu, očekávaném výnosu atd.). Zbytek výhonů je potřeba odstranit (Afonso, Arrobas, Rodrigues, 2020). Správně zavedený porost je znázorněn obrázkem 17.



Obrázek 17 - Zavedené révy v období dlouhivého růstu (Top Hop spol. s.r.o.).

3.12.3 Letní agrotechnické zásahy

Za letní kultivační zásahy se považují plečkování meziřadí a přiorávka. Cílem plečkování je likvidace plevelů v meziřadí a omezení růstu nadbytečných výhonů chmele v době po zavedení. Přiorávka slouží k vytvoření hrůbku okolo spodního patra nadzemní části rostliny (obr. 18), kdy se na spodní části révy vytvoří tzv. letní kořání, díky kterému rostlina zvýší příjem vody a živin, a zároveň zabrání růstu nových výhonů (Kopecký et al., 2008b).



Obrázek 18 – Přiorané rostliny za pomoci smykového přiorávače. (Zemědělská společnost Chrášťany, s.r.o., 2014)

3.12.4 Sklizeň a sušení chmele

Sklizeň chmele nastává po dosažení technické zralosti – hlávky jsou uzavřené, při zmáčknutí pružné, žlutozelené barvy s přirozeným leskem, mají vysoký obsah lupulinu a typickou jemnou chmelovou vůni (Rybáček et al., 1980). Začátek sklizně spadá přibližně do období po 20. srpnu, optimální zralost ŽPČ nastává přibližně mezi 25.-28. srpnem, ale pro každou odrůdu je zralost individuální. Sklizeň je mechanizovaná, dvoufázová. V 1. fázi jsou chmelové rostliny odstřihávány a strhávány na dopravní vůz (obr. 20), kterým jsou dopraveny na česací linku. Nedostupné řady, kotevní řady a nestržené rostliny jsou sklizeny ručně (obr. 19). Ve 2. fázi se na stacionárním česacím stroji mechanicky oddělují hlávky od ostatních částí rostliny (Rybka et al., 2015).

Očesané hlávky intenzivně dýchají, zvyšují teplotu, mají vysokou vlhkost (cca 75 %), hrozí nebezpečí zapaření až znehodnocení (ztráta lesku, změna základního odstínu barvy, negativní dopad na celkovou kvalitu hlávek), proto musí být neprodleně dopraveny na sušárnu. Zralé hlávky musí být sklizeny, čištěny a sušeny v co nejkratším čase, aby byla zajištěna optimální kvalita a skladovatelnost. (Dodds, 2017).



Obrázek 19 - Pracovník strhává ručně chmelový štok.



Obrázek 20 - Strhávač s naloženým návěsem rostlin.

3.12.5 Podzimní agrotechnické zásahy

Rozhodujícím článkem všech systémů podzimního ošetření chmelnic je zpracování půdy. Změnou fyzikálních vlastností půdního prostředí se ovlivňuje dynamika utváření podzemních orgánů, případně na ně působí přímo mechanicky. Podzimní zpracování půdy ovlivňuje rozsah a intenzitu následujících operací jako je jarní ošetření chmelnic a letní

kultivace. Po odstřížení zbytku rév jsou chmelnice vyvláčeny, přičemž dochází k odstranění zbytků nadzemních orgánů chmelových rostlin a plevelů. Následuje orba meziřadí (v pravidelných intervalech se zaoráním organických či organo-minerálních hnojiv), kterou kombinujeme s odorávkou chmelových řadů (obr. 21) (Kopecký et al., 2008b).



Obrázek 21- Podzimmí odorávka dvouradličním pluhem (Chmelařský institut Žatec, s.r.o.).

3.13 Chmelové výrobky

Tradiční využití hlávkového chmele pro vaření piva je dnes z technologických důvodů minimální. Většina velkých pivovarů využívá chmel zpracovaný pomocí mechanických, fyzikálních nebo chemických úprav, čímž dochází ke značnému rozšíření jeho použití. Mezi chmelové výrobky, které jsou připraveny mechanickou úpravou, patří chmelové pelety. Jedná se o slisovaný, předušený a rozemletý hlávkový chmel. Průměr těchto pelet se pohybuje okolo 6 mm. Fyzikální úpravou můžeme z chmele získat ethanolové extrakty, chmelové silice a CO₂. Chemickou úpravou poté izoextrakty, izopelety a syntetické hořké látky (Basařová et al., 2010).

3.14 Přínos chmele pro zdraví

I přesto, že chmel nachází hlavní uplatnění jako přísada pro zajištění vůně a chuti, antimikrobiální ochrany a stability piva, jeho uplatnění se využívá také v dalších potravinářských odvětvích a také ve farmaceutickém průmyslu. Je známo celé množství zdraví prospěšných účinků chmele, mezi které patří antioxidační schopnost, sedativní působení, protizánětlivé působení a antikarcinogenní účinky (Inui et al., 2017; Knez Hrnčič et al., 2019). Použití chmele jako mírného sedativa má kořeny v pozorování symptomů únavy a ospalosti

sběračů chmele, zjevně kvůli absorpci pryskyřice během sklizně nebo zpracování chmele (Zanoli et al., 2005).

Další zkoumání chemických reaktivit sloučenin chmele vedlo ke zjištění zdravotního přínosu jeho konzumace, a sice zvýšení biologické dostupnosti biologicky aktivních látek (Knez Hrnčič et al., 2019).

4 Materiál a metody

V rámci experimentální části práce byl sledován nástup vybraných fenofází u dvou odrůd chmele (ŽPČ – Osvaldův klon 72 a Kazbek) ve třech lokalitách (Stekník, Kněžice, Chrášťany). Mezi sledované parametry patřil počátek rašení po řezu chmele, sledování dosažené výšky rév (pomocí skládací tyče s ryskami vyznačenými po 50 cm), v generativní fázi pak v cca týdenních až desetidenních intervalech sledování fází kvetení a hlávkování až do doby sklizně odvozené od stupnice BBCH pro chmel (Ježek et al., 2015). Zároveň byly provedeny předsklizňové popisy rostlin dle Klasifikátoru Genus *Humulus* L. (Rígr et Faberová, 2000). Po sklizni sledovaných ploch byl vyhodnocen hospodářský výnos a provedena chemická analýza sklizených vzorků pomocí metody HPLC (High-Performance Liquid Chromatography – vysokoúčinná kapalinová chromatografie), pomocí které byl stanoven obsah alfa a beta hořkých kyselin, relativní podíl kohumulonu a kolupulonu a obsah xanthohumolu.

Pozn.: Hodnocení úrovně vývoje generativních orgánů je, na rozdíl od sledování např. výšky rostlin, neměřitelné a značně subjektivní (uvádí se v procentech ve chvíli, kdy není zřejmý celek). Rostliny přecházely do generativní fáze v době, kdy ještě nebyl ukončen dlouhivý růst a révy nebyly dorostlé stropu konstrukce. Z toho důvodu se špatně odhaduje procentuální vyčíslení vývoje daných fází vzhledem k faktu, že v době posouzení nebyl odhadnutelný finální vzrůst rostlin. Procentuální vyjádření se tak vztahuje k aktuálnímu stavu rostliny ve chvíli posouzení.

4.1 Základní charakteristika sledovaných stanovišť a porostů

V tabulce 3 jsou uvedeny základní klimatické a pedologické údaje o sledovaných lokalitách.

Tabulka 3 – Klimatické a pedologické údaje sledovaných lokalit.

Lokalita	Stekník	Chrášťany	Kněžice
Chmelařská oblast	Žatecko	Žatecko	Žatecko
Nadmořská výška	195 m.n.m.	395 m.n.m.	250 m.n.m.
Sklonitost	rovina	mírný sklon	mírný sklon
Půdní typ	regozem	kambizem	černozem
Klimatický region	teplý, suchý	mírně teplý, suchý	teplý, suchý

V tabulce 4 jsou uvedeny základní údaje o sledovaných porostech.

Tabulka 4 – Základní údaje o sledovaných lokalitách a porostech.

Odrůda	ŽPČ OSK 72			Kazbek		
	Lokalita	Stekník	Kněžice	Chrást'any	Stekník	Kněžice
Číslo/název konstrukce	Zimmermann IV	Za Viaduktem	5704/7	Zimmermann IV	Za NK	5704/11
Rok výsadby	2010	2015	2016	2010	2017	2016
Počet rostlin	10	10	10	10	10	10
Intervaly sledování	7-10 dní	7-10 dní	7-10 dní	7-10 dní	7-10 dní	7-10 dní
Spon [cm]	300x100	300x114	280x105	300x133	300x160	280x114

4.2 Hodnocení průběhu počasí na Žatecku ve vegetačním období roku 2021

Níže je uvedeno hodnocení průběhu počasí v roce 2021 dle metodiky Kožnarové et Klabzuby (2002) tak, jak ji publikovali Donner et Ježek v roce 2022.

Leden byl hodnocen jako teplotně normální (odchylka 0,7 °C od normálu) a silně vlhký (170 % normálu).

Únor byl hodnocen jako teplotně studený (-2,1 °C od normálu) a silně vlhký (182 % normálu).

Březen byl hodnocen jako teplotně normální (-0,6 °C od normálu) a suchý (43 % normálu).

Duben byl hodnocen jako studený (odchylka -2,8 °C od normálu) a silně suchý (22 % normálu).

Květen byl hodnocen jako silně studený (-2,9 °C oproti normálu) a vlhký (151 % normálu). Zaznamenány byly dva tropické dny (10. a 11. 5.).

Červen byl hodnocen jako mimořádně teplý (+2,8 °C od normálu) a srážkově normální (108 % normálu). Zaznamenáno bylo 27 letních dní, z toho 17 tropických dní. Maximální dosažená teplota byla naměřena 19. 6., a to 37,7 °C. Vyskytly se také bouřky s krupobitím a meteorologický jev zvaný „downburst“, který poškodil porosty na Rakovnicku, včetně lokality Chrást'any. Celkem bylo poškozeno 800 ha chmelnic, z toho 200 ha bylo úplně zničeno. Kombinace vlhka a tepla vytvářela optimální podmínky pro rozvoj peronosporu chmelové.

Červenec byl hodnocen jako normální (+0,4 °C oproti normálu) a vlhký (144 % oproti normálu). Vyskytlo se 25 letních dní, z toho 7 tropických. Maximální zaznamenaná teplota byla 33,2 °C. Významné srážky přišly v první polovině měsíce, kdy 13. 7. v oblasti napršelo mezi 50 a 80 mm srážek. Dlouhivý růst byl na některých lokalitách ukončen počátkem července.

Srpen byl hodnocen jako studený (-1,2 °C oproti normálu) a srážkově normální (80 % normálu). Zaznamenáno bylo 15 letních dní, z toho 3 tropické. Maximální naměřená teplota byla dosažena 13. 8., a to 33,8 °C. Kvůli studenému jaru a opožděné vegetaci začala sklizeň ve většině lokalit přibližně o týden později, než je obvyklé.

Září bylo hodnoceno jako teplé (+1,4 °C oproti normálu) a srážkově normální (54 % normálu). Bylo zaznamenáno 15 letních dnů.

Celkově byl teplý půlrok (duben-září) hodnocen teplotně i srážkově jako normální (+0,4 °C, 102 %).

Na základě meteorologických dat ze sítě meteostanic Chmelařského institutu, s.r.o., které jsou nejbližší sledovaným lokalitám, jsou v tabulkách 5 a 6 uvedeny přehledy průměrných měsíčních teplot a sumy srážek v období od ledna do září roku 2021. Pro lokalitu Stekník jsou použita data z meteostanice Stekník (700 m od porostu), pro lokalitu Kněžice z meteostanice Žatec (7,5 km) a pro lokalitu Chrášťany z meteostanice Kněževs (2 km).

Tabulka 5 – Průměrné měsíční teploty ve sledovaných lokalitách v období leden až září 2021.

Lokalita	Průměrná měsíční teplota [°C]									Průměr
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	
Stekník	0,5	-1,4	4,7	7,2	12,1	20,5	20,1	17,7	15,9	10,8
Kněžice	0,3	-1,5	4,1	6,7	11,8	20,3	19,9	17,5	15,5	10,5
Chrášťany	-0,3	-1,2	3,6	5,8	10,8	19,4	18,8	16,6	15,1	9,8

Tabulka 6 – Průměrné měsíční teploty ve sledovaných lokalitách v období leden až září 2021.

Lokalita	Měsíční sumy srážek [mm]									Suma
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	
Stekník	39,6	44,4	18,2	6,8	97,4	81,6	123,2	107,8	14,4	533,4
Kněžice	36,6	36,4	11,2	6,8	78,4	64,6	101,0	56,6	20,6	412,2
Chrášťany	31,2	23,0	19,2	17,0	70,0	131,0	68,8	70,6	9,6	440,4

4.3 Agrotechnika praktikovaná ve sledovaných lokalitách

V tabulkách 7 až 12 jsou uvedeny agrotechnické zásahy provedené ve sledovaných lokalitách na porostech obou odrůd získané od pěstitelů.

Tabulka 7 – Agrotechnické zásahy v porostu ŽPČ v lokalitě Stekník.

Stekník - ŽPČ OSK 72	
29.03.2021	Příprava chmelnice půdním kypřičem
30.03.2021	Příprava chmelnice kruhovou branou
04.04.2021	Řez chmele - hloubka mělká
07.04.2021	Zapichování drátků
11.05.2021	1. zavádění
17.05.2021	LAV 27%; 2,5 q/ha
27.05.2021	2. zavádění
28.05.2021	Aliette 0,3%, Curzate K 0,15%
28.05.2021	Kultivace meziřadí + 1. priorávka
16.06.2021	Folpan Gold 0,2%, Zintrac 0,05%, Vegaflor 0,5%, KCl 0,5%
28.06.2021	Kultivace meziřadí + 2. priorávka
04.07.2021	Ortiva 1,5 l/ha, Movento 1,5 l/ha, Synergín 0,2%, Vegaflor 0,35%
20.07.2021	Revus 1,6 l/ha, Zintrac 0,05%, Vegaflor 0,35%, KCl 0,5%
22.07.2021	Kultivace meziřadí
06.08.2021	Cuprantol 7,14 kg/ha, Vegaflor 0,35%, Silwet Star 0,01%
11.08.2021	Revus 1,6 l/ha, Vegaflor 0,35%, Silwet Star 0,01%

Tabulka 8 – Agrotechnické zásahy v porostu ŽPČ v lokalitě Kněžice.

Kněžice - ŽPČ OSK 72	
01.04.2021	Příprava meziřadí půdním kypřičem
05.04.2021	Urovnání meziřadí kruhovou branou
09.04.2021	Řez chmele – 4 cm
25.04.2021	Zapichování
11.05.2021	Curzate K
15.05.2021	1. zavádění
25.05.2021	2. zavádění
26.05.2021	Curzate K, Ortiva
27.05.2021	Močovina 3,2 q/ha; NPK 15-15-15 1,5 q/ha
28.05.2021	1. priorávka
14.06.2021	Curzate K, Ortiva, Zn
29.06.2021	Ortiva, Movento
19.07.2021	Folpan Gold

Tabulka 9 – Agrotechnické zásahy v porostu ŽPČ v lokalitě Chrášťany.

Chrášťany - ŽPČ OSK 72	
19.04.2021	Příprava meziřadí rotačními bránami
25.04.2021	Řez chmele – hloubka mělká
30.04.2021	LAD 27%; 1,5 q/ha
10.05.2021	Zapichování
20.05.2021	Aliette 80 WG, Actara
26.05.2021	1. zavádění
02.06.2021	Aliette 80 WG, Yara Vita Bortrac
04.06.2021	2. zavádění
10.06.2021	Revus, Yara Vita Zintrac
15.06.2021	1. priorávka
18.06.2021	Bellis, Campofort Garant Ca, Yara Vita Zintrac
07.07.2021	Carial Flex, Yara Vita Zitrac
09.07.2021	Movento 100 SC, Campofort Garant P, Yara Vita Thiotrac
12.07.2021	2. priorávka
22.07.2021	Bellis, Campofort Garant P
14.08.2021	Orvego
21.08.2021	Grifon SC

Tabulka 10 – Agrotechnické zásahy v porostu Kazbeku v lokalitě Stekník.

Stekník - Kazbek	
30.03.2021	Příprava meziřadí půdním kypřičem
31.03.2021	Urovnání meziřadí kruhovou branou
01.04.2021	Řez chmele – hloubka mělká
06.04.2021	Hnojení DASA 3q/ha, Amofos 1q/ha, KCl 1q/ha
10.04.2021	Zapichování drátků
11.05.2021	LAV 27% 2,5 q/ha
16.05.2021	1. zavádění
03.06.2021	Aliette 0,3%, Curzate K 0,15%
05.06.2021	2. zavádění
10.06.2021	Kultivace meziřadí + 1. priorávka
14.06.2021	Folpan 0,2%, Zintrac 0,05%, Vegaflor 0,5%, KCl 0,5%
23.06.2021	Kultivace meziřadí + 2. priorávka
06.07.2021	Ortiva 1,5 l/ha, Movento 1,5 l/ha, Synergín 0,2%, Vegaflor
21.07.2021	Revus 1,6 l/ha, Zintrac 0,05%, Vegaflor 0,35%, KCl 0,5%
22.07.2021	Kultivace meziřadí
07.08.2021	Cuprantol 7,14 kg/ha, Vegaflor 0,35%, Silwet Star 0,01%
12.08.2021	Kultivace meziřadí
18.08.2021	Revus 1,6 l/ha, Vegaflor 0,35%, Silwet Star 0,01%

Tabulka 11 - Agrotechnické zásahy v porostu Kazbeku v lokalitě Kněžice.

Kněžice - Kazbek	
02.04.2021	Příprava meziřadí půdním kypřičem
05.04.2021	Urovnání meziřadí kruhovou branou
08.04.2021	Řez chmele – 4 cm
22.04.2021	Zapichování
11.05.2021	Curzate K
12.05.2021	1. zavádění
23.05.2021	2. zavádění
25.05.2021	DASA 3,8 q/ha; NPK 15-15-15 1,5 q/ha
28.05.2021	Curzate K, Ortiva
03.06.2021	1. priorávka
17.06.2021	Curzate K, Ortiva, Zn
30.06.2021	Ortiva, Movento
21.07.2021	Folpan Gold

Tabulka 12 – Agrotechnické zásahy v porostu Kazbeku v lokalitě Chrást'any.

Chrást'any - Kazbek	
19.04.2021	Příprava meziřadí rotačními bránami
21.04.2021	Řez chmele – hloubka mělká
30.04.2021	LAD 27%; 1,5 q/ha
12.05.2021	Zapichování
20.05.2021	Aliette 80 WG, Actara
24.05.2021	1. zavádění
02.06.2021	Aliette 80 WG, Yara Vita Bortrac
04.06.2021	2. zavádění
10.06.2021	Revus, Yara Vita Zintrac
15.06.2021	1. priorávka
18.06.2021	Bellis, Campofort Garant Ca, Yara Vita Zintrac
07.07.2021	Carial Flex, Yara Vita Zitrac
09.07.2021	Movento 100 SC, Campofort Garant P, Yara Vita Thiotrac
12.07.2021	2. priorávka
22.07.2021	Bellis, Campofort Garant P
14.08.2021	Orvego
21.08.2021	Grifon SC

V tabulce 13 je uveden přehled BBCH vývojových fází chmele publikovaných v Ježek et al., 2015.

Tabulka 13 – Tabulka BBCH vývojových fází chmele (Ježek et al., 2015).

Kód	Popis
Hlavní růstová fáze 0	
Rašení	
0	období klidu: babka bez výhonů (neřezáno)
1	období klidu: babka bez výhonů (řezáno)
7	babka s výhony (neřezáno) – rašení
8	začátek rašení po řezu – začátek růstu rostliny, rostlina řezána
9	začátek vzcházení po řezu – chmel píchá (objevení (vznik): první výhony se objevují na povrchu půdy)
Hlavní růstová fáze 1	
Vývoj listu	
11	1. pár rozvinutých lístků (vytvořený)
12	2. pár rozvinutých lístků (začátek vinutí)
13	3. pár rozvinutých lístků
14	4. pár rozvinutých lístků
15	5. pár rozvinutých lístků
16	6. pár rozvinutých lístků
17	7. pár rozvinutých lístků
18	8. pár rozvinutých lístků
19	9. a více rozvinutých párů lístků
Hlavní růstová fáze 2	
Tvorba bočních výhonů (pazochů)	
21	viditelný 1. pár bočních výhonů – pazochů
22	viditelný 2. pár bočních výhonů – pazochů
23	viditelný 3. pár bočních výhonů – pazochů
24	viditelný 4. pár bočních výhonů – pazochů
25	viditelný 5. pár bočních výhonů – pazochů
26	viditelný 6. pár bočních výhonů – pazochů
27	viditelný 7. pár bočních výhonů – pazochů
28	viditelný 8. pár bočních výhonů – pazochů
29	9 a více viditelných bočních výhonů (vyskytují se druhotné boční výhony)
Hlavní růstová fáze 3	
Prodlužování výhonů	
31	výhonky révy (rostlina) dosáhly 10 % výšky drátu (stropu konstrukce)
32	výhonky révy (rostlina) dosáhly 20 % výšky drátu (stropu konstrukce)
33	výhonky révy (rostlina) dosáhly 30 % výšky drátu (stropu konstrukce)
34	výhonky révy (rostlina) dosáhly 40 % výšky drátu (stropu konstrukce)
35	výhonky révy (rostlina) dosáhly 50 % výšky drátu (stropu konstrukce)
36	výhonky révy (rostlina) dosáhly 60 % výšky drátu (stropu konstrukce)
37	výhonky révy (rostlina) dosáhly 70 % výšky drátu (stropu konstrukce)
38	rostlina dosáhla vrcholu drátu (stropu konstrukce)
39	konec dlouhivého růstu-prodlužování výhonů (konec růstu výhonků)

Hlavní růstová fáze 4	—
Hlavní růstová fáze 5	Objevení květenství
51	viditelný začátek květenství-pupeny
55	vývoj květenství-zvětšený květ-pupeny zvětšené (rozšířené)
Hlavní růstová fáze 6	Kvetení
61	začátek květu - kvetení: asi 10 % květu (vývoje květu)
62	20 % květu (vývoje květu)
63	30 % květu (vývoje květu)
64	40 % květu (vývoje květu)
65	plný květ - kvetení: asi 50 % květu (vývoje květu)
66	60 % květu (vývoje květu)
67	70 % květu (vývoje květu)
68	80 % květu (vývoje květu)
69	konec vývoje květu (kvetení)
Hlavní růstová fáze 7	Vývoj hlávek (hlávkování)
71	Začátek hlávkování: 10 % květenství jsou hlávky (z květu 10 % hlávek)
75	Hlávky zcela vyvinuté: všechny hlávky jsou viditelné, lehké, blizny ještě přítomné, všechny hlávky jsou viditelné (vyvinuté), jsou měkké
79	Hlávky zcela vyvinuté: téměř všechny hlávky dosáhly plné velikosti, ukončený vývoj hlávek (dosáhly plné velikosti)
Hlavní růstová fáze 8	Zralost hlávek
81	začátek zralosti: 10 % hlávek vyzrálých (kompaktních, pevných – pruží)
82	20 % vyzrálých hlávek
83	30 % vyzrálých hlávek

5 Výsledky

V následující kapitole je uveden soupis zaznamenaných sledování a dosažených a naměřených výsledků.

5.1 Termín rašení po řezu

Řez byl proveden v termínech uvedených v tabulce 14. V návaznosti na řez byl sledován počátek rašení po provedeném mechanickém řezu chmele.

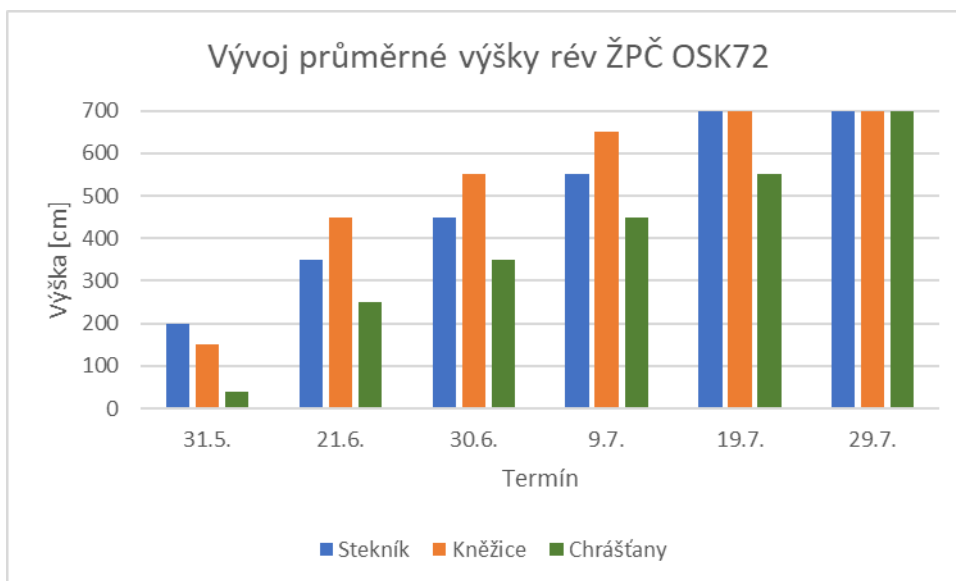
Tabulka 14 – Termín řezu a interval rašení po řezu dle odrůd a lokalit.

lokalita	Termín řezu dle odrůd a lokalit		Interval rašení po řezu chmele		Počet dní od řezu chmele	
	ŽPČ OSK 72	Kazbek	ŽPČ OSK 72	Kazbek	ŽPČ OSK 72	Kazbek
Stekník	04.04.2021	01.04.2021	15.-25.04.	20.-30.04.	11-21	19-29
Kněžice	09.04.2021	08.04.2021	20.-25.04.	15.-25.04.	11-16	7-17
Chrást'any	25.04.2021	21.04.2021	05.-10.05.	05.-10.05.	15-20	14-19

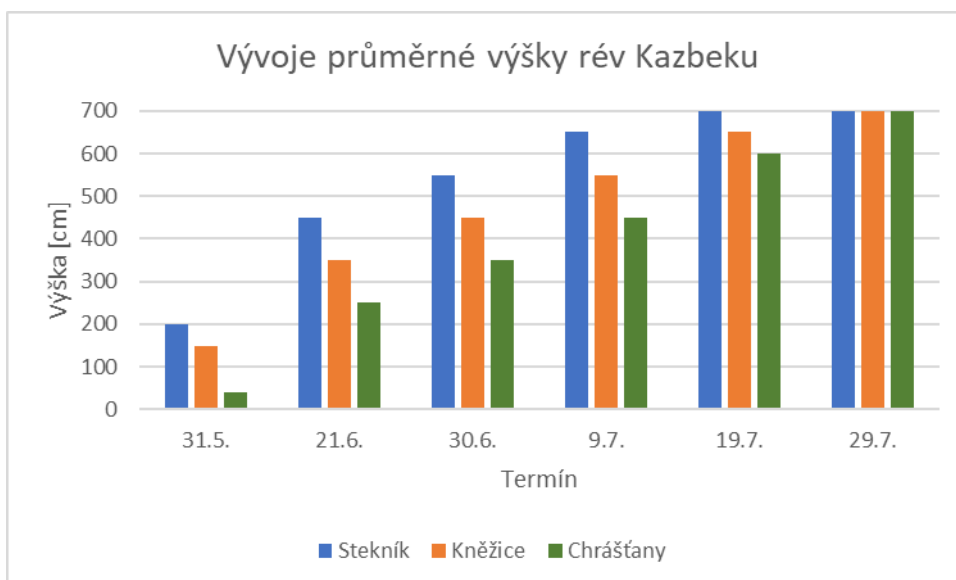
Většina porostů začala rašit v horizontu jednoho až dvou týdnů po řezu chmele. Nejdříve rašily porosty ve Stekníku a Kněžicích, o přibližně 2 týdny později rašily porosty v Chrást'anech.

5.2 Sledování výšky rostlin v průběhu vegetace

Výška rév po zavedení byla sledována v termínu 31. 5. a poté průběžně v termínech sledování průběhu fenofází. Přehled je znázorněn v grafech 3 a 4. V prvním termínu sledování délky rév byly nejdelší révy zaznamenány v lokalitě Stekník, a to jak u odrůdy ŽPČ, tak u odrůdy Kazbek. Nejkratší byly shodně v Chrást'anech z důvodu pozdějšího termínu řezu. Jako první dosáhly stropu konstrukce rostliny ŽPČ i Kazbeku v lokalitě Stekník (mezi 9.-19.7.), jako poslední obě odrůdy v lokalitě Chrást'any (19.-29.7.).



Graf 3 – Dlouhivý růst ŽPČ OSK72 dle průměrné dosažené výšky rév – porovnání lokalit.



Graf 4 – Dlouhivý růst Kazbeku dle průměrné dosažené výšky rév – porovnání lokalit.

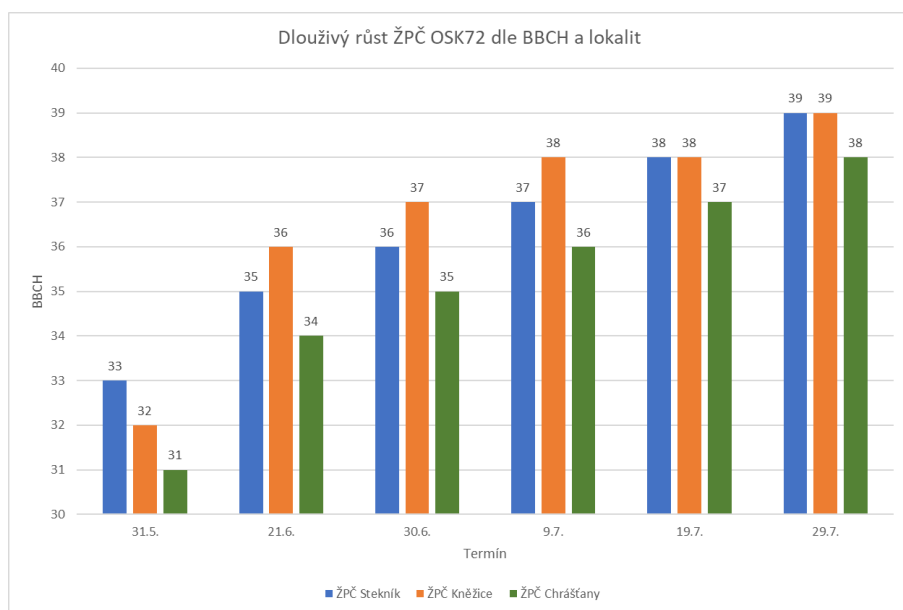
5.3 Sledování průběhu fenofází

V průběhu vegetace byly v cca týdenních až desetidenních intervalech zaznamenávány aktuální fenofáze chmele ve všech lokalitách u obou porovnávaných odrůd. Byly sledovány fáze butonizace, kvetení a hlávkování. Jako první byly nástupy sledovaných vývojových fází pozorovány v lokalitě Stekník, a to jak u ŽPČ, tak u Kazbeku. Nejpozději byly sledovány v lokalitě Chrášťany, kde byl přibližně dvoutýdenní posun nástupu fenofází způsobený pozdějším termínem řezu. Směrem ke konci vegetace se však rozdíl snižoval.

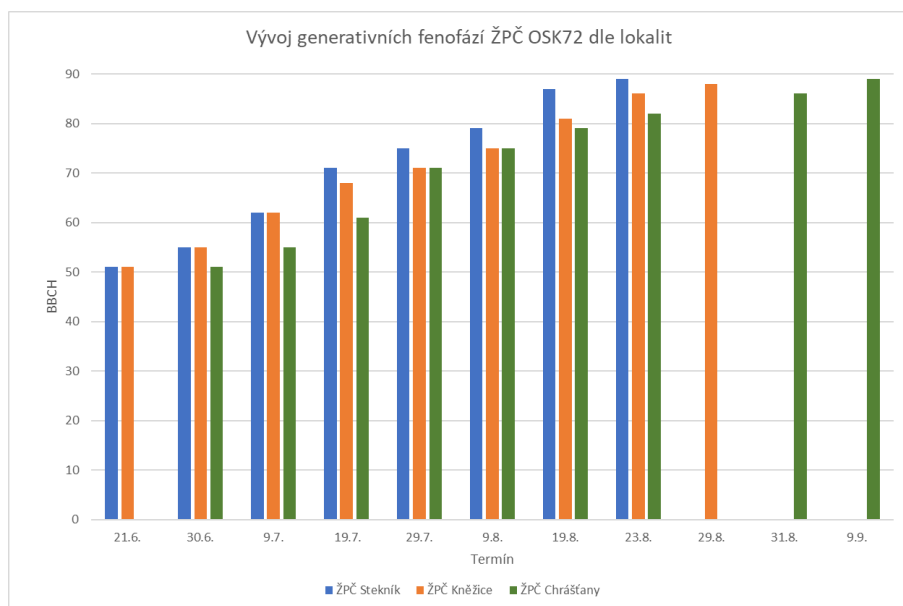
5.3.1 ŽPČ OSK 72

Jako první byly nástupy sledovaných vývojových fází pozorovány v lokalitách Stekník a Kněžice, kdy se první pupeny objevily již v prvním termínu sledování 21.6. (BBCH 51). Nejpozději byly sledovány v lokalitě Chrášťany, kde bylo opoždění nástupu fenofází způsobeno pozdějším termínem řezu. Rozdíl v nástupu fenofází mezi lokalitami Stekník/Kněžice a Chrášťany byl v průběhu sledování cca 10-14 dní.

Vývoj dle BBCH kategorií je znázorněn grafy 5 a 6.



Graf 5 – Dlouhivý růst ŽPČ OSK72 dle BBCH – porovnání lokalit.

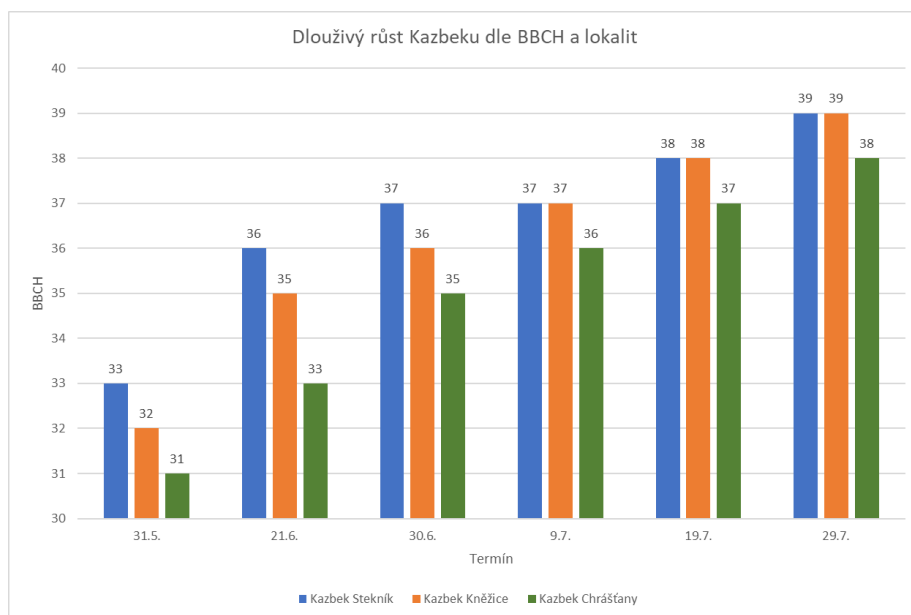


Graf 6 – Vývoj generativních vývojových fází ŽPČ OSK72 dle lokalit.

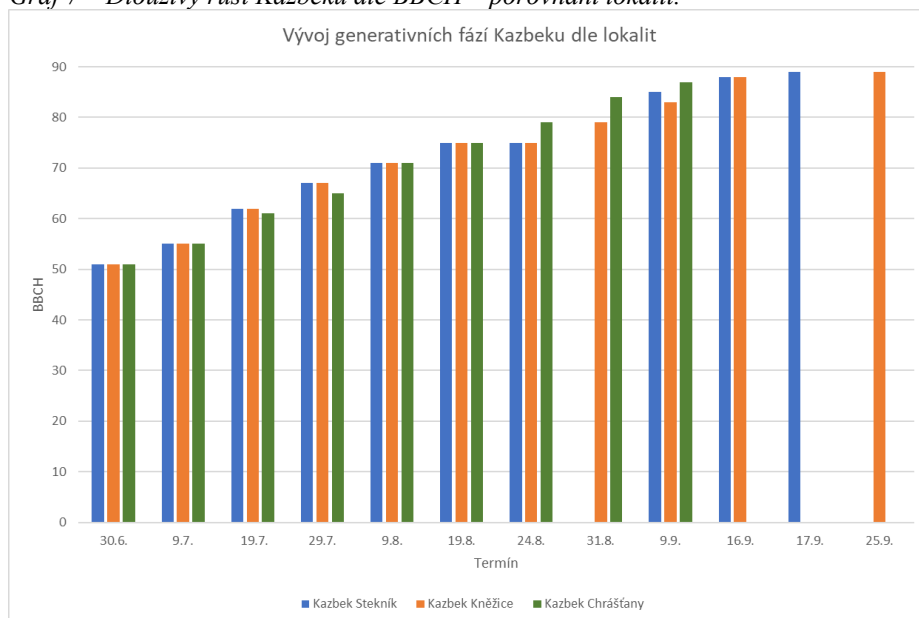
5.3.2 Kazbek

Nástupy sledovaných generativních fenofází byly u odrůdy Kazbek sledovány v téměř shodných termínech bez ohledu na lokalitu. Lišila se především výška rostlin v jednotlivých termínech sledování s tím, že nejpozději dorostly stropu konstrukce rostliny v Chrášťanech, a to až mezi 19.-29.7. Zpočátku bylo v lokalitě Chrášťany znatelné mírné opoždění úrovně kvetení, ale tento rozdíl ve vývoji se směrem k technologické zralosti zkracoval až téměř dorovnal.

Vývoj dle BBCH kategorií je znázorněn grafy 7 a 8.



Graf 7 – Dlouhivý růst Kazbeku dle BBCH – porovnání lokalit.



Graf 8 – Vývoj generativních vývojových fází Kazbeku dle lokalit.

5.4 Předsklizňové popisy rostlin

Byl sledován celkový vzrůst chmele, počet dorostlých rév, délka pazochů, výška nasazení hlávek, jejich velikost a úroveň napadení peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*) a padlím chmelovým (*Sphaerotheca humuli*).

5.4.1 ŽPČ OSK 72

Rostliny ŽPČ ve všech sledovaných lokalitách ve sklizni dorostly do stropu konstrukce. Velikost hlávek se pohybovala mezi 1,5-2,5 cm a porosty nebyly významně napadeny peronosporou chmelovou ani padlím chmelovým. Průměrný počet zavedených rév na deseti vybraných rostlinách v lokalitě Stekník byl 4 ks, v lokalitě Kněžice 4,6 ks a v lokalitě Chrášťany 5,4 ks. Rostliny z lokalit Stekník a Kněžice se vyznačovaly délkou pazochů od 50 do 100 cm, v lokalitě Chrášťany od 80 do 100 cm. Výška nasazení hlávek byla nejnižší v lokalitě Stekník, a to v rozmezí 50-200 cm. V lokalitě Kněžice to bylo 100-250 cm a v lokalitě Chrášťany 100-300 cm.

Popisné charakteristiky ŽPČ OSK 72 jsou uvedeny v tabulce 15.

Tabulka 15 – Předklizňové popisy ŽPČ – průměrné hodnoty a údaje dle lokalit.

Lokalita	ŽPČ OSK 72						
	Počet rév	Délka pazochů [cm]	Výška nasazení [cm]	Velikost hlávek [cm]	Vzrůst	Napadení peronosporou chmelovou	Napadení padlím chmelovým
Stekník	4	50-100	50-200	1,5-2,5	dorostlý	bez napadení	bez napadení
Kněžice	4,6	50-100	100-250	1,5-2,5	dorostlý	bez napadení	bez napadení
Chrášťany	5,4	80-100	100-300	1,5-2,5	dorostlý	bez napadení	bez napadení

5.4.2 Kazbek

Rostliny odrůdy Kazbek ve všech sledovaných lokalitách ve sklizni dorostly do stropu konstrukce. Velikost hlávek se pohybovala mezi 1,5-3,5 cm. Porosty v lokalitě Stekník a Chrášťany nebyly významně napadeny peronosporou chmelovou ani padlím chmelovým. V lokalitě Kněžice došlo k významnému napadení peronosporou chmelovou projevujícím se od druhé dekády srpna. Průměrný počet zavedených rév na deseti vybraných rostlinách v lokalitě Stekník byl 5,4 ks, v lokalitě Kněžice 5,4 ks a v lokalitě Chrášťany 6,3 ks. Rostliny ze všech lokalit se vyznačovaly délkou pazochů >80 cm. Výška nasazení hlávek byla nejnižší

v lokalitě Stekník, a to v rozmezí 50-200 cm. V lokalitách Kněžice a Chrášťany byla výška nasazení vyšší než 250 cm.

Popisné charakteristiky Kazbeku jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 16 – Předklizňové popisy ordůdy Kazbek – průměrné hodnoty a údaje dle lokalit.

Lokalita	Kazbek						
	Počet rév	Délka pazochů [cm]	Výška nasazení [cm]	Velikost hlávek [cm]	Vzrůst	Napadení peronosporou chmelovou	Napadení padlím chmelovým
Stekník	5,4	>80	50-200	1,5-3,5	dorostlý	bez napadení	bez napadení
Kněžice	5,4	>80	>250	1,5-3,5	dorostlý	silné napadení	bez napadení
Chrášťany	6,3	>80	>250	1,5-3,5	dorostlý	bez napadení	bez napadení

5.5 Vegetační doba

Odečtením rozdílu mezi termínem sklizně a termínem řezu byla stanovena vegetační doba obou odrůd ve všech sledovaných lokalitách.

Nejkratší vegetační doba u ŽPČ OSK 72 byla zaznamenána v lokalitě Chrášťany (137 dní), nejdelší v lokalitě Kněžice (142 dní).

Nejkratší vegetační doba Kazbeku byla zaznamenána taktéž v lokalitě Chrášťany, kde byl v době sklizně porost v posledních fázích dozrávání a nedosáhl ještě technologické zralosti (141 dní), v lokalitách Stekník a Kněžice byla doba vegetace téměř shodná (169, resp. 170 dní). Shrnutí termínů řezu, sklizně a vypočtená vegetační doba jsou znázorněny v tabulce 17.

Tabulka 17 – Vegetační doba dle odrůd a lokalit.

Vegetační doba dle odrůd a lokalit			
lokalita	termín řezu	termín sklizně	vegetační doba [dny]
	ŽPČ OSK 72		
Stekník	04.04.2021	23.08.2021	141
Kněžice	09.04.2021	29.08.2021	142
Chrášťany	25.04.2021	09.09.2021	137
Kazbek			
Stekník	01.04.2021	17.09.2021	169
Kněžice	08.04.2021	25.09.2021	170
Chrášťany	21.04.2021	09.09.2021	141

5.6 Výnos chmele ze sledovaných rostlin

5.6.1 Výnos ŽPČ OSK 72

V rámci práce byl hodnocen také hospodářský výnos chmele z vybraných rostlin. V tabulce 18 je uveden průměrný počet dorostlých rév a výnos čerstvého chmele odrůdy ŽPČ ze sledovaných lokalit. Nejvyšší průměrný výnos čerstvého chmele z rostliny ŽPČ byl zjištěn v lokalitě Stekník (3,36 kg/rostlinu), druhý nejvyšší v lokalitě Kněžice (3,29 kg/rostlinu), naopak jednoznačně nejnižší byl zaznamenán u rostlin z lokality Chrášťany (1,83 kg/rostlinu).

Tabulka 18 – Průměrný počet dorostlých rév a průměrný výnos čerstvého chmele v kg odrůdy ŽPČ OSK72 dle lokalit.

lokalita	ŽPČ OSK72	
	Průměrný počet dorostlých rév [ks]	Výnos čerstvého chmele z rostliny [kg]
Stekník	4,0	3,36
Kněžice	4,6	3,29
Chrášťany	5,4	1,83

5.6.2 Výnos odrůdy Kazbek

V tabulce 19 je uveden průměrný počet dorostlých rév a průměrný výnos čerstvého chmele odrůdy Kazbek z vybraných lokalit. Nejvyšší výnos byl zaznamenán v lokalitě Stekník (5,09 kg/rostlinu), druhý nejvyšší v lokalitě Chrášťany (2,86 kg/rostlinu). Nejnižšího výnosu dosáhly rostliny v lokalitě Kněžice (0,54 kg/rostlinu), neboť byl tento porost silně napaden a poškozen peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*) a pěstitelem nebyl sklizen a očesan.

Tabulka 19 – Průměrný počet dorostlých rév a průměrný výnos čerstvého chmele v kg odrůdy Kazbek dle lokalit.

lokalita	Kazbek	
	Průměrný počet dorostlých rév [ks]	Výnos čerstvého chmele z rostliny [kg]
Stekník	5,4	5,09
Kněžice	5,5	0,54
Chrášťany	6,3	2,86

5.6.3 Hektarový výnos suchého chmele – přepoččet

Ze zjištěných výsledků a známého sponu rostlin byl pomocí přepočtu publikovaného Kořenem et al. (2008) stanoven teoretický výnos suchého chmele za předpokladu, že byly k pokusu vybrány průměrné reprezentativní rostliny a za předpokladu nulové mezerovitosti porostů. Ve výpočtu bylo počítáno s počáteční vlhkostí hlávek 76 % a konečnou vlhkostí 10 %. Výpočet byl proveden pomocí vzorce:

$$Q_2 = Q_1 * [(100 - \text{£}_1) * (100 - \text{£}_2)]$$

kdy Q_2 je hmotnost chmele po usušení, Q_1 hmotnost před usušením, £_1 vlhkost chmele před usušením a £_2 hmotnost chmele po usušení.

Výsledky jsou uvedeny v tabulce 20. Je patrné, že nejvyššího teoretického výnosu ŽPČ by dosáhl porost v lokalitě Stekník, nejnižšího naopak Chrást'any. Odrůda Kazbek by dosáhla nejvyššího výnosu taktéž v lokalitě Stekník a nejnižšího (z výše uvedeného důvodu – poškození porostu peronosporou) v lokalitě Kněžice.

Tabulka 20 – Přepočtený výnos suchého chmele.

Teoretický výnos suchého chmele [t/ha] stanovený přepočtem		
Lokalita	ŽPČ OSK 72	Kazbek
Stekník	2,98	3,39
Kněžice	2,54	0,30
Chrást'any	1,66	2,36

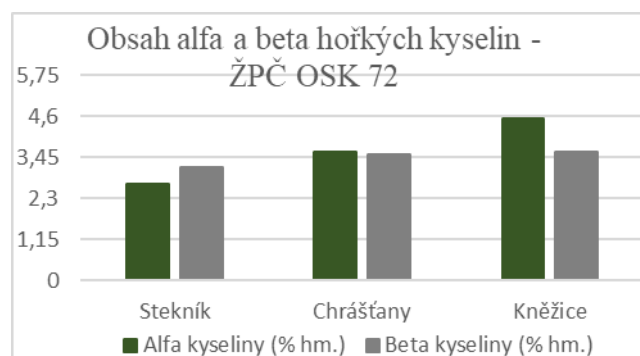
5.7 Kvalitativní parametry

Po sklizni sledovaných rostlin byla provedena HPLC analýza směsného vzorku odrůd z jednotlivých lokalit. Výsledky jsou uvedeny v tab. 21 a grafech 9 a 10. Nejvyšší obsah α – hořkých kyselin odrůdy ŽPČ OSK 72 byl zjištěn v hlávkách chmele z lokality Kněžice (4,55 % hm.), nejnižší ve vzorku ze Stekníku (2,71 % hm.). Kazbek dosáhl nejvyššího obsahu α – hořkých kyselin v lokalitě Chrást'any (7,33 % hm.), nejnižšího v lokalitě Stekník (5,74 % hm.).

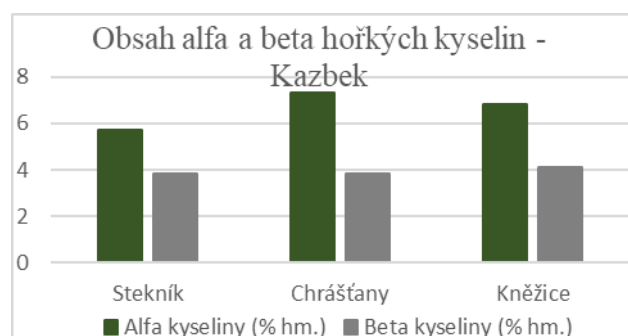
Tabulka 21 - Obsah a složení chmelových pryskyřic dle odrůd a lokalit.

Lokalita	Označení vzorku	Alfa kyseliny (% hm.)	Beta kyseliny (% hm.)	Kohumulon (% rel.)	Kolupulon (% rel.)	Xanthohumol
Stekník	Osvaldův klon 72	2,71	3,18	20,6	41,0	0,24
	Kazbek	5,74	3,85	37,8	63,5	0,31
Kněžice	Osvaldův klon 72	4,55	3,60	24,9	43,8	0,36
	Kazbek	6,80	4,11	36,7	60,3	0,31
Chrášťany	Osvaldův klon 72	3,59	3,52	24,4	42,8	0,32
	Kazbek	7,33	3,82	37,7	60,6	0,37

Poměry α – hořkých a β – hořkých kyselin se pohybovaly mezi 0,8-1,2 u ŽPČ, resp. 1,5-2,0 u Kazbeku.



Graf 9 - Obsah alfa a beta hořkých kyselin v hlávkách ŽPČ.



Graf 10 - Obsah alfa a beta hořkých kyselin v hlávkách odrůdy Kazbek.

6 Diskuze

Termíny rašení po řezu nebyly v podmínkách ČR doposud sledovány. Dle sledování Pokorného (pers. comm., 2023) se termín rašení po řezu v lokalitě Stekník pohybuje mezi 10-30 dny. Liší se v závislosti na teplotě půdy, nadmořské výšce (Štranc et al., 2007), věku porostu, hloubce řezu (Kopecký et al., 2008a) a výšce nahnuté půdy po provedení řezu (Štranc et al., 2012). Ježek et al. (2015) uvádí, že každý 1 cm nahnuté půdy oddaluje růst výhonů a zhruba jeden den. V současné době se k oddalování vegetace pomocí nahrnování půdy po řezu nepřistupuje. Doba rašení po řezu sledovaná v rámci této práce se pohybovala mezi 10 a 20 dny.

V případě standardního termínu řezu dospělých porostů a standardního průběhu počasí dosahují rostliny ŽPČ na Žatecku v termínu 6.-15.6. výšky 2,0-4,0 m, v termínu 21.-30.6. je to přibližně 4,0-7,0 m a mezi 6.-15.7. dochází k ukončení dlouživého růstu (Krofta et al., 2012). Z výsledků sledování vyplývá, že do tohoto časového rozpětí se i přes opožděnou vegetaci vešly porosty ŽPČ OSK 72 v lokalitách Stekník a Kněžice, kde byl proveden řez v první dekádě dubna. Porost v Chrástanech, který byl řezán až 25.4., byl ve vývoji vegetativních částí rostliny opožděn o přibližně 2 týdny a stropu konstrukce dosáhl o cca 10-20 dní později než ve Stekníku a Kněžicích.

Sledování fenofází se provádí pouze v rámci šlechtění a při registraci odrůd a pro sledované odrůdy ŽPČ OSK 72 a Kazbek není a nebylo publikováno. Z tohoto důvodu lze pouze konstatovat, že počáteční vývojové fáze vegetativní části rostlin byly zbržděny v důsledku chladného dubna a května (který byl nadstandardně vlhký). S příchodem mimořádně teplého a srážkově normálního června a teplotně normálního, ale srážkově bohatého července, začaly rostliny ve všech sledovaných lokalitách intenzivně růst a přechod do generativní fáze nastával ještě před dosažením stropu konstrukce. Rozdíl v termínu sklizně byl přibližně 1 týden oproti standardnímu termínu v daných lokalitách, ačkoliv řez byl proveden o cca 2 týdny později, než je obvyklé. Matsui et al. (2016) vysledovali, že termín řezu nemá statisticky významný vliv na počátek doby kvetení u odrůdy ŽPČ OSK 72. Je tedy patrné, že i přes pomalý počáteční vývoj dokáže chmel za vhodných podmínek prodlevu částečně eliminovat a dozrát v téměř normálním termínu.

Žatecký poloraný červeňák je středně mohutného vzrůstu, tvar chmelového keře je pravidelně válcovitý. Plodonosné pazychy jsou krátké až střední, nízko nasazené. Chmelové hlávky jsou střední až dlouze vejčité, hustě nasazené. Vřetenko je jemné, pravidelné, dlouhé 16–19 mm (Ježek et al., 2015). Dosažená velikost hlávek (1,5-2,5 cm) odpovídá odrůdové

charakteristice ŽPČ, tj. délce věténka 16-19 mm. Délka pazochů se v době předsklizňových popisů pohybovala mezi 50-100 cm, což dle Klasifikátoru Genus *Humulus* L. (Rígr et Faberová, 2000) odpovídá hodnocení střední až dlouhé, tj. o cca 20 cm delší, než je definováno Ježkem et al. (2015), avšak délka v zásadě odpovídá odrůdové charakteristice ŽPČ. Výška nasazení plodonosných pazochů se pohybovala mezi 50-100 cm, tj. v kategorie nízké (Rígr et Faberová, 2000). Výška nasazení květů, potažmo hlávek, je ovlivněna prosvětlením porostu (Rybáček et al., 1980; Kopecký et al., 2008b). V lokalitě Stekník, kde byly plodonosné pazochy nasazené již od 50 cm, byly v průměru na rostlině ŽPČ OSK 72 zavedeny pouze 4 révy při sponu 300x100 cm, v lokalitě Chrášťany, kde byla výška nasazení až 300 cm to bylo průměrných 5,4 révy při sponu 280x105 cm. Je tedy pravděpodobné, že rostliny v užším sponu s více zavedenými révami vytvořily ve vegetačně příznivém roce větší množství nadzemní vegetativní biomasy, kterou zastínily spodní patro porostu a výška nasazení květů se tak posunula výše do lépe prosvětleného patra.

Ježek et al. (2015) popisují Kazbek jako odrůdu mohutného vzrůstu, válcovitého až kyjovitého tvaru. Plodonosné pazochy jsou velmi dlouhé (až 2 m), nízko až středně vysoko nasazené. Dle Rígra et Faberové (2000) tento popis odpovídá výšce nasazení 50-200 cm. Do tohoto rozmezí výšky nasazení spadaly pouze rostliny v lokalitě Stekník, rostliny z lokalit Kněžice a Chrášťany měly nasazené plodonosné pazochy výše než 250 cm. V lokalitě Chrášťany to lze přičíst užšímu sponu (280x114 cm) a vícero zavedeným révám, kdy dochází k vyššímu zastínění spodních pater porostu a nasazení květenství se tak posouvá do vyšších pater rostliny (Kopecký et al., 2008b). V lokalitě Kněžice je spon dostatečně široký (300x160 cm) a průměrný počet zavedených rév shodný s lokalitou Stekník. Roli tak může hrát i orientace řadů, kdy na Stekníku jsou řady orientovány ve směru JZ-SV, kdežto v Kněžicích Z-V, případně i napadení peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*), kdy v době hodnocení bylo spodní patro porostu značně poškozeno. Zaznamenaná délka pazochů 80-100 a >100 cm odpovídá hodnocení dlouhé až velmi dlouhé pazochy a je pro odrůdu Kazbek charakteristická. Velikost hlávek (1,5-3,5 cm) odpovídá hodnocení malá až střední, charakteristická délka věténka je však pouze 13-16 mm (Ježek et al., 2015), což odpovídá hlávkám kategorie malá (1,5-2,5 cm). Je pravděpodobné, že ve výnosově velmi příznivém roce s dostatkem srážek byly vytvořeny podmínky pro nárůst významnějšího počtu nadprůměrně velkých hlávek, spadajících až do kategorie střední (2,5-3,5 cm).

Vegetační doba ŽPČ ze sledovaných lokalit se pohybovala mezi 137 a 141 dny. Ježek et al. (2015) uvádí průměrnou vegetační dobu 122-128 dní. K technické zralosti dochází v závislosti na termínu řezu a na ročníku od druhé dekády srpna do konce srpna

(Nesvadba, Krofta, Patzak, 2022). Vzhledem k chladnému jaru 2021, které způsobilo zpomalení raných fází vegetace (Donner et Ježek, 2022) dosáhl ŽPČ OSK 72 technologické zralosti v pozdějších termínech, tj. v třetí dekádě srpna, později řezaný porost v Chrástanech byl dokonce sklizen až na konci první dekády září.

Průměrná délka vegetace Kazbeku uváděná Ježkem et al. (2015) je 134-141 dní. Nesvadba, Krofta, Patzak (2022) konstatují, že technologická zralost obvykle nastává v první dekádě září s přesahem do jeho druhé dekády. Termíny sklizně tomuto hodnocení odpovídají (9.9.-27.9.), ovšem liší se reálná vegetační doba od hodnot uváděných v literatuře. Nejkratší vegetační dobu měl porost Kazbeku v Chrástanech (141 dní), který byl však sklizen v posledních fázích dozrávání cca týden před dosažením technologické zralosti, a to z provozních důvodů. Bylo třeba všechny pokusné varianty v lokalitě Chrástany (včetně rostlin využitých pro tuto práci) sklídit v jednom kompromisním termínu pro všechny zde pěstované odrůdy. Porosty ve Stekníku a Kněžicích měly vegetační dobu 169, resp. 170 dní, což je o cca 30 dní později, než uvádí literatura. Stejně jako ŽPČ, i porosty Kazbeku, vyznačující se intenzivním počátečním růstem (Ježek et al., 2015), byly v raných fázích vegetace zbržděny chladným květnem, a tudíž došlo ke zmíněnému prodloužení vegetační doby.

Průměrný hospodářský výnos sledovaných odrůd uváděný v literatuře se pohybuje mezi 0,8-1,6 t/ha u ŽPČ a 2,0-3,0 t/ha u Kazbeku (Ježek et al., 2015; Nesvadba, Krofta, Patzak, 2022). Rok 2021 byl výnosově rekordním rokem od počátku statistického sledování s dosaženým průměrným výnosem 1,67 t/ha. Dle statistik Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ) byl na Žatecku průměrný výnos ŽPČ 1,59 t/ha a Kazbeku pouze 0,99 t/ha (Kršková, 2021). Hospodářský výnos Kazbeku v žatecké chmelářské oblasti na takto nízké úrovni je však za standardních podmínek nepravděpodobný a byl pravděpodobně způsoben zařazením silně poškozených porostů, ať už kroupami v oblasti Rakovnicka, či peronosporou chmelovou (*Pseudoperonospora humuli*), případně slabých výsazů v oblasti. Výnosy z jednotlivých farem nejsou publikovány, vedoucí ÚH Stekník Pokorný (pers. comm., 2023) však sdělil, že výnos Kazbeku v lokalitě Stekník se v rámci farmy Účelového hospodářství Stekník pohyboval mezi 2,5-2,7 t/ha. Na sousedním Úštěcku byl dle ÚKZÚZ zaznamenán průměrný výnos Kazbeku 3,01 t/ha a na Tršicku 2,77 t/ha (Kršková, 2021). Výnosy získané přepočtem čerstvého chmele (viz kapitola 5.5.3) tak odpovídají datům ÚKZÚZ. Vymykají se výnosy ŽPČ v lokalitách Stekník a Kněžice, které jsou výrazně vyšší, než je dlouhodobý průměr. Lze usoudit, že hodnoty 2,98 t/ha, resp. 2,54 t/ha, jsou zkresleny právě nepřesným přepočtem (počítá s počáteční vlhkostí hlávek 76 % a nulovou mezerovitostí porostu) a reálný výnos by byl podstatně nižší.

Celkové obsahy α – hořkých a β – hořkých kyselin rámcově odpovídají odrůdovým charakteristikám obou odrůd. Obsah především β – hořkých kyselin byl však u obou odrůd mírně nižší oproti dlouhodobému průměru (standardně 4,0-6,0 % hm. β – hořkých kyselin) (Ježek et al., 2015). Poměry α – hořkých a β – hořkých kyselin zhruba odpovídají odrůdovým vlastnostem ŽPČ i Kazbeku uvedeným v literární rešerši a pohybují se mezi 0,8-1,2 u ŽPČ (standardně 0,6-1,0), resp. 1,5-2,0 u Kazbeku (standardně 0,9-1,5) (Ježek et al., 2015; Nesvadba, Krofta, Patzak, 2022). Největší vliv na obsah alfa a beta kyselin má průběh povětrnostních podmínek během vegetační sezóny. Jedná se především o teploty a srážky v období červen-srpen, u hybridních odrůd s delší vegetační dobou se toto období prodlužuje až do září (Krofta et al., 2017). Sawicka et al. (2021) publikovali výsledky sledování 6 odrůd chmele v průběhu let 2015-2017 a konstatují, že u aromatických odrůd je poměr α – hořkých a β – hořkých kyselin variabilnější než u hořkých odrůd. To odpovídá výsledkům získaným v rámci bakalářské práce, kdy odrůda Kazbek, ač nepatří mezi hořké odrůdy, ale má přibližně dvojnásobný obsah α – hořkých kyselin než ŽPČ, v mezilokalitním porovnání vykazuje stabilnější poměr α/β než ŽPČ.

7 Závěry

- Chladné jaro roku 2021 zpozdilo začátek vegetační sezony o cca 2 týdny v porovnání s běžným ročníkem
- Termín řezu ve sledovaném roce hrál roli ve vývoji vegetativní části rostliny (opoždění růstu), ale vývoj generativních orgánů byl ovlivněn jen na začátku jejich tvorby
- Dosažení stropu konstrukce bylo z důvodu pozdějšího řezu opoždělé, rostliny přecházely do generativní fáze ještě před dosažením stropu konstrukce
- Ze sledování nástupu fenologických fází bylo patrné, že i přes opožděný počátek vegetace v lokalitě Chrášťany se rozdíl v termínu dozrávání téměř eliminoval
- Výška nasazení květenství závisí na prosvětlení porostu. Porost s širším sponem a menším počtem zavedených rév nasadil hlávky níže.
- Vegetační doba ŽPČ OSK 72 byla o cca 15 dní delší, než je obvyklé, u Kazbeku až o 30 dní.
- Produkční schopnost ŽPČ OSK 72 byla na Stekníku 1,83x vyšší než v lokalitě Chrášťany (3,36 kg/rostlinu vs 1,83 kg/rostlinu).
- Produkční schopnost Kazbeku byla na Stekníku 1,78x vyšší než v lokalitě Chrášťany (5,09 kg/rostlinu vs 2,86 kg/rostlinu).
- Hlávky obou odrůd dosáhly průměrných obsahů α – hořkých kyselin a mírně podprůměrných obsahů β – hořkých kyselin, což v obou případech zvýšilo poměr α/β oproti odrůdové charakteristice.

8 Literatura

- Afonso, S., Arrobas, M., Rodrigues, M.Â., 2020. Soil and plant analyses to diagnose hop fields irregular growth. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 20, 1999–2013.
- Altová, M., 2022. Situační a výhledová zpráva chmel, pivo, MZe Praha. 75 s. ISBN 978-80-7434-678-1.
- Bamforth, C. W., 2010. Beer, Health and Nutrition. Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing company.
- Basařová, G., Šavel, J., Basař, P., Lejsek, T., 2010. Pivovarství: teorie a praxe výroby piva. 1. vydání. Vydavatelství VŠCHT, Praha.
- Brant, V., Krofta, K., Kroulík, M., Zábranský, P., Procházka, P., Pokorný, J., 2020. Distribution of root system of hop plants in hop gardens with regular row cultivation. *Plant, Soil and Environment*, 66 (7). s. 317-326.
- Čepička, J., Krofta, K. a kol., 2008. Kapitola 6.7 Chmel. In: Prugar a kol.: Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. VÚPS a.s, Praha, 2008; strany 276-285. ISBN 978-80-86576-28-2.
- Dodds, K.: Hops – a guide for new growers. Tumut (Australia): NSW Department of Primary Industries, 2017. ISBN 978 1 76058 007 0
- Donner, P., 2014. Pěstování chmele v ekologickém zemědělství a posouzení rychlosti fotosyntézy a transpirace listů. Diplomová práce, ČZU, Praha. 69 s.
- Donner, P., Ježek, J., Pokorný, J., 2015. Training materials used in a hop production in the Czech Republic. *Hmeljarski bilten / Hop Bulletin*, 22 (2015), s. 58-65. ISSN: 0350-0756.
- Donner, P., Ježek, J., 2022. Hodnocení agrometeorologického roku 2020/2021 v Žatci. In: Chmelařská ročenka 2022. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha. s. 167-181. ISBN 978-80-86576-95-4.

- Eriksen, R. L., Padgitt-Cobb, L. K., Shaun Townsend, M., Henning, J. A., 2021. Gene expression for secondary metabolite biosynthesis in hop (*Humulus lupulus* L.) leaf lupulin glands exposed to heat and low-water stress. *Sci Rep.* 2021 Mar 4;11(1)
- European Commission, 2022. Agriculture and rural development – Hops. [online]. [cit. 25.1.2023]. Dostupné z: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hops_en
- Faragó, J., Üргеová, E., 2013. Chmel' obyčejný: nové pohľady na tradičnú plodinu. Vyd. 1. Trnava: Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave, Fakulta prírodných vied.
- Forster, A., Gahr, A., Schüll, F., Lehmail, E., 2022. Distinguishing hop varieties as either aroma or bitter hops – is this still relevant? *Proceedings of the Scientific-Technical Commission.* Lugo, Spain. s. 88-92. ISSN 1814-2206.
- Gent, D. H., Twomey, M. C., Wolfenbarger, S. N., Woods, J. L., 2015. Pre- and Postinfection Activity of Fungicides in Control of Hop Downy Mildew. *Plant Disease*, 99(6), s. 858-865.
- Gent, D. H., Block, M., Claassen, B. J., 2020. High Levels of Insensitivity to Phosphonate Fungicides in *Pseudoperonospora humuli*. *Plant Disease*, 104(5), s. 1400-1406.
- Hajšl, J., 2005. Historie chmele na území ČR [online]. [cit. 15.1.2023]. Dostupné z: <https://chmelar.hajsl.cz/historie.php>
- Holý, K., Procházka, P., Štranc, J., Štranc, D., Štranc, P., 2017. Integrovaná ochrana chmele. Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. 104 s., ISBN 978-80-7427-265-3.
- Horejsek, J., Zich, M., 1990. Chmelařství. SZN, Praha. 285 s. ISBN 80-209-0125-6.
- Hough, J. S., Briggs, D. E., et al., 1982. *Malting and brewing science.* Springer USA.
- Chromý, Z., in Kovařík, M., 2022. České chmelařství v přehledech ÚKZÚZ. Chmelařská ročenka. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha. 444 s. ISBN 978-80-86576-98-5.

Inui, T., Okamura, K., Matsui, H., Hosoya, T., Kumazawa, S., 2017. Effect of harvest time on some in vitro functional properties of hop polyphenols. *Food Chemistry*, 225. s. 69-76.

Janderová, K. Chmelařské oblasti. [online]. [cit. 28.2.2022]. Dostupné z: <http://janderovakarolina.blog.cz/1301/chmelarske-oblasti>

Ježek, J., Donner, P., 2022. Testování chmelovodiče z kyseliny polymléčné (PLA) na ÚH Stekník v roce 2021. *Chmelařství*. 2022, 95(6-7), s. 70-76. ISSN 0373-403X.

Ježek, J., Klapal, I., Krofta, K., Nesvadba, V., Patzak, J., Pokorný, J., Svoboda, P., Veselý, F., Vostřel, J., 2015. Chmel 2015 – příručka pro pěstitele. Chmelařský institut, Žatec. 156 s. ISBN 978-80-86836-98-0

Jurková, M., Horák, T., Čulík, J., Čejka, P., Keller, V., 2010. Současné stanovení iso-alfa kyselin ve formě jejich cis- a trans- forem a tetrahydroiso-alfa kyselin. *Kvasný průmysl*, 56.

Knez Hrnčič, M., Španinger, E., Košir, I., Knez, Ž., Bren, U., 2019. Hop Compounds: Extraction Techniques, Chemical Analyses, Antioxidative, Antimicrobial, and Anticarcinogenic Effects. *Nutrients* [online]. 11(2) [cit. 2022-03-08]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11020257

Kopecký, J. 1997. Zvláštnosti pěstitelské technologie odrůd hybridního původu. *Chmelařství*, s. 13–16.

Kopecký, J., Brynda, M., Ciniburk, V., Ježek, J., Klapal, I., Kořen, J., Kozlovský, P., Krofta, K., Kudrna, T., Nesvadba, V., Vostřel, J., 2008a. Pěstování hybridních odrůd chmele v podmínkách chmelařských oblastí ČR. *Metodika pro praxi 2/2008*. Chmelařský institut, Žatec. 52 s. ISBN 978-80-86836-24-9.

Kopecký, J., Brynda, M., Ciniburk, V., Ježek, J., Klapal, I., Kořen, J., Kozlovský, P., Krofta, K., Kudrna, T., Nesvadba, V., Vostřel, J., 2008b. Zakládání chmelnic hybridními odrůdami. *Metodika pro praxi 1/2008*. Chmelařský institut, Žatec, 31 s. ISBN 978-80-86836-30-0.

Kořen, J., Ciniburk, V., Podsedník, J., Rybka, A., Veselý, F., 2008. Sušení chmele na komorových sušárnách. Metodika pro praxi 10/2008. Chmelařský institut, Žatec. 36 s. ISBN 978-80-86836-51-5.

Kovařík, M., 2021. Český chmel. Ministerstvo zemědělství, Praha. ISBN 978-80-7434-620-0. s. 106.

Kowalska, G., Bouchentouf, S., Kowalski, R., Wyrostek, J., Pankiewicz, U., Mazurek, A., Sujka, M., Włodarczyk-Stasiak, M., 2022. The hop cones (*Humulus lupulus* L.): Chemical composition, antioxidant properties and molecular docking simulations. *Journal of Herbal Medicine*, 33. s. 1-13.

Kožnarová, V., Klabzuba, J., 2002. Doporučení WMO pro popis meteorologických, resp. klimatologických podmínek definovaného období. *Rostlinná výroba*, 48, 2002(4). s. 190-192.

Krofta, K., Čepička, J., Kubíček, J., 1999. Uplatnění nových českých hybridních odůd chmele v pivovarském procesu. *Kvasný průmysl, VÚPS*. Praha. 45/1999 (7-8). s. 187-190

Krofta, K., Kopecký, J., Ježek, J., 2008. K problematice dusičnanů ve chmelu. Sborník ze semináře „Technologie pěstování chmele“, Chmelařský institut, Žatec, s. 4-15. ISBN 978-80-86836-27-0.

Krofta, K., Brynda, M., Nesvadba, V., 2010. Rajonizace českých odrůd chmele. Metodika pro praxi 4/2010. Chmelařský institut, Žatec, 80 s. ISBN 978-80-87357-04-0.

Krofta, K., Ježek, J., Klapal, I., Křivánek, J., Pokorný, J., Pulkrábek, J., Vostřel, J., 2012. Integrovaný systém pěstování chmele. Metodika pro praxi 02/2012. Chmelařství, Žatec. 97 s. ISBN 978-80-86836-82-9.

Krofta, K., Mikyška, A., 2014. Beta kyseliny chmele, význam a využití. Praha: Kvasný průmysl 60.

Krofta, K., Mikyška, A., 2017. Hodnocení obsahu hořkých látek v českých chmelech z ročníkové sklizně – certifikovaná metodika. Chmelařský institut, Žatec a Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha. 26 s. ISBN 978-80-86836-15-7.

Krofta, K., Mikyška, A., Jurková, M., Mravcová, L., Vondrářková, P., 2017. Stanovení hořkých látek v chmelu - vliv ročníku a stáří chmele. Kvasný průmysl, 63(5). s. 241-247. DOI: 10.18832/kp201725

Kršková, I., 2021. Úroda chmele je nejvyšší za posledních 25 let. Tisková zpráva. ÚKZÚZ, Praha. [online]. [cit. 28.2.2023]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2021_uroda-chmele-nejvyssi-za-25-let.html

Nesvadba, V., Polončíková, Z., Henychová, A., 2012. Šlechtění chmele v České republice. Kvasný průmysl, Praha, 58(2).

Matsui, H., Inui, T., Oka, K., Fukui, N., 2016. The influence of pruning and harvest timing on hop aroma, cone appearance, and yield. Food Chemistry, 202. s. 15-22.

Nesvadba, V., Brynda, M., Henychová, A., Ježek, J., Kořen, J., Krofta, K., Malířová, I., 2013. Vývoj a tradice českých odrůd chmele. Chmelařská institut, Žatec. ISBN 978-80-87357-11-8.

Nesvadba, V., Krofta, K., Patzak, J., 2022. Atlas českých odrůd chmele. Chmelařský institut, Žatec. 36 s. ISBN 978-80-86836-60-7.

Neve, R.A., 1991. Hops. Chapman and Hall. 266 s.

Nováková, B., Šedivý, Z., 1996. Praktická aromaterapie. Přirozená cesta ke zdraví, kráse a vitalitě. Pragma, Praha. ISBN 80-7205-371-X.

Pokorný, J., 2023. Pers. comm.

Pokorný, J., Kozlovský, P., 2016. Pěstování odrůdy Kazbek a Saaz Late na ÚH Stekník. Seminář k agrotechnice chmele – sborník přednášek ze semináře konaného dne 25.2.2016. Chmelařský institut, Žatec. s. 100-103.

Procházka, P., 2021. Využití přírodních látek s antifungální aktivitou při produkci chmele. Agromanuál [online]. [cit. 20.1.2023]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/vyuziti-prirodnich-latek-s-antifungalni-aktivitou-pri-produkci-chmele>

Prugar, J. a kolektiv 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., Praha, 327 s.

Rígr, A., Faberová, A., 2000. Klasifikátor Genus *Humulus* L. Česká Rada genetických zdrojů rostlin, Chmelařský institut s.r.o., Žatec a Výzkumný ústav rostlinné výroby, Genová banka, Praha – Ruzyně. 19 s.

Rybáček, V., Fric, V., Havel, J., Libich, V., Kříž, J., Makovec, K., Petrлік, Z., Sachl, Z., Srp, A., Šnobl, J., Vančura, M., 1980. Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 426 s.

Rybka, A., Heřmánek, P., Honzík, I., Jošt, B., Podsedník, J., Vent, L., 2015. Modernizace technologického postupu pro zvýšení výkonnosti česací linky chmele. Certifikovaná metodika. ČZU, Praha. 30 s. ISBN 978-80-213-2554-8.

Sarwar, M., 2020. Chapter 20 - Mite (Acari Acarina) vectors involved in transmission of plant viruses. Applied Plant Virology, s. 257-273.

Sawicka, B., Spiewak, M., Kiełtyka-Dadasiewicz, A., Skiba, D., Bienia, B., Krochmal-Marczak, B., Pszczółkowski, P., 2021. Assessment of the Suitability of Aromatic and High-Bitter Hop Varieties (*Humulus lupulus* L.) for Beer Production in the Conditions of the Małopolska Vistula Gorge Region. Fermentation, 7,104. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030104>.

Sayed, S. M., Montaser, M., 2012. Preliminary molecular characterisation and utilisation of native *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) for controlling aphids infesting Taif's rose. Archives of Phytopathology and Plant Protection 45(3), s. 373-380.

Starý, B., 1959. Atlas chorob a škůdců kulturních rostlin. Státní zemědělské nakladatelství: Praha.

- Šíma, J. M., 2002. Z historie chmele. Chmelařství 1, s. 11-13. ISSN 0373-403X
- Vent, L., 2002. Zelené zlato. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský.
- Štranc, P., Štranc, J., Jurčák, J., Štranc, D., Pázler, B., 2007. Výsadba chmele. ČZU, Praha. 84 s. ISBN 978-80-87111-02-4.
- Štranc, P., Štranc, J., Holý, K., Štranc, D., Sklenička, P., 2012. Pěstování vzrůstných odrůd chmele v nízké konstrukci. ČZU, Praha. 100 s. ISBN 978-80-87111-33-8.
- Tauferová, A., Petrášová, M., Pokorná, J., Tremlová, B., Bartl, P., Rostlinná produkce. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. 140 s.
- Trefilová, M., 2021. Houbové choroby chmele. Agromanuál [online]. [cit. 17.1.2023]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/houbove-choroby-chmele>
- ÚKZÚZ, 2022. Věstník ÚKZÚZ, Ročník XXI. Seznam odrůd zapsaných ve státní odrůdové knize ke dni 15. června 2022. [online]. [cit. 10.1.2023]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/656937/_32022.pdf
- Vaněk, V., Balík, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press, Praha. 220 s. ISBN 978-80-8672-679-3
- Vent, L. a kol., 1963. Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 413 s.
- Vostřel, J., Klapal, I., Kudrna, T., 2008a. Metodika ochrany chmele proti svilušce chmelové (*Tetranychus urticae* Koch). Chmelařský institut, Žatec. 44 s. ISBN 978-80-86836-72-0
- Vostřel, J., Klapal, I., Kudrna, T., 2008b. Metodika ochrany chmele proti mšici chmelové (*Phorodon humuli* Schrank). Chmelařský institut, Žatec. 44 s. ISBN 978-80-86836-69-0
- Vostřel, J., Klapal, I., Kudrna, T., 2008c. Metodika ochrany chmele proti peronospoře chmelové (*Peronoplasmopara humuli* Miy et Tak., Wils.). Chmelařský institut, Žatec. 28 s. ISBN 978-80-86836-75-1

Vostřel, J., Nesvadba, V., Klapal, I., Kudrna, T., 2010. Metodika ochrany chmele proti padlí chmelovému (*Podosphaera macularis*, syn.: *Sphaerotheca humuli*). Chmelařský institut, Žatec. 44 s. ISBN 978-80-87357-07-1

Vostřel, J., Klapal, I., Trefilová, M., 2022. Metodika ochrany chmele 2022. Chmelařský institut, Žatec. 83 s. ISBN 978-80-86836-50-8

Weichel, L., Nauen, R., 2003. Monitoring of insecticide resistance in damson hop aphid, *Phorodon humuli* Schrank (Hemiptera: *Aphididae*) from German hop gardens. Pest Management Science 59(9):991-8.

Zanoli, P., Rivasi, M., Zavatti, M., Brusiani, F., Baraldi, M., 2005. New insight in the neuropharmacological activity of *Humulus lupulus* L. Journal of Ethnopharmacology, 102. s. 102-106.

Zázvorka, V., Zima, F., 1956. Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 279 s.

Zima, F., Zázvorka, V., 2017. Chmelařství. Agroscience. ISBN 978-80-90612-10-5.