

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



**Vliv ošetření chmele otáčivého vybranými přírodními
látkami s fungicidním účinkem na množství reziduí
pesticidů v chmelových hlávkách**

Bakalářská práce

Autor práce: Barbora Procházková

**Obor studia: Veřejná správa v zemědělství a krajině
(ABVKS)**

Vedoucí práce: Ing. Pavel Procházka, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „**Vliv ošetření chmele otáčivého vybranými přírodními látkami s fungicidním účinkem na množství reziduí pesticidů v chmelových hlávkách**“ 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 neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17. 07. 2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé práce Ing. Pavlu Procházkovi, PhD., za ochotu a odborné vedení práce. Velké díky patří i mé rodině za trpělivost a podporu po celou dobu studia.

Vliv ošetření chmele otáčivého vybranými přírodními látkami s fungicidním účinkem na množství reziduí pesticidů v chmelových hlávkách

Souhrn

Cílem této bakalářské práce bylo sledování vlivu ošetření chmele otáčivého vybranými přírodními látkami s antifungálním účinkem na množství reziduí v chmelových hlávkách. Práce byla zaměřena především na ochranu rostlin proti peronospoře chmelové (*Pseudoperonospora humuli*). Vzhledem k dnešnímu tlaku na omezení používání měďnatých fungicidů byla provedena aplikace přípravků na bázi výtažku z mořských řas, terpenů z pomerančovníku, tymiánové silice a chmelových extraktů, které by mohli patřit mezi alternativní způsoby fungicidního ošetření chmele.

Poloprovozní pokus probíhal v lokalitách Čínov a Liběšovice v roce 2018 a 2019. Pro pokus byly použity přípravky Alginure, Prev B2, tymiánová silice a chmelový extrakt v porovnání s konvekčně používanými přípravky na ochranu rostlin. Sledováno bylo množství reziduí mědi v chmelových hlávkách. Výsledky nám ukazují, že nejméně reziduí mědi obsahovala v roce 2018 varianta ošetřená tymiánovou silicí a v roce 2019 varianta ošetřená chmelovým extraktem. Vezme-li se průměr za obě období a obě lokality, tak všechny varianty ošetření dosahují oproti konvekčnímu ošetření velmi nízkých hodnot reziduí mědi. Proto se dá říci, že použití přípravků Alginure, Prev B2, tymiánové silice a chmelového extraktu se dá doporučit pro praxi.

Klíčová slova: chmel otáčivý, antifungální účinek, přírodní látka, plíseň chmelová, rezidua pesticidů

Influence of hops treatment by selected natural substances with fungicidal effect on the amount of pesticide residues in hop

Summary

The aim of this bachelor's thesis was to monitor the effect of treatment of rotating hops with selected natural substances with antifungal effect on the amount of residues in hop cones. The work was mainly focused on the protection of plants against downy mildew of hops (*Pseudoperonospora humuli*). Due to today's pressure to limit the use of copper fungicides, preparations based on seaweed extract, orange terpenes, thyme essential oil and hop extracts have been applied, which could be among the alternative methods of fungicidal treatment of hops.

The field trial took place in the localities of Čínov and Liběšovice in 2018 and 2019. For the experiment, preparations of Alginure, Prev B2, thyme essential oil and hop extract in comparison with conventionally used plant protection product. The amount of copper residues in hop cones was monitored. The results show us that in 2018 the variant treated with thyme essential oil contained the least copper residues and in 2019 the variant treated with hop extract. If the average for both periods and both localities is taken, then all treatment variants achieve very low values of copper residues compared to convection treatment. Therefore, the use of Alginure, Prev B2, thyme essential oil and hop extract can be recommended for practice.

Keywords: hop, antifungal effect, natural substance, downy mildew on hops, pesticide residues

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce.....	2
3	Literární část.....	3
3.1	Chmel otáčivý	3
3.2	Současné pěstování chmele v ČR.....	5
3.2.1	Chmelařské oblasti ČR	5
3.2.1.1	Chmelařská oblast Žatecko	5
3.2.1.2	Chmelařská oblast Ústěcko	6
3.2.1.3	Chmelařská oblast Tršicko	6
3.2.2	Odrůdy chmele v ČR	6
3.2.2.1	Žatecký poloraný červenák (ŽPČ)	6
3.2.2.2	Hybridní odrůdy českého chmele.....	7
3.3	Agrotechnika chmele	10
3.3.1	Zakládání chmelnice	10
3.3.2	Podzimní práce	11
3.3.3	Jarní práce	12
3.3.4	Letní práce	13
3.3.5	Skřízeň, sušení a balení	13
3.3.6	Výživa a hnojení chmelnic	14
3.3.7	Ochrana chmele	17
3.3.7.1	Škůdci chmele	18
3.3.7.2	Choroby chmele	22
3.3.8	Abiotické stresové faktory	25
3.4	Pesticidy	25
3.4.1	Historie používání pesticidů	26
3.4.2	Klasifikace pesticidů	27
3.5	Rezidua pesticidů	28
3.5.1	Vliv reziduí pesticidů na člověka.....	29
3.5.2	Rezidua pesticidů mědi	30
3.6	Přírodní látky s antifungicidním účinkem.....	30
3.6.1	Chmelové extrakty	31
3.6.2	Terpeny z pomerančovníku	32
3.6.3	Tymiánová silice	33
3.6.4	Výtažky z mořských řas.....	34
4	Metodika	35
4.1	Agrotechnika	35

4.2	Průběh pokusů.....	37
4.2.1	Použití přípravků s fungicidním účinkem.....	37
4.2.2	Charakteristika přípravků	38
4.2.3	Aplikace	39
4.2.4	Stanovení obsahu mědi v chmelových hlávkách	39
5	Výsledky.....	40
6	DISKUZE	42
7	ZAVĚR	45
8	Seznam použité literatury	46

1 Úvod

Chmel je na území Čech pěstován již dlouhá léta. První zmínky pocházejí již z 8. a 9. století. Rozvoj chmelařství přinesla doba vlády Karla IV. V té době byl český chmel považován za velice kvalitní, proto se dělala veškerá opatření proti vývozu sazenic. První zmínka o pěstování chmele v Žatci pochází z roku 1348. Pěstování chmele bylo postupně koncentrováno na Rakovnicko, Lounsko, Ústěcko a Klatovsko. K ověření původu chmele byla v Žatci roku 1884 založena první známkovna.

V současnosti se výměra chmelnic rozrůstá. Česká republika patří mezi největší producenty chmele ve světě hned po Německu a USA. Nejvyšší a tedy nejvíce rozšířenou odrůdou je Žatecký poloraný červeňák.

Charakteristika našich chmelařských oblastí je dána různými faktory, z nichž rozhodující vliv mají povětrnostní podmínky spolu s geomorfologickým utvářením krajiny a zeměpisnou polohou za spolupůsobení s ostatními podmínkami.

Nedílnou součástí pěstování chmele je ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům. Jejich eliminace probíhá nejčastěji použitím pesticidů, avšak se od jejich používání legislativně ustupuje. V pesticidech jsou obsaženy toxické látky a tak se hledá spousta alternativ, v podobě přípravků bez použití chemie tzn. přírodních látek (biopesticidů) – jsou šetrnější. V současné době se takto hledá možnost, jak chránit rostliny a nepoškodit životní prostředí nebo neohrožovat zdraví člověka nebo zvířat.

Proto může být jedním z řešení ochrany chmele použití přírodních látek s antifungálním účinkem. Jde o různé výtažky, extrakty a silice z mořských řas či rostlin.

Jaký vliv mají pesticidy, je sledováno v rámci mé práce, kde byl zjišťován vliv obsahu mědi jako hlavního fungicidu v chmelových hlávkách.

2 Cíl práce

Cílem práce je zpracovat literární přehled na zadané téma a vyhodnotit vliv ošetření chmele otáčivého vybranými přírodními látkami s antifungální aktivitou na množství reziduí v chmelových hlávkách.

3 Literární část

3.1 Chmel otáčivý

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus*) se řadí do čeledi konopovitých (*Cannabaceae*). Jedná se o vytrvalou bylinu, které před začátkem zimy odumírají všechny nadzemní orgány. Vyspělé podzemní části dokáží přečkat zimu. Délka trvání porostů chmele na jednom stanovišti je závislá na soustavném nahrazování uhynulých rostlin a tedy vylepšením porostu (Rybáček, 1980).

Kořenová část je velmi silná. Podzemní část se nazývá babka, z níž vyrůstají kulovité, hlavní a vytrvalé kořeny. Každoročním řezem jednoletých částí rostlin až na tzv. babku, vytváříme vhodné podmínky pro tvorbu nového dřeva. Z nového dřeva vyrůstají podpovrchové, nitkovité, jednoleté kořínky dlouhé 30 – 40 cm (odříznutím nového dřeva odumírají). Nové dřevo vyrůstající z babky na světle zezelená a tvoří tzv. révu (Zima a Zázvorka, 2017).

Další částí kořenů jsou podzemní pupeny, z nichž Po probuzení z nich vznikají podzemní a nadzemní orgány. Pod povrchem vzniká vrcholový pupen lodyhy. Podzemní část zakončují druhotně zhoustlé kořeny plnicí funkci zásobního orgánu. Nadzemní orgány tvoří pupeny, lodyha a listy. Dále pak mladé dřevo, které vyrůstá z babky (staré dřevo) kolmo k povrchu půdy. Vyspělé dřevo tvořené starým dřevem a starými vlky, kořenová soustava produkující kosterní (skeletové) a koncové kořínky. Jsou četně obaleny listeny měnicími barvu v průběhu vývoje, od bílé přes fialovou a nakonec jsou zelené. Úžlabí listenů tvoří základ pro tvorbu listů. Diferencující pletiva z vegetačního vrcholu tvoří základ nadzemních orgánů (Horejsek a Zich, 1990).

Barva révy se liší podle odrůdy, u červeňáku (červeně pruhovaná) u zeleňáku (zelená). Réva je složena z článků (internodií), do 50 cm roste kolmo, poté se začne otáčet. Je dutá a opatřená ostrými háčky. Díky těmto zkřemenělým háčkům se začíná pravotočivě otáčet. Listy vyrůstají z nodů a jsou dlanité a srdčité vejčité. Po stranách v úžlabí listů vyrůstají pazochy (tzv. plodonosné větévky), na kterých nasazuje květenství (Zima a Zázvorka, 2017).

V chmelařské terminologii se květenství nazývá osýpka. Vzhledem k tomu, že chmel otáčivý je dvoudomá rostlina, tak odlišujeme rostliny samčí a samičí. Vzácně se může objevit oboupohlavnost. Samčí květenství tvoří bohatě rozvětvená lata. Průměrně má květ 6 – 10 mm a vykvétá o 3 – 4 dny dříve než samičí. Pyl se dokáže šířit až do vzdálenosti 20 km. U samičího květenství vznikají na pazochách internodií pupeny květonosných větévek. Ve

svrchní části révy a na konci pazochů je vývoj květu nejrychlejší. Nejdůležitější je, aby kvetení proběhlo v co nejkratší době (Horejsek a Zich, 1990).

Rozdíly mezi samčím a samičím květenstvím jsou patrné z obrázků č. 1 a 2.



Obr. 1: Samčí květenství chmele (Dostupné z: <https://pyly.cz/detail-rostliny/chmel-otacivy>)



Obr. 2: Samičí květenství chmele (<http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=184>)

Šišťice neboli chmelová hlávka, je označována jako plodenství vzniklé z květenství. Hlávka se skládá ze stopky, na kterou navazuje vřetenko tvořící palisty a listeny (modifikované v krycí listence a pravé listeny). Nejcennější součástí chmelových hlávek je

lupulin - lupulinové žlázy, které se vytvářejí z epidermis. Četnost zastoupení jednotlivých částí hlávek se mění podle odrůdy a ekologických podmínek. Obsah lupulinu se obtížně zjišťuje, a proto se přímé zjišťování nahrazuje nepřímými chemickými metodami. Lupulin obsahuje 80 % pryskyřic (Rybáček, 1980).

Hlávky obsahují hlavně hořké pryskyřice, silice a tříslovinu. Mezi základní pryskyřice patří alfa hořké a beta hořké kyseliny. Obsah alfa hořkých kyselin je dáno vydatností slunečního záření a délkou dozrávání (Horejsek a Zich, 1990).

3.2 Současné pěstování chmele v ČR

Rok 2019 můžeme řadit mezi nejvyšší sklizeň chmele, vypěstovalo se 7 144,71 t, což je nárůst o 39,37 % oproti roku 2018. Průměrný výnos byl 1,43 t/ha. V Žatecké oblasti bylo vypěstováno 5 276,53 t, v Úštěcké oblasti 933,59 t a v Tršické oblasti 934,59 t (Kršková, 2019).

V letošním roce došlo k mírnému snížení plochy chmelnic u Žateckého poloraného červeňáku (o 87 ha) na 4 262 ha. Odrůda Sládek zaznamenala nárůst o 24 ha, Premiant se zvýšil o 23 ha, Saaz Late se zvýšila o 2 ha, Saaz Special byla vysázena na 7 ha a plocha odrůdy Agnus se zvýšila o 16 ha (Anonym (a), 2019).

I přes nižší výnos se Česká republika stále řadí mezi tři největší producenty chmele ve světě a největšího producenta jemného aromatického chmele (Kovařík, 2017).

3.2.1 Chmelařské oblasti ČR

3.2.1.1 Chmelařská oblast Žatecko

Žatecká oblast je největší chmelařskou oblastí ČR. Severní oblast představuje údolí řeky Ohře. Se stoupající výškou jsou chmelnice umístovány na jižní svahy, do údolí a teras potoků Hasiny, Kláštereckého a Pochválovského. Západní část je rozčleněna povodím Blšanky (Horejsek a Zich, 1990).

Celá oblast se nachází v tzv. srážkovém stínu Krušných hor a Českého středohoří. Převážně se chmelnice nacházejí na permských červinkách neboli půdách s vysokým obsahem sloučenin železa a na lehčích lučních půdách navazujících na sebe. Obvykle jsou chmelnice situovány do volných údolí s volným prouděním vzduchu (Volf, 2012).

3.2.1.2 Chmelařská oblast Ústěcko

Ústěcká oblast sousedí s Žateckou oblastí a rozkládá se na území okresů Litoměřice, Česká Lípa a Mělník. Na severu je ohraničena řekou Labe, na jihu Vltavou a na západě Ohří. Vyskytují se zde dva typy půd - hnědozem a černozem. Průměrný roční úhrn srážek je 489 mm a ve vegetačním období 284 mm (Forejtová, 2007).

V okolí Roudnice se vyskytují rendziny zrozené na vápencích a slínech. Drnové půdy se vyskytují v okolí Litoměřic. Oblast je mírně teplá, suchá a v lednu se na severovýchodě objevují teploty $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Doba slunečního svitu je zde přibližně 1 300 hodin (Horejšek a Zich, 1990).

3.2.1.3 Chmelařská oblast Tršicko

Tršicko má jednodušší půdotvorné podmínky oproti českým oblastem. Významnou složkou půdy jsou černozemě především na Hané, vyskytující se v členitém terénu v nadmořské výšce do 250 m. Další částí jsou hnědozemě mající zcela dominantní postavení v pěstování chmele (Krofta et al., 2010).

Klima v oblasti je mírně teplé, vlhké (s mírnou zimou s průměrnou teplotou $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Průměrný roční úhrn srážek je 600 - 650 mm, ve vegetačním období je 400 - 450 mm. Doba slunečního svitu je přibližně 1 300 h v období vegetace (Horejšek a Zich, 1990).

3.2.2 Odrůdy chmele v ČR

3.2.2.1 Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ)

Znám je pod názvem „žatecký chmel“ nebo Žatecký poloraný červeňák. Vyvinul se šlechtěním původních velmi rozšířených porostů. Šlechtění se provádělo výběrem správného klonu v populaci metodou kladného výběru. Podstatný význam mají pro české chmelařství šlechtitelské výsledky doc. Karla Osvalda, který vyšlechtil klony 31, 72, 114. Tyto klony jsou dodnes součástí porostů ve všech pěstitelských oblastech ČR, registrovány byly v roce 1952. Až do poloviny 90. let 20. století byla toto jediná odrůda pěstovaná v České republice. V současné době se pěstuje na 88 % plodných chmelnic (Krofta et al., 2010).

Odrůda Žateckého poloraného červeňáku je pěstována celkově v devíti klonech: Osvaldův klon 31, Osvaldův klon 72, Osvaldův klon 114, Sireň, Lučan, Blato, Zlatan, Podlešák, Blšanka (Krofta et al., 2010).

Chmelový keř má středně mohutný vzrůst a pravidelně válcovitý tvar. Réva je zelenočervená, 9-11 mm silná. Nízko nasazené plodonosné větévky jsou krátké až střední. Na pazochách jsou středně až dlouze vejčité a hustě nasazené chmelové hlávky. Jemná chmelová vůně hlávek je považována za standard kvality (Ježek et al., 2015).

Výnos chmele se pohybuje od 0,8 do 1,5 t/ha. Obsah alfa hořkých kyselin je 2,5 - 4,5 % hm a beta hořkých kyselin je 4,0 – 6,0 % hm. V pivovarnictví využívána odrůda pro druhé a třetí chmelení nebo pro studené chmelení (Kovařík, 2017).

Odolnost proti peronospoře chmelové při primární i sekundární infekci je střední. Odolnost proti padlí chmelovému je u primární infekce tolerantní a u sekundární je velmi tolerantní (Ježek et al., 2015).

3.2.2.2 Hybridní odrůdy českého chmele

3.2.2.2.1 SAAZ LATE

Odrůda Saaz Late byla vyšlechtěna z potomstva Žateckého poloraného červeňáku. Zaregistrována byla v roce 2010. Rostlina nesouměrně válcovitého tvaru a mohutného vzrůstu. Fialová réva o síle 12 - 15 mm. Rostlina má ráda plné slunce. Tato odrůda je náchylná k vylamování pazochů, proto se doporučuje vysazovat do větších sponů. Právě jemné chmelové aroma s kořeněnou a citrónovou vůní (Ježek et al., 2015).

Výnos chmele se pohybuje od 1,8 do 2,6 t/ha. Obsah alfa hořkých kyselin je 3,5 – 6,0 % hm a obsah beta hořkých kyselin je 4,0 – 6,5 % hm. Pro pivovarnické účely je odrůda vhodná na druhé a třetí chmelení ve formě lisovaných hlávek nebo pelet (Kovařík, 2017).

Rostlina je v primární fázi citlivě odolná proti peronospoře chmelové (*Pseudoperonospora humuli*) a tolerantní proti padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*). V sekundární fázi je odolnost proti peronospoře chmelové (*Pseudoperonospora humuli*) střední a proti padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*) velmi tolerantní (Ježek et al., 2015).

3.2.2.2.2 SAAZ SPECIÁL

Saaz Speciál je novou českou odrůdou chmele. Má lehce kořenitou avšak příjemně bylinno-ovocnou vůni. Díky svému složení spolu s kombinací ŽPČ se hodí na přípravu ležáků. Obsah alfa hořkých kyselin je 4,5 – 8,0 % a beta hořkých kyselin je 5,0 – 11,0 %. Celkový obsah silic u této odrůdy se pohybuje od 0,8 do 1,8 ml / 100 g (Anonym (b), 2015).

Celková odrůdová skladba (Saaz Speciál) na území České republiky je 26 ha, výnos je přibližně 1,73 t/ha. Saaz Speciál řadíme mezi minoritní odrůdy, jejichž výměra rok od roku stoupá (Altová, 2017).

3.2.2.2.3 SLÁDEK

Získán byl jako hybridní potomek odrůd Žatecký poloraný červeňák a Northern Brewe. Jedná se o aromatický typ registrovaný již roku 1987 pod názvem VÚCH 71, pod názvem Sládek byl zaregistrován až roku 1994. Název Sládek dostal pro svou vyváženou hořkost a příjemnou chmelovou vůni piva (Nesvadba a kol., 2013).

Habitus rostliny je mohutný a tvar válcovitý až kyjovitý. Réva je zelené barvy o síle 11 – 13 mm. Plodonosné pazochy jsou střední až dlouhé a středně až vysoko nasazené. Chmelová hlávka je čtyřbokého středně až dlouze vejčitého tvaru. Sládek patří mezi pozdní odrůdy a vegetační doba je 133 – 140 dní. Po celou dobu vegetace potřebuje dostatek vody (Ježek et al., 2015).

Jemné chmelové aroma, kde převažuje ovocná, kořeněná a citrusová vůně. Sládka využívají pivovary nejen v České republice, ale i ty zahraniční a to nejčastěji ve formě granulí pro druhé chmelení. Výnos je 1,8 – 2,5 t/ha. Obsah alfa hořkých kyselin je 4,5 – 8 % hm a beta hořkých kyselin je 4,0 – 7,0 % hm (Kovařík, 2017).

Odolnost proti peronospoře chmelové je u primární i sekundární infekce střední a proti padlí chmelovému tolerantní pro primární infekci a velmi tolerantní pro sekundární infekci. Obsah chmelových silic 1,0 – 2,0 g/100 g (Ježek et al., 2015).

Produkce Sládku se v roce 2019 zvýšila o 70,13 % v Žatecké oblasti, v Ústěcké oblasti došlo ke zvýšení o 63,80 % a v Tršické oblasti o 62,06 % (Kršková, 2019).

3.2.2.2.4 KAZBEK

Kazbek patří mezi minoritní odrůdy chmele se stále stoupající pěstební plochou. Odrůda vznikla křížením hybridního potomstva (Altová, 2017).

Původ má tato odrůda v ruském planém chmelu. Typická je pro odrůdu stabilita a robustnost, neboť Kazbek vznikl od názvu nejvyšší hory středního Kavkazu. Registrován byl roku 2008. Mohutná rostlina mající válcovitý až kyjovitý tvar. Réva červenozelené barvy o síle 12 – 15 mm. Plodonosné pazochy jsou dlouhé až 2 m, nízko až středně vysoko nasazené. Jedná se o pozdní odrůdu, jejíž vegetační doba je 134-141 dní. Hlávky jsou podlouhlé převážně velmi hustě nasazené. Špičky krycích listenů jsou od chmelové hlávky odkloněny (Nesvadba a kol., 2013).

Kazbek je aromatický chmel s výnosem 2,1 – 3,0 t/ha. Obsah alfa hořkých kyselin je 5,0 – 8,0 % hm a beta hořkých kyselin je 4,0 – 6,0 % hm. Pro pivovarské účely je využíván hlavně pro své specifické citronovo-kořenité aroma. Patří mezi nejvýnosnější českou odrůdu. Používá se hlavně pro druhé chmelení ve formě pelet, ale lze využít i pro studené chmelení (Kovařík, 2017).

Produkce odrůdy Kazbek se zvýšila o 20,75 t na 65,26 t, což značí navýšení o 44,51 % (Kršková, 2019).

Odolnost proti Peronospoře chmelové je pro primární i sekundární infekci střední a proti Padlí chmelovému střední pro primární infekci a velmi tolerantní pro sekundární infekci (Ježek et al., 2015).

3.2.2.2.5 PREMIANT

Premiant byl získán zkřížením hybridního potomstva. Žateckého poloraného červeňáku a dalšího šlechtitelského materiálu. Název dostal podle tradičního českého dvanáctistupňového piva „Premium“ jehož typické vlastnosti jsou: vysoká plnost chuti, silný říz a výrazná je třetí nejpěstovanější odrůdu v České republice a to s plochou 170 ha (Kršková, 2018).

Rostlina válcovitého tvaru a mohutného vzrůstu. Réva zelené barvy silná 12 – 15 mm. Horizontální plodonosné pazochy střední až dlouhé a středně vysoko nasazené. Typickou vlastností je tvorba pazochů druhého řádu tvořené v úžlabí révového listu a plodonosného pazochu prvního řádu. Odolnost proti Peronospoře chmelové (*Pseudoperonospora humuli*) je v primární infekci velmi citlivá a v sekundární infekci střední. Odolnost proti Padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*) je pro primární infekci tolerantní a pro sekundární infekci velmi tolerantní (Ježek et al., 2015).

Produkce Premiantu dosáhla v roce 2019 v Žatecké oblasti 202,51 t, v Ústěcké oblasti 93,93 t a v Tršické oblasti 80,40 t (Kršková, 2019).

Premiant se řadí do chmelové skupiny „dual purpose“ pro druhé chmelení ve formě pelet. Výnos chmele je 1,8 – 2,5 t/ha. Obsah alfa hořkých kyselin je 7,0 – 10,0 % hm., a beta hořkých kyselin je 3,5 – 5,5 % hm. Aroma odrůdy je příjemné (Kovařík, 2017).

Pro Premiant je charakteristické aroma s vyšším podílem ovocné vůně (Nesvadba a kol., 2013).

3.2.2.2.6 AGNUS

Agnus byl získán z hybridního potomstva, jehož genetický základ je v odrůdách Sládek, Bor, Žatecký poloraný červeňák, Northern Brewe, Fuggle a další šlechtitelský materiál. Pojmenován je na počest českého šlechtitele chmele Františka Beránka, volně přeloženo z latiny „Agnus“. Zaregistrován byl v roce 2001 (Ježek et al., 2015).

Rostlina je středně mohutný vzrůst válcovitého tvaru. Réva je zeleno-červené až červené barvy o síle 9 – 13 mm. Plodonosné pazochy jsou střední až dlouhé, středně vysoko nasazené. Agnus je polopozdní odrůda, jejíž vegetační doba je 132 – 138 dní. Aroma hlávek je chmelové až kořenité. Charakteristický je vyšší podíl citrónové vůně a velmi nízký podíl bylinné vůně (Nesvadba a kol., 2013).

Jedná se o hořký chmel s výnosem 1,8 – 2t/ha. Obsah alfa hořkých kyselin je 9,0 – 12,0 % hm., obsah beta hořkých kyselin je 4,0 – 6,5 % hm. Obsahuje také vysoké množství xanthohumolu 0,7 – 1,10 % hm. Pro pivovarnické účely se odrůda uplatňuje ve formě pelet i obou typů extraktů (CO₂ i alkoholový), používá se pro první i druhé chmelení (Kovařík, 2017).

V roce 2019 bylo odrůdy Agnus vyprodukováno 110,96 t, což je nárůst o 27,29 % oproti roku 2018 (Kršková, 2019)

Odolnost proti Peronospoře chmelové je pro primární infekci velmi citlivá a pro sekundární infekci střední. Odolnost proti Padlí chmelovému je pro primární infekci tolerantní a pro sekundární infekci velmi tolerantní (Ježek et al., 2015).

3.3 Agrotechnika chmele

3.3.1 Zakládání chmelnice

Chmel se řadí se svou potřebou živin mezi nejnáročnější plodiny. Proto je tedy velice důležité vybírat lokality, jejichž agroekologické podmínky, co nejvíce odpovídají

biologickým nárokům chmele na prostředí. Menší životnost vykazují porosty chmele v otevřených a silně návětrných polohách tzv. polních polohách (Taufarová et al., 2014).

Obecně lze uvést jako vhodné všechny hluboké a homogenní půdy v dobrém fyzikálním, agrochemickém a biologickém stavu. Jde hlavně o oblast Zlatého potoka a Podlesí. Horší kondici mají chmelové rostliny na půdách s malou sorpční kapacitou a vysokou hladinou podzemní vody. Obdobná situace je i na těžkých půdách, kde dochází za vlhkého počasí k silnému zhutnění půdy (Štranc, 2013).

Před založením chmelnice je nutné řádně zpracovat a ošetřit půdu. Jako předplodina je nejčastěji volena obilnina. Příprava půdy je důležitá z hlediska zvýšení procenta humusu (asi 3 %), úpravy vodního režimu a provzdušnění půdy a tím zlepšení jejích fyzikálních a chemických vlastností (Horejsek a Zich, 1990).

Optimálním řešením pro výstavbu chmelnice s tradiční konstrukcí je pozemek obdélníkového tvaru s poměrem stran 1 : 2. Jednotlivé chmelnice jsou k sobě připojovány delšími stranami a vytvářejí tak bloky chmelnic. Pokud nám to reliéf terénu umožní, orientujeme řady chmele od severu k jihu (Rybáček a kol., 1980).

Řady se volí tak, aby byl zachován tvar pozemku, pokud je chmelnice umístěna na svahu tak se volí směr řady kolmo na spád, aby se zabránilo odplavování ornice (Zima a Zázvorka, 2017).

Výška konstrukce je obvykle 7 m. Pro výstavbu se v závislosti na účelu používají dva typy drátů (háček nebo oko). Chmelnice musí být velmi pevná, aby odolala jakémukoliv počasí. Jakmile je vše připraveno, chmelnice se ukotví a zdvihne (Fric et al., 1991).

3.3.2 Podzimní práce

Základem podzimních prací je ostrhávání rév, odstranění zbytků rostlin a úklid chmelnice. Většina podzimních úkonů se provádí kvůli provzdušnění a urovnání povrchu chmelnice. Na podzim se na chmelnici provádí vláčení, mělké kypření, hloubkové kypření, orba a případně zaorání organických hnojiv (Taufarová et al., 2014).

Urovnání a prokypření chmelnice je důležité pro správné zpracování půdy. Pro prokypření meziřadí slouží mělké kypření a orba. Při tomto systému dosahuje orba vyšší kvality. Hloubkové kypření je dobré pro usnadnění vsakování srážkové vody. Prokypřením jsou zlepšeny fyzikální vlastnosti podorniční a orniční vrstvy po utužení půdy při sklizni. Technologicky se práce provádějí takto: úklid a vláčení, mělké kypření v meziřadí, orba meziřadí s odorávkou řadů nebo periodické hloubkové kypření (Krofta et al., 2012).

3.3.3 Jarní práce

Řez chmele je v podmínkách ČR stále jedním z nezbytných jarních kultivačních zásahů. Jarní řez se provádí hlavně z důvodu formování chmelové babky a také se redukuje počet rašících výhonů a tím jsou ovlivněny růstové fáze rostliny (Ježek et al., 2015).

Na jaře se chmelnice nejdříve řádně uvláčí napříč, aby se vyčistila od vzešlých plevelů, rozrušil se vzniklý půdní škraloup a hřebeny brázd se urovnaly. Chmelové řady se nesmí odorávat příliš brzo, tedy hlavně tam, kde jsou těžké půdy. Hloubka řadů by měla být taková, aby vrchní část babky byla odkryta přibližně 5 cm (Krofta et al, 2012).

Vzhledem k termínu můžeme jarní řez chmele rozdělit na časně jarní, středně jarní a pozdní jarní. Časný raný řez provádíme na samém počátku jara. Nejvhodnější je však středně raný (jarní) řez v období od konce první dekády dubna do poloviny jeho třetí dekády. Při řezu chmele by se měly dodržovat následující podmínky: pracovní rychlost ořezávače nezvyšovat nad 3,5 km/hod, dodržovat sklon kotoučů 2 – 3°, řezný kotouč by měl mít 34 – 40 zubů (Štranc et al., 2007).

Doba řezu porostu vychází především z místních podmínek a stáří porostu. Ve výhrevných polohách s lehčí půdou je možný pozdější řez, aby se oddálila doba rašení. Naopak v chladných polohách s těžší půdou provádíme ranější řez. Další zásadou je: Čím starší chmelnice, tím ranější řez. Ranější řez také provádíme u porostů, které byly v minulém roce růstově slabší (Ježek et al., 2015).

Hloubka řezu, je důležitým kritériem pro kvalitní řez chmele. U mladých porostů (tzv. prvniček) nasazujeme jeho hloubku dle potřeby cca 3 – 5 cm nad horní okraj podzemních orgánů rostlin (tvořících se babek). Starší a slabší porosty seřezáváme rovněž mělčeji. Nadsazení se vynechává u porostů s vysokou produkční schopností (Štranc et al., 2013).

Při zavěšení chmelovodičů se používá „V-systém“. Systém spočívá v uchycení chmelovodičů na podélný drát stropu konstrukce a následné spojení a ukotvení dvou chmelovodičů k jedné rostlině (Kopecký et al., 2008).

Zavádění je jednou z nejdůležitějších činností v tvorbě výnosu a kvality chmelových hlávek. Optimální doba pro zavádění chmele je tzv. 2. dekáda května. Nejlepší předpoklady k výnosu hlávek mají výhony: dobře vyvinuté, zdravé, nepoškozené, nepolehlé (nepřerostlé), asi 50 max. 70 cm dlouhé se štíhlými vegetačními vrcholy hlavně ze středové části babky. Příliš časné zavádění urychluje ontogenezi a má negativní vliv na výnos, ale hlavně na kvalitu hlávek. Pozdní termín snižuje především výnos, v některých případech i kondici a životnost rostliny. Optimální zavádění výhonů o délce cca 50 cm, které je časově méně náročné, ale i

kvalitnější. Zavedení menšího počtu výhonů z jedné babky působí negativně. Důležitým aspektem je také odstranění přebytečných výhonů. Po prvním zavádění následuje ještě zavádění druhé a poté ještě odkloněných vegetačních vrcholů (Štranc et al., 2013).

3.3.4 Letní práce

Na chmelnici lze letní práci rozdělit na plečkování meziřadí a přiorávku (hrůbkování). Hlavním účelem zpracování půdy v meziřadích chmelnic je zlepšení fyzikálních vlastností povrchové vrstvy a likvidace plevelů. Účelem přiorávky je hlavně odstranění plevelu a omezení růstu přebytečných výhonů. Navršením zeminy nad podzemní orgány rostlin je umožněna intenzivní tvorba jednoletého povrchového kořenového vlášení, které v období vegetace zásobuje rostlinu vodou a živinami (Kopecký et al., 2008).

První přiorávka se provádí po zavedení výhonů a musí být provedena velmi šetrně do výšky cca 15 cm. Druhá přiorávka se provádí ve 3. dekádě června do výšky max. 25 cm. Pro větší využití srážkové a závlahové vody k podzemním orgánům chmele je vhodné hrůbky formovat s dvojitým zaobleným hřebenem a rýhou (prohlubní) uprostřed. (Štranc et al., 2013)

Kypření meziřadí provádíme před zavedením chmele a mezi přiorávkami. Kypření spočívá je důležité pro udržení chmelnic v bezplevelném stavu, provzdušnění a okysličení půdy a tím lepší produkci živin. Pro kypření můžeme použít např. univerzální plečku s kypřicími radličkami nebo kypřič s dvousledovými talířovými branami (Horejsek a Zich, 1990).

3.3.5 Sklizeň, sušení a balení

Při mechanizované sklizni dochází k dekapitaci chmelových rév. Tímto dochází k narušení ontogeneze rostlin, neboť transport asimilátů z fotosynteticky aktivních částí do podzemních částí rostlin značně omezeno. Sklizeň se tedy doporučuje v době tzv. technické zralosti hlávek (Štranc et al., 2013).

U chmelu pěstovaného na vysoké konstrukci se při sklizni chmelové révy odstříhávají 1,2 až 1,3 m nad zemí, strhávají se ze stropu konstrukce a nakládají na speciální traktorový návěs. Převládá mechanizované odstříhávání a strhávání za pomoci strhávače umístěného na traktoru. Po naložení na speciální traktorový návěs je réva dopravena na česací linku (Rybka, 2016).

Nejdůležitější částí sklizně je česání. Výkon a kvalita česání jsou ovlivněné habitem chmelových rév, vlhkostí rostlin, rychlostí vkládací linky a česacích prvků a také následným

tříděním hlávek od odpadu. Další co ovlivňuje výkon je obsluha zavěšovacího stroje. Česací stroj se rozdílně nastavuje i pro jednotlivé odrůdy chmele (Kořen et al., 2009).

Po očesání se na strojní lince chmel čistí a tím se oddělují chmelové hlávky od zbylého odpadu. Česání a čišění chmele se liší typem česacích strojů. V současné době u pěstitelů převažují ze 60 % linky staré 20 i více let (Rybka, 2016).

Očesaný a očištěný chmel je dopraven buď rovnou do sušárny, nebo do ventilovaného zásobníku. Druhou nejdůležitější částí sklizně je sušení (Kořen et al., 2009).

Sušením chmele se rozumí tepelný proces, při kterém je odstraňována kapalná fáze z chmelových hlávek odpařením do proudu sušícího média, většinou vzduchu nenasyceného vlhkostí. Sušení lze rozdělit na tři části. Na počátku sušení dochází ke zvýšení teploty hlávek a začíná se odpařovat vlhkost z povrchu hlávek. Konstantní rychlost sušení nastává, jakmile teplota hlávek dosáhla adiabatického nasycení. Poté množství vlhkosti lineárně klesá až na tzv. kritický bod, což je inflexní bod na křivce sušení. Při tomto bodě již není povrch hlávek vlhký a dochází ke snížení rychlosti. Proces končí, jakmile dojde k vyrovnání teplot mezi vzduchem a hlávkou (Kořen et al., 2008a).

Nejdůležitější závěrečnou operací před balením je klimatizace chmelových hlávek. Chmel o vlhkosti 5 – 7 % se klimatizuje na vlhkost 10 – 12 % (Kořen et al., 2008b).

Po klimatizaci je chmel lisován a dochází k primární certifikaci chmele. Zabalený hotový produkt je zvážěn, opatřen certifikačním štítkem od ÚKZÚZ a následně zaplombován nebo zapečetěn. Poté jsou hranoly transportovány do skladu obchodníků nebo zpracovatelského závodu (Krofta et al., 2008).

3.3.6 Výživa a hnojení chmelnic

Chmel je rostlina velmi náročná na živiny a hnojení, neboť během krátké doby od května do srpna vytváří velké množství nadzemní biomasy. Celková roční dávka živin je závislá hlavně na půdní zásobě živin a dosaženém výnosu. Dusíkem hnojíme na jaře a během vegetace. Během vegetace také zjišťujeme pomocí listových analýz chybějící živiny (N, P, Mg). Minerální hnojiva: hořčík, fosfor a draslík, aplikujeme jako celou dávku na podzim (Vavera et al., 2017).

Principem integrované produkce chmele (IPCH) v oblasti výživy a hnojení chmele je snaha o maximální uzavírání jednotlivých živin, minimalizaci ztrát vyplavováním do spodních vrstev půdy a ztrát erozí. Ideální výživě rostlin může bránit nevyváženost půdního

roztoku či pevná vazba prvků v půdě. Stanovení dávky hnojiva se vychází z půdní zásoby (Krofta et al., 2012).

Na jednu tunu hlávek chmelnice v plné plodnosti je potřeba přibližně 90 kg N, 40 kg P₂O₅, 100 kg K₂O, 140 kg CaO a 30 kg MgO. Celková roční dávka živin se odvíjí od půdní zásoby živin a předpokládaného výnosu chmele v dané lokalitě. Člověk utváří půdní úrodnost „uměle“ různými zásahy, např. zpracováním půdy či hnojením (Vavera et al., 2017).

Hnojení organickými hnojivy probíhá v době vegetačního klidu. Stanovená dávka hnoje na hektar půdy je 40 – 70 t/ha. U lehkých půd se doporučuje dávka 70 t/ha, pro střední 55 t/ha a pro těžké půdy 40 t/ha. Organická hnojiva se zapravují na podzim nejlépe jednou za tři roky (Ježek et al., 2015).

S návazností na živočišnou výrobu limituje chmelařské podniky v používání hnoje nevyhovující skladba pěstovaných plodin. Půdy hnojené pravidelně statkovými hnojivy jsou úrodnější. Chlévský hnůj obohacuje půdu o živiny a organickou hmotu a je považován za tzv. zelené hnojení (Vavera et al., 2017).

Zelené hnojení je snadno rozložitelnou formou, jak dodat organickou hmotu. Napomáhá k lepšímu vstřebávání průmyslových hnojiv. Má protierozní funkci (Krofta et al., 2012).

Základní vzorce pro výpočet dávky živin jsou:

- dávka N v kg na 1 ha = výnos suchého chmele v kg na 1 ha x 0,1,
- dávka P v kg na 1 ha = dávka N x 0,44,
- dávka K v kg na 1 ha = dávka N,
- dávka Mg v kg na 1 ha = dávka N x 0,3 (Ježek et al, 2015).

Při stanovování dávek živin je třeba brát v úvahu, jejich využití chmelem, což ovlivňují půdní a klimatické podmínky. Dusíkatá hnojiva jsou využita z 65 – 80 %, fosforečná z 25 – 35 %, draselná ze 40 – 60 %, vápenatá z 30 % a hořečnatá asi z 50 %. Stejně důležitým faktorem je i jejich pohyblivost v půdě (Vavera et al., 2017).

Dusík je důležitou součástí všech sloučenin bílkovinné povahy. Podporuje růst rostlin, při nedostatku dusíku, chmelové rostliny zakrňují, jejich listy jsou drobnější s úzkými laloky a bledě zeleným zbarvením, hlávky jsou drobné nevyvinuté. Při nadbytku chmel bujně roste, zhoršuje se jakost chmele, rostlinná pletiva jsou vodnatá, řídká a náchylná k onemocnění i mechanickému poškození (Ježek et al., 2015).

Dávku dusíkatého hnojiva je nutné rozložit do dvou až třech etap. První dávka se aplikuje po řezu, před první a druhou přiorávkou. Letní přihnojení dusíkatými hnojivy je nutné ukončit do 15. až 20. července v závislosti na fázi tvorby hlávek. Případné nedostatky

živin v jednotlivých růstových fázích lze včasné doplnit aplikací mimokořenové výživy. Dostačující roční dávka dusíku je 160 – 180 kg/ha (Kopecký et al., 2008).

Fosfor je nezbytnou součástí mnoha organických sloučenin v rostlinných buňkách, některé z nich se pojí s přenosy energie. Fosfor podporuje vznik generativních orgánů (Ježek et al., 2015).

Vysoká zásoba fosforu v půdě omezuje příjem zinku a tím vyvolá známé onemocnění, kadeřavost chmele. Nedostatek fosforu se projevuje omezeným růstem orgánových soustav chmele a špatným výnosem a kvalitou chmelových hlávek (Rybáček et al., 1980).

V případě fosforu není problém jeho nedostatek v půdě, ale jeho nedostatek ve formách přístupných rostlinám. V tomto směru je mimořádně významná úloha žížal, které ve svém trusu mají díky enzymatickému rozkladu organické hmoty 5 – 10 krát více fosforu než okolní půda (Krofta et al., 2012).

Střední celková dávka fosforu je 120 – 150 kg P₂O₅/ha. Aplikace této dávky je jednorázová a provedená na podzim. Při větší dávce je možné část hnojiva aplikovat na podzim a zbytek na jaře před řezem (Vavera et al., 2017).

Draslík má důležitou roli při fotosyntéze a vodním hospodářství rostlin, zpevňuje pletiva a napomáhá zvyšování odolnosti rostlin proti chorobám a škůdcům. Velmi příznivě působí draslík na dozrávání chmelových hlávek. Nedostatek draslíku předčasně porušuje apikální dominanci rév. Nadbytek draslíku negativně ovlivňuje příjem jiných iontů, hlavně hořčíku a tím zhoršuje kvalitu chmelových hlávek (Ježek et al., 2015).

Celková střední dávka draslíku je 140 – 180 kg K₂O/ha. Aplikace probíhá v jedné dávce na podzim (Vavera et al., 2017).

Hořčík v rostlinných pletivech tvoří významnou funkci související s fotosyntézou. Asi z 10 % je hořčík vázán v chlorofylu. Jeho příjem je ovlivněn vnějšími podmínkami a to především hodnotou pH půdy a složením půdního roztoku. Hořčík má příznivý vliv na tvorbu reprodukčních orgánů u chmelových rostlin na množství a kvalitu hlávek. Nedostatek se projevuje změnou barvy starších listů (žloutnutí). Nadbytek hořčíku se objevuje velmi málo (Ježek et al., 2015).

Celková střední dávka hořčíku je 60 – 70 kg MgO/ha. Dávku aplikujeme jednorázově na podzim (Vavera et al., 2017).

Síra působí pozitivně na využívání dusíku v rostlině a má významné fyto-sanitární účinky. Obsah síry by neměl klesnout pod 30 mg/kg půdy. Nedostatek síry způsobuje zakrslý habitus chmele, vytáhlé výhony a chlorózy hlavně na mladých listech. Tím se odlišuje od

vizuálních projevů deficitu N. Pro základní hnojení, je doporučeno použití síranu amonného a draselného. K přihnojení v době vegetace je dobré použít např. hnojivo DASA (Vavera et al., 2017).

Půdní reakce je jedna z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících půdní úrodnost. Reakce půdy má vliv především na poutání a přístupnost živin, zlepšení struktury půdy a tím lepší koloběh vody a vzduchu v půdě. Půdní reakce také ovlivňuje tvorbu humusu a pohyblivost rizikových prvků v půdě. Chmelnice mají průměrné pH půdy 6,5 (Ježek et al., 2015).

Vápnění významně ovlivňuje půdní procesy. V případě nedostatku vápníku je negativně ovlivněno využití živin z půdy, při vysokém obsahu vápníku jsou některé mikroelementy blokovány a objevují se chlorózy chmele (Vavera et al., 2017).

Vápněním udržujeme optimální půdní reakci v rozmezí pH 6 – 7. Roční normativ pro odběr vápníku sklizní hlávek činí 240 – 280 kg CaO / ha. Vápní se na podzim s použitím páleného vápna nebo mletého vápence (Vavera et al., 2017).

Vápník je málo pohyblivý, znovu se nevyužívá, ve výživě chmele je nutné zajistit jeho zásobu v průběhu celé vegetace. Nadbytek vápníku snižuje příjem ostatních kationtů zejména Mg, K a Fe (Ježek et al., 2015).

Kyselé půdy jsou přibližně jednou za dva až tři roky vápněny podle pH dávkou 1 – 2 t CaO / ha (Vavera et al., 2017).

Během vegetace dodáváme dle potřeby chybějící mikroelementy (Zn, B, Mg, Mo). Nedostatek těchto živin zjistíme podle fyziologických znaků na listech nebo listovou analýzou. Součástí doplňkového hnojení během vegetace je listová výživa. Lze aplikovat společně s přípravky na ochranu rostlin (Vavera et al., 2017).

3.3.7 Ochrana chmele

V ochraně chmele se užívá konvekční nebo integrovaný systém. V současné době je na vzestupu integrovaný systém produkce chmelu. Důvodem je především tlak Evropské unie na snižování spotřeby pesticidů (Řehoř et al., 2018).

Integrovaná produkce chmele je proces, který dosáhne kvalitního výnosu a zároveň nezatíží životní prostředí. Základem je omezení používání průmyslových hnojiv a pesticidů. Z hlediska ochrany jde hlavně o monitorování chorob a škůdců a v případě překročení prahu škodlivosti dochází k zásahu ochrany. Na ochranu rostlin se používají biologické látky nebo vybrané pesticidy (Krofta et al., 2012).

V integrovaném systému ochrany chmele jsou důležitá preventivní opatření. Mezi něž patří péče o půdu, vyrovnané hnojení a vhodně strukturovaná, druhově bohatá půda s dostatkem organické hmoty odolná proti škůdcům a chorobám. Preventivní opatření taková, aby navodila podobný stav jako je v přirozeném prostředí výskytu chmele. Dosáhnout toho lze např. ozeleněním meziřadí nebo podporou výskytu užitečných organismů (Holý et al., 2017).

3.3.7.1 Škůdci chmele

3.3.7.1.1 Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*)

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

Sviluška chmelová je polyfágní druh se širokým okruhem hostitelských rodin zahrnujících 270 botanických druhů. V potravním řetězci jsou potravou akarofágních predátorů. Svilušky jsou bisexuální. V průměru lze říci, že populace svilušky chmelové tvoří ze 75 % samice a z 25 % samci. Samice kopulují pouze jedenkrát za život a po oplození snášejí vajíčka, z nichž se líhnou larvy. Mezi jednotlivými larválními stádii jsou tři klidová stádia. Potravu však přijímají pouze pohyblivé instary (Ježek et al., 2015).

Sviluška chmelová je jedním z nejběžnějších a nevýznamnějších škůdců chmele. Známa je spíše pod názvem červený pavouček (tuto barvu má jen v době přezimování). Řadí se mezi nejvážnější škůdce, neboť z rostlinných pletiv vysává celý obsah (Starý, 1959).

Sviluška chmelová je žlutozelené barvy. Přezimují jen oranžově červené samice. Vajíčka jsou bělavě průsvitné barvy kulovitého tvaru o průměru 0,13 mm později zbarvená do žluta. Larva je kulovitá, bezbarvá, šestinohá, 0,15 mm dlouhá a 0,11 mm široká. Začne-li přijímat potravu, zbarví se šedozeleně. Po krátké době upadá do klidového stádia, ze kterého se v poslední části mění na dospělého jedince. Samička je dlouhá 0,5 mm a 0,3 mm široká s bezbarvými chloupky na hřbetu. Sameček je na první pohled menší a hubenější. Z hlediska morfologie je sameček stejný jako samička. Obě pohlaví mají snovací žlázy, které vytvářejí typické pavučinky. S prvními příznaky Svilušky chmelové se setkáváme zpravidla v červnu. Poškozuje především mladé listy, nejlépe si jí daří za teplého a suchého počasí. Napadení sviluškou se pozná podle žlutých skvrn na spodní straně listu. Skvrny se pomalu za tepla a sucha zvětšují a mohou způsobit až uschnutí rostliny (Vostřel et al., 2008a).

Ochrana musí být načasována na začátek výskytu dospělců a kladení vajíček. V závislosti na ročníku je nutno ošetření opakovat. Poškození listů krátce před sklizní nemá žádný vliv na výnos. V biochmelnicích snižuje počet svlušek dravý roztoč *Typhlodromus pyri*. Mezi přirozené nepřátele na chmelnici jsou: dravé plošnice, drabčící (*Oligota spp.*), slunéčka a bejlmorka *Feltiella acarigusa* (Holý et al., 2017).



Obr. 3: Svluška chmelová (Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=95&sub=65&back=1>)

3.3.7.1.2 Dřepčík Chmelový (*Psylliodes attenuata*)

Patří do kmene členovců (*Arthropoda*), podkmene vzdušnicovců (*Tracheata*), třídy hmyzu (*Insecta*), řádu brouci (*Coleoptera*) a čeledi mandelinkovití (*Chrysomelidae*) (Vostřel et al., 2010a).

Dřepčík chmelový je 2,5 mm dlouhý, vejčitý, tmavě zeleno-bronzový, kovově lesklý brouk. Stehna posledního páru noh jsou ztloustlá a umožňují skoky až půl metru dlouhé (Starý, 1959).

Dřepčík chmelový patří k nejběžnějším všeobecně rozšířeným škůdcům chmele. Na jaře poškozuje rašící se výhony a listy mladých rostlin, požírá hlávky a padouchové listy. Poškozené listy jsou řesetovitě proděravělé, často skeletované, vydrží ten jen silné žilky. Letní generace brouků škodí v červenci a srpnu na mladých listech postranních větví, hlavně hlávkách chmele (Rybáček, 1980).

Škodlivost napadení byla zpracována tímto způsobem:

1. slabé napadení (do 5 % poškození listové plochy)
2. střední napadení (5 – 10 % poškození listové plochy)
3. silné napadení (>10 % poškození listové plochy)

Škodlivost s postupným oteplováním v posledním období stoupá (Vostřel et al., 2010a).

Nejlepší způsob ochrany je regulace přezimující generace na jaře. Jarní ošetření je vhodné spojit s ochranou proti lalokonosci libečkovému (*Otiorhynchus ligustici*). Při správném celoplošném provedení se škodlivost letních generací výrazně snižuje. Ve chmelnicích se mohou vyskytovat i další druhy dřepčků, hlavně v těsné blízkosti řepky, škodlivost je však zanedbatelná (Holý et al., 2017).



Obr. 4: Dřepčík chmelový (Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=164&sub=65&back=1>)

3.3.7.1.3 Lalokonosec libečkový (*Otiorhynchus ligustici*)

Patří do kmene členovci (*Arthropoda*), třídy hmyzu (*Insecta*), řádu brouků (*Coleoptera*) a čeledi nosatcovití (*Curculionidae*). Brouk je asi 10 – 15 mm dlouhý s tupým noscem, štíhlými tykadly a široce oválnými krovkami. Původně je černý, ale barví se dle barvy půdy. Brouk nelétá, neboť má srostlé krovky. Přezimující dospělé samice vylézají na povrch na jaře při teplotě 8°C a z 50 cm hloubky. Populaci tvoří výhradně samice, rozmnožování je tedy parthenogenetické s neoplozenými vajíčky. Z neoplozených vajíček se líhnou larvy vykazující noční aktivitu. Jedna samice naklade 100 – 850 ks vajíček. Dospělí brouci se líhnou z kukel v průběhu července a srpna. Vývoj lalokonosece libečkového v našich klimatických podmínkách trvá dva až tři roky (Ježek et al., 2015).

Nejvíce škodí na jaře, tím že ohlodává mladé listy a překusuje jarní výhonky a živí se vytékající rostlinnou šťávou. Škodí hlavně, když nejsou rostliny příliš vysoké. Někdy bývá na jedné rostlině až 20 lalokonosců. Poškozené mladé rostliny jsou většinou úplně holé nebo v blízkosti hlavy zlomené (Zima a Zázvorka, 2017).

Ochrana chmele je zaměřena na hubení dospělců při úživném žíru před vykladením vajíček. Hubení larev je celkem problematické, lze k němu využít i půdní dravé hlístice rodu *Heterorhabditis*. Dříve se mechanická ochrana kultur prováděla pomocí rigolu, do kterého se

dospělci chytali. Další možností bylo, že se v blízkosti chmelnice vysadil salát a brouci se na něm hromadili a poté ručně sbírali (Holý et al., 2017).



Obr. 5: Lalokonosec libečkový (Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=164&sub=65&back=1>)

3.3.7.1.4 Mšice chmelová (*Phorodon humuli*)

Mšice chmelová patří do kmene členovců (*Artropoda*), třídy hmyzu (*Insecta*), řádů stejnokřídlý (*Homoptera*) a čeledi (*Mšicoviti*). Postembryonální vývoj u mšic je značně složitý a u jednotlivých skupin rozdílný. Jedná se převážně o střídání pohlavní a nepohlavní generace. Mšice chmelová je označována jako heterocyklický neboli migrující druh (Vostřel et al., 2008b).

Mšice chmelová je nebezpečný škůdce chmele, dokáže hodně ohrozit produkci chmele. Je bledě zelenožluté barvy a 1,7 – 2, 2 mm dlouhá. Ačkoliv patří do skupiny stejnokřídlých, většina generací je neokřídlená. Žije na dvou hostitelích, od jara do podzimu na chmelu a v zimě na švestkách, slivoních, trnkách i jiných stromech. Velmi rychle se rozmnožuje, neoplozené samičky rodí na rubu chmele živá mláďata, ty v pěti až šesti dnech dospívají a rodí další mláďata. Mšice se takto rozmnožuje celé léto. Pohlavně se mšice rozmnožuje až koncem léta a začátkem podzimu, kdy se již líhnou samičky a samečci. Nepohlavní rozmnožování je příčinou velkého rozšíření mšic. Mšice chmelová (*Phorodon humuli*) se živí výhradně rostlinnou šťávou (Zima a Zázvorka, 2017).

Máme několik hlavních forem mšice chmelové. První je fundatrix neboli bezkřídlá zakladatelka, jde o partenogenetickou samičku pocházející z oplozeného vajíčka. Po vylíhnutí je světle žlutá, má průsvitné nohy a tykadla. Její tělo je oválného tvaru a do 24 hodin se zbarví do tmavě zelené barvy. Její sosák je abnormálně dlouhý a silný. Další formou je fundatrigenie, což je potomek zakladatelky. Mají podlouhle oválný tvar těla, žlutozeleně zbarvené samičky dosahují délky 2,3 – 2,7 mm a jsou tedy světlejší než zakladatelky. Oproti

zakladatelce má zřetelně čelně vyvinuté hrbolky. Poutnice neboli migrantes alatae jsou již okřídlené samičky, dlouhé 1,5 – 2,2 mm světle zelené barvy, později šedé barvy s tmavými 1,8 mm dlouhými tykadly a 3 – 4 skvrnami na zadečku. První nálety na chmel jsou zaznamenány již v první dekádě května. Virginogenie tedy bezkřídlé partenogenetické samičky mají na chmelu 5 – 8 generací. Dlouhé jsou 1,6 – 2,0 mm světle žlutozelené barvy. Čelní hrbolky jsou stejné jako na prvním článku tykadel a jsou výrazně vyvinuté. Vývoj jedné generace je asi 8 – 12 dní a průměrná plodnost činí 85 larev (Ježek et al., 2015).

Ochrana chmele by měla být cílena na vrchol náletu mšic na chmel, v případě silného tlaku provést i druhé ošetření, nejlépe spojené s ochranou proti sviluškám. Mšice chmelová vytváří rezistentní ochranu proti insekticidům, a proto je nutné střídát přípravky s odlišným mechanismem účinku z různých skupin. Vhodné při používání selektivních přípravků jsou užitečné organismy jako např. slunéčka, dravé bejlmorky, zlatoočka a pestřenky (Holý et al., 2017).



Obr. 6: Mšice chmelová (Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=94&sub=65&back=1>)

3.3.7.2 Choroby chmele

3.3.7.2.1 Padlí chmelové (*Podosphaera humuli*)

Padlí chmelové patří do říše houby (*Fungi*), kmene *Ascomycota*, třídy vřeckovýtrusné (*Ascomycetes*), podtřídy Erisiphomycetidae, v rámci této třídy je zařazen do řádu padlí (*Erysiphales*) a čeledi *Erysiphaceae*. Jedná se o mikroskopické houby, obligátní biotrofní patogeny. Oproti peronospoře je výskyt padlí na chmelu nepravidelný. V našich podmínkách

se jedná o fakultativního patogena gradačního charakteru. Napadá pouze rod *Humulus spp* (Vostřel et al., 2010b).

Padlí chmelové napadá všechny orgány rostliny. První příznaky se objevují na svrchní části listů začátkem června. Čepel je pokryta bílým moučnatým povlakem, při silném napadení je povlak i na spodní straně listů. Napadené listy se krouží, vývoj se zpomaluje, pletiva zasychají a opadávají. Choroba se velmi rychle šíří za teplého a vlhkého počasí (Horejsek a Zich, 1990).

Choroba se řídí pomocí konidií, což jsou útvary vejčito-elipsového tvaru o velikosti 20 – 33 x 13 – 20 µm. Konidie vytvářejí klíčící spóry, které se vyvíjejí i na suchých listech při různých atmosférických vlhkostech. Šíření sekundární infekce je stimulováno příznivými podmínkami pro rozvoj patogena, k němuž patří nízká sluneční intenzita, vysoká půdní vlhkost a nadměrné hnojení dusíkem. Naopak negativně na patogena působí déle trvající ovlhčení listů, intenzivní sluneční záření a nižší půdní vlhkost (Vostřel et al., 2010b).

Základ ochrany proti padlí chmelovému je likvidace infikovaných rostlinných zbytků a pravidelná kontrola porostů pro případné preventivní fungicidní ošetření. V rámci integrované produkce lze využít přípravek Prev-B2, který má díky výtažkům z pomerančovníku pozitivní vliv na padlí. Jednou z možností nepřímé ochrany je defoliace spodních listových pater (Holý et al., 2017).



Obr. 7: Padlí chmelové (dostupné z: <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=171&sub=65&back=1>)

3.3.7.2.2 Peronospora chmelová (*Pseudoperonospora humuli*)

Jedná se o velmi nebezpečnou parazitní houbu, která je rozšířená ve všech chmelařských oblastech. Šíří se při teplém a vlhkém počasí. Největším zdrojem infekce rašících výhonů jsou zimní výtrusy (*oospory*). První příznaky nákazy poznáme na listech a výhonech. Listy mají typickou žlutozelenou barvu, jsou nahloučené a tvoří se klasovité výhony, zpomalí se růst (Horejsek a Zich, 1990).

Výskyt a šíření peronospory chmelové je ve velmi úzkém vztahu s počasím, hlavně s teplotou, relativní vlhkostí vzduchu a srážkami. Teplota má vliv hlavně na délku a průběh inkubační doby. Při teplotách 1 – 3 °C dochází pouze k vegetativnímu růstu mycelia hub. Nejkratší inkubační doba peronospory chmelové je 3 dny při teplotách 21 – 25°C. Extrémně vysoké nebo nízké teploty naopak snižují vyvolání infekce. Nejpriznivější vliv má vlhkost nad 90 %, ale i 40 % vlhkost při optimální teplotě může vytvořit zoosporangii. Peronospora chmelová se většinou vyskytuje při vyšším počtu srážkových dnů během celé vegetace (Vostřel et al. 2008c).

Peronospora se rozmnožuje pohlavním i nepohlavním způsobem, čím je poskytnuta vyšší odolnost proti nepříznivým podmínkám a schopnost rychlého nástupu infekce. Pohlavní rozmnožování je definováno jako splynutí dvou hyf různého pohlaví. Nepohlavní rozmnožování probíhá pouze v létě během vegetace. Spodní strana napadených listů má šedofialový povlak plodonošů a letních výtrusnic. Napadení listů se projevuje žlutozelenými skvrnami, které se za vlhka zvětšují, hnědnou a usychají (Holý et al., 2017).

Šíření peronospory chmelové lze nepřímou předcházet včasným zaváděním vhodného počtu výhonů a během vegetace udržovat chmelnice čisté bez plevele. Dalším důležitým faktorem je i včasný podzimní úklid chmelnic. Přímou metodou je pak ochrana fungicidními prostředky (Ježek et al., 2015).

Základem ochrany proti peronospoře chmelové je včasná eradikace primární infekce, optimálně po řezu chmele. Ochrana se řídí krátkodobou prognózou, kdy se na základě srážkových dnů vypočítává index peronosporového počasí avšak pro každou odrůdu jiná. Jako alternativní způsoby ochrany se osvědčily hnojiva na bázi fosforitanu draselného (Farm-Fos 44) nebo přípravek s výtažkem z mořských řas (Alginure) nebo kapalné hnojivo s obsahem bóru a přírodními terpeny z pomerančovníku (Prev-B2) (Holý et al., 2017).



Obr. 8: Peronospora chmelová (Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=170&sub=65&back=1>)

3.3.8 Abiotické stresové faktory

Abiotický stres je definován jako ztížené podmínky, které snižují růst a vývoj rostlin. Reakce na abiotický stres jsou dynamické a komplexní plně závislé na postižení orgánů rostlin (Cramer et al., 2011).

Pro rostliny je důležité mít dostatek vody, její zastoupení je 80 – 95 %. Nedostatek vody se nazývá vodní deficit neboli vodní stres (Hirt et al., 2013).

Vodní stres patří k nejzávažnějším abiotickým stresovým faktorům. Omezuje ukládání vody, účinnou strategií jsou fixační cesty CAM a C4 (Procházka et al., 1998).

Látky pomáhající rostlinám překonávat stres způsobený suchem jsou aminokyseliny, amonné sloučeniny nebo polyhydrikové alkoholy. Důležité jsou LEA proteiny, které jsou důležité pro zadržování vody (Taiz a Zeiger, 2010).

Nedostatek srážek v posledních letech vede k potřebě doplňkové závlahy, ta představuje významný stabilizační faktor pro rentabilní pěstování chmele. Z pohledu integrované produkce chmele je třeba využívat úsporné závlahové systémy. V chmelařských oblastech se velmi úspěšně instalují tzv. kapkové závlahy, kde se závlahové potrubí umísťuje na strop konstrukce nebo do meziřadí chmelnice (Krofta et al., 2012).

Závlaha představuje významný stabilizační faktor výnosu a kvality chmele. Kvalitně aplikovaná závlaha prodlouží asimilaci listové plochy ve prospěch růstu vegetativních orgánů tj. pazochů s následným intenzivním rozvojem generativních orgánů. Výsledkem je meziroční stabilizace výnosů a jejich celkové zvýšení u hybridních odrůd 18 % a u ŽPČ 20 – 25 % (Veveřa et al., 2017).

Zamokření půdy způsobuje stres nedostatkem kyslíku, nejvíce jsou ohroženy kořeny. Rostlinám, které nejsou na dané podmínky připraveny, hrozí poškození (Procházka et al., 1998).

3.4 Pesticidy

Jako pesticidy jsou označovány všechny sloučeniny nebo jejich směsi, určené pro prevenci, zničení, potlačení, odpuzení či kontrolu škodlivých činitelů a to nežádoucích rostlin, mikroorganismů či živočichů během produkce. Mezi pesticidy řadíme sloučeniny používané jako regulátory růstu (kulturní rostliny), desikanty a inhibitory klíčení aplikované na plodiny před a po jejich sklizni. Vstup pesticidů do životního prostředí probíhá za kontrolovaných podmínek a mělo by být v souladu se zásadami tzv. dobré zemědělské praxe (GAP – Good

Argicultural Practice). Za prvé musí být zaručena účinná a spolehlivá kontrola škodlivého činitele a za druhé je nutné zajistit takový způsob použití pesticidního přípravku, aby rezidua v daném produktu bylo minimální (Hajšlová, 2003).

Drápal et al. (2005) ve své studii uvádí, že v současné době je ve světě registrováno zhruba 800 látek s pesticidními účinky. Klasifikace těchto látek je možná na základě různých kritérií jako např. chemické struktury, toxického účinku na živé organismy (cílové i necílové) a vlastnosti podmiňující jejich chování při aplikaci či osud v prostředí.

Státy se při používání přípravků na ochranu rostlin řídí Nařízením Evropského parlamentu a Rady (Evropská směrnice - ES) č. 1107/2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2009/128/ES, která stanoví rámec činností Společenství za účelem dosažení užitelného používání pesticidů. V Čechách se tímto problémem zabývá zákon č. 199/2012 Sb., kterým se mění zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů (Štramberková, 2013).

3.4.1 Historie používání pesticidů

Lidé se již dlouhá léta snažili zlepšovat životní podmínky, proto byly hledány způsoby jak ochránit plodiny. Jako první byla známa kolem r. 1000 př. n. l. síra, která se používala odpuzování hmyzu a ochraně rostlin proti chorobám. Roku 1400 byly používány sloučeniny olova, arsenu a rtuti. Nikotin jako insekticid byl izolován z tabákových listů v 15. století. Moderní syntetické pesticidy se začaly používat ve 30. letech 20. století. Nejpoužívanější a nejvíce vyráběné byly organofosfáty a organochlorové pesticidy (Marková, 2016).

Nejnámějším organochlorovaným pesticidem je DDT (Dichlordifenyltrichlorethan), který byl syntetizován Otto Ziedlerem v roce 1874, avšak jeho insekticidní vlastnosti zjistil testováním v roce 1939 Paul Müller. Veřejně používaným se DDT stal po druhé světové válce. Souběžně s insekticidy se vyvíjeli i herbicidy. Nejpoužívanější byl chlorečnan sodný, jenž byl používán k regulaci hluboce zakořeněných trvalých plevelů (Barenbaum et al., 2000).

Za rozšíření používání pesticidů po druhé světové válce je považována přeměna zemědělství. Před válkou lze zemědělství charakterizovat nízkým vstupem kapitálu, intenzivním pracovním nasazením, smíšeným zemědělstvím a nízkými výnosy. Snížené výnosy byly pro většinu plodin dány místními klimatickými podmínkami, půdními (geologickými) a ekologickými podmínkami ačkoliv minerální hnojiva se aplikovala od druhé poloviny 19. století. V období těsně po válce se změnila socio-ekonomická situace, která

vyžadovala zajistit potravinovou bezpečnost za nízké ceny s přihlédnutím na růst populace a soběstačnou zemědělskou produkci. Velkým pomocníkem při nárůstu produkce byly vedle mechanické práce i velmi dostupné pesticidy (Hond et al., 2003).

Koncem padesátých let se zvýšilo hodnocení bezpečnosti pesticidů. Obavy veřejnosti o pesticidech nastaly vydáním knihy *Silent Spring* (Tiché jaro) od Rachel Carsonové v roce 1962. V knize se Carsonová zabývá škodlivostí pesticidů a existencí alternativy ochrany kompatibilní s životním prostředím. Neobhajovala úplný zákaz pesticidů, ale doporučovala používání alternativ, avšak postavení chemické komunity bylo rychlé a kritické. Na konci šedesátých let se objevilo velké úsilí o přehodnocení role pesticidů v americkém zemědělství vytvořením Agentury na ochranu životního prostředí (Environmental Protection Agency) a zákaz používání DDT, později i organochlorovaných insekticidů pro veškerou zemědělskou produkci. Roku 1971 se mnoho syntetických organických insekticidů zrušilo nebo omezilo na minimum pro zjištěné zdravotní a environmentální rizika. Používání DDT v USA bylo zakázáno v roce 1972 a později i v dalších státech (Barenbaum et al., 2000).

Používání všech organochlorových pesticidů je celosvětově od roku 2004 zakázáno Stockholmskou úmluvou. Pesticidy používané v dnešní době se označují jako „moderní“, jsou polárnější, lehce odbouratelné a nekumulující se v živých organismech (Marková, 2016).

3.4.2 Klasifikace pesticidů

Pesticidy můžeme rozdělit dle účinku jejich aktivních látek na škodlivé cílové organismy do několika skupin a z nichž nejznámější jsou:

- insekticidy – proti hmyzu
- akaricidy – proti pavoukům a roztočům
- fungicidy – proti plísním a cizopasným houbám
- herbicidy – proti plevelným rostlinám
- molluskocidy – proti měkkýšům
- rodenticidy – proti hlodavcům
- regulátory růstu – na kulturní rostliny (Hajšlová, 2003).

Regulátory růstu kulturních rostlin spolu s retardátory klíčení řadíme mezi speciální pesticidní prostředky (Drápal et al., 2005).

Pesticidy jsou často aplikovány na listovou plochu, ale cílovým organismem nemusí být rostlina, nýbrž parazitující plíseň či hmyz. První kategorií jsou pesticidy se systémovými účinky, které penetrují kutikulou listů a jsou dále translokovány. Druhou kategorií jsou látky

s quazi-systémovými účinky (fungicidy a insekticidy) mající nižší mobilitu a penetrují jen v omezeném rozsahu. Třetí kategorií jsou kontaktní pesticidy vykazující lokální účinek v místech aplikace dané látky. Pesticidy jsou aplikovány i přímo do půdy nebo se do ní dostávají při ošetření nadzemních částí rostlin. Pokud se jedná o systémové sloučeniny, jsou z půdního prostředí přijímány kořeny a transportovány do nadzemních částí. (Hajšlová, 2003)

Hodnocení akutní toxicity pesticidů je založeno na hodnotách LD₅₀, což je letální (smrtečná) dávka pro 50 % sledovaných jedinců podle World Health Organization (WHO) – Světové zdravotnické organizace (Drápal et al., 2005).

3.5 Rezidua pesticidů

Rezidua pesticidů řadíme mezi nežádoucí složky cizorodých látek používaných k ochraně chmele v průběhu vegetace (Krofta, 2008).

Aplikované pesticidní přípravky mohou i při dodržení podmínek správné zemědělské praxe zanechávat v zemědělských plodinách či ve složkách ekosystému detekovaná rezidua. Stopy reziduí se mohou dostat i do pitné vody. Na ochranu konzumentů jsou určeny maximální limity reziduí (MLR), které udávají nejvyšší přípustné množství reziduí pesticidů v mg/kg produktu (Drápal et al., 2005).

Nebezpečí reziduí v chmelových hlávkách brání několik faktorů, jako např. dodržování zásad integrované ochrany chmele, požadavky a kontrola obsahu reziduí v chmelových hlávkách na přání obchodníků s chmelem. Rezidua účinných látek v přípravcích na ochranu chmele dosahuje nízkých hodnot, nepřesahuje tak MLR. Dekontaminační proces má výroba piva. Laboratoř CHI v Žatci dokáže detekovat rezidua 700 účinných látek v chmelu (Vokřál et al., 2019).

Postupy stanovení reziduí pesticidů se liší podle povahy účinné látky. Chmel je proto řazen mezi velmi náročné matrice, protože obsahuje velké množství sekundárních metabolitů, jež mohou stanovení rušit a je tak nezbytné je oddělit. Nutná separace může vést ke ztrátám analytu. Stanovení se nejčastěji provádí pomocí plynové a kapalinové chromatografie ve spojení s hmotnostními detektory (Krofta, 2008).

Za kontrolu a monitoring reziduí pesticidů v České republice odpovídá Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZIP). Evropská komise každoročně zveřejňuje doporučení o komoditách a pesticidech, které mají být monitorovány. V ČR k těmto komoditám zařazuje SZIP ty, které jsou významné z hlediska spotřeby a se zvýšenou

frekvencí pozitivních nálezů např. broskve, citrusy salát, kojeneckou a dětskou výživu atd. (Cuhra, 2003).

K eliminaci reziduí může dojít již při počátku mechanického procesu výroby. A to především při loupání, odstraňování pluch, odstranění listů a stonků, obrušování rýže apod. K redukování povrchových neboli kontaktních pesticidů dochází při omývání, blanžírování a podobných úpravách. Další možností jak snížit obsah reziduí je vytěkání reziduí při sušení, zahušťování či vaření a především při pasteraci a sterilaci (Hajšlová, 2003).

3.5.1 Vliv reziduí pesticidů na člověka

Pesticidy a jejich rezidua se do organismu konzumentů dostávají požitím plodin ošetřených těmito prostředky. Nejvíce jsou těmito látkám vystaveni lidé žijící v okolí ošetřovaných polí, protože pesticidy se mohou do organismu dostat přes dýchací cesty a kůži (Hamilton a Crossley, 2004).

Pro nejvíce citlivou skupinu konzumentů, kterými jsou děti a kojenci platí velmi přísné opatření při pěstování potravin a výrobou pokrmů a příkrmů. Pro EU platí MLR 0,01 mg/kg dle směrnice 1996/5/ES o obilných a ostatních příkrmech pro malé děti a kojence. Pro některé pesticidy je hodnota ještě přísnější (Drápal et al., 2005).

Toxikologické studie charakterizují povahu a rozsah toxických účinků způsobených pesticidy a hledání dávky, u kterých nebyl pozorován škodlivý účinek – NOEAL (No Observed Adverse Effect Level). Je nutné provádět širokou škálu studií od akutních (krátkodobých) a chronických (dlouhodobých) na laboratorních zvířatech v různých dávkovacích režimech s cílem prozkoumat všechny případné účinky daných látek jako např. vznik nádorů, změny tělesné hmotnosti, zvýšení hmotnosti jater, změny krevních testů, inhibice enzymů a abnormality plodu (Hamilton a Crossley, 2004).

Dlouhodobá dietární expozice pro člověka je označována jako přijatelný denní příjem (ADI – Acceptable Daily Intake) se vypočítává pomocí bezpečnostního faktoru, jehož hodnota je obvykle 100: $ADI = NOAEL / 100$. Hodnota ADI se používá při hodnocení chronického rizika a je vyjádřena jako množství pesticidů v mg na kilogram tělesné hmotnosti za den. Podobně se určuje přijatelná úroveň krátkodobé dietní expozice označována jako akutní referenční dávka tzv. acute RfD (acute reference dose). Pro člověka se její hodnota vypočítává na základě NOAEL pro testování nejcitlivějších živočišných druhů a bezpečnostního faktoru. Udává se v mg chemikálie na kilogram tělesné hmotnosti (Hamilton a Crossley, 2004).

3.5.2 Rezidua pesticidů mědi

Při pěstování chmele jsou velmi důležitým faktorem pro regulaci výskytu peronospory chmelové měďnaté fungicidy. Jedná se o nejdéle známé a používané fungicidy. Mechanismus účinku působí přes elementární měď na buněčnou stěnu. Komplexní sloučeniny mědi rozpustné ve vodě, nevratně mění bílkovinu protoplazmy patogena, která tak není schopna vykonávat fyziologické funkce. V nízkých koncentracích je měď esenciální, ve vyšších koncentracích je však toxická. Maximální limit reziduí elementární mědi v EU je 1000 mg/kg chmelu (Krofta et al., 2011).

Nejpoužívanějším fungicidem v konvekčním a ekologickém zemědělství je síran měďnatý. Jedná se o jeden z mnoha pesticidů schválených v rámci Národního organického programu USDA. Řada studií ukazuje, že je vysoce toxický pro člověka, zvířata, hmyz a životní prostředí. V Evropě se tedy uvažuje již o zakázání používání těchto fungicidů. Síran měďnatý je účinný proti houbovým chorobám a řasám. Síran měďnatý jako fungicid je využíván hlavně kvůli své nízké ceně a vysokému účinku (Porterfield, 2018).

3.6 Přírodní látky s antifungicidním účinkem

V posledních letech dochází v EU k velkému tlaku na snižování spotřeby pesticidů. Jedním z nástrojů, který může tento problém vyřešit je integrovaná produkce. Chmel řadíme mezi plodiny, které potřebují velké množství vstupů pro ochranu rostliny. Rostliny chmele trpí jednak množstvím srážek a tak i výkyvy teplot. To vše vede k hledání nových alternativních prostředků, které zajistí ochranu chmele a zároveň podpoří kvalitní a ekonomicky přínosnou produkci. Jednou z možných alternativ jsou přípravky obsahující rostlinné silice a extrakty (Řehoř et al., 2018).

Silice jsou přírodní, těkavé složité organické látky s výrazným aroma. Tyto organické sloučeniny mohou obsahovat 20 – 60 složek v různých koncentracích a poměrech. Jednotlivé silice jsou charakteristické tím, že obsahují dvě až tři látky s vyšším podílem silic. Hlavní skupinou látek jsou terpeny, terpenoidy a další aromatické a alifatické látky. (Bakkali, 2017)

Většina silic má původ v terpenoidech nebo neoterpenoidech. Některé obsahují deriváty síry a dusíku. Silice obsahují převážně monoterpeny, sekviterpeny i diterpeny (Berger, 2007).

Tvorba silic probíhá v buňkách určité části nebo orgánu rostliny. Ze všech známých druhů je přibližně 5 % aromatických rostlin a jedna třetina čeledí využitelná k extrakci silic (Lawrencet, 2001).

Pro získání silic z přírodních látek se využívají tyto způsoby: destilace vodní parou, extrakce hexanem, organickými rozpouštědly, tuky a lisování (Kadlec et al., 2009).

Při destilaci vodní parou vystupuje silice na povrch rostlinného materiálu, kde kapičky vodní páry kondenzují se silicemi. Silice jsou lehčí a tak dochází k jejich izolaci z povrchu destilátu. Silice se převážně uchovává ve vzduchotěsných nádobách. Nejlepší barvou pro uchování je fialová, neboť pomáhá k vyšší trvanlivosti silice a zamezuje přístupu světla (Baser a Buchbauer, 2010).

Pro extrakci organickými rozpouštědly se používá nepolární rozpouštědlo. Tato metoda je vhodná pro tepelně nestálé látky. Kromě silice zůstávají po odpaření nerozpustné látky a vosky. Extrakt podléhá dalšímu zpracování (Velíšek, 1999).

Starší a stále využívanou metodou je extrakce tukem. Vhodná je pro extrakci silic z rostlin o nižším obsahu silic, nebo které jsou náchylnější ke zpracování. K této metodě se využívá živočišný tuk rozprostřený na skleněné podnosy. Rostlinný materiál je vkládán na vrstvu tuku. Když dojde k nasycení tuku silicemi, vytvoří se přidáním alkoholu pomáda a tím se oddělí tuk od silice (Kadlec et al., 2009).

Nejvhodnějším způsobem lisování je lisování za studena. Využití je hlavně u citrusů, neboť se dají silice získat ze slupek těchto plodů. Jakmile se nabodne slupka a dochází k lisování. Ke směsi slupek se přidá voda a pomocí odstředivé síly se oddělí voda a silice. Tím, že se vše děje za studena nedochází k poškození silic vysokými teplotami (Baser a Baucher, 2010).

3.6.1 Chmelové extrakty

Látky obsažené v chmelových hlávkách jsou závislé na odrůdě, počasí a na pěstební oblasti. Nejdůležitější jsou chmelové pryskyřice, polyfenolické látky a silice (Kosař a Procházka, 2000).

Chmel obsahuje nežádoucí látky, jako jsou rezidua pesticidů, těžké kovy a zbytky chemických katalyzátorů. Chmelová hlávka je složena z: 8 – 12 % vodou, 15 – 20 % chmelových pryskyřic, 2 – 6 % polyfenolickými látkami, 0,2 – 2,5 % silicemi, 1 – 3 % silicemi, 12 – 15 % dusíkatými látkami, 40 – 50 % sacharidy a 6 – 8 % minerálními látkami (Krofta, 2008).

Chmelové pryskyřice jsou nositeli hořké chuti. Nejúčinnější jsou alfa a beta hořké kyseliny, které snadno podléhají oxidaci a dalším procesům. K oxidaci jsou náchylnější beta hořké kyseliny (Almaguer et al., 2014).

Chmelové aroma nesou silice. Složení chmelových silic je složité, základem jsou převážně terpenické látky různého chemického složení. Nejčastěji jsou to uhlíkové frakce, které se přeměňují na kyslíkaté a sirné frakce. Mezi nejdůležitější terpenické uhlovodíky patří myrcen, humulon, karyofylen, a farnesen (u ŽPČ). Kyslíkaté frakce jsou alkoholy, epoxidy, methylketony a estery mastných kyselin (Kocourková et al., 2010).

Etanolové chmelové extrakty získáváme vylouhováním sušeného chmele v 90 % etanolu. Etanolový extrakt má vyšší koncentraci alfa hořkých kyselin a odlišné složení silic (Kosař a Procházka, 2000).

Na základě provedených pokusů s rostlinnými extrakty bylo zjištěno, že chmelový extrakt by mohl být použit jako antifungální činidlo na ochranu chmele, což je velmi povzbudivý výsledek (Olšovská et al., 2016).

3.6.2 Terpeny z pomerančovníku

V listech, plodech a květech citrusů je obsaženo mnoho aromatických a biologicky aktivních látek. Biologicky aktivní látky představují hlavně terpenoidy především ze skupiny limonoidů (limonin, nomilin, obacumone). První byly objeveny insekticidní účinky těchto látek, až později byl zjištěn jejich fungicidní účinek (Pavela, 2011).

Pomerančová silice se nachází většinou v oválných váčcích plodů nebo v barevných částech kůry. Působí jako přírodní ochranná bariéra. Obsah jejích složek je dán převážně ročníkem, odrudou a oblastí, kde je pěstována. Z 90 % je složena z D-limonemu (Ünal et al., 2012).

Pomerančová silice lisovaná za studena obsahuje asi 90 % limonemu, 2,5 % myrcenu, 1,4 % alfa pinenu a malé množství dalších látek. Zbylé metody extrakce mají za následek zvýšení výtěžnosti silic až o 8 %. Poměrné zastoupení silic se mění, avšak Limonem stále dominuje, obsah tedy neklesá pod 70 % (Azar et al., 2011).

Přípravek PREV-B2 je listové hnojivo s obsahem bóru, které navíc obsahuje podíl pomerančového oleje s obsahem přírodních terpenů pomerančovníku pro zajištění lepší přilnavosti a rozptřetí po listové ploše. U ošetřených rostlin dochází k optimalizaci výživy a tím ke zvýšení množství a kvality výnosu chmele. Pomerančový olej má současně

prokazatelné účinky na omezení výskytu chorob a škůdců u rostlin. Na základě pokusů bylo zjištěno, že použití tohoto biopesticidu má pozitivní vliv jak na obsah alfa hořkých kyselin tak i na vyšší výnos chmelových hlávek. Ošetření rostliny přípravkem PREV-B2 má vliv i na vitalitu rostliny. Jedná se tak o možnou alternativu pro aplikaci měďnatých fungicidů (Vostřel et al., 2018).

3.6.3 Tymiánová silice

Tymián obecný (*Thymus vulgaris*) je využíván hlavně pro své aromatické účinky. Tymián má velmi příznivé účinky, je antiseptický, antioxidační a antimikrobiální. Primární složkou je thymol (Shabnum a Wagay, 2011).

Silice je tvořena 15 hlavními složkami. Největší podíl má thymol (47,59 %), gama terpen (30,2 %) a třetí složkou je p-cymen (8,5 %). Obsah jednotlivých složek silic se mění dle vnějších podmínek (Boruga et al., 2014).

Antifungální účinek tymiánu obecného je podmiňován hlavně vysokým obsahem thymolu, případně synergického účinku dalších komponentů s ním. Při pokusech s několika druhy plísní, získaných z vlhkých bytů, se prokázal až třikrát vyšší antifungální účinek thymolu než kompletní tymiánové silice. Avšak tymiánová silice efektivně inhibuje mycelia a tím potlačuje rozvoj hub. Výsledky pokusů tak potvrdily, že přípravky z rostlin rodu *Thymus vulgaris*, mají významný potenciál k ochraně rostlin proti houbovým chorobám (Procházka et al., 2019).

Thymol je obsažen v mnoha rostlinných produktech a esenciálních olejích. Společně s carvacrolem chrání rostliny proti různým druhům hub (Singh et al., 2014).

Antibakteriální účinky však nebyly zaznamenány u p-cymenu. V synergickém vztahu s carvacrolem urychluje bobtnání bakteriální buněčné stěny (Shabnum a Wagay, 2011).

Carvacrol je isomerem thymolu, je antimikrobiální a antifungicidní. Sledován je hlavně pro protirakovinné účinky (Zacharias et al., 2014).

Jaký vliv má tymiánová silice na ochranu rostlin chmele bylo testováno a porovnáváno s přípravky pro konvekční ošetření rostlin. Tymiánová silice prokazovala po více než třech měsících účinnost téměř 90 %, což je srovnatelné s účinností konvekčních přípravků. Roztok 0,5 % tymiánové silice se tak ukázal jako vysoce účinný a lze jej tak doporučit k integrované ochraně chmelové sadby. Ovšem pro optimální ochranu proti peronospoře chmelové je vhodné tyto přípravky střídat s konvekčními (Procházka et al., 2019).

3.6.4 Výtažky z mořských řas

Mořské řasy jsou skupinou fotosyntetizujících organismů. Jsou základem potravních řetězců. Bývají úkrytem pro mnoho vodních živočichů. Podle odhadů dokáží mořské řasy asimilovat 1,8 g C/m² za rok. Mořské řasy mají mnoho možností použití, např. pro výrobu kosmetiky, krmiv, hnojiv, potravin, ale i biopaliv (Hu a Fraser, 2016).

Pro výrobu extraktů z mořských řas se používá nejčastěji řasa *Ascophyllum nodosum*. U ní bylo zjištěno velké množství biologicky aktivních látek (Norrie a Khatley, 2006).

Antifungální účinek byl zkoumán u *Laurencia dendroidea*. Rf faktor látky, která byla identifikována v jejím výtažku, byl zařazen mezi terpeny. Látky se nacházejí v bioautografickém testu proti *Colletotrichum lagenarium*, který ukazuje korelaci s látkami vykazujícími fungicidní účinek. To vede k závěru, že i terpeny *Laurencia dendroidea* mohou být odpovědné za fungicidní účinek extraktu *Laurencia dendroidea* (Perés et al., 2012).

Přípravek, který obsahuje výtažek z mořských řas je Alginure. Jedná se o biologický přípravek obsahující kromě výtažků mořských řas také rostlinné aminokyseliny a podporuje tak odolnost rostlin proti napadení houbovými chorobami. Po aplikaci přípravku dochází v rostlině ke zvýšení obsahu fytoalexinů, PR-proteinů a dalších látek, jež ovlivňují obranyschopnost rostliny vůči chorobám. Prostředek působí preventivně a nemá přímý vliv na patogen. Na základě pokusů bylo zjištěno, že aplikace tohoto biopesticidu má pozitivní vliv jak na obsah chlorofylu v listech tak i vyšší výnos chmelových hlávek jedná se tak o vhodnou alternativu ve fungicidní ochraně chmele (Řehoř et al., 2018).

4 Metodika

Pokus s ošetřením chmele vybranými přípravky na ochranu rostlin probíhal ve vegetačním období 2018 a 2019 na chmelnicích Čínov a Liběšovice na Lounsku spadající do Žatecké chmelařské oblasti.

4.1 Agrotechnika

Tabulka č. 1: Agrotechnické kroky pro lokalitu Čínov za oba roky

2018		2019	
podzim 2017	vláčení orba	podzim 2018	vláčení hnůj 30 t/ha + orba
1.2.2018	vláčení	12.4.2019	vláčení
30.4.2018	řez	20.4.2019	řez
13.2.2018	hnojení NPK 15 (300 kg/ha)	24.5.2019	NPK 15 (300 kg/ha)
19.5.2018	1. zavádění	16.5.2019	1. zavádění
26.5.2018	2. zavádění	23.5.2019	2. zavádění
30.5. + 20.6.	1. a 2. priorávka	26.5. + 25.6.	1. a 2. priorávka
12.6. + 2.7.	LAD (200kg/ha) + DAM (200 kg/ha)	29.5.2019	LAD (200kg/ha)
1. ošetření	Aliette 80 WG (2.5 kg/ha) + Karate se Zeon technologií 5 CS (0.12 l/ha)	5.6.2019	DAM 390 (150 kg/ha)
		7.7.2019	DAM390 (200 kg/ha)
2. ošetření	Bellis (1kg/ha) + Borosan forte(1.0 l/ha) + Vegaflor (4.0 l/ha) +Zinkosol forte (2.0 l/ha)	1. ošetření	Alliete 80 WG (2.4 kg/ha) + Močovina (5 kg/ha)
3 ošetření	Ortiva (1.6 l/ha) +Movento 150 OD (1 l/ha) + Nisuron 10WP (1.2 kg/ha)+hořká sůl (6 l ha)	2. ošetření	Alliete 80 WG (2.0 kg /ha) + Kuprikol 250 SC (1.0 l/ha)+ Zincosol (1.5 l/ha)+ YaraVita Mantrac (0.3 l/ha)+ Lignohumát MAX (0.5 l/ha)
4. ošetření	Revus (1.6 l/ha) + Vegaflor (6 l ha)	2. ošetření	1. aplikace pokusů - pokusné varianty viz. tab. č. xx
		3. ošetření	Nissorun 10 WP (1.2 kg/ha) + Lexin (0.25 l/ha)

4. ošetření	1. aplikace pokusů - pokusné varianty viz. tab. č. xx	4. ošetření	Ortiva (1.0 l/ha) + Fortesim Alfa (3.0 l/ha) + Vegaflor (6 l/ha) + Močovina (3.0 l/ha) + Lexin (0.25 l/ha)
5. ošetření	Ortiva (1.6 l/ha) + Karate se Zeon technologií 5 CS (0.12 l/ha) + Vegaflor (5 l/ha)	5. aplikace	Movento 150 OD (1.0 l/ha) + Vegaflor (5 l/ha)
6. ošetření	Cuproxat SC (10.0 l/ha) + Acramite 480 SC (1.5 l/ha) + Vegaflor (5 l/ha)	6. ošetření	Revus (1.6 l/ha) + Vegaflor (5 l/ha)
7. ošetření	Funguran progress (4 kg/ha)	7. ošetření	Cuproxat SC (7 l/ha)
7. ošetření	2. aplikace pokusů - pokusné varianty viz. tab. č. xx	7. ošetření	2. aplikace pokusů - pokusné varianty viz. tab. č. xx
20.8.2018	sklizeň pokusů	26.8.2019	sklizeň pokusů

Tabulka č. 2: Agrotechnické kroky pro lokalitu Liběšovice za oba roky

2018		2019	
podzim 2017	vláčení	podzim 2018	vláčení
	hloubkové kypření		hloubkové kypření
12.3.2018	vláčení	5.4.2019	vláčení
14.4.2018	řez	16.4.2019	řez
10.5.2018	Kieserit (200 kg/ha) + LAD (250 kg/ha)	24.4.2019	Kieserit (220 kg/ha) + DAP (120 kg/ha)
18.5.2018	1. zavádění	20.5.2019	1. zavádění
25.5.2018	2. zavádění	28.5.2019	2. zavádění
27.5. + 23.6.	1. a 2. priorávka, při 2. priorávce DAM (260 kg/ha)	29.5. + 25.6.	1. a 2. priorávka, při 2. priorávce DAM (260 kg/ha)
25.5.2018	LAD (200kg/ha) + DAP (120 kg/ha)	16.5.2019	LAD (250kg/ha)
1. ošetření	Actara 25 WG (100g/ha)+Plant aktiv (4 kg/ha)	1. ošetření	Actara 25 WG (200g/ha)
2. ošetření	Curzate K (4.5 kg/ha) + Ortiva (1.5 l/ha) + hořká sůl (10.0 kg/ha) + Zintrac (0.5 l/ha)+ Močovina (10 kg/ha)	2. ošetření	Alliete 80 WG (4.5 kg/ha) + Trend 90 (0.3 l/ha) + PlantAktiv (1 kg/ha)
3 ošetření	Ridomil Gold Combi Pepite (4 kg/ha) + Ortus 5 SC (2.5 l/ha) + hořká sůl (10 kg/ha) + Zinkoksol (2 kg/ha)+ Borosan (2l/ha)	3 ošetření	Bellis (2.0 kg /ha) + Zintrac (0.15 l/ha)+ Lignohumát MAX (0.6l/ha)
4. ošetření	Bellis (2 kg/ha) +Agroleaf power	4. ošetření	Teppeki (0.07 kg/ha)

	(5 kg/ha) + Močovina (10.0 kg/ha)+ TS Květa (1.5 l/ha)+ Zinkosol forte (2.0 l/ha)		+YaraLiva Calcinit (7.5 kg/ha) + Folpan 80 WG (1.0 kg/ha)+ TS Eva (0.7 l/ha)+ Zintrac (0.5 l/ha)+ Borosan humine (1 l/ha)
4. ošetření	1. aplikace pokusů - pokusné varianty viz. tab. č. xx	5. ošetření	1. aplikace pokusů - pokusné varianty viz. tab. č. xx
5. ošetření	Revus (1.6 l/ha) + Movento 150 OD (1 l/ha) +hořká sůl (5 kg/ha) + Calcinit (5 kg/ha)	5. ošetření	Ortiva (1.5 l/ha) + Curzate K (0.8 kg/ha) + YaraLiva Calcinit (6.25 kg/ha) + Thiotrac (5 l/ha)+ Zintrac (0.5 l/ha)
6. ošetření	Bellis (2.0 kg/ha) + Vegaflor (4 l/ha)	6. ošetření	Bellis (2.0 kg/ha) + Movento 150 OD (4 l/ha)+ Agroleafpower (5 kg/ha) + Galleko květ (1.2 l/ha)
7. ošetření	Ortiva (1.6 l/ha) + hořká sůl (10 kg/ha) + Farmfos (3 l/ha)	7. ošetření	Revus (1.6 l/ha) + thiotrac (5.0 l/ha) + Vegaflor (5 l/ha)
8. ošetření	Kuprikol 250 SC (10.0 l/ha) + Silwet star (0.4 l/ha)	8. ošetření	Kuprikol 250 SC (10.0 l/ha) + Silwet star (0.4 l/ha)+ hořká sůl (10 kg/ha)
8. ošetření	2. aplikace pokusů - pokusné varianty viz. tab. č. xx	9. ošetření	2. aplikace pokusů - pokusné varianty viz. tab. č. xx
30.8.2018	sklizeň pokusů	9. ošetření	Defender Dry (3.0 kg/ha)
		5.9.2019	sklizeň pokusů

4.2 Průběh pokusů

4.2.1 Použití přípravků s fungicidním účinkem

Tento poloprovozní pokus zahrnuje 5 variant a každá varianta odpovídá jedné chmelové řadě. Izolace mezi jednotlivými variantami byla 3 chmelové řady. Pátá varianta byla kontrolní, tedy byl použit fungicidní sled konvekčními a registrovanými prostředky na ochranu rostlin. V jednotlivých variantách byly vždy dva vstupy běžně používaného fungicidu nahrazeny aplikací biologicky aktivního přípravku s fungicidním účinkem. Jde o přípravky Alginure, Prev B2, tymiánová silice a chmelový extrakt. Dávky jednotlivých přípravků jsou uvedeny v tabulce č. 1 pro rok 2018 a v tabulce č. 2 pro rok 2019.

Tabulka č. 3: Dávkování přípravků a jejich účinné látky v roce 2018 pro obě lokality

	var	název přípravku	dávka/koncentrace	účinná látka	vody/ha (l)
	1	Alginure	1%	výtažek z mořských řas 24%	2000
	2	Prev - B2	0,50%	pomerančový olej 4.2% ethanolamin boritý 2.1%	2000
	3	Tymiánová silice	0,50%	Tymiánová silice	2000
	4	chmelový extrakt	1%	chmelový extrakt	2000
Čínov - kontrolní varianta	5	Funguran progress	4 kg/ha	hydroxid měďnatý 537 g/kg	2000
Liběšovice - kontrolní varianta	5	Kuprikol 250SC	10 l/ha	oxychlorid-Cu 420 g/l	2000

Tabulka 4: Dávkování přípravků a jejich účinné látky v roce 2019 pro obě lokality

	var	název přípravku	dávka/koncentrace	účinná látka	vody/ha (l)
	1	Alginure	1%	výtažek z mořských řas 24%	2000
	2	Prev - B2	0,50%	pomerančový olej 4.2%; ethanolamin boritý 2.1%	2000
	3	Tymiánová silice	0,50%	Tymiánová silice	2000
	4	chmelový extrakt	1%	chmelový extrakt	2000
Čínov - kontrolní varianta	5	Cuproxat SC	4.0 l/ha	síran měďnatý 345 g/l	2000
Liběšovice - kontrolní varianta	5	Curzate K + Ortiva	1.0 kg/ha + 1.0 l/ha	Cymoxanyl 40 g/kg, Oxychlorid Cu 773 g/l + Azoxystrobin 250 g/l	2000
Liběšovice - kontrolní varianta	5	Defender Dry	3.0 kg/ha	hydroxid měďnatý 537 g/kg	2000

4.2.2 Charakteristika přípravků

Alginure je biologický přípravek obsahující výtažky z mořských řas a rostlinné aminokyseliny podporující odolnost rostlin proti houbovým chorobám. Po jeho aplikaci dochází v rostlině ke zvýšení fyto toxinů, PR-proteinů a dalších látek, jež ovlivňují obranyschopnost rostlin vůči chorobám. Prostředek působí preventivně a nemá vliv na patogen (Řehoř et al., 2018).

PREV B2 je kapalné hnojivo, obsahující bór a terpeny z pomerančovníku. Tento přípravek v ošetřených rostlinách optimalizuje výživu bórem a tím zvyšuje množství a kvalitu výnosů. Zároveň obsahuje terpeny rostlinného původu zajišťující přilnavost a rovnoměrné

rozptýlení postřiku n listové ploše. Přírodní terpeny mají též vedlejší účinky na omezování chorob a škůdců rostlin (Vostřel et al., 2018).

Tymiánovou silici tvoří 15 hlavních složek celkem tedy 91,91%. Nejvíce zastoupen je thymol (47,59%) a jeho biogenetický předchůdce gama terpen (30,2%). Třetí složkou je p-cymen (8,5%). Obsah jednotlivých složek se mění dle vnějších podmínek (Boruga et al., 2014).

Chmelový extrakt obsahuje alfa a beta frakce hořkých kyselin a esenciálních olejů (silic), který se přidává do mladiny během chmelovaru v mladinové pánvi s cílem dodat pivu jedinečnou a specifickou chuť a aroma. Obsah alfa hořkých kyselin je 26 %. Poměr a skladba jednotlivých složek (aroma) je odrůdově specifická (Vostřel et al., 2019)

4.2.3 Aplikace

Aplikace jednotlivých variant proběhla aplikační technikou obvyklou pro podnik a stejná oba dva roky. Mezi první a druhou aplikací byl použit fungicidní prostředek, jenž byl použitý i na běžné provozní ploše. Jednotlivé varianty přípravků uvedených v tabulce č. 2 a č. 3 byly postřikem aplikovány na rostliny. V tabulkách č. 1 a č. 2 jsou uvedeny veškeré aplikované přípravky na ochranu rostlin použité pro obě lokality oba roky.

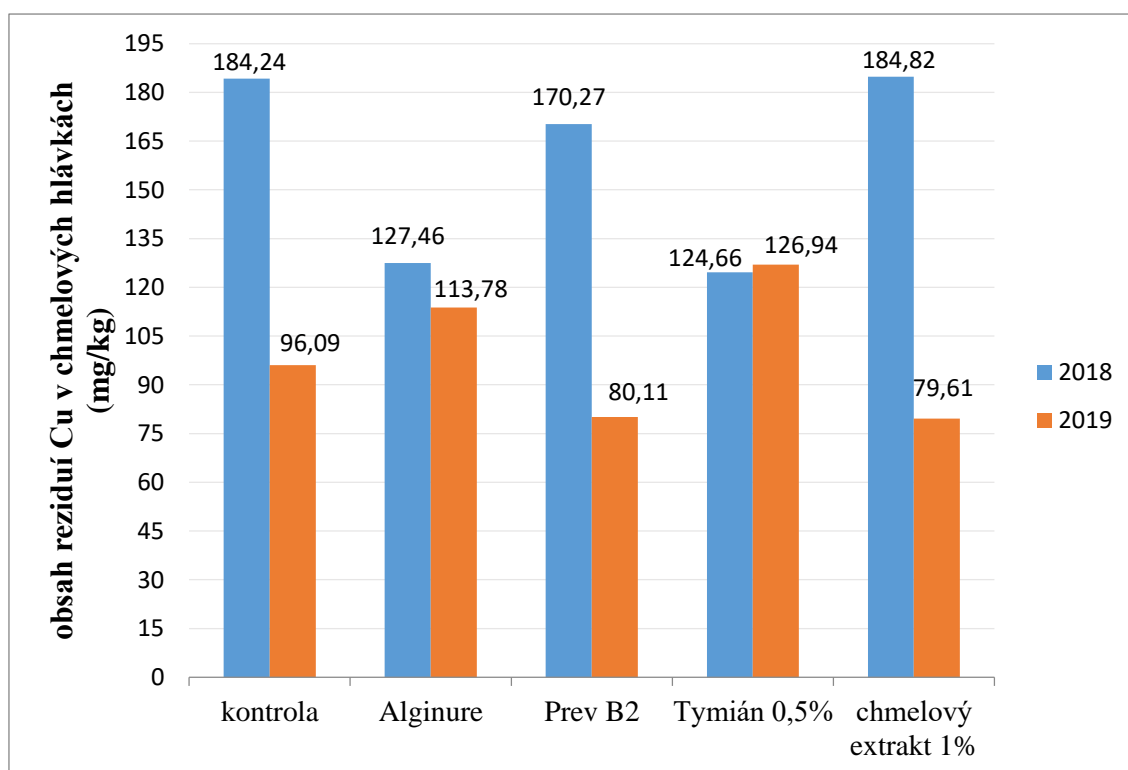
4.2.4 Stanovení obsahu mědi v chmelových hlávkách

Odběr vzorků proběhl při sklizni pro každou variantu dvakrát. Vzorky byly homogenizovány v mlýnku a sušeny při teplotě 105°C. Sušený vzorek byl dán do teflonové nádoby a bylo přidáno 10 ml 65 % HNO₃. Tento roztok byl přes noc ponechán v laboratoři. Druhý den byla směs zahřívána po dobu dvou hodin při teplotě 120°C. Poté byl roztok přenesen kvantitativně do 50 ml odměrné baňky a naplněn deionizovanou vodou. Následně byla směs filtrována a vzorky byly 10 krát zředěny. Obsah mědi byl stanoven pomocí ICP-OES neboli plazmové optické emisní spektrometrie. Tato metoda se používá pro stanovení elementárního chemického složení prvků. Nejčastěji se používá Argonová plazma.

5 Výsledky

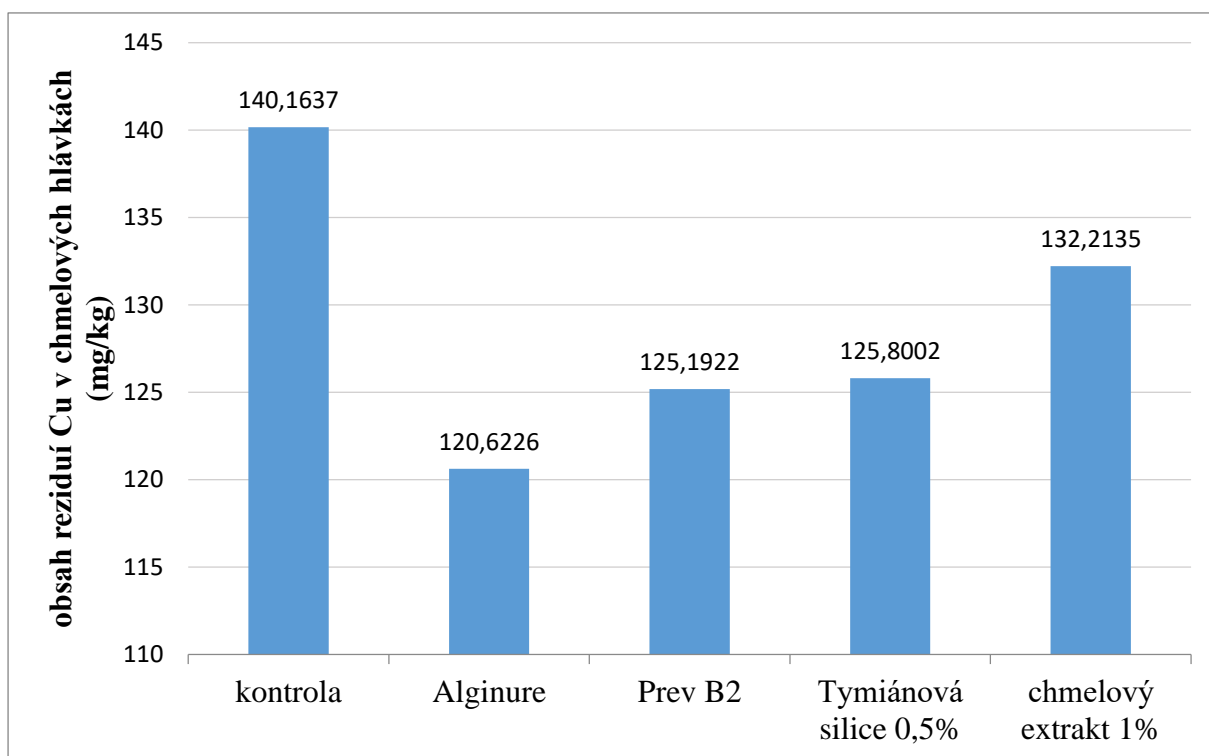
Cílem práce bylo porovnat množství reziduí mědi v chmelových hlávkách při ochraně rostlin proti peronospoře chmelové vybranými přírodními látkami s konvekčně používanými přípravky. Naměřené hodnoty byly zprůměrovány a výsledky byly pro lepší zhodnocení zpracovány do grafů.

Graf č. 1: Průměrný obsah reziduí Cu v chmelových hlávkách v roce 2018 a 2019 z obou lokalit



Z grafu č. 1 je patrné, že obsah reziduí mědi je velmi variabilní. Pohybuje se od 79,61 do 184,82 mg / kg. V roce 2018 dosahovaly varianty ošetřené přípravky Prev B2 (terpeny pomerančovníku) a chmelový extrakt téměř stejného množství reziduí jako varianta ošetřená konvekčními přípravky. Nejméně reziduí v roce 2018 oproti konvekční kontrole obsahovaly varianty ošetřené přípravky Alginure (výtažky z mořských řas) a tymiánová silice. Téměř srovnatelného množství měďnatých reziduí v roce 2018 s konvekční kontrolou obsahovaly varianty ošetřené přípravky Prev B2 a chmelovým extraktem. Nejvyšší množství reziduí mědi v porovnání s konvekční kontrolou obsahovaly varianty ošetřené přípravky Alginure a Tymiánová silice. Nižší obsah reziduí mědi v roce 2019 oproti roku 2018 v pokusných variantách je dán tím, že v roce 2019 bylo použito méně mědi.

Graf č. 2: Průměrný obsah reziduí Cu v chmelových hlávkách za celé sledované období (průměr obou let a obou lokalit)



V grafu č. 2 je zobrazen průměrný obsah měďnatých reziduí jednotlivých variant za dvouleté období. Trend jednotlivých variant se změnil. Oproti konvekčnímu ošetření (kontrola) jsou hodnoty obsahu reziduí v pokusných variantách nízké. Nejméně reziduí oproti kontrole obsahovala varianta ošetřená přípravkem Alginure (výtažky z mořských řas). Nejvíce pak chmelový extrakt. Téměř srovnatelných výsledků dosahovaly varianty ošetřené přípravky Prev B2 (výtažky z pomerančovníku) a tymiánová silice.

6 DISKUZE

Cílem této práce bylo zjištění vlivu ošetření chmele otáčivého (*Humulus lupulus*) vybranými látkami s antifungálním účinkem. Pro pokus byly zvoleny výtažky z mořských řas (Alginure), terpeny z pomerančovníku (Prev B2), chmelový extrakt 1 % a tymiánová silice (*Thymus vulgaris*) 0,5 %. Vliv přírodních látek na ochranu rostlin potvrdili ve svém pokusu Vostřel et al (2019), z čehož vyplývá, že nejvíce účinnou ochranu proti peronospoře chmelové představuje roztok tymiánové silice.

Antifungální účinek tymiánové silice také dokazují Klarić et al. (2006), kteří provedli pokus na 50 vzorcích nejčastějších plísní. Největší fungicidní účinek byl prokázán u *Aspergillus niger* a *Aspergillus flavus*. Mota et al. (2012) ověřovali fungicidní a fytotoxický účinek *Thymus vulgaris* a jeho hlavních složek thymolu a p-cymenu proti *Rhizopus oryzae*. Antifungální účinek byl prokázán u všech složek tymiánové silice.

Protože se stále hledá spousta alternativních přípravků na ochranu rostlin, testovali Bocquet et al. (2018) potenciál chmelových extraktů jako biofungicidu proti *Zymoseptoria tritici*. Chmelový extrakt na základě testování v laboratoři představuje vhodnou alternativu v ochraně rostlin.

Houbové choroby a jejich kontrola jsou celosvětovým ekologickým problémem. U chmelu je to *Pseudoperonospora humuli*, která způsobuje nemalé problémy při pěstování. V současné době je povolené množství mědi na ochranu rostlin 4 kg Cu / ha za rok. Jak uvádí Wihrauch et al. (2012) je snaha o snížení používání měďnatých pesticidů, případně úplné zrušení používání těchto pesticidů. Pro jejich pokus bylo použito následující: kontrola zahrnovala část chmelnice bez ošetření a na zbylou část byly aplikovány konvekčně používané fungicidy – oxichlorid mědi a hydroxidy mědi, ke kterým byly ještě přidány přípravky na bázi přírodních látek Herbagreen (Kalcit), Biplanton (minerály) a Frutogard (fosfonát + extrakt z řas). Bylo dosaženo celkem pozitivních výsledků. Zvýšený obsah reziduí byl zaznamenán pouze na části chmelnice ošetřené konvekčními prostředky.

S těmito závěry naše výsledky v podstatě korelují, protože i v našem případě nejvíce reziduí mědi obsahovala chmelová řada ošetřená konvekčním prostředkem na ochranu rostlin. Chmel ošetřený přírodními látkami obsahoval podstatně méně reziduí mědi.

Studiem vlivu éterických olejů citrusových plodů na růst plísní běžně spojených s kažením potravin – rod *Aspergillus* a *Penicillium* se zabývali Martos et al. (2008), kteří zjistili, že prakticky všechny citrusy vykazují antifungální účinek. Ovšem nejúčinnější proti *Aspergillus Niger* jsou esenciální oleje pomerančovníku. Podle Vostřela et al. (2018)

přípravek Prev B2 (terpeny z pomerančovníku) použit při aplikaci měďnatých fungicidů ať už z hlediska omezení výskytu chorob a škůdců, tak i pro vitalitu rostliny. S tímto tvrzením můžeme na základě výsledků souhlasit neboť použití přípravku Prev B2 je možnou alternativou pro ochranu chmele.

Vzhledem k současnému tlaku na snížení obsahu reziduí pesticidů se Nikos et al. (2007) zabývali testováním éterických olejů na bázi citrusů a tymiánu jako boje proti plísňovým chorobám a zároveň snížením reziduí s důrazem na možné budoucí použití jako alternativního přípravku. Výsledkem testování je: citrusy i *Thymus vulgaris* působí proti plísňovým chorobám a zároveň snižují obsah reziduí.

Výsledky Řehoře et al. (2018), že po aplikaci přípravku z mořských řas (Alginure) dochází v rostlině ke zvýšení PR-proteinů, fytoalexinů a dalších látek, které posilují obranyschopnost rostlin vůči chorobám. Působí preventivně, zvyšují výnos chmelových hlávek a jsou tak vhodnou alternativou ochrany rostlin.

Battacharyya et al. (2015) potvrzují, že extrakty z mořských řas jsou výborné rostlinné biostimulanty, podporují růst rostlin, zlepšují výnos a kvalitu produktů. Jsou ochranou proti houbovým a bakteriálním patogenům a snižují obsah měďnatých reziduí.

Fytotoxickými účinky mědi bylo Kassasem et al. (2017) zjištěno, že mořské řasy dokáží redukovat síran měďnatý jako jednu ze složek pesticidů na velmi malé množství. Opět je nám tedy potvrzen účinek mořských řas jako ochrany rostlin a snížení obsahu reziduí.

Z hlediska našeho pokusu můžeme s těmito výsledky souhlasit, neboť právě rostliny ošetřené přípravkem Alginure (výtažky z mořských řas) obsahovali nejméně reziduí mědi, což je dáno i tím, že mořské řasy dokáží měď redukovat na minimum.

Vostřel et al. (2020) uvádí, že pro produkci chmele je důležité dodržet v rámci používání přípravků na ochranu chmele souladu s požadovanou kvalitou produktů. Musí být dodržen maximální limit reziduí (MRL) nejen pro ČR, ale i další státy. Pro srovnání MRL byly vybrány některé použité přípravky v rámci této práce. Pro přípravek ORTIVA (azoxystrobin) je MRL v EU a Japonsku 30 mg/kg sušiny, v USA 20 mg/kg sušiny; pro BELLIS (boscalid) je MRL v EU 80 mg/kg, v USA 35 mg/kg sušiny a v Japonsku 60 mg/kg; CURZATE K (cymoxanil) je MRL v EU 0,1 mg/kg, v USA a Japonsku 7 mg/kg; ALIETTE 80 WG (fosetyl-Al) je MRL v EU 2000 mg/kg, v USA 45 mg/kg a v Japonsku 1440 mg/kg. Vzhledem k tomu, že pesticidy na bázi síry se neomezují, tak i obsah těchto reziduí je v EU, USA i Japonsku neomezen oproti tomu se omezuje alespoň v EU používání měďnatých pesticidů, tak je stanoven MRL v EU na 1000 mg/kg, ale v USA a Japonsku není žádné omezení.

Chu et al. (2020) se zabývali ve své studii množství reziduí pesticidů v jahodách. Pro analýzu 98 reziduí pesticidů bylo použito HPLC Spektrometrie. Detekováno bylo celkem 26 pesticidů jako např. acetamiprid, karbendazim a další. Na jahodách byly detekovány různé úrovně reziduí, hladiny rezidujících a sledování jejich rizik jsou důležitými aspekty kvality zemědělských produktů. Ani u jednoho ze vzorků nebyl překročen maximální limit reziduí (MRL).

Obsahem a hlavně odstraněním reziduí v meruňkách, pomerančích a broskvích se zabývali Cámara et al. (2020). Zjištěno bylo, že nejúčinnějším postupem v odstraňování reziduí pesticidů umytí ovoce případně vymačkání šťávy. Čerstvé meruňky a broskve obsahovali minimální množství reziduí pesticidů. U pomerančů došlo ke snížení reziduí vymačkáním šťávy. Množství reziduí se dá také snížit pasterizací nebo krájením.

Pro lepší účinek proti peronospoře chmelové je dobré střídání přírodních látek s konvekčně používanými přípravky. To dokazují i pokusy Vostřela et al. (2019), kdy neošetřené rostliny dosahovaly vyššího stupně napadení peronosporou chmelovou. Naopak tomu bylo u rostlin ošetřených chmelovým extraktem a tymiánovou silicí, protože u nich bylo dosaženo stejných výsledků jako u konvekčně ošetřených rostlin.

7 ZAVĚR

Za dvouleté období nejméně měďnatých reziduí obsahovala varianta ošetřená přípravkem Alginure (výtažky z mořských řas). Výtažky z mořských řas se tak zdají být jednou z možností ochrany rostlin s ohledem na snížení obsahu měďnatých reziduí. Avšak oproti konvekčnímu ošetření obsahovali všechny varianty ošetřené přípravky na bázi přírodních látek malé množství reziduí. Na základě výsledků lze zkonstatovat, že další možností ochrany rostlin s ohledem na snižování množství reziduí je tymiánová silice. Pro použití v praxi jsou přírodní látky vhodnou alternativou nebo doplňkem konvekčně používaných přípravků, neboť dokáží snížit obsah reziduí pesticidů a zamezit tak šíření těchto látek do životního prostředí.

8 Seznam použité literatury

- ALMAGUER, C., SCHÖNBERGER, Ch., GASTL, M., ARENDT, E., BECKER, T., 2014. *Humulus lupulus* – a story that begs to be told. *Journal of The Institute of Brewig* [online]. 2014, 2014(4), 289 - 314 [cit. 2019-04-14]. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.160>. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jib.160>
- ALTOVÁ, M., 2017. *Situační a výhledová zpráva CHMEL, PIVO*. 2017. 1. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN isbn978-80-7434-409-1. ISSN 1211-7692.
- ANONYM (B), SAAZ SPECIAL [online]. 2015 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://hopproducts.cz/varieties/variete/28>
- ANONYM, (A), 2019. Tisková zpráva: Nižší plocha chmelnic ke sklizni 2019. In: *Ústřední kontrolní a zkušební úřad zemědělský* [online]. [cit. 2019-12-25]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/nizsi-plocha-chmelnic-ke-sklizni-2019.html>
- AZAR, P., NEKOEI, M., LARIJANI, K.,BAHRAMINASAB, S., 2011. Chemical composition of the essential oils of *Citrus sinensis* cv. Valencia and a quantitative structure–retention relationship study for the prediction of retention indices by multiple linear regression. *Journal of the Serbian Chemical Society* [online]. 2011(76), 11 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/f96e/9de490e20d70c1e858f124dffe0d903bd95e.pdf>
- BAKKALI, F., AVERBECK, S., AVERBECK, D., IDAOMAR, M., 2007. Biological effects of essential oils. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2007, 2008(46), 446-466 [cit. 2019-04-14]. DOI: 10.1016/j.fct.2007.09.106. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/c699/d9fda6cbbd26d962b3573ad12147d4c2cc31.pdf>
- BARENBAUM, M., BRUSSEAU M., DIPIERO J., et al., 2000. *The future role of pesticides in US agriculture* [online]. 1. Washington, D.C.: National Academy Press. ISBN 978-0-309-06526-9. Dostupné také z: <https://www.nap.edu/catalog/9598/the-future-role-of-pesticides-in-us-agriculture>
- BASER, K., BUCHBAUER, G., (eds.) , 2010. *Handbook of essential oils: science, technology, and applications*. 1. Boca Raton: CRC Press/Taylor. ISBN 14- 200-6315-4.
- BATTACHARYYA, D., BABGOHARI M. Z., RATHOR P. a PRITHIVIRAJ B., 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* [online]. 2015, 2015(196), 41-48 [cit. 2020-07-16]. DOI: [/doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012). Dostupné z: [https://www.sciencedirect-com.infodroje.czu.cz/science/article/pii/S030442381530176X](https://www.sciencedirect.com/infodroje.czu.cz/science/article/pii/S030442381530176X)
- BORUGA, O., SEVERI, A., MAGGI, L., GOLEȚ, L., GRUIA, A. T., HORHAT, F.G., 2014. *Thymus vulgaris* essential oil: chemical composition. *Journal of Medicine and Life* Volume [online]. 2014(7), 6 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/274964892_Thymus_vulgaris_essential_oil_chemical_composition_and_antimicrobial_activity

- CÁMARA, M. A., CERMEÑO S., MARTINEZ G. a OLIVA J., 2020. Removal residues of pesticides in apricot, peach and orange processed and dietary exposure assessment. *Food Chemistry* [online]. 2020(1), - [cit. 2020-07-17]. DOI: doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126936. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0308814620307986>
- CRAMER, G. R., URANO K., DERLOT S. a SHINOZAKI K., Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective [online]. 17.11.2011 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3252258/>
- CUHRA, P., 2003. Monitoring reziduí pesticidů v potravinách v ČR, Sborník ze semináře Rizika pesticidů a škodlivých organismů v agroekosystémech. Vědecký výbor fyto-sanitární a životního prostředí, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN: 80-86555-31-3.
- DRÁPAL, J., ETTLEROVÁ, K., HAJŠLOVÁ, J., HLUBÍK, P., JECHOVÁ, M., KOZÁKOVÁ, M., MALÍŘ, F., OSTRÝ, V., RUPROCH, J., SOSNOVCOVÁ, J., ŠPELINA, J., WINKLEROVÁ, D., 2005. Rezidua pesticidů v potravinách. Vědecký výbor pro potraviny, Státní zdravotní ústav, Brno. VVP:PEST/2005/1/deklas.
- FOREJTOVÁ, M., Tisková zpráva Svazu pěstitelů chmele České republiky ze dne 20. 8. 2007 [online]. 21.8.2007 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=118&ch=1&typ=1&val=62697>
- FRIC, V., RYBÁČEK, V., ed., 1991. Hop Production, Svazek 16. Amstrdam-Oxford-New York-Tokyo: Elsevier. ISBN 978-04-44987-70-9.
- HAJŠLOVÁ, J., 2003. Rizika reziduí pesticidů v potravinových řetězcích a v životním prostředí, Sborník ze semináře Rizika pesticidů a škodlivých organismů v agroekosystémech. Vědecký výbor fyto-sanitární a životního prostředí, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN: 80-86555-31-3.
- Hamilton, D., Crossley, S., 2004. Pesticide Residues in Food and Drinking Water: Human Exposure and Risks. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. ISBN: 0-471-48991-3.
- HIRT, H., SHINOZAKI, K., (eds.), 2004. Plant responses to abiotic stress. 1. Berlin: Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. ISBN 978-3-540-20037-6.
- HOLÝ, K., PROCHÁZKA, P., ŠTRANC, J., ŠTRANC, D. a ŠTRANC, P., 2017. Integrovaná ochrana chmele. 1. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 978-80-7427-265-3.
- HOND, Frank den, Peter GROENEWEGEN a N. M. van STRAALEN, 2003. *Pesticides: problems, improvements, alternatives*. 1. Malden, MA, USA: Blackwell Science. ISBN 06-320-5659-2.
- HOREJSEK, J. a ZICH, M., 1990. Chmelařství: učebnice pro SZeŠ studijního oboru Pěstitelství a SOU učebního oboru 45-60-2 Pěstitel(ka) se zaměřením pro chmelařství. Praha: SZN. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství). ISBN 80-209-0125-6.

HU, Z.-M., FRASER, C., (eds.), 2016. Seaweed Phylogeography [online]. Dordrecht: Springer Netherlands [cit. 2019-04-14]. ISBN 978-94-017-7532-8.

CHU, Y., TONG Z., DONG X., SUN M. N., GAO T.CH., DUAN J. S. a WANG M., 2020. Simultaneous determination of 98 pesticide residues in strawberries using UPLC-MS/MS and GC-MS/MS. *Microchemical Journal* [online]. 2020(1), - [cit. 2020-07-16]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.104975>. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0026265X20300047>

JEŽEK, J., (ed.), 2015. Chmel 2015: Příručka pro pěstitele chmele. 1. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-98-0

KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M., 2009. Co byste měli vědět o výrobě potravin? : technologie potravin. 1. Ostrava: Key Publishing. ISBN 978-80-7418-051-4.

KASSAS, H. Y. E. a OKBAH M. A. E. A., 2017. Phytotoxic effects of seaweed mediated copper nanoparticles against the harmful alga: *Lyngbya majuscula*. KASSAS, H. Y. E. a OKBAH M. A. E. A. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* [online]. 1. 2017((15), 41-48 [cit. 2020-07-16]. DOI: doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.01.002. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S1687157X17300021#!>

KLARIĆ, M. Šegvič, I. KOSALEC, J. MASTELIĆ, E. PIECKOVÁ a S. POPELJNAK, 2007. Antifungal activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil and thymol against moulds from damp dwellings. In: *Letters in Applied Microbiology* [online]. 1. Croatia, 2006, s. 36-42 [cit. 2020-07-13]. DOI: [10.1111/j.1472-765x.2006.02032.x](https://doi.org/10.1111/j.1472-765x.2006.02032.x). Dostupné z: <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1472-765x.2006.02032.x>

KOCOURKOVÁ, H., KOCOURKOVÁ, B., EHRENBERGEROVÁ, J., FOJTOVÁ, J., 2010. Zastopení a obsah silic v odrůdách chmele. In: J., Bartlová. Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. Praha: Profi Press, s. 6. ISSN 0139-6013.

KOPECKÝ, J., BRYNDA, M., CINIBURK, V., JEŽEK, J., KLAPAL, I., KOŘEN, J., KOZLOVSKÝ, P., KROFTA, K., KUDRNA, T., NESVADBA, V., VOSTŘEL, J., 2008. Pěstování hybridních odrůd chmele v podmínkách chmelařských oblastí ČR. 1. Žatec: Chmelařský institut. Metodika (Chmelařský institut). ISBN 978-80-86836-24-9.

KOŘEN, J., CINIBURK, V., PODSEDNÍK, J., RYBKA, A., VESELÝ, F., 2008a. Sušení chmele na komorových sušárnách. 1. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-51-5.

KOŘEN, J., CINIBURK, V., PODSEDNÍK, J., RYBKA, A., VESELÝ, F., 2008b. Sušení chmele na pásových sušárnách. 1. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-54-6.

KOŘEN, J., CINIBURK, V., PODSEDNÍK, J., VESELÝ, F., 2009. Monitorovací systém sklizně chmele. 1. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-57-7.

KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S., (eds.) 2000. Technologie výroby sladu a piva. 1. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. ISBN 80-902658-6-3.

KOVAŘÍK, M., 2017. *Český chmel 2017*. 1. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-366-7.

KROFTA, K., BRYNDA, M., NESVADBA, V., 2010. *Rajonizace českých odrůd chmele: Metodika pro praxi*. 1. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-87357-04-0.

KROFTA, K., KLAPAL, I., KŘIVÁNEK, J., POKORNÝ, J., PULKRÁBEK J. a VOSTŘEL, J., 2012. *Integrovaný systém pěstování chmele*. Žatec: Petr Svoboda. Metodika (Chmelařský institut). ISBN 978-80-86836-82-6.

KROFTA, Karel a Alexandr MIKYŠKA, 2008. *Atlas českých odrůd chmele*. 1. Žatec: Chmelařský institut. Metodika (Chmelařský institut). ISBN 978-80-86836-15-7.

KROFTA, Karel, 2008. *Hodnocení kvality chmele*. Žatec: Chmelařský institut. Metodika pro praxi. ISBN 978-80-254-4389-7.

KROFTA, K., J. JEŽEK a T. KUDRNA, 2011. Obsah elementární mědi ve chmelu po opakovaných aplikacích měďnatých fungicidů. *KVASNÝ PRŮMYSL* [online]. (57 (11-12), 417-423 [cit. 2020-07-06]. Dostupné z: <https://kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/2011/11/03.pdf>

KRŠKOVÁ, I., Aktuální plochy chmelnic v České republice: tisková zpráva [online]. 22.8.2018 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/ukzuz-2012-2014/x2018_plochy-chmelnic-v-cr-2018.html

KRŠKOVÁ, I., Pokles ploch chmelnic: Tisková zpráva ÚKZK [online]. 3.9.2012 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=103&ch=1&typ=1&val=121958>

KRŠKOVÁ, Ivana, 2019. Tisková zpráva: Chmelu se dařilo, letošní sklizeň je jednou z nejvyšších za poslední roky. In: *Ústřední kontrolní a zkušební úřad zemědělský* [online]. 5.12.2019 [cit. 2019-12-24]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2019_chmelu-se-darilo-letosni-sklizen-je.html

LAWRENCET, B. M., 2001. Essential oils: From Agriculture to chemistry. *International Journal of Aromatherapy* [online]. 2001, **2001**, 82-98 [cit. 2020-07-15]. DOI: [doi.org/10.1016/S0962-4562\(01\)80002-3](https://doi.org/10.1016/S0962-4562(01)80002-3). Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0962456201800023>

MARKOVÁ, D., 2016. Pesticidy aneb globální hrozba. *Webchemie.cz* [online]. [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: <https://www.webchemie.cz/pesticidy.html>

MARTOS, M. V., NAVAJAS Y. R., LOPÉZ J. F. a ÁLVAREZ J. P., 2008. Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.) essential oil. *Food Control* [online]. 2008, (19), 1130-1138 [cit. 2020-07-14]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.12.003>. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713507002629>

MOTA, K.S.L., PEREIRA F.O., OLIVEIRA W.A., LIMA I.O. a LIMA E.O., 2012. Antifungal Activity of Thymus vulgaris L. Essential Oil and Its Constituent Phytochemicals against Rhizopus oryzae: Interaction with Ergosterol. *Molecules* [online]. (17), 16 [cit. 2020-07-13]. DOI: doi:10.3390/molecules171214418. ISSN ISSN 1420-3049. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1420-3049/17/12/14418>

NESVADBA, Vladimír, BRYNDA, M., JEŽEK, J., KOŘEN, J., KROFTA, K. a MALÍŘOVÁ I., 2013. Vývoj a tradice českých odrůd chmele = Development and tradition of Czech hop varieties. Žatec: Chmelařský institut.

NORRIE, J. a Keathley J. P., 2006. Benefits of Ascophyllum nodosum Marine-Plant Extract Applications to Thompson Seedless' Grape Production. *Acta Horticulturae* 727 [online]. 2006, 243-248 [cit. 2020-07-15]. DOI: doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.727.27. Dostupné z: https://www.ishs.org/ishs-article/727_27

OLŠOVSKÁ, J., BOŠTÍKOVÁ V., DUŠEK M., JANDOVSKÁ V. a BOGDANOVÁ K., Antifungal effect of hops [online]. 2016 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: https://scholar.google.cz/scholar?q=antifungal+effect+of+hops&hl=cs&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar#d=gs_qabs&u=%23p%3DqjgxX11RwIUJ

PAVELA, R., 2011. Botanické pesticidy. 1. České Budějovice: Kurent. ISBN 978-80-87111-26-0.

PERÉS, J. C. F., CARVALHO, L. R., GONZALES, E., BERIAN, L.O.S., FELICIO, J.D., 2012. Evaluation of antifungal activity of seaweed extracts. *Ciência e Agrotecnologia* [online]. 2012(36), 1 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542012000300004

PORTERFIELD, Andrew, 2018. *Organic fungicide copper sulfate poses dangers to humans, animals, insects—how does it compare to conventional pesticides?* [online]. 2018 [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: <https://geneticliteracyproject.org/2018/11/16/organic-fungicide-copper-sulfate-poses-dangers-to-humans-animals-insects-how-does-it-compare-to-conventional-pesticides/>

PROCHÁZKA, S., GLOSER, J., HAVEL, L., KREKULE, J., MACHÁČKOVÁ, I., NÁTR, L., PRÁŠIL, I., SLADKÝ, Z., ŠANTRŮČEK, J., ŠEBÁNEK, J., TESAŘOVÁ, M., VYSKOT, B., 1998. Fyziologie rostlin. Praha: Academia. ISBN 80-200-0586-2.

RYBÁČEK, V. (ed), 1980. Chmelařství. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství). ISBN 07-068-80.

RYBKA, A., Výrobní technologie a mechanizace při pěstování a sklizni chmele [online]. 2.11.2016 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/vyrobní-technologie-a-mechanizace-pri-pestovani-a-sklizni-chmele-212>

ŘEHOŘ, J., PROCHÁZKA, P., VOSTŘEL, J., FRAŇKOVÁ, A., 2018. Vliv aplikace biopesticidů na obsah chlorofylu v listech chmele. *Úroda*. Profi Press, 2018(3), 94-95

SHABNUM, S., WAGAY, G. M., 2011. Essential Oil Composition of Thymus Vulgaris L. and their Uses. Journal of Research & Development [online]. 2011(11), 12 [cit. 2019-04-15]. ISSN 0972-5407. Dostupné z: <http://www.agroresearchinternational.com/wp-content/uploads/2017/11/Essential-Oil-Composition.pdf>

SINGH, D., ed., 2014. Advances in Plant Biopesticides [online]. New Delhi: Springer India, s. 92-93 [cit. 2019-04-15]. DOI: 10.1007/978-81-322-2006-0. ISBN 978-81-322-2005-3.

STARÝ, Bohumil, 1959. Atlas chorob a škůdců kulturních rostlin. Praha: SZN. Rostlinná výroba.

ŠTAMBERKOVÁ, Jiřina, 2013. *Ochrana rostlin a její vztah k životnímu prostředí*. 2., rozš. vyd. Mělník: Česká zahradnická akademie Mělník. ISBN 978-80-87610-14-5.

ŠTRANC, J., ŠTRANC, P., ŠTRANC, D., 2013. Zásady správné agrotechniky chmele a analýza příčin velkého úhynu chmele na jaře roku 2012. Praha [i.e. České Budějovice]: Kurent. ISBN 978-80-87111-39-0.

ŠTRANC, P., ŠTRANC J., JURČÁK J., ŠTRANC D. a PÁZLER B., 2007. Řez chmele odrůdy Žatecký poloraný červeňák v podmínkách ČR. Praha: Pro katedru rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze vydalo vydavatelství Kurent. ISBN 978-80-87111-03-1.

ŠTRANC, P., ŠTRANC, J., JURČÁK, J., ŠTRANC, D., PÁZLER, B., 2007. Výsadba chmele. Praha [i.e. České Budějovice]: Kurent. ISBN 978-80-87111-02-4.

ŠTRANC, P., ŠTRANC, J., ŠTRANC, D. a LEDVINA, R., 2008. Zpracování půdy ve chmelnicích. Praha [i.e. České Budějovice]: Kurent. ISBN 978-80-87111-11-6.

TAIZ, L., ZEIGER, E., 2010. Plant physiology. 5. Sunderland, MA: Sinauer Associates. ISBN 978-0-87893-866-7.

TAUFEROVÁ, A., PETRÁŠOVÁ, M., POKORNÁ, J., TREMLOVÁ, B., BARTL, L., 2014. Rostlinná produkce. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-717-6.

TZORTZAKIS, G. N. a EKONOMAKIS C. D., 2007. Antifungal activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) essential oil against key postharvest pathogens. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. 2007, **2007**((8), 253-258 [cit. 2020-07-16]. DOI: [//doi.org/10.1016/j.ifset.2007.01.002](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.01.002). Dostupné z: [https://www.sciencedirect-com.infodroje.czu.cz/science/article/pii/S1466856407000045](https://www.sciencedirect.com/infodroje.czu.cz/science/article/pii/S1466856407000045)

ŮNAL, M., UÇAN, F., ŞENER, A., DİNÇER S., 2012. Research on antifungal and inhibitory effects of DL-limonene. *Turk J Agric For* [online]. 2012(36), 7 [cit. 2019-04-15]. DOI: 10.3906/tar-1104-41. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/ae92/f85f82ed3abedf04fc9f82a3bf473b999264.pdf>

VAVERA, R., KŘIVÁNEK, J., PECHOVÁ, M., 2017. Výživa a hnojení produkčních chmelnic. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha. ISBN 978-80-7427-268-4.

VELÍŠEK, J., (ed.), 1999. Chemie potravin II. 1. Tábor: OSSIS. ISBN ISBN 80-902391-4-5.

VOKŘÁL, M., M. KOVAŘÍK a J. VOSTŘEL, 2019. Chmel se bez ochrany neobejde. *AGRObase zpravodaj*. (3/2019), 22-23. Dostupné také z: http://www.akcr.cz/data_ak/19/a/AGRObase1903.pdf

VOLF, J., Reportáž - Chemické oblasti v České republice [online]. 24.03.2012 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <http://www.zemedelskefoto.net/info/002ChmelarskeOblasti.htm>

VOSTŘEL, J., a KLAPAL, I., 2005. Metodika ochrany chmele 2015: metodika pro praxi. 1. Žatec: Časopis Chmelařství. ISBN 978-80-86836-23-2.

VOSTŘEL, J., KLAPAL, I., KUDRNA, T. a FOŘTOVÁ, H., 2008a. Metodika ochrany chmele proti svilušce chmelové (*Tetranychus urticae* Koch). 1. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-72-0.

VOSTŘEL, J., KLAPAL, I., KUDRNA, T. a FOŘTOVÁ, H., 2008b. Metodika ochrany chmele proti mšici chmelové: (*Phorodon humuli* Schrank). Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-69-0.

VOSTŘEL, J., KLAPAL, I., KUDRNA, T., FOŘTOVÁ H., 2008c. Metodika ochrany hybridních odrůd chmele proti peronospoře chmelové (*Peronosplasmopara humuli* Miy et Tak., Wils.). 1. Žatec: Chmelařský institut. Metodika (Chmelařský institut). ISBN 978-80-86836-75-1.

VOSTŘEL, J., KLAPAL I. a WERSCHALLOVÁ M., 2020. *Metodika ochrany chmele 2020*. 1. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-42-3.

VOSTŘEL, J., KUDRNA, T. a KLAPAL, I., 2010a. Metodika ochrany chmele proti dřepčíku chmelovému: metodika pro praxi 05/10. 1. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-87357-05-7.

VOSTŘEL, J., NESVADBA, V., KLAPAL, I. a KUDRNA T., 2010b. Metodika ochrany chmele proti padlí chmelovému. 1. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-87357-07-1.

VOSTŘEL, J., PROCHÁZKA, P., ŘEHOŘ, J., FRAŇKOVÁ, A.: Vliv biopesticidů na obsah alfa hořkých kyselin ve chmelu. 2018, Úroda, roč. 66, č. 7, s.76-77. ISSN: 0139-6013.

VOSTŘEL, J., PROCHÁZKA, P., FRAŇKOVÁ, A. a ŘEHOŘ, J., 2019. Možnosti ošetření chmelové sadby přírodními látkami s antifungálním účinkem. *OSIVO a SADBA*. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2922-5.

WEIHRAUCH, F. a SCHWARZ J., 2013. DOWNY MILDEW CONTROL IN ORGANIC HOP BY THE MINIMAL USE OF COPPER FUNGICIDES – HOW LOW CAN WE GO? *International Hop Growers` Convention* [online]. 51-54 [cit. 2020-07-14]. ISSN 1814-2206. Dostupné z: <https://d-nb.info/1037703790/34#page=51>

ZACHARIAS, E. S., COCCIMIGLIO, J., ALIPOUR, M., 2014. The Bioactivity and Toxicological. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2015(55), 16 [cit.

2019-04-15]. DOI: 10.1080/10408398.2011.653458. ISSN 1040-8398 / 1549-7852 online.

Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/263014005_The_Bioactivity_and_Toxicological_Actions_of_Carvacrol

ZIMA, František a Václav ZÁZVORKA, 1938. Chmelařství. 2. vydání. Kněžves: Aagrosence. Publikace Ministerstva zemědělství 103/1938. ISBN 978-80-906121-0-5.