

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



**Antifungální aktivita vybraných přírodních látek proti
peronospoře chmelové**

**Antifungal activity of selected natural substances against
*Pseudoperonospora humuli***

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

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

Autor práce: Jan Vostřel

2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „**Antifungální aktivita vybraných přírodních látek proti peronospoře chmelové**“ vypracoval samostatně a použil pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze, dne 14.4.2017

Podpis autora:

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat všem, kteří mi pomáhali s bakalářskou prací. Poděkování patří zejména mému vedoucímu Ing. Pavlu Procházkovi Ph.D. za ochotu, trpělivost a cenné rady při realizaci této práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu v celém průběhu studia.

Autorský referát

Stále stupňující se tlak na prosazování integrované ochrany chmelových porostů vede k hledání alternativních prostředků na ochranu chmele. Jedním z těchto prostředků by mohly být např. přípravky s obsahem rostlinných silic a extraktů. Cílem této práce bylo ověřit účinnost působení roztoku tymiánové silice a chmelového extraktu proti peronospoře chmelové (*Pseudoperonospora Humuli*).

První fází pokusu bylo vhodné zvolení koncentrace roztoku k použití v pokusu. Byly připraveny roztoky o různých koncentracích, které jsme následně aplikovali na rostliny a pozorovali případnou fytoxicitu. Na základě pozorování fytoxicity byly následně do pokusu zvoleny koncentrace 0,5% u roztoku tymiánové silice a 1% v případě chmelového extraktu. Podstatou druhé části pokusu bylo zjistit účinnost zvolených roztoků proti napadení patogenem. Na jednotlivých variantách ošetření se provádělo hodnocení účinnosti a délka ochranného působení přípravků. Během pokusu bylo také prováděno měření obsahu chlorofylu v listech rostlin. Podrobnější popis pokusu je uveden v kapitole Metodika práce.

Z hodnocení účinnosti přípravků bylo zřejmé, že všechny přípravky mají ochranný účinek na rostlinu v počátečních fázích vývoje. S narůstajícím tlakem však účinnosti jednotlivých přípravků pozvolna klesaly. Po sedmi fungicidních sledech bylo evidentní, že roztok chmelového extraktu nedokáže ochránit rostlinu tak účinně jako ostatní varianty. Naopak roztok tymiánové silice se svou účinností, která byla bezmála 90%, vyrovnal konvenčním fungicidům používaným v praxi. V případě hodnocení délky ochranného působení bylo ověřeno ochranné působení všech přípravků nejméně 14 dní. Poté se již s malými rozdíly projevovalo mírné napadení na všech rostlinách. Po dvou měsících od provedení aplikace rostliny stále vykazovaly mnohem slabší příznaky napadení než rostliny neošetřené kontroly. Měření chlorofylu v listech ukázalo, že rostliny, opakovaně ošetřené roztokem tymiánové silice, vykazují až o 15% vyšší hodnoty chlorofylu než rostliny neošetřené. Přípravek s roztokem tymiánové silice o koncentraci 0,5% se tak projevil jako vysoce účinný, navíc s možným posilujícím efektem, a proto lze doporučit k dalšímu zkoumání.

Klíčová slova: chmel, tymiánová silice, peronospora chmelová, chlorofyl, chmelový extrakt

Abstract

Still escalating the pressure on the promotion of integrated protection of hop plantations leads to the search for alternative means for the protection of hops. One of these means could be, for example, products containing plant essential oils and extracts. The aim of this work was to verify the effectiveness of the action of a solution of thyme essential oil and hop extract against hop downy mildew (*Pseudoperonospora Humuli*).

The first part of the experiment was to select an appropriate concentration of the solution for use in the experiment. We have prepared solutions of different concentrations, which we subsequently applied on plants and observe potential phytotoxicity. On the basis of the observation of phytotoxicity were subsequently selected to the experiment concentration of 0,5% by a solution of thyme essential oil, and 1% in the case of hop extract. The essence of the second part of the experiment was to determine the efficiency of the chosen solutions against the pathogen. We made an evaluation of the effectiveness and duration of protective effect of all variants. During the experiment we also did measurement of the chlorophyll content in leaves of plants. Detail description of experiment is contained in Metodology chapter.

From the evaluation of the effectiveness of the products it was obvious that all products have a protective effect on the plant in the initial stages of development. However with increasing pressure of pathogen, the effectiveness of individual products started to decrease gradually. After seven fungicide treatments it was evident that the solution of the hop extract can't protect the plant as effectively as other variants. On the contrary, a solution of thyme essential oil is its efficiency, which was nearly 90%, compared to conventional fungicide means used in practice. In the case of the evaluation of the length of the protective effect on the plant has been verified the protective effect of all products for at least 14 days. After that, with small differences, all plants showed moderate signs of appearance of pathogen. After two months since fungicide treatment, all plants proved much weaker symptoms of occurrence of pathogen than untreated control plants. Measurements of chlorophyll in the leaves showed, that the plants repeatedly treated with a solution of thyme essential oil, showed up to 15% higher values of chlorophyll than the plants untreated. Product with a solution of thyme essential oil concentration

of 0.5% is then shown as highly effective, in addition, with a potential reinforcing effect. Therefore it can be recommended for further research.

Keywords: hops, Thyme Vulgaris essential oil, Pseudoperonospora Humuli, chlorophyll, hop extract

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	3
3	Literární část	4
3.1	Chmel otáčivý	4
3.2	Pěstitelské oblasti v České republice	4
3.2.1	Žatecká chmelařská oblast	5
3.2.2	Úštěcká pěstitelská oblast	5
3.2.3	Tršická chmelařská oblast	6
3.3	Plochy chmele u nás a ve světě	6
3.4	Odrůdy chmele	7
3.4.1	Žatecký poloraný červeňák	8
3.4.2	Hybridní odrůdy	10
3.5	Botanické zařazení a anatomie chmele	13
3.5.1	Podzemní část rostliny	14
3.5.2	Nadzemní část rostliny	14
3.5.3	Květenství a chmelová hlávka	15
3.6	Agroekologie chmele	15
3.7	Agrotechnika chmele	16
3.7.1	Podzimní agrotechnické zásahy	17
3.7.2	Jarní agrotechnické zásahy	18
3.7.3	Letní agrotechnické zásahy	19
3.7.4	Sklizení chmele	19
3.7.5	Sušení chmele	20
3.7.6	Závlaha chmele	20
3.8	Škodlivé organismy chmele	21
3.8.1	Živočišní škůdci chmelu	21
3.8.2	Houbové choroby chmele	24

3.9	Silice tymiánu obecného (<i>Thymus vulgaris</i>)	26
3.9.1	Obecná charakteristika silic	26
3.9.2	Antifungální aktivita	27
3.9.3	Metody izolace silic	28
3.9.4	Složení tymiánové silice	29
3.10	Chmelový extrakt	31
3.10.1	Chemické složení chmele	32
3.10.2	Ethanolové chmelové extrakty	33
3.10.3	CO ₂ chmelové extrakty	33
4	Metodika pokusu	34
4.1	Stanovení toxické koncentrace tymiánové silice a chmelového extraktu	34
4.2	Účinnost chmelového extraktu a tymiánové silice proti plísni chmelové na sadbě chmele otáčivého	34
5	Výsledky pokusu	38
5.1	Hodnocení fytotoxicity přípravků	38
5.2	Výsledky hodnocení účinnosti při ošetření fungicidním sledem (Skupina A)	41
5.3	Výsledky hodnocení nástupu napadení rostlin po jedné fungicidní aplikaci (Skupina B)	42
5.4	Výsledky měření obsahu chlorofylu	46
6	Diskuze	47
7	Závěr	49
8	Seznam použité literatury	50

1 Úvod

Chmel otáčivý je vytrvalá pravotočivá rostlina, patřící do čeledi konopovitých. Že šlo o plodinu významnou z hlediska hospodářského využití, již dokazují zprávy z přelomu tisíciletí (Vent et. al. 1963). Pěstování chmele (*Humulus lupulus L.*) má dlouhou historii. Chmel jako léčivou rostlinu zmiňuje již římský historik Plinius v 1. století př. n. l. Ve středověku se chmel začal používat při vaření piva pro jeho konzervační vlastnosti a současně jako nositel hořkosti. Od té doby je chmel základní surovinou v pivovarnictví a až 95 % celosvětové produkce chmele je určeno pro pivovarské účely, zbytek je z velké části použit pro výrobu fytofarmak, potravinových doplňků nebo kosmetiky. Pivovarský průmysl vyrábí jako hlavní výrobky světlá a tmavá výčepní piva, ležáky, speciální piva a piva se sníženým obsahem alkoholu. Nejproslulejší výrobky našeho pivovarsko-sladařského průmyslu - slad a pivo - jsou důležitými exportními položkami, stejně jako základní surovina chmel (Krofta, Mikyška 2014).

Velmi významným faktorem pro obchod s českým chmelem je chráněné označení původu, které Žatecký chmel získal již v roce 2007 jako první v EU ve chmelařském oboru, chrání a deklaruje původ Žateckého chmele, který je v regionu pěstován po staletí. Díky ochranné známce, zaručující chmel nejvyšší kvality, se Žatecký chmel stává vyhledávaným produktem, zejména ve státech s intenzivně se rozvíjejícím pivovarnictvím. Výjimečné vlastnosti českého chmele jsou tak destinacích, kde prudce stoupá zájem vařit pivo z kvalitních surovin, velmi žádané. V posledních letech se výrazně zvýšil vývoz Žateckého chmele zejména do Číny, která svou rozlohou a počtem obyvatel představuje velký potenciál pro český export chmele (Kovařík, Rosa 2015).

Velmi dobré výsledky zaznamenává v současné době české pivo v zahraničí. Jeho export vloni rostl o 8 %. Současně pozitivním trendem je loňský výrazný pokles importu, který klesnul o téměř 208 tisíc hektolitřů. Další pozitivním ukazatelem pro české pivovarnictví a produkci chmele je také skutečnost, že drtivá většina piva (přes 98 %), které se u nás ročně vypije, se vyrobí v České republice a z českých surovin. Což je unikátní číslo ve srovnání s jakýmkoliv druhem nápoje či potravin (Balach 2015).

Snahou všech vyspělých společenství současného světa je ale také snižování zátěže životního prostředí cizorodými látkami. Současně je kladen důraz na absenci reziduí přípravků v potravinách. Určitým kompromisem ve snižování zátěže životního prostředí a současně dosahování požadované produkce pro neustále rostoucí potřebu lidstva je integrovaná ochrana rostlin. Mezi základní formy integrované ochrany rostlin patří také upřednostňování šetrnějších přípravků vůči životnímu prostředí před přípravky agresivními (Kuthan 2017). Ze závěrů monitorovacích studií, prováděných především v Německu, vyplynulo, že akceptovatelné riziko pro půdní makroorganismy je pouze 4 kg Cu/rok, zatímco dávka aplikovaná do chmelových porostů u nás během vegetace je téměř dvojnásobná. Taková dávka mědi podle Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA) představuje vysoké riziko pro půdní makroorganismy, především žížaly. Proto se hledají alternativní metody (Šedý 2016). Potenciálním zdrojem účinných látek v ochraně rostlin se tak nabízí byliny a aromatické rostliny. Rostlinné extrakty mohou stimulovat obranné reakce u rostlin, zatímco silice bylin a aromatických rostlin fungují na bázi rostlinných elicitorů. Mezi rostliny s nejvyšší antimikrobiálními účinky patří zejména zástupci rodu *Mentha*, *Pelargonium*, *Eugenia*, *Thymus*, *Citrus*, *Rosmarinus*, *Apium*, *Satureja* či *Lamium*. (Pavloušek 2016).

Náplní této práce je popsat proces pěstování chmele, přiblížit ochranné působení aromatických rostlin a vyhodnotit případnou účinnost proti chmelovým chorobám.

2 Cíl práce

Stupňující se tlak ze strany Evropské Unie na snížení užívání fungicidních přípravků na bázi mědi má za následek hledání nových alternativ v ochraně chmelových porostů proti plísni chmelové. Již mnoho odborných studií potvrdilo, že některé složky rostlin vykazují výrazné antifungální vlastnosti, čímž představují potenciální prostředek k ochraně chmele.

Cílem práce je zpracovat aktuální rešerši vědeckých textů k dané problematice, ověřit možnou fytoxicitu přípravku z tymiánové silice a chmelového extraktu a vyhodnotit jejich účinnost proti plísni chmelové.

3 Literární část

3.1 Chmel otáčivý

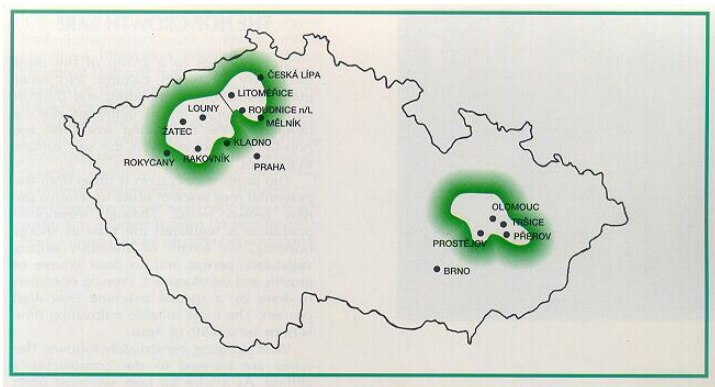
Dnešní kulturní chmel vznikl bez pochyby z chmelu planého otáčivého. Za původní místo výskytu chmelu jsou považovány úrodné nížiny v podhůří Kavkazu a oblast okolo Černého moře, odkud se chmel rozšířil do střední Evropy. Jako první použili chmel k chmelení nápojů Slované a od nich jeho využití následně převzaly germánské kmeny a ostatní národy (Šnobl et. al. 2004).

První záznamy o chmelu jako léčivém prostředku pocházejí až z 11. století. Staré herbáře poukazují na použití chmelové rostliny v medicíně při léčení infekcí a zažívacích problémů. Dlouholetá historie chmele dokládá jeho léčivé účinky při problémech s nespavostí, zažíváním, křečemi, záněty, bolestmi uší a zubů (Krofta, Mikyška 2014).

3.1.1 Pěstitelské oblasti v České republice

České chmelářské oblasti se nacházejí na pomezí mírného přímořského a vnitrozemského klimatu. Povoleny jsou u nás tři pěstitelské oblasti - Žatecko, Ústěcko a Tršicko. Pro všechny tyto oblasti jsou typické nízký úhrn dešťových srážek během vegetačního období (300 – 350 mm) (Forejtová 2007).

Obr. č.1.: Chmelářské oblasti v České republice



Zdroj: www.agrobiologie.cz

3.1.2 Žatecká chmelařská oblast

Žatecko je největší chmelařskou lokalitou v České republice. Žatecká chmelařská oblast se nachází na katastrálním území v okresech Louny, Rakovník, Chomutov, Kladno, Plzeň-sever, Rokycany. Severní část žatecké oblasti se nachází převážně v údolí Ohře a jejích přítoků, jižní část je tvořena Džbánskou vrchovinou s pěstitelskými plochami ve vyšší nadmořské výšce. Džbánská vrchovina spolu s údolím Klášterského a Pochválovského potoka tvoří známo část oblasti tzv. Podlesí. Západní část žatecké oblasti je představováno Údolím zlatého potoka, tedy lokalitou v povodí Blšanky. Jedná se o členitou oblast, kde jsou pěstební plochy chmele lokalizovány v blízkosti potoků a svahů (Vent et. al. 1963). Pěstování chmele má v této oblasti tisíciletou tradici. Centrem Žatecké chmelařské oblasti a sídlem chmelařských organizací, tak jako i střediskem zpracování chmele je město Žatec. Jedinečností této oblasti jsou její specifické přírodní podmínky. Území je od severozápadu lemováno Krušnými horami, Doupovskými vrchy a Českým středohořím. Toto ohraničení tvoří okolo Žatecka tzv. srážkový stín. Průměrný roční úhrn srážek se zde pohybuje okolo 450mm, z toho 260mm během vegetačního období (Anonym (a) 2007). Žatecko se tak řadí mezi mírně teplé až suché oblasti. Teplotní normál v Žatci se pohybuje na úrovni 8,5 °C, průměrná roční doba slunečního svitu je okolo 1800 hodin (Vent et. al. 1963; Štranc et al., 2016).

Většina chmelnic v Žatecké oblasti je založena na půdách, které mají svůj původ ve vrstvách permského geologického útvaru. Tyto půdy označované jako permské červenky jsou bohaté na minerály, zejména sloučeniny železa a manganu. Jsou označovány jako nejlepší půdy pro jemný aromatický chmel. Na plošinách Džbánské vrchoviny se chmel pěstuje na půdách hnědozemního typu, v okolí řeky Ohře a jejích přítoků jde převážně o lužní půdy (Forejtová 2007). V roce 2016 byl v Žatecké oblasti pěstován chmel na ploše 3692 ha (Barborka 2016).

3.1.3 Úštěcká pěstitelská oblast

Úštěcká chmelařská oblast zahrnuje katastrální území v okresech Litoměřice, Česká Lípa a Mělník. Oblast se nachází na různých nadmořských výškách, od 140 do 450 mnm. Na většině území se pěstuje chmel na hnědých půdách, místy i na černozemích. Průměrný roční úhrn srážek

se zde pohybuje okolo 489 mm, z toho na vegetační období připadá průměrně 284 mm (Forejtová 2007). Vyšší úhrn srážek během vegetace spolu s vyšší průměrnou teplotou znamenají vhodnější podmínky pro pěstování chmele. Dosahuje se zde průměrně vyšších výnosů hlávek než v Žatecké oblasti (Šnobl et. al. 2004). Ke dni 20.8.2016 byl v Úštěcké oblasti pěstován chmel na 512 ha (Barborka 2016).

3.1.4 Tršická chmelařská oblast

Tršická oblast je jediná lokalita pěstování chmele na Moravě. Oblast se odlišuje od ostatních absencí zvlněných zahloubených údolí. Povodí moravských řek je převážně široké a otevřené. Chmel se zde proto pěstuje zejména na rovných plochách s dobrou jímavostí vody. Problém však může představovat přílišná otevřenost větrům (Krofta et. al. 2010). Převládají zde hnědozemě a mírně podzolové půdy, převážně hnědozemního a částečně černozemního typu. Oblast se vyznačuje větším množstvím srážek během vegetačního období a horizontálně rozličným terénem. Většina pěstebních ploch v Tršické chmelařské oblasti se nachází ve výšce v rozmezí 260 až 300 mmm (Vent et. al. 1963).

3.2 Plochy chmele u nás a ve světě

Plochy chmele ve světě měly dlouhodobě klesající tendenci. V roce 2014 došlo k nárůstu plochy o 1 576 ha (2,9 %), celková světová sklizňová plocha chmele tak činila 47 094 ha. Současně došlo k nárůstu produkce o 15,5% na 95 693 t. K nárůstu ploch dochází zejména v hlavních pěstitelských státech, kterými je Německo, USA, Čína a Česká republika (Drozdová 2015). V České republice od roku 1990 plochy chmelnic neustále klesaly. Hlavním důvodem byla nízká ekonomická efektivita pěstování chmele a právní a půdní nejistota v zakládání nových porostů. Výstavba nových chmelnic je finančně velmi náročnou záležitostí, kdy výstavba s výsadbou se pohybuje v rozmezí 500 - 700 tisíc Kč/ha (Šnobl 2003). Velmi výrazný pokles ploch chmelnic v letech 2010-2011 byl způsoben zejména kritickou situací na trhu s chmelem, kdy nadprůměrné předchozí ročníky celosvětově snížili poptávku. Pokračoval pokles ploch až do

roku 2013, kdy byla zaznamenána historicky nejnižší plocha chmelnic v České republice - 4319 ha. Od roku 2013 již dochází k pozvolnému nárůstu sklizňových ploch chmele (Anonym (b) 2016). V roce 2016 činila výměra chmelnic 4775 ha. Nárůst plochy významně ovlivnil výsaz 301 ha tradiční české odrůdy, kterou je Žatecký poloraný červeňák. Česká republika je aktuálně třetí největší pěstitelskou zemí světa a největším producentem jemně aromatického chmele na světě (Barborka 2016).

3.3 Odrůdy chmele

Technický a technologický pokrok na konci 20. století, měl za následek změnu požadavku pivovarů na jakost chmelových hlávek. Pivovary začaly spolu s jemným aromatickým chmelem vyžadovat i chmel s výrazně vyšším obsahem α -hořkých kyselin a ještě přijatelným aroma. Tomuto požadavku se museli pěstitelé přizpůsobit sladěním sortimentu pěstovaného chmele s požadavky pivovaru jak z pohledu kvality tak i kvantity (Šnobl et. al. 2004). Tento fakt měl za následek radikální změnu odrůdové skladby chmele u nás. Kromě tradiční české odrůdy, Žateckého poloraného červeňáku, se začali pěstovat i původní české hybridní odrůdy Bor, Sládek a Premiant. Odrůdová skladba byla postupně doplněna o odrůdy Agnus, Harmonie, Vital, Kazbek, Bohemie a Saaz Late (Krofta et. al. 2010).

České odrůdy chmele se dělí podle mnoha kritérií, např. dle ranosti, zbarvení, původu a pivovarského využití (Nesvadba et. al. 2013). Podle původu odrůdy chmelu se rozlišují odrůdy vzniklé výběrem z původních potomstev, které byly po staletí vegetativně množeny a odrůd vzniklých výběrem a cíleným šlechtěním - hybridní odrůdy. Odrůdy se dále dělí dle zbarvení na červeňáky a zeleňáky. Réva červeňáků je do určité míry pigmentována antokyany, kdežto u zeleňáků k pigmentaci nedochází. Mezi těmito skupinami existuje množství přechodů, zejména u zástupců hybridních odrůd (Vent et. al. 1963). Dle vegetační doby zrání se rozlišují odrůdy rané, polorané a pozdní. Aromatické odrůdy bývají většinou rané až polorané, hořké odrůdy naopak pozdní (Kubíček a Čepička 2000).

Kubíček a čepička (2000) rozdělili odrůdy chmele dle pivovarského využití do následujících čtyř skupin.

Jemně aromatické odrůdy: Odrůdy s jemným aroma a obsahem α -hořkých kyselin mezi 3,5-4,0%. Mezi tyto odrůdy patří genetické větve Žateckého poloraného červeňáku, německá odrůda Tett nang a Spalt a polská odrůda Lublin.

Aromatické odrůdy: Vyznačují se částečně vyšším obsahem α -hořkých kyselin (až 6,5%) a podílem farnesenu do 5% (jemně aromatické odrůdy 10-20%). Patří sem například česká odrůda Sládek a bavorské tradiční odrůdy Hersbrucker a Hallertauer.

Odrůdy hořkých chmelů: Mezi hořké chmele patří dvě české odrůdy Bor a Premiant nebo významná anglická odrůda Northern Brewer. Chmele se vyznačují obsahem α -hořkých kyselin až 8% čímž dosahují vysoké hodnoty hořkosti. Aroma nebývá u těchto odrůd tak kvalitní jako u předchozích skupin, výjimkou je odrůda Premiant, který si uchoval velmi příjemné aroma. Bývá proto často označován jako odrůda poloaromatická.

Vysokoobsažné chmele: Představují hybridní odrůdy cíleně vyšlechtěné na velmi vysoké hodnoty α -hořkých kyselin, samozřejmě na úkor horšího aroma chmele. Patří sem odrůdy Magnum, Taurus, Nugget a Columbus.

3.3.1 Žatecký poloraný červeňák

První zmínky o pěstování chmelu na území Čech a Moravy pochází z 8. a 9. století. Původně byl chmel pěstován roztroušeně po celém území. Od 15. století se začala objevovat diferenciací pěstování na klimaticky a pěstebně vhodné oblasti. Následně narůstající požadavky pivovarů na kvalitu a kvantitu chmele vedly k omezení pěstování na lokality okolo řek Ohře, Labe, Vltavy, Moravy a Bečvy. Tento hospodářský typ jemně aromatického chmelu je znám jako Žatecký poloraný červeňák. Žatecký poloraný červeňák (dále jen ŽPČ) byl získán klonovou selekcí v populačních porostech metodou pozitivního výběru. Pro šlechtění českého chmele měla zásadní význam práce doc. Karla Osvalda. Jím vyšlechtěné klony označované jako 31,72 a 114

jsou dodnes základním kamenem všech odrůd pěstovaných v České republice (Krofta et. al. 2010).

Rostliny ŽPČ jsou středně mohutného vzrůstu s větším olistěním, plodonosné větévky jsou dlouhé 60 až 100 cm, v horní části vzpřímené, v dolní svislé. Hustota nasazení hlávek je spíše střední s délkou dozrálé hlávky mezi 2-3 cm. Hlávky jsou vejčitého tvaru, zlatavě-zelené barvy. Réva chmelu je široká okolo 10mm a má zelenočervenou barvu (Vent et. al. 1963). ŽPČ je středně raná odrůda chmele s vegetační dobou 122 až 128 dní. Řez chmele se provádí až ke konci období řezu. Dlouhivý růst je od začátku vegetace intenzivní. Odrůda se současně vyznačuje velmi dobrou česatelností a výnosy mezi 0,8 až 2,0 t na hektar plochy (Nesvadba et. al. 2013). Odrůda je středně odolná až tolerantní k padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*) a středně odolná k plísni chmelové (*Pseudoperonospora humuli*) (Altová 2011). Velmi významným krokem k zefektivnění českého chmelařství bylo také ozdravení ŽPČ od virových onemocnění. Jelikož byla tato odrůda soustavně pěstována na stejných stanovištích po desítky let, došlo vlivem viróz k radikálnímu zhoršení zdravotního stavu porostů. Tato skutečnost měla za následek redukcí výnosu i snížení α -hořkých kyselin v chmelových hlávkách. V roce 1991 byl ozdravovací proces dovršen výsadbou prvních bezvirózních porostů Osvaldova klonu č.72 (Krofta et. al. 2010). Jemné chmele žatecké provenience jsou charakteristické poměrem alfa-hořkých kyselin a beta-frakcí, který bývá přibližně 1 : 1,5. Chmelové alfa-hořké kyseliny jsou směsí několika analogů humulonů. V přirozených směsích alfa-hořkých kyselin převládají podle odrůdy, provenience a stupni zralosti humulon a kohumulon. U Žateckého poloraného červeňáku bývá podíl kohumulonů přibližně 28 %, zatímco geneticky odlišné odrůdy mají obsah kohumulonů až 40 %. Nižší podíl kohumulonů se považuje za záruku jemnější hořkosti (Mikyška 2009). Látkové složení chmelových silic u hlávkového chmele je představováno 4 terpenickými složkami, které tvoří 70 – 80 % veškerých chmelových silic. Jedná se o myrcen (25-40%), humulen (15-30%), farnesen (14-20%) a karyofylen (6-9%) (Kroupa 2008). Ve formě lisovaného chmele nebo granulí se produkty ŽPČ používají především pro finální chmelení piva. Žatecký chmel dodává pivu příjemnou a vyrovnanou chuť a vůni. Je velmi bohatý na polyfenoly. Vyrovnaný poměr alfa a beta hořkých látek podmiňuje spolu se specifickým obsahem chmelových silic typický charakter chuti piva. Žatecký chmel je používán jako prostředek formující konečnou vyváženou chuť masově vyráběných piv (Anonym (c) 2017).

3.3.2 Hybridní odrůdy

Saaz Late

Saaz Late je nová odrůda registrovaná v roce 2010 a vyšlechtěná z materiálu ŽPČ. Odrůda je obsahem a složením pryskyřic a chmelových silic velmi podobná ŽPČ, avšak od dalšího šlechtitelského materiálu získala navíc i vyšší výnosový potenciál (Altová 2011). Rizikovými faktory pěstování jsou citlivost k zastínění a náchylnost k vylamování pazochů, proto se u této odrůdy doporučuje výsadba do větších sponů. Odrůda je polopozdní s vegetační dobou 128-135 dnů. Česatelnost je ve srovnání s ŽPČ náročnější z důvodu hustšího nasazení hlávek (Nesvadba et. al. 2013). Aroma odrůdy je typické chmelové. Odrůda je středně odolná k padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*) i k plísní chmelové (*Pseudoperonospora humuli*). Průměrný výnos odrůdy je 1,7 – 2,2 t/ha (Altová 2011).

Sládek

Byl získán selekcí z hybridního potomstva šlechtitelského materiálu složeného z odrůd ŽPČ a Northern Brewer. Jako perspektivní genotyp aromatické odrůdy chmele byl roku 1994 zařazen mezi registrované odrůdy (Krofta et. al. 2010). Hlávka je středně až dlouze vejčitá s typickým odkloněním špiček krycích listenů od hlávky a jemným chmelovým aroma. Odrůda je středně odolná až tolerantní k padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*) a středně odolná až tolerantní k plísní chmelové (*Pseudoperonospora humuli*). Sládek je pozdní odrůda (s vegetační dobou 133 – 140 dní), která má střední obsah chmelových pryskyřic a silic, dále také vyrovnaný poměr alfa a beta hořkých kyselin (Altová 2011). Česatelnost chmele je nižší z důvodu hustého nasazení hlávek a současně nestejněměrné dozrávání odrůdy vyžaduje vyšší nároky na sušení. Výnosy se pohybují okolo 1,8-2,5 t z hektaru plochy (Nesvadba et. al. 2013).

Harmonie

Odrůda je hybridní kříženec ŽPČ, Premiantu a Northern Brewer s téměř 60% zastoupením ŽPČ. Byla registrována v roce 2004 jako nová aromatická odrůda, s „harmonickým“ obsahem alfa a beta kyselin (Krofta et. al. 2010). Rostlina má mohutný vzrůst válcovitého tvaru. Réva je silná a červená. Plodonosné pazochy jsou velmi dlouhé se střední výškou nasazení. Chmelové

hlávky jsou středně hustě nasazené, v hustých porostech i řídké. Hlávka je střední až velká s vejčitým tvarem. Odrůda vykazuje toleranci k padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*) a střední odolnost k plísni chmelové (*Pseudoperonospora humuli*). Harmonie je polopozdní odrůda, s vegetační dobou 135 – 138 dní. Je charakteristická velmi krátkou technologickou zralostí (3 až 5 dní), po této době dochází při strojní sklizni k vysokým ztrátám (rozpad hlávek). Harmonie má střední obsah chmelových pryskyřic a silic s vyrovnaný poměr alfa a beta hořkých kyselin (Altová 2011). Aroma odrůdy je kořenité s podílem bylinné vůně. Pivovarské zkoušky poukazují na dobrou kvalitu a intenzivní vůni piva (Anonym (c) 2017).

Bor

Bor byl vytvořen selekcí hybridního potomstva odrůdy Northern Brewer. Semena tohoto potomstva byla ozářena na gama poli. Jako perspektivní hybridní genotyp hořkého typu byl od roku 1994 zařazen mezi registrované odrůdy (Krofta et. al. 2010). Odrůda je morfologicky podobná ostatním odrůdám, vyznačuje se střední odolností k padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*) i k plísni chmelové (*Pseudoperonospora humuli*). Bor je polopozdní odrůda s délkou vegetační doby 130 – 135 dní. Střední obsah chmelových pryskyřic a silic s poměrem alfa a beta hořkých kyselin 1:2 (Altová 2011). Odrůda nesnáší dlouhodobé přemokření půdy a je náchylná k přežrávání a rozplevení hlávky. Z tohoto důvodu je podstatné provádět sklizeň v době technologické zralosti a v co nejkratším časovém úseku. Česitelnost je dobrá. Výnosy se pohybují mezi 1,7-2,3 t z hektaru plochy (Nesvadba et. al. 2013).

Premiant

Premiant byl získán selekcí hybridního potomstva křížením homozygotní linie Žateckého poloraného červeňáku a dalšího šlechtitelského materiálu. V roce 1996 byl registrován jako nová odrůda, s aktuálně nejvyšším obsahem chmelových pryskyřic než ostatní registrované odrůdy v České republice (Krofta et. al. 2010). Rostlina má mohutný vzrůst válcovitého tvaru. Réva je zelená, silná 12 – 15 mm. Pro Premiant je charakteristická tvorba pazochů druhého řádu a tmavě zelené zbarvení révových listů nakloněných k révě. Na jaře je citlivější k peronospoře chmelové (tvorba klasovitých výhonů), jinak se vyznačuje střední odolností. Premiant je polopozdní odrůda s délkou vegetační doby 128 – 134 dní (Altová 2011). Odrůda je náročnější na hnojení

dusíkem a dostatek vláhy během vegetace. Sklizeň je nutno provádět v kratším časovém období z důvodu přezrání hlávek. Výnosy odrůdy jsou udávány mezi 1,8-2,5 t z hektaru plochy (Nesvadba et. al. 2013). Premiant je velmi oblíbený v pivovarnictví. Má slabší aroma než ostatní žatecké odrůdy. Použitím premiantu při chmelení se dosahuje neutrální hořkosti a eliminuje se ulpívající hořkost v ústech po napití piva (Anonym (c) 2017).

Bohemie

Bohemie je od roku 2010 nová odrůda aromatického chmelu, vzniklá křížením ŽPČ a odrůdy Sládek (Krofta et. al. 2010). Od ostatních odrůd se vyznačuje kratší vegetační dobou, delší dobou technické zralosti a pevnými hlávkami, což představuje usnadnění sklizně a velmi dobrou česatelnost s minimem ztrát (Nesvadba et. al. 2013).

Kazbek

V roce 2008 registrovaná nová odrůda, získána selekcí z potomstva hybridního materiálu, kde je v původu ruský planý chmel. Pro odrůdu je typická vysoká stabilita a robustnost (Krofta et. al. 2010). Pro Kazbek jsou typické velmi dlouhé plodonosné pazochy s hustě nasazenými, podlouhlými hlávkami. Jedná se o odrůdu hořkého typu s delší vegetační dobou (Altová 2011). Odrůda je charakteristická citrusovým aroma a doporučuje se pro druhé chmelení a chmelení za studena. Našla své využití také v produkci svrchně kvašených piv tzv. India Pale Ale (Anonym (c) 2016)

Rubín

Rubín vznikl selekcí z potomstva odrůdy Bor a samčí rostliny křížence Northern Brewer a ŽPČ. Byl registrován v roce 2007. Typické jsou dobré růstové vlastnosti a vysoký obsah chmelových pryskyřic (Krofta et. al. 2010). Charakteristický znak odrůdy je silně kořenité aroma hlávek s vyšším obsahem siličných složek selinenů. Další znakem je náchylnost k padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli*) (Altová 2011). Sklizeň se provádí v krátkém časovém úseku z důvodu náchylnosti k rozplevení hlávek a nepříjemného aroma při přezrání (Nesvadba et. al. 2013).

Agnus

Agnus vznikl z hybridního potomstva, které má v původu odrůdy Sládek, Bor, ŽPČ, Northern Brewer, Fuggle. Odrůda byla registrována v roce 2001, jako první vysokoobsažná odrůda u nás. Hlávky této odrůdy se vyznačují vysokou hmotností, silným kořenitým aroma a vysokým obsahem chmelových silic. Stejně jako odrůda Premiant je v jarním období náchylná k tvorbě klasových výhonů a má zvýšené nároky hnojení dusíkem (Altová 2011). Pivo z této odrůdy vykazuje vysokou stabilitu, proto tuto odrůdu požadují pivovary pro svůj zahraniční obchod, kde je nezbytná dlouhá doba trvanlivosti. Současně je odrůda vhodná k tvorbě pelet a k extrakci (Anonym (c) 2016).

Vital

Vital byl vyšlechtěn z potomstva F1 generace odrůdy Angus a dalšího šlechtitelského materiálu, pro farmaceutické a biomedicinální účely. Značí se vysokým obsahem xanthohumolu a desmethylxanthohumlu (Krofta et. al. 2010). Jedná se o pozdní odrůdu s dlouhou periodou technické zralosti. Typické jsou podlouhlé hlávky s ovocným aroma a podílem kořeněné vůně (Nesvadba et. al. 2013).

3.4 Botanické zařazení a anatomie chmele

Chmel, jako jedna ze tří základních surovin pro výrobu piva, je představován usušenými chmelovými hlávkami samičích rostlin. Dává pivu jeho typickou hořkou chuť a charakteristické aroma (Čepička, Kubíček 2000). Podle Rybářka et al. (1980) se kulturní chmel člení taxonomicky takto:

rod: Kopřivovité - *Urticaceae*

čeleď: Konopovité - *Canabinaceae*

druh: Chmel otáčivý - *Humulus lupulus L.*

poddruh: evropský - *Humulus lupulus L. ssp. europeus Ryb.*

varieta: kulturní - *Humulus lupulus L., ssp. europeus Ryb., var. culta Ryb.*

Chmel je rostlina dvoudomá. Prašníkovité květy vyrůstají v latách a pestíkové v krátkých klasech, z nichž se vytvářejí vejčité šištice. Plodem chmele jsou jednosemenné nažky. Hospodářský význam však mají pouze rostliny samičí. Je nežádoucí, aby docházelo k oplození, neboť vede k omezení kvality hlávek a redukci produkce lupulinu, je proto nutné likvidovat planě rostoucí samčí rostliny v blízkosti chmelnice. K opylení dochází převážně větrem (Rybáček et. al. 1980).

3.4.1 Podzemní část rostliny

Rostlina chmelu se skládá z části podzemní a části nadzemní. Podzemní část je tvořena zdřevnatělou babkou, z níž vyrůstá kořenová soustava. Základem babky je staré dřevo, ležící 100 – 300 mm pod povrchem půdy (Černohorský 1967). Tato část rostliny představuje významný článek mezi kořenovou soustavou a nadzemními orgány, nenahraditelná je současně její funkce spících pupenů, která jí zajišťuje víceletost a možnost opětovného růstu každý rok. Vertikální lodyžní orgány se rozdělují na nové dřevo, které je jednoleté a víceleté staré dřevo (Štranc et al. 2007a). Kořenová soustava rostlině zajišťuje upevnění v půdě, příjem vody, živin a ostatních organických látek působících pozitivně na produkční schopnosti rostliny (Rybáček et. al. 1980).

3.4.2 Nadzemní část rostliny

Nadzemní část rostliny vytrvává pouze jedno vegetační období. Jejím základem jsou nové výhonky, vyrůstající z babky nebo částí loňských rév. Mají hákovitě zahnuté vrcholy, z počátku vývoje jsou velmi křehké a mají jen pozvolné přírůstky. V místech kde přisedají vstříčné listy je lodyha článkovaná a do dosažení 50 cm výšky je vyplněna dřevem. Později vzniká uprostřed révy dutina, přerušovaná dřevem pouze v nodech (Vent et. al. 1963). Ovívá réva je pravotočivá, dosahuje výšky 7 – 9 m a tloušťky 7 – 13 mm. Pokožka je pokryta trichomy, umožňující přichycení révy na chmelovod. Barva révy může být zelená („zeleňáky“), nebo načervenalá vlivem anthokyanové pigmentace („červeňáky“). Postranní větévky révy (pazochy) dorůstají délky 0,5 – 1m. Na nich vyrůstají menší listy pazochové (Rybáček et. al. 1980). Listy révové vyrůstají vstříčně párovitě z nodů na révě. Jejich tvar se mění v průběhu vegetace. Mladé listy jsou srdčité, starší 3laločné, dospělé 5 – 7laločné. Svrchní strana listu je tmavě zelená,

pokrytá drsnými háčkovitými chlupy, spodní strana listu je světlejší se sítí silně vyniklých žilek a roztroušenými pohárkovými žlázkami, obsahující silice a pryskyřice. (Pazdera et. al. 2001)

3.4.3 Květenství a chmelová hlávka

Samičí květy se vytváří na květonosných větévkách, vznikajících u báze pazochu. K dobrému vývoji potřebují plný přístup světla, proto je chmel velmi náročný na intenzitu osvětlení ve fruktifikační fázi. Tvorbě květů předchází intenzivní tvorba listové plochy a současně dokončení růstu révy do délky. Olistění květonosných větévek je jedním z významných odrůdových znaků. Intenzita olistění přímo souvisí s množstvím slunečního záření přístupného chmelovým hlávkám, kdy při nedostatku záření dochází k snížení obsahu hořkých látek (Vent et. al. 1986).

Květonosná větévka se samičími květenstvími se nazývá osýpka, přičemž na jedné větévce se může nacházet až 40 květenství. Osýpka přechází postupně v chmelovou hlávku (šišťici). Hlávka je tvořena samičími kvítky uspořádanými na chmelovém věténku, které je mnohokrát zalomeno. Počet zalomení je různý, od 8 do 16 článků. Na každém článku věténka přisedají dva listeny krycí a čtyři listeny pravé. V dolní části pravých listenů jsou lupulinové žlásky (žlutý lupulinový prášek). Průměrná délka hlávek bývá 15 – 35 mm (Pazdera et. al. 2001).

3.5 Agroekologie chmele

Základem úspěšné chmelové produkce je bezpochyby výběr stanoviště tak, aby bylo co nejvíce v souladu s biologickými nároky chmele. V České republice zakládáme chmel pouze v renomovaných oblastech s přechodným atlanticko-kontinentálním klimatem. Jedná se o oblasti Žatecko, Ústěcko a Tršicko. Biologické zvláštnosti chmelové rostliny podmiňují jeho vyhraněné nároky na vlastnosti půdy a klimatické podmínky (Štranc et. al. 2007b).

Jedním z nejvýznamnějších faktorů je intenzita osvětlení. Působí pozitivně na intenzitu růstu, transpiraci a vyvolává kvalitativní změny v rostlině nezbytné pro kvetení. V poměru ke světlu existují u chmelu dvě periody, stinné období nezbytné pro vegetační růst, kdy chmelová rostlina roste do výšky za světlem. Následuje období plného světla, které podmiňuje přechod do

fruktifikační fáze (Vent et. al. 1963). Podle Rybáčka et. al. (1980) jsou optimální průměrné roční teploty pro chmel 8-10 °C. Minimální teplotou pro růst je 8 °C a naopak teploty nad 35 °C v kombinaci s nízkou vzdušnou vlhkostí způsobují inhibici růstu. V jarním období je chmel náchylný k teplotním výkyvům, které mohou zdržovat jeho růst. Teplotní výkyvy v letním období urychlují dozrávání hlávek a nástup zralosti. V období od června do srpna chmel vyžaduje stálou, vyrovnanou teplotu, pohybující se v rozmezí denních průměrů 15 až 18 °C. Červnové teploty rozhodují hlavně o intenzitě růstu, neboť v tomto měsíci naroste přibližně 2/3 celkové délky rostliny. Chmel vyžaduje půdu s dostatečnou hloubkou ornice, s dobrou jímavostí vody, nižší hladinou podzemních vod a dobrou sorpcí živin. Důležitá je také dostatečné množství organické hmoty a dobrá výhřevnost půdy. Výhodné jsou hlinité hlinité až jílovito-hlinité půdy. V žatecké oblasti jsou velmi časté také permské červenky zbarvené sloučeninami železa. Nejvhodnější pro chmel je půdní reakce slabě kyselá až neutrální (Šnobl et. al. 2004). Rostlina přijímá vodu primárně kořenovým systémem z podzemní zásoby nebo nadzemními orgány vodu po dešti a rosu. Podle některých zjištění může přijmou rostlina chmele 0,6 až 1,7 l vody za noc. Zásadní význam pro chmel mají srážky v od konce května do poloviny srpna, do té doby chmel není náročný na vláhu a nevyžaduje závlahu (Rybáček et. al. 1980). Podle Krofity et. al. (2010) potřebuje rostlina k vytvoření 1kg zelené hmoty až 500 litrů vody. Vzhledem k tomu, že chmel se u nás pěstuje převážně v sušších oblastech, je nezbytné vyvažovat nedostatek srážek volbou vhodného stanoviště. Nepříznivý vliv mají také silné mlhy omezující přístup světla. Současně vytváří v porostu nežádoucí mikroklima podporující šíření chorob, zejména plísňe chmelové. Faktorem, který má také vliv na šíření patogenů je proudění vzduchu. Mírné proudění zajistí rostlinám zásobování oxidem uhličitým a sníží vlhkost vzduchu v porostu (Rybáček et. al. 1980).

3.6 Agrotechnika chmele

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

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

3.6.1 Podzimní agrotechnické zásahy

Podzimní práce zahrnují úklid chmelnice po sklizni, aplikaci hnojiv, zpracování půdy, doplňování chybějících rostlin, hluboké kypření aj. Po sklizni a „vystání“ částí chmelových výhonů se provádí odstřihávání zbytků rév. Důležité je ponechání 20-30 cm nadzemní části chmelových výhonů. Vzniklé keříky poté slouží k indikaci chybějících nebo napadených rostlin. Následuje vláčení chmelnice s použitím speciálních bran, které umožní vyčistění chmelnice od zbytků rostlin a chmelových drátků a jejich likvidace mimo chmelnici (Rybáček et. al. 1980).

Podzimní zpracování půdy představuje mělké kypření meziřadí s následnou orbou. Mělké kypření půdy slouží k urovnání a prokypření půdy. Provádí se do hloubky 10 až 15 cm a je základem pro kvalitní podzimní orbu. Orba meziřadí byla donedávna považována za nezbytnou. Podle Štrance et. al. (2008) jsou však rozhodující faktory pro mechanické zpracování půdy její objemová hmotnost, struktura a celková kultura půdy. Podle zhodnocení vlastností půdy je tak možné podzimní mechanické zpracování půdy vyloučit, aniž by došlo k redukci výnosu. Přesto má orba v agrotechnice chmele nezastupitelný význam. Nespornou výhodou je kvalitní zapravení organických i minerálních hnojiv, regulace plevelů a výskytu patogenů, promíchání půdy a tvorba její struktury. Dalším mechanickým zpracováním půdy je hloubkové kypření. Hloubkové kypření provádíme jednou za 3-5 let, dle fyzikálního stavu půdy. Kypří se do hloubky 35-60 cm, v dostatečné vzdálenosti od řadu chmelových rostlin. Periodické hloubkové kypření má výrazný pozitivní vliv na fyzikální vlastnosti hlubších profilů půdy, mikrobiální aktivitu a režim živin v půdě. Jako další přínosy hloubkového kypření lze uvést např. kladný vliv na morfogenezi podzemních orgánů chmele nebo zlepšení infiltrace srážkové vody na těžkých půdách (Štranc et. al. 2008). V podzimním období je rovněž nezbytné doplnění chybějících rostlin. Mezerovitost převyšující hodnotu 5% již může významně ovlivnit výnos. Za předpokladu úbytku přibližně 1% rostlin ročně je tak vhodné doplňovat rostliny v intervalech 3 až 7 let. Pro doplnění rostlin se používají kořenáče nebo balíčková sadba (Šnobl 2003).

3.6.2 Jarní agrotechnické zásahy

Mezi hlavní jarní zásahy patří urovnání chmelnic vláčením, aplikace hnojiv, řez chmele, zavěšování chmelovodů a zavádění chmele. Vláčí se podélným i příčným směrem v nejčasnějším možném termínu. Nejprve se provede hrubé urovnání povrchu např. těžkými branami a poté se provede aplikace minerálních hnojiv se zapravením do půdy. Vlácením se zabraňuje výparu vody z půdy a zároveň se povrch dobře prokypří. Kvalitní jarní zpracování půdy je taktéž podmínkou pro provedení správného řezu chmele (Šnobl et. al. 2004). Řez chmele je v našich podmínkách jedním z nejdůležitějších kultivačních zásahů. Řezem se formuje podzemní část rostliny. Dochází k odřezávání horizontálně rostoucích oddenků, čímž se zabraňuje nadměrnému rozrůstání babky. Dalším podstatným důvodem provádění řezu chmele je zpoždění tvorby jarních výhonů, což dává pěstiteli možnost ovlivnit následující růst a vývoj rostliny (Ježek 2017). Regulací doby rašení se optimalizuje doba zavádění výhonů, čímž se ovlivňuje tvorba hospodářsky významných částí tak, aby probíhala v klimaticky optimálních termínech (Rybáček et. al. 1980). Proces řezání chmele má však i několik negativních vlivů. Při řezu dochází k poranění vnějších i vnitřních pletiv, což působí na rostlinu stresově, současně řezná rána představuje rizikové místo pro vstup škodlivých organismů, jako jsou houby, škůdci a bakterie. Řez provádíme zásadně v mimovegetační době. Dle termínu provedení se řez rozděluje na raný, středně raný a pozdní. Z hospodářského hlediska je nejvhodnější řez středně raný, provedený od první do třetí dekády dubna. Takovýto řez působí pozitivně na roční ontogenetický vývoj rostlin a utváří vhodnou strukturu podzemních orgánů (Štranc et. al. 2007a). V současné době se k řezu chmele na většině pěstebních ploch využívají ořezávače s dvěma protichůdnými řeznými kotouči. Většina takovýchto zařízení má konstantní počet otáček, nejvýznamnějším faktorem kvalitního řezu tak je pojezdová rychlost. Z toho vyplývá, že je nezbytné, aby byl řez provádět kvalitní a zkušenou obsluhou. Hloubka řezu je zpravidla dána stářím a vitalitou chmelového porostu. Na prvně řezaných chmelnicích provádíme řez nadsazený, kde zůstává nad temenem babky 2-3 cm nového dřeva. V následujících letech se hloubka řezu zvyšuje tak, aby byla vrcholová podzemní část babky ve stejné úrovni. U starších chmelnic s nižšími růstovými schopnostmi hloubku řezu snižujeme. Zároveň je důležité, aby kotouče při řezu nezasahovali do starého dřeva babky (Ježek 2017). Další činností prováděnou na jaře je zavěšování chmelovodů. Chmelovod představuje oporu, po které se chmel pne do výše. Nejčastěji se pro tuto úlohu

využívá ocelový vodící drátek vyžiháný do požadované měkkosti. Proces tvorby a zavěšování chmelovodů je velmi zdoluhavá a namáhavá činnost. Uvazování chmelovodů se provádí nejčastěji ručně z pojízdných plošin (Rybáček et. al. 1980). Poté následuje první zavádění chmele. Kvalita a provedení zavádění mají významný vliv na kvalitu a výnos hlávek. Základním výnosovým prvkem je zde počet zavedených výhonů na hektar, kdy za optimum se považuje 14 000 -16 000 výhonů na hektar. Chmelové výhony se zavádějí pravotočivě, po směru hodinových ručiček, zpravidla 3 výhony na chmelovod. Termín zavádění je úzce spjat s termínem provedení řezu. Správně načasovaný řez chmele by měl posunout zavádění do druhé dekády května. V tomto období již nehrozí výrazný pokles teplot, a proto je zavádění v tomto termínu považováno za nejpriznivější pro výnos chmele. Důležité taktéž je, aby zaváděné výhony byly stejně dlouhé a mechanicky nepoškozené (Šnobl 2003).

3.6.3 Letní agrotechnické zásahy

Počátkem léta, při výšce rostlin 140-160cm se provádí druhé (opravné) zavádění. Dochází ke kontrole počtu výhonů na chmelovodech, správnosti vinutí a nahrazování poškozených výhonů. Třetí (kontrolní) zavádění se provádí při výšce rostlin zhruba 200 cm (Šnobl 2003). Dalším významná letní operace je mechanická kultivace půdy. Provádí se opakované kypření nebo plečkování s následnou přiorávkou řadů chmelových rostlin. Tím se zajišťují lepší fyzikální vlastnosti půdy, snižuje se výpar a podporuje se mikrobiální činnost. Neopomenutelnou výhodou kypření půdy je také likvidace plevelů v meziřadí (Štranc et. al. 2008). Kultivační zásahy je vhodné doplňovat letní aplikací herbicidů zaměřenou na likvidaci vzešlých plevelů v řadách rostlin, pro zajištění odplevelení chmelnic v letním období i během sklizně. Aplikace herbicidů se provádí pouze po dosažení rostlin stropu konstrukce. Koncem července až začátkem srpna se provádí desikace spodních listových pater porostu. V průběhu léta se také aplikují přípravky na ochranu rostlin proti chorobám a škůdcům a dochází k přihnojování porostu (Šnobl et. al. 2004).

3.6.4 Sklizeň chmele

Sklizeň chmele začíná po dosažení technické zralosti hlávek, ty jsou uzavřené, při zmáčknutí pružné, žlutozelené barvy s přirozeným leskem, vysokým obsahem lupulinu a typickou chmelovou vůní. Sklizeň chmele začíná přibližně na konci druhé dekády srpna a měla

by být ukončena během 14 – 16 dnů. Sklizeň je prováděna mechanizovaně a probíhá ve 2 fázích. V 1. fázi dochází k odstrižení rostliny ve výšce 100 – 130 cm nad zemí. Uvolněné rostliny jsou poté strhávány ručně nebo pomocí strhávače umístěného na traktoru a skládány na chmelové návěsy, které je dopravují k stacionárním česacím strojům. Dovážené rostliny musí být čerstvé a nezavadlé, interval mezi odstrihnutím a česáním co nejkratší, jinak dochází k poškozování hlávek při česání (rozplevení hlávek). Doprava rostlin a vlastní česání musí být organizačně sladěny, nelze rostliny odstrihávat do zásoby. Ve 2. fázi se na stacionárním česacím stroji oddělují hlávky od ostatních částí rostliny. Správné seřízení česacího stroje omezuje poškození hlávek, zmenšuje podíl příměsí a snižuje ztráty při česání. Odpad rév a listů je následně využit ke kompostování (Anonym (d) 2017).

3.6.5 Sušení chmele

Čerstvě očesané chmelové hlávky mají vlhkost okolo 80% a jsou velmi náchylné na znehodnocování. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby hlávky putovaly ze stacionárního česacího ústrojí rovnou na sušení. Hraniční interval pro dobu strávenou mezi česacím ústrojím a sušárnou se udává 2 hodiny, poté je nutné nashromážděné hlávky provětrávat. K samotnému sušení se v České republice využívají dva typy sušicího ústrojí - komorové (žaluziové) a pásové (kontinuální) sušárny. Proces sušení trvá 6-9 hodin v závislosti na vlhkosti chmele na konečnou vlhkost hlávek 5-7%. Suší se při teplotách 55-60 °C. Správné usušení hlávek se pozná podle stavu chmelového vřeténka, kdy je žádoucí aby bylo vřeténko vysušené, lámavé a listen šly dobře oddělit (Šnobl et. al. 2004).

3.6.6 Závlaha chmele

Chmel otáčivý je rostlinou se zcela specifickými nároky na množství vláhy, proto lze závlahy chmele považovat za významný stabilizační faktor jeho úspěšného pěstování. Nároky chmelové rostliny na vodu se liší v určitých vývojových stádiích. Studie ukázaly, že nároky na vodu byly u rostlin zpočátku nižší a s postupným vývojem se zvyšovaly. Nejvyšší potřeba vody byla zjištěna během první dekády srpna, poté však nároky rostlin na vodu postupně klesaly. Dostatek půdní vláhy je pro chmelové rostliny nezbytný ve dvou fázích roční ontogeneze. První období začíná ukončením dlouhivého růstu a počátkem tvorby plodonosných orgánů. Druhé

období je období tvorby hlávek, optimální růstové podmínky v tomto období jsou nezbytné pro dosažení velikosti hlávek a tomu odpovídajícímu výnosu (Kopecký et. al. 2008).

V průběhu 20. století bylo vyzkoušeno mnoho forem závlahy chmele, většinou se však vyznačovaly vysokou náročností, spotřebou vody a jejím nerovnoměrným rozložením. V současné době se využívá zejména automatizovaná kapková závlaha a mikropostřik. Výhodou kapkového zavlažování je přesné dávkování vody do prostoru rostliny a s tím související nižší potřeba vody. Použití mikropostřiku představuje sektorový postřik do bezprostřední blízkosti rostlin. Závlaha chmele se provádí zejména v suchých ročnicích 2 -3 krát během vegetace v dávce 25-35 mm (Šnobl et. al. 2004).

3.7 Škodlivé organismy chmele

3.7.1 Živočišní škůdci chmelu

Živočišných škůdců chmelu je velmi mnoho, avšak hospodářsky nejvýznamnější jsou především tři z nich - sviluška chmelová, lalokonosec libečkový a mšice. Ochrana proti těmto škůdcům je nezbytným agrotechnickým krokem téměř každý rok. Ostatní škůdci jako dřepčící, ploštice, klopušky nebo drátovci se nevyskytují pravidelně. Za určitých sezónních podmínek by však i tyto organismy mohly představovat značná hospodářská rizika (Rybáček et. al. 1980).

Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae* Koch)

Sviluška chmelová je drobný malý roztoč vyskytující se na spodních stranách listů a později i na šišticích (Kazda et. al. 2010). Poškození se začíná projevovat během června, na spodní straně se objevuje skvrna vysátého pletiva, na svrchní straně se tvoří vydutá místa. Největší tlak svilušky chmelové se projevuje za teplého a suchého počasí. Dospělé samičky postupně škodí ve vyšších patrech, zatímco intenzivně vysáté listy postupně žloutnou a následně zasychají. Napadení chmelové hlávky se projevuje zastavením růstu, červeným zabarvením a zasycháním (Vent et. al. 1963). Červené oplozené samičky svilušky přezimují přímo na

chmelnici v půdě nebo na sloupech. Koncem března začínají být samičky aktivní a přesouvají se na nejbližší plevele, jakmile poté začnou rašit chmelové výhony, přesouvají se na ně. Provádí se agrotechnická i chemická forma ochrany. Agrotechnická ochrana spočívá v udržování čistých ploch chmelnic, odplevelení, správná výživa chmele a podpora přirozených nepřátel (draví roztoči a třásněnky) (Vostřel et. al. 2008a). Chemická ochrana představuje aplikace akaricidů formou rosení tak, aby se zamezilo vzniku rezistence, tj. střídání přípravků s odlišnými mechanismy účinku. Ošetření se provádí zpravidla před květem a za určitých teplot, vhodných k aplikaci. Zásadním požadavkem na přípravky proti svilušce chmelové je důkladné ošetření obou stran listu (Vostřel et. al. 2010).

Lalokonosec libečkový (*Otiorhynchus ligustici*)

Černý nosatec pokrytý šedožlutými šupinkami, dlouhý 10-14 mm. Larvy jsou bílé, beznohé, tlusté, prohnuté a dozadu zúžené. Hlava je malá, hnědožlutá, s dobře vyvinutými kusadly (Rybáček et. al. 1980). Přezimující brouci se objevují na chmelnicích v době řezu a rašení výhonů. Dospělci nakusují vegetační vrcholy mladých výhonů. Napadené výhony následně vadnou a hynou, případně dochází k opoždění růstu (Vent et. al. 1963). Významnější škody jsou způsobovány larvami na podzemních orgánech rostlin. Larvy škodí žírem a chodbičkováním na povrchu kořenů a mladého dřeva. I při slabém napadení dochází po pár letech k úhynu rostlin, což vede k mezerovitosti a nevyrovnanosti porostu. Celý vývoj lalokonosce libečkového trvá v našich oblastech okolo 2 let. V prvním roce přezimuje larva, ve druhém brouci. Nízký roční úhrn srážek v žatecké oblasti představuje pro lalokonosce optimální podmínky výskytu. Intenzivní deště regulují populace lalokonosce vytvářením bláta kde se brouci udusí (Rybáček et. al. 1980). Ochrana je náročná. Proti dospělcům lze použít postřiky pyretroidy alfa-cypermethrin a lambda-cyhalothrin. Proti larvám v půdě se zkouší aplikace zálivky biologického prostředku s háďátkou *Heterorhabditis megidis* (Kazda et. al. 2010).

Mšice chmelová (*Phorodon humuli* Schrank)

Pohlavní vývoj mšic je velmi složitý, dochází ke střídání pohlavních a nepohlavních generací. Během ročního vývojového cyklu jsou mšice polymorfní, tedy jednotlivé formy se morfologicky a ekologicky liší. Mšice přezimuje ve stádiu vajíček na rostlinách rodu *Prunus*,

později se z vajíček líhnou zelené larvy, které dospívají v zakladatelku (*fundatrix*). Na dřevinách rodu *Prunus* se poté vytvoří další generace tzv. fundatrigenie. Potomci generace fundatrigenie již jsou okřídlení a počátkem třetí dekády května migrují na chmel (Vostřel et. al. 2008b). Agronomicky nejvýhodnější je zpravidla intenzivní časný nálet, potlačený vhodným chemickým ošetřením již v průběhu první dekády v červnu. V takovémto případě již není potřeba dalších zásahů během vegetace. Po náletu na rostliny chmelu se zde tvoří dalších 5-8 generací mšic, již neokřídlených. Vývoj jedné generace trvá zhruba 8-12 dní, v závislosti na teplotě (Vostřel 2003). Poškození listů chmele sáním mšice chmelové, kdy poškozené listy při pohledu zdola nejprve prosvítají, později se při silném výskytu mšice kroutí pěstovitě okraji dovnitř. Růst rostlin se zpomalí, popř. úplně zastaví. Na svrchní straně listů se objevuje medovice, na které vytvářejí saprofytické houby tmavý povlak. Při napadení hlávek dochází k špatnému vývoji. Hlávky jsou zakrnělé, lepkavé a také na nich dochází podobně jako na listech k vývoji saprofytických hub (černí). Dále mohou mšice škodit jako vektory různých virových onemocnění chmele (Rybáček et. al. 1980).

Příležitostní škůdci

Dřepčík chmelový (*Psylliodes attenuata*) škodí zejména na jarních výhonech, brouci vyžírají v čepeli mladých listů okrouhlé dírky. Dřepčík škodí žírem současně i na osách a hlavách výhonů. Při velmi silném výskytu dokáží dřepčící zničit většinu rašících výhonů. Silně poškozené výhony nerostou, krní a hynou (Vent et. al. 1963). Letní generace dřepčíků škodí v během července a srpna na mladých listech a na hlávkách chmele. Znehodnocené hlávky zasychají a dále se nevyvíjí (Rybáček et. al. 1980). Dalším příležitostným škůdcem je klopuška chmelová (*Calocoris fulvomaculatus*). Dospělci i nymfy sají na listech a vegetačních vrcholech, dochází ke krabacení listů, vadnutí a deformacím výhonů a zasychání napadených šištic. Klopušky nezpůsobují na chmelu významnější škody, zejména i proto, že ošetření proti majoritním chmelovým škůdcům působí i proti klopuškám (Kazda et. al. 2010).

3.7.2 Houbové choroby chmele

Padlí chmelové (*Sphaerotheca humuli*)

Padlí je nejstarší houbovou chorobou chmele. Choroba měla donedávna spíše omezený význam, avšak na konci osmdesátých let se objevily zprávy o rozšíření choroby. V roce 1997 pak choroba způsobila významné škody téměř ve všech chmelařských státech, zejména na vysoobsažných odrůdách chmele. Choroba, na rozdíl od peronosporu chmelové, není výrazně závislá na klimatických a povětrnostních podmínkách (Vostřel 2003). Prvotní příznak napadení je tvorba puchýřků na mladých listech, na kterých se později tvoří mycelium. Při napadení hlávky v raném stádiu růstu dochází k zastavení růstu, v pozdějších fázích se objevují deformace hlávek. V raných stádiích infekce jsou puchýřky zbarvené do bíla díky konidiím hustě rostoucích z mycelia. Toto stádium se také nazývá „bílá plíseň“. Během pozdějších fází infekce, se zpravidla na hlávkách začínají tvořit v místě mycelii plodnice. Hlávky tak získávají červenou barvu, proto bývá toto stádium také označováno jako „červená plíseň“. Tvorba bílého mycelia nepředstavuje výraznou hrozbu a lze ji chemickým ošetřením poměrně snadno odstranit (Madden 2011). Napadení hlávek je problémem mnohem závažnějším a dochází zde často k výnosovým ztrátám. Základem ochrany proti padlímu chmelovému je likvidace infikovaných rostlinných zbytků a pravidelná kontrola porostů pro případné preventivní fungicidní ošetření (Vostřel 2003).

Peronospora chmelová (*Pseudoperonospora humuli*)

První zmínka o peronospoře pochází z roku 1905 z Japonska. V Evropě se objevila poprvé v roce 1920, v průběhu několika let se rozšířila po celém kontinentu a v současné době je označována za nejnebezpečnější chorobu chmele (Vostřel 2016). Peronospora se vyskytuje výhradně na chmelu, u kterého může napadat všechny rostlinné orgány. Zimní výtrusy se tvoří v napadených pletivech během vegetace a posléze se dostávají do půdy s rostlinnými zbytky. V půdě výtrusy infikují mladé prorůstající výhony, kdy při proniknutí do rostliny vytváří uvnitř husté mycelium (Novák 1999). Typické příznaky napadení peronosporou jsou tak patrné již na jaře, kdy dochází k primární infekci. Typické jsou v tomto období klasové výhony žluté barvy

s nahloučenými listy. Na spodní straně napadených listů je šedofialový povlak plodonošů a letních výtrusnic. V průběhu vegetace se peronospora šíří letními zoosporangii jejichž spory infikují listy. Napadení se následně projeví žlutozelenými skvrnami, které se za vlhka zvětšují. Později hnědnou a zasychají. Za příznivých povětrnostních podmínek patogen napadá i pazochové výhony a vegetační vrcholy což má za následek tvorbu klasových výhonů, které jsou zdrojem dalšího šíření. Napadená květenství při silném tlaku hnědnou a může dojít i k opadu. Nevyvinuté hlávky se deformují a zastavují vývoj. Napadení zralé hlávky se projevuje hnědnutím krycích a pravých listenů, končeje zhnědnutím celé hlávky (Vostřel et. al. 2008c).

Peronospora chmelová se rozmnožuje pohlavním i nepohlavním způsobem, což jí poskytuje vyšší odolnost k nepříznivým podmínkám a naopak schopnost rychlého nástupu infekce při podmínkách optimálních. Pohlavní rozmnožování je představováno splynutím hyf různého pohlaví. Vzniklé oospory se poté mohou tvořit ve všech orgánech rostliny po celou dobu vegetace. Vyznačují se odolností k nízkým teplotám a infekčním potenciálem po dobu 2 let. Do půdy se dostávají v rostlinných zbytcích a představují riziko nákazy pro mladé výhony. Nepohlavní rozmnožování probíhá pouze v létě během vegetace. V napadených rostlinných pletivech se tvoří mycelia, ze kterých později vyrůstají nosné hyfy (sporangiofory) se zoosporami. Zoospory se šíří primárně větrem a k uvolnění výtrusů je pro ně nezbytné vlhké prostředí (Petrлік a Štys 1979).

Základem ochrany proti peronospoře je včasná eradikace primární infekce. Nezbytné je včasné provedení jarního ošetření. Optimálně na počátku vzcházení po řezu chmele. Od počátku června nastává období sekundární infekce peronosporou chmelové. Ochrana se řídí krátkodobou prognózou, kdy se na základě počtu srážkových dnů vypočítá index peronosporového počasí, jehož hodnota je různá pro jednotlivé odrůdy. Ošetření se doporučuje při zjištění rizika napadení minimálně u 11 z 15 sledovaných dnů. Tyto informace jsou předávány prostřednictvím aktualit Svazem pěstitelů chmele. U ŽPČ se provádí zpravidla 6 opakovaných opatření, na Moravě nebo u citlivějších odrůd až 7 (Vostřel 2016). Na chmelnicích s každoročními problémy s plísní chmelovou se v poslední době osvědčil alternativní způsob ochrany. Jde o aplikaci PK hnojiva Farm -Fos 44 (fosforitan draselný 32% P₂O₅, 29% K₂O), který zvyšuje přirozenou odolnost k houbovým patogenům (Vostřel 2015). Další formou alternativní ochrany chmele před primární

i sekundární infekcí je použití ochranného přípravku Alginure. Prostředek posiluje rezistenci rostlin vůči patogenu zvyšováním obsahu fytoalexinů a dalších látek. Lze jej použít v aplikaci společně se sníženou dávkou konvenčních přípravků (Vostřel 2017). Jako nepřímou formu ochrany proti plísní chmelové lze uvést udržování porostů chmele čistých a bezplevelných, správnou výživu chmele a kvalitní podzimní úklid sklizňových ploch (Petrlík a Štys 1979).

3.8 Silice tymiánu obecného (*Thymus vulgaris*)

3.8.1 Obecná charakteristika silic

Silice je olejová tekutina složená z pestré směsi silně těkavých látek, obsažená v různých částech siličnatých rostlin (Valíček 2006). Silice jsou označovány jako sekundární metabolity rostlin. Vytváří se v cytoplazmě jako malé olejové vakuoly, jejich obsah je vylučován do prostoru mezi buněčnou stěnou a kutikulou. Po dosažení určitého obsahu kutikula praskne a dochází k uvolnění silice (Nováček 2009). Základním jevem u většiny silic nebo též esenciálních či éterických olejů je jejich obtížná rozpustnost ve vodě a intenzivní vůně. Dají se rozpustit v lihu, éteru a dalších organických rozpouštědlech. Bývají nejčastěji bezbarvé. V přírodě mají význam zejména jako ochrana rostlin proti napadení bakteriemi, viry, houbovými chorobami, škůdci a také proti býložravcům, pro něž snižují chutnost dané rostliny. Současně zaujímají důležitou roli při upoutání pozornosti opylovačů (Bakkali et. al. 2008).

Složení jednotlivých silic je představováno dvěma až třemi majoritními komponenty o poměrně vysoké koncentraci (20-70%), zbylé komponenty se vyskytují převážně ve stopovém množství (Bakkali et. al. 2008). Koncentrace komponentů u jednotlivých silic obecně určuje jejich biologické vlastnosti. Tyto komponenty lze rozdělit do dvou hlavních skupin. Hlavní skupina je složena z terpenů a terpenoidů, druhá, výrazně méně početná skupina, je tvořena aromatickými komponenty. Základní stavební jednotkou terpenů je isopren. Do skupiny isoprenů spadá několik tisíc přírodních látek, vyskytující se ve všech formách živé hmoty. Molekuly isoprenu jsou tvořeny určitým počtem isoprenoidních jednotek (Hay, Watermann 1993). Podle

počtu těchto jednotek se podle Haye a Watermanna (1993) dělí terpeny na pravé a nepravé monoterpeny, seskviterpeny, diterpeny, triterpeny a steroidy, karoteny a polyisopreny.

Stavebním prvkem silic jsou zejména monoterpeny a seskviterpeny. Monoterpeny jsou tvořeny dvěma izoprenovými jednotkami C₅. Zpravidla se jedná o těkavé látky tvořící mnohé silice a nětěkavé hořčiny. Mezi nejvýznamnější monoterpeny patří limonen, mentol, pinen, citronelol, linalool a geraniol. (Nováček 2009). Seskviterpeny jsou tvořeny třemi izoprenovými jednotkami C₅, strukturou a funkcí jsou velmi podobné monoterpenům. Patří sem například farnesol, bisabolen, humulen, kadinen a azuleny. Monoterpeny i seskviterpeny lze také dělit podle zastoupení připojené funkční skupiny (např. karbony, alkoholy, ketony, estery a fenoly). Aromatické komponenty se ve složení silic vyskytují méně než terpeny. Jedná se o deriváty fenypropanu (Bakkali et. al. 2008). Obsah silic v rostlinném materiálu je velmi variabilní, ovlivněn zejména klimatickými a sezónními faktory, podmínkami prostředí, obdobím sklizně a vegetační fází rostliny (Zheljazkov et. al. 2012).

3.8.2 Antifungální aktivita

Antimikrobiální vlastnosti rostlin rodu *Thymus* znali již staří Řekové, používali je například k ochraně ovoce nebo jako prostředek k hubení bakterií uvnitř vinných sudů. Byl také používán k výrobě antiseptických mastí, obvazů nebo mazání. Aktuálně jsou složky tymiánové silice používány ve farmacii k výrobě kloktadel, kapek proti kašli, zubní pastě a ustní vodě (Small 2006)

Podle výsledků Klarić et. al. (2007) lze usuzovat, že silný antifungální účinek silice tymiánu obecného je podmiňován vysokým obsahem thymolu, případně synergistického účinku dalších komponentů s ním. Při pokusech s několika druhy plísní získaných z vlhkých bytů se prokázal až třikrát vyšší antifungální účinek samotného thymolu než kompletní tymiánové silice.

Riccioni a Orzali (2011) dále testovali antifungální účinky tymiánové silice při aplikaci na spory hub rodu *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Alternaria* či *Drechslera*. Z jejich zkoumání vyplynulo, že přípravek z tymiánu obecného efektivně inhibuje tvorbu mycelia a tím potlačuje

rozvoj hub. Výsledky pokusu tak jen potvrdili mnohá tvrzení, že přípravky z rostlin rodu *Thymus* mají významný potenciál v ochraně rostlin proti houbovým chorobám.

3.8.3 Metody izolace silic

Silice se získávají pomocí řady metod na kterých většinou závisí i jejich konečná kvalita a tím i využití. Silice se získává z rostlinných částí třemi způsoby nebo jejich kombinacemi. (Schmidt 2010).

Destilace vodní parou

Parní destilace je nejpoužívanější metodou extrakce esenciálních olejů. Až 93% všech extrahovaných silic je získáváno právě touto metodou a zbývajících 7% pomocí jiných metod (Schmidt 2010). Principem je smíchání drogy s vodou, poté se nechá provlhčit a následně se do směsi vhná horká pára. Pára naruší buněčnou strukturu rostlinného materiálu a způsobí uvolnění těkavé složky, které se s vodou nemísí (Valíček 2006). Páry jsou vhnány do chladiče, kde kondenzují. Kondenzát je poté zachycován do sběrné nádoby, kde se díky tomu, že éterické oleje jsou zpravidla lehčí než voda a plavou na hladině, oddělí silice od vodní vrstvy (Schmidt 2010).

Lisování za studena

Nejvíce se tato metoda extrakce využívá při získávání silic z oplodí citrusových plodů, hlavně citrónů, pomerančů a grapefruitů. Vnější vrstva slupky je nejprve ostrouhána, propláchnuta proudem vody a po scezení lisována. Vylisovaná tekutina obsahuje směs silic, vody a jiných látek. Silice se oddělují odstředěním na odstředivce (Velíšek, Hajšková 2009).

Hydrodifúze

Tato metoda je založena na propouštění vodní páry pod nízkým tlakem přes rostlinný materiál směrem shora dolů. Takto získaný produkt má odlišné složení od silice, která byla získána klasickým destilačním způsobem, kde působí pára ve směru odspoda nahou. Hlavní výhodou této metody je menší potřeba páry, času a větší výtěžnost oleje (Esoteric oils 2017).

Enfleuráž (enfleurage)

Extrakce tuky patří k tradičním postupům extrakce vonných látek zejména z květů. Metoda je rozšířená zejména ve Francii. Pomocí enfleuráže se údajně získávají oleje s vůní velmi podobnou původní vůni květu. Metoda se provádí za studena, často s využitím bezpachého vepřového sádla. Sádlo je v tenké vrstvě rozprostřeno na orámovanou skleněnou desku. Následně jsou na sádlo rozvrstveny okvětní lístky nebo celé květy. Květy se poté každý den mění, dokud není tuk nasycen vonnými složkami květů. Po nasycení se vonné silice izolují z tuků (Padumanonda et. al. 2007).

3.8.4 Složení tymiánové silice

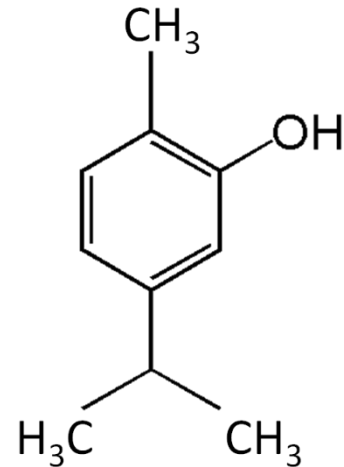
Silice tymiánu obecného (*Thymus vulgaris*) je složena ze 47 složek, avšak majoritní zastoupení mají převážně tři těkavé látky, jedná se o thymol (57,7%), p-cymen (18,7%) a karvakrol (2,8%) (Rota et. al. 2008).

Thymol

Thymol je bílý, krystalický fenol s výbornými antiseptickými a antifungicidními vlastnostmi, ve vodě velmi těžko rozpustný. Svou chemickou strukturou spadá mezi monoterpenické fenoly (Jirásek, Starý 1986). Obsah thymolu v silicích rostlin rodu *Thymus* může dosahovat až hodnot 70%. Silice se využívá ke konzervaci masa a másla. V potravinářství bývá použit např. jako přísad do žvýkaček, dochucovadel, zmrzliny a alkoholických nápojů (Small 1997). Thymol dokáže zastavit růst gram pozitivních mikrobů, jako jsou např. *Bacillus*

subtilis, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia* a *Staphylococcus aureus*. Bylo zjištěno, že rezidua thymolu mohou být v potravinách obsaženy do množství 50mg/kg, aniž by představovala ohrožení pro konzumenta. Na základě toho Světová zdravotnická organizace označila Thymol jako bezpečnou složku potravin (Trivedi et. al. 2015).

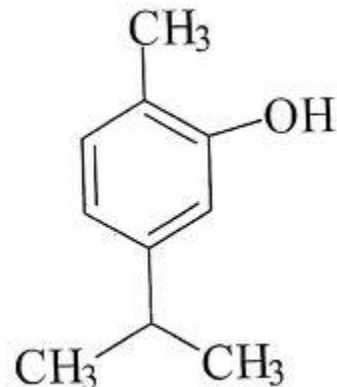
Obr. č.2: Strukturní vzorec thymolu



Karvakrol

Karvakrol obsažený v silici je monoterpenický fenol, který se nachází u tymiánu obecného v 3 – 5 % koncentraci. Nejvíce karvakrolu se nachází v rostlinách rodu *Origanum*, *Thymus*, *Coridothymus*, *Thymbra* a *Satureja*. Karvakrol má široké využití v potravinářství, farmacii a při výrobě ochucovadel (Baser 2008). Podle Basera (2008) byli u karvakrolu zjištěny antimikrobiální, protinádorové, antimutagenní, analgetické, protizánětlivé, insekticidní aj. vlastnosti.

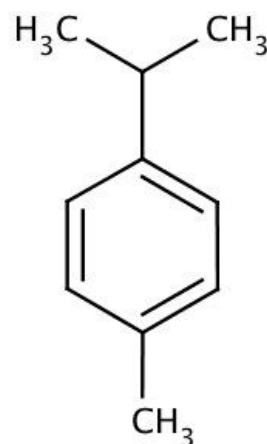
Obr. č.3: Strukturní vzorec karvakrolu



p - Cymen

Je monoterpen nerozpustný ve vodě, avšak mísitelný s ethanolem a diethyl-etherem. Je složkou mnoha esenciálních olejů, vyskytuje se především v tymiánu obecném, oregánu obecném (*Origanum Vulgare*) a kmínu římském (*Carum Carvi*). Samostatně použitý p-Cymen nemá antibakteriální účinky, v kombinaci s karvakrolem však dochází k synergismu vůči bakterii *Bacillus cereus* (Burt 2004). Podle Rota et. al (2008) p-Cymen způsobuje bobtnání bakteriální buněčné membrány intenzivněji než karvakrol. Tento mechanismus následně způsobuje, že při současném použití je karvakrol snáze transportován do bakteriálních buněk (Rota et. al 2008).

Obr. č.4: Strukturální vzorec p-Cymenu



3.9 Chmelový extrakt

V současnosti se chmelové extrakty využívají pro výrobu téměř všech druhů piv. Původně se k jejich výrobě používala neekologická rozpouštěla, jako je methylenchlorid nebo hexan, od tohoto způsobu extrakce se ale již upustilo a v současné době se jako rozpouštědlo používají nejčastěji ethanol či oxid uhličitý. Oproti surovému chmelovému produktu představují extrakty surovinu s vyšší koncentrací pivovarsky významných látek (Kubíček, Čepička 2000). Antibakteriální účinky chmelového extraktu ověřil Langezaal et. al. (1992), chmelový extrakt

z různých odrůd chmele byl postupně laboratorně testován proti jednotlivých druhům bakterií. Antimikrobiální aktivita se projevila u gram pozitivních bakterií *Bacillus subtilis* a *Staphylococcus aureus* a u hub *Trichophyton mentagrophytes var.interdigitale*. Naopak žádnou aktivita nebyla zaznamenána proti gram negativním bakteriím *Escherichia coli* a *Candida albicans*.

3.9.1 Chemické složení chmele

Chemické složení chmele je závislé na odrůdě, provenienci, ročníku a způsobu posklizňové úpravy. Průměrně obsahuje zhruba 10 % vody, 15 % celkových pryskyřic, 4 % polyfenolových látek, 0,5 % silic, 3 % vosků, lipidů, 15 % dusíkatých látek, 44 % sacharidových složek a 8 % minerálních látek. Látkové složení chmele však obsahuje i určitý podíl problematických látek. Pro kvalitu chmele je rozhodující obsah pivovarsky cenných složek, zejména pryskyřic, polyfenolů a silic. Chmelové pryskyřice jsou nositeli hořkosti, chmelové polyfenoly se uplatňují v průběhu výroby a dávají produktu chmelové aroma. Jsou tvořeny řadou chemicky podobných látek, z nichž je nejúčinnější skupina α -hořkých kyselin, skládající se převážně z humulonu, kohumulonu a adhumulonu. Méně účinné jsou ostatní složky pryskyřic - β -hořké kyseliny (lupulon, kolupulon, adlupulon), nspecifické měkké pryskyřice (humulinony, luputriony) a tvrdé pryskyřice (humulinové a hulupinové kyseliny) (Almaguer et. al. 2014).

Z látek obsažených v chmelové silici jsou nejvýznamnější terpenické uhlovodíky myrcen (25-40%), karyofylen (6-9%), humulen (15-30%) a farnesen (14-20%). Poměry jednotlivých složek jsou pevně geneticky vázány a mohou sloužit k odrůdové identifikaci. Silice tradiční české odrůdy ŽPČ se vyznačuje odlišným složením silice od nově povolených odrůd a to zejména nižšímu obsahu karyofylenu a relativně vysokému obsahu farnesenu (Kroupa 1995).

Problémové složky chmele jsou především dusičnany, rezidua postřikových látek, rezidua chemických katalizátorů, případně rezidua radionuklidů. Jejich obsah je u chmelové produkce kontrolován. (Šnobl et al. 2004).

3.9.2 Ethanolové chmelové extrakty

Výchozím produktem extrakce je hlávkový chmel v obvyklém obchodním balení. K extrakci se používá fermentační alkohol smíchaný s 10% vody. Extrakce se uskutečňuje ve dvou hvězdicových rotorech, z nichž každý je rozdělen do 16 komor. V komoře dochází otáčením rotoru k obohacování rozpouštědla o chmelové látky. Získaný roztok chmelových látek (miscella) postupuje k odpařování a tím zahuštění v extrakt. Po odpaření rozpouštědla lze výsledný extrakt mechanicky rozdělit na polární a nepolární část. Polární část sestává polovinou z vody, zbytek tvoří hydrofilní složky jako minerální látky, nízkomolekulární uhlohydráty, bílkoviny a třísloviny (Biendl 1996). Chemickým složením je ethanolový extrakt velmi blízký zpracovanému chmelu, liší se především složením silic a zvýšeným obsahem α -hořkých kyselin. Hotový extrakt je vysoce homogenní s dlouhou dobou trvanlivosti při skladování v chladném prostředí (Kubíček, Čepička 2000).

3.9.3 CO₂ chmelové extrakty

Extrakce chmelových pelet oxidem uhličitým probíhá ve vysokotlakých nádobách, v nichž se podle zvolené varianty technologického postupu používá tlak od 65 do 300 baru. Teploty extrakce se pohybují mezi 15 °C až 130 °C. Za těchto podmínek přechází oxid uhličitý, plynný za normálního tlaku, do tekutého, resp. superkritického stavu. Čím vyšší je tlak a teplota, tím polárnější se stává sám o sobě relativně nepolární oxid uhličitý. Odpaření extrakčního prostředku (oxidu uhličitého) představuje jeho vyprchání jako plynu při uvolnění tlaku v extrakčních nádobách. Současně se vyloučí rozpuštěné látky. Takto získaný extrakt se následně plní do obalů. Protože se v oxidu uhličitém nerozpouštějí žádné hydrofilní složky, jde vždy o čisté pryskyřičné extrakty (Biendl 1996). Na rozdíl od ethanolového extraktu tak výsledný extrakt neobsahuje polární složky (polyfenoly a dusičnany) (Kubíček, Čepička 2000).

4 Metodika pokusu

4.1 Stanovení toxické koncentrace tymiánové silice a chmelového extraktu

Před započítím pokusu s účinností chmelového extraktu a tymiánové silice byl proveden pokus, kterým byla stanovena nejvyšší koncentrace, daných látek, která není pro rostliny chmele toxická. Byla připravena koncentrační řada jednak chmelového extraktu, a jednak tymiánové silice. Zvolené koncentrace byly 0,5%, 1%, 1,5% a 2%. Jednotlivé roztoky byly aplikovány vždy na pět sazenic chmele. Pro aplikaci byl použit elektrický postřikovač Volpi (parametry viz. kap. 1.2.) Aplikace proběhla 2.5.2016 v 10 hodin. Při aplikaci bylo 15°C, cca 15 % oblačnost, relativní vlhkost vzduch 42,6%, severní vítr o rychlosti 1,7 m/s, povrch půdy byl suchý, při aplikaci nebyla rosa ani srážky. Hodnocení fytoxicity bylo provedeno 7 a 14 dní po aplikaci. Stupnice fytoxicity byla použita (0 – 100%, kde 0% je bez poškození a 100% odumřelá rostlina). Po vyhodnocení fytoxicity byla pro pokus s účinností zvolena jak u chmelového extraktu, tak u tymiánové silice vždy nejvyšší koncentrace, kdy ještě nebyla pozorována fytoxicita v žádné podobě (chlorózy listů, nekrózy listů či stonků, pošlazení vzrostlého vrcholu a pod).

4.2 Účinnost chmelového extraktu a tymiánové silice proti plísni chmelové na sadbě chmele otáčivého

Pokus byl založen na lokalitě Praha Suchdol v bezprostřední blízkosti pokusné chmelnice ČZU v Praze. Pokusný pozemek se nachází v rovinné poloze, na jižním okraji Kladenské tabule, v nadmořské výšce 280 m. Hlavním půdním typem je černozem na spraši, středně těžká až těžší. Klima oblasti je mírně teplé, mírně suché, s mírnou zimou. Průměrná roční teplota -dlouhodobý průměr – Praha Ruzyně (1981-2010) činí 8,4 °C, průměrný roční úhrn srážek -dlouhodobý průměr – Praha Ruzyně (1981-2010) dosahuje 501 mm.

Jako pokusné rostliny byly zvoleny sazenice chmele, odrůdy Žatecký poloraný červeňák, klon... , odebrané z chmelařské školky v růstové fázi, kdy se obvykle vysazují do chmelnice.

Základním požadavkem bylo, aby sazenice byly před zahájením pokusu bez výskytu škodlivých činitelů, jak z hlediska chorob, tak z hlediska škůdců, popřípadě poruch způsobených stresem. Pokusné bloky byly umístěné co nejbližší pokusné chmelnici ČZU, která v pokusném roce 2016 byla ponechána bez fungicidní ochrany a byla zde větší pravděpodobnost napadení plísní chmelovou v průběhu vegetace. Každá varianta měla tři opakování. Každé opakování bylo složeno z bloku o pěti sazenicích chmele. Rozmístění bloků bylo znáhodněné a kontroly umístěné do bloku. Pokus byl dále rozdělen do dvou skupin označených jako „A“ a „B“ (viz. tab. „uspořádání pokusu“). Mezi jednotlivými bloky byla prostorová izolace (boční, přední, zadní) 0,5 m.

Tabulka 1.: Uspořádání pokusu:

1A	2A	3A	4A	5A	3A	1A	5A	4A	2A	4A	3A	1A	2A	5A
1B	2B	3B	4B	5B	3B	1B	5B	4B	2B	4B	3B	1B	2B	5B

Obr. č. 5.: Prostorové uspořádání jednotlivých variant pokusu na lokalitě Praha Suchdol v roce 2016



Skupina „A“ byla ošetřována v průběhu vegetace fungicidním sledem, který je uveden v tabulce „přehled variant pokusu“. Skupina „B“ byla ošetřena pouze v prvním termínu ošetření (T1) a na této skupině byl sledován termín nástupu příznaků plísně chmelové první výskyt poškození jednotlivých rostlin chmele. Pro skupinu „A“ jsme zvolili sled sedmi ošetření (T1 – T7), jejichž termíny jsou uvedeny v tabulce „údaje o aplikacích“. Jednotlivé aplikace byly provedeny elektrickým zádovým postřikovačem Volpi. Aplikací tlak byl 0,2 MPa, průtok aplikacím ramenem byl 0,66 l/min, Pro aplikace byla použita mosazná kuželová hydro tryska se šířkou záběru 0,7 m a směr aplikace byl podél bloků. Pořadí ošetření jednotlivých variant bylo 1 – 5. Termíny aplikací a meteorologické údaje v době aplikací jsou uvedeny v tabulce „přehled aplikací“ Postřiková jícna odpovídala dávce 1000 l/ha.

Tabulka 2.: Přehled variant pokusu:

ar	název přípravku	dávka/koncentrace	dávka na variantu do 1l vody	termín aplikace
A	neošetřená kontrola	x	pouze voda	T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7
B	neošetřená kontrola	x	pouze voda	T1
A	Flowbrix + Agrovital	0,5% + 0,05%	5 ml + 0,5 ml	T1
A	Ortiva	1 l/ha	10 ml	T2
A	Cuprozin progress	5,4 l/ha	2,7 ml	T3
A	Curzate K	0,3%	3 g	T4
A	Kuprikol	0,5%	5g	T5
A	Ortiva	1,7 l/ha	1,7 ml	T6
B	Flowbrix + Agrovital	0,5% + 0,05%	5 ml + 0,5 ml	T1
A	Alginure	1%	10 ml	T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7
B	Alginure	1%	10 ml	T1
A	chmelový extrakt 1%	1%	10 ml	T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7
B	chmelový extrakt 1%	1%	10 ml	T1
A	Tymiánová silice 0,5 %	0,50%	5 ml	T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7
B	Tymiánová silice 0,5 %	0,50%	5 ml	T1

Tabulka 3.: Přehled aplikací

pořadí aplikace	datum aplikace	čas aplikace	teplota vzduchu (°C)	oblačnost (%)	relativní vlhkost vzduchu (%)	vlhkost povrchu půdy	rychlost větru (m/s)	směr větru	děšť při aplikaci	rosa
T1	20.5.2016	13:00	20	20	47	suchá	0,2	S	NE	NE
T2	9.6.2016	8:00	17	10	68	suchá	0,5	SV	NE	NE
T3	23.6.2016	8:30	23,5	15	64,5	suchá	0,6	J	NE	NE
T4	13.7.2016	8:45	19,8	20	74,4	vlhká	0,7	Z	NE	NE
T5	25.7.2016	7:00	19,6	15	86,4	suchá	0,2	V	NE	NE
T6	19.8.2016	8:15	18,6	10	54,7	suchá	0,6	S	NE	NE
T7	31.8.2016	13:30	23,5	15	35,1	suchá	1,5	S	NE	NE

Po aplikacích bylo provedeno celkem 9 hodnocení (A1 – A9) v následujících termínech:

- A1: 1 týden po T1
- A2: 2 týdny po T1
- A3: 3 týdny po T1
- A4: bezprostředně před T3
- A5: bezprostředně před T4
- A6: bezprostředně před T5
- A7: bezprostředně před T6
- A8: bezprostředně před T7
- A9: nejpozději 3 týdny po T7

Při každém hodnocení byla hodnocena účinnost přípravku (stupnice 0 – 100%), na kontrolách byl hodnocen stupeň poškození rostlin (stupnice 1 – 8; popis viz. stupnice poškození rostlin). Dále byla hodnocena případná fytotoxicita přípravku (stupnice 0 – 100%; zaznamenání konkrétního poškození). Vždy jeden týden po druhé a čtvrté aplikaci byl na rostlinách změřen obsah chlorofylu v listech, který je ve výsledcích interpretován v relativních procentech vztažených na kontroly. Měření chlorofylu bylo provedeno přístrojem Yara N tester.

Tabulka 4.: Stupnice poškození rostlin

1	žádné
2	mírné skvrny na listech
3	5% listů má skvrny
4	5 – 15% listů má skvrny
5	15 – 25% listů má skvrny
6	25 – 50% listů má skvrny
7	některé části rostlin částečně odumřelé
8	odumřelé rostliny

Blok „B“ sloužil k pozorování prvního výskytu poškození rostliny od aplikace T1. Pro hodnocení poškození rostlin jednotlivých variant byla použita stupnice 1 – 8 (viz. „stupnice poškození rostlin“).

5 Výsledky pokusu

5.1 Hodnocení fytotoxicity přípravků

První hodnocení fytotoxicity jednotlivých přípravků proběhlo 9.5.2016. Při senzorickém zhodnocení zdravotního stavu rostlin ošetřených roztokem tymiánové silice o koncentraci 1% bylo zjištěno, že většina rostlin vykazuje barevné změny na listech, ojediněle byly listy deformované. Při koncentraci 1,5% již byly tyto změny patrné u všech rostlin na téměř 5% listové plochy, většina listů současně vykazovala známky deformací. Při 2% koncentraci roztoku bylo na všech rostlinách evidentní těžké poškození listů, častý byl výskyt deformací a nekróz. Z předchozích zjištění vyplývá, že jediná koncentrace, která doposud nevykazovala žádné známky fytotoxicity byla v případě roztoku tymiánové silice 0,5%.

Obr. č. 6.: Ukázka fytoxicity roztoku tymiánové silice o koncentraci 2%



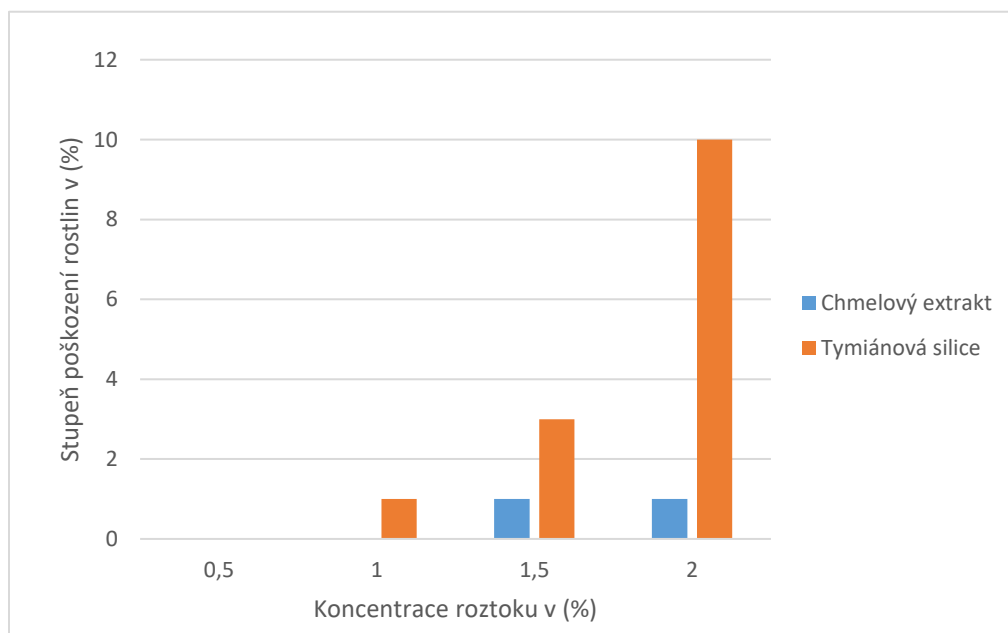
Obr. č. 7.: Ukázka nepoškozené rostliny po ošetření roztokem tymiánové silice o koncentraci 0,5%



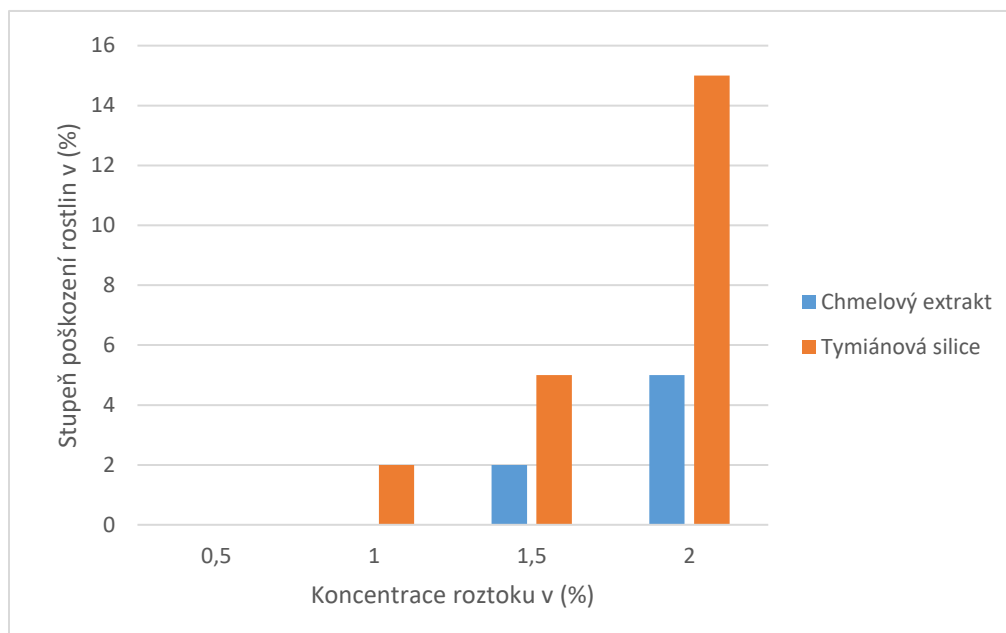
V případě rostlin ošetřených roztokem chmelového extraktu se mírné změny zbarvení listů a deformace začaly projevovat až u koncentrace 1,5%. Rostliny ošetřené 1% roztokem nevykazovaly známky poškození.

Druhé hodnocení proběhlo dne 17.5.2016 a pouze potvrdilo výsledky hodnocení předchozího. Podíl poškozené listové plochy se oproti předchozímu hodnocení zmenšil, přesto byly viditelné rozdíly mezi jednotlivými koncentracemi. Pro další pokračování pokusu proto byla zvolena koncentrace 0,5% u roztoku tymiánové silice a 1% v případě roztoku chmelového extraktu.

Graf č.1.: Hodnocení fytotoxicity chmelového extraktu a tymiánové silice ze dne 9.5.2016



Graf č.2.: Hodnocení fytotoxicity chmelového extraktu a tymiánové silice ze dne 17.5.2016

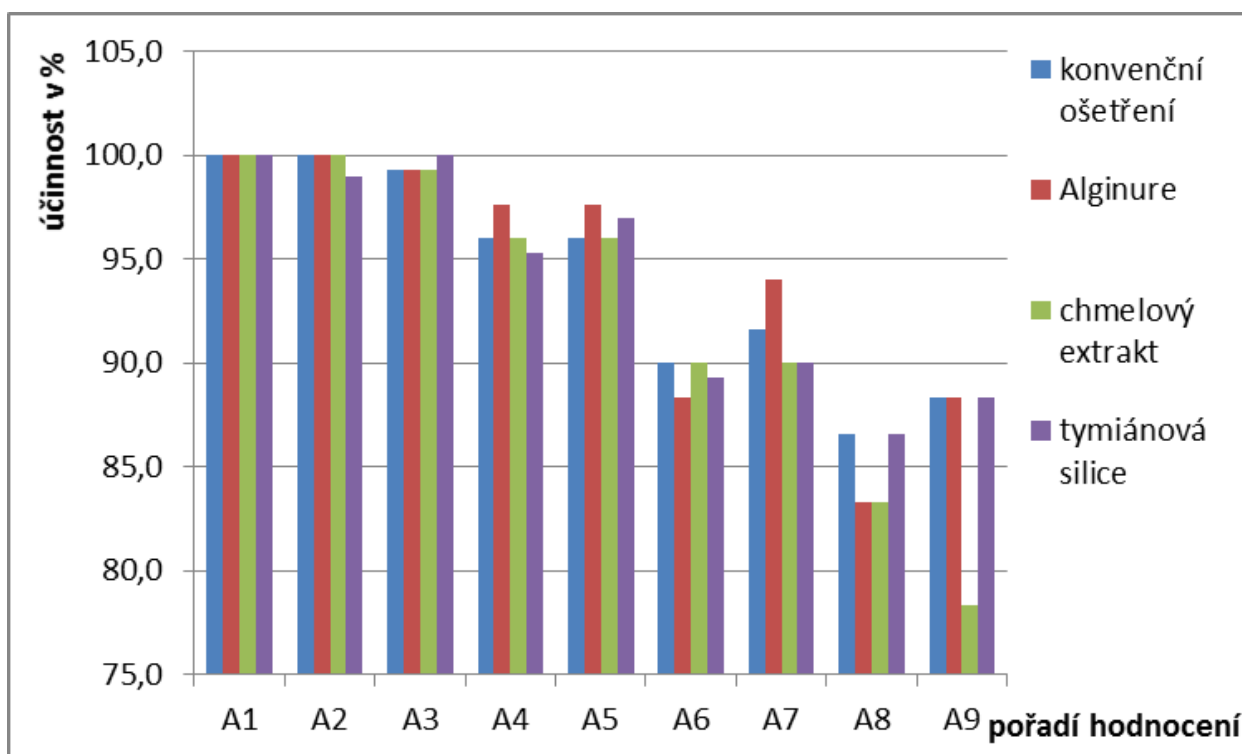


5.2 Výsledky hodnocení účinnosti při ošetření fungicidním sledem (Skupina A)

Mezi první a druhou aplikací byla provedena celkem tři hodnocení zdravotního stavu rostlin. V tomto období nejevily žádné rostliny známky poškození. Účinnost všech čtyř variant lze tedy v tomto období s určitou nadsázkou označit za 100%. Po druhé a třetí aplikaci vykazovaly jednotlivé varianty již mírné rozdíly, ze statistického hlediska však nevýznamné. Po čtvrté a páté aplikaci již byl patrný určitý pokles účinnosti na hodnoty blížíící se 90% a to zejména na rostlinách ošetřených roztokem chmelového extraktu, tymiánové silice a rostlinách ošetřených konvenčním přípravkem. Pokles účinnosti byl patrný i po šesté a sedmé aplikaci. U rostlin ošetřených chmelovým extraktem byl pokles kontinuální a po sedmé aplikaci byla vyhodnocena účinnost pod hranicí 80%. Roztok tymiánové silice vykazoval po sedmé aplikaci, tedy po více než třech měsících od založení pokusu, téměř 90% účinnost, což byl v rámci pokusu

výsledek srovnatelný s účinností konvenčních přípravků. Přípravek Alginure se vyznačoval v průběhu pokusu mírně nevyrovnanými, přesto vysokými hodnotami účinnosti. Tuto skutečnost lze odůvodnit faktem, že přípravek Alginure působí spíše na posílení zdravotního stavu rostliny a navození přirozené rezistence. Preventivní a posilující charakter působení v kombinaci s nevhodným průběhem počasí pro šíření patogena tak lze považovat za příčinu vysoké účinnosti přípravku v průběhu pokusu.

Graf č.3.: Hodnocení účinnosti ošetření fungicidním sledem



5.3 Výsledky hodnocení nástupu napadení rostlin po jedné fungicidní aplikaci (Skupina B)

Rostliny skupiny B byly ošetřeny pouze jednou aplikací a to v prním termínu pokusu. Následně byl pozorován nástup napadení plísní chmelovou. Skupina byla opět rozdělena do pěti variant, první varianta sloužila jako neošetřená kontrola, druhá byla ošetřena přípravkem

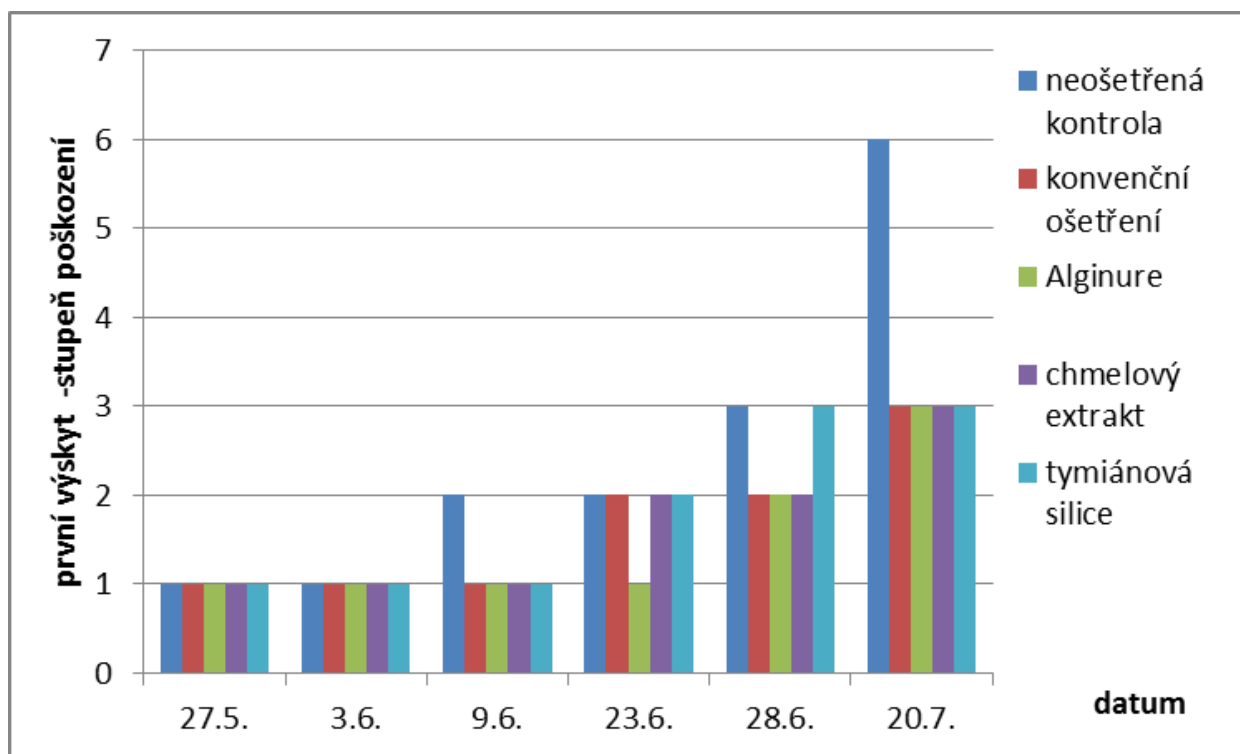
Flowbrix v kombinaci s pomocným přípravkem Agrovital, třetí přípravkem Alginure, čtvrtá roztokem chmelového extraktu a pátá roztokem tymiánové silice.

Obr. č.8.: Rostlina neošetřené kontroly napadená plísní chmelovou



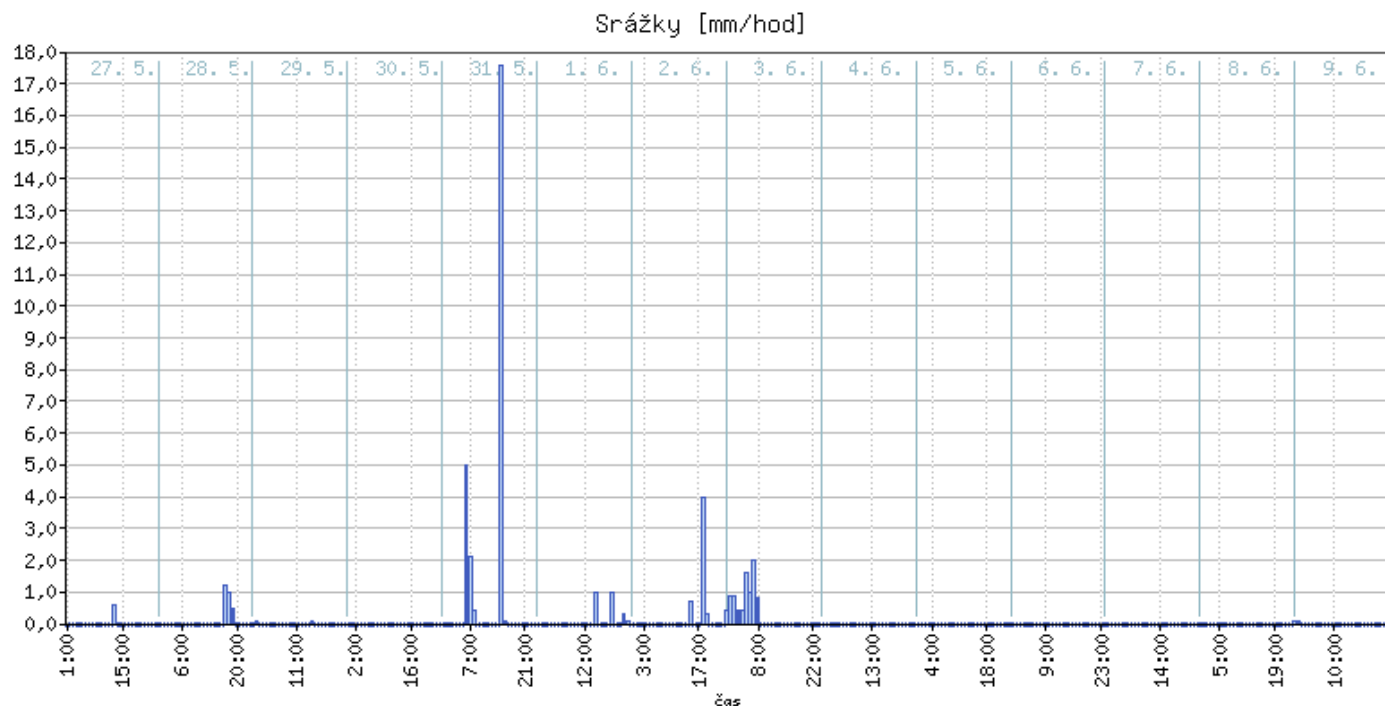
První příznaky napadení patogenem byly zaznamenány na rostlinách neošetřené kontroly, což do určité míry poukazuje na preventivní působení všech přípravků, včetně testovaných roztoků. Další hodnocení bylo provedeno s odstupem dvou týdnů. V této době vykazovaly již příznaky napadení všechny varianty, s výjimkou rostlin ošetřených Alginurem. Při třetím hodnocení již byly napadeny všechny rostliny v pokusu, vyšší stupně napadení byly shledány u neošetřené kontroly a varianty s roztokem tymiánové silice. Poslední ošetření bylo provedeno s odstupem tří týdnů (54 dní od fungicidní aplikace) a byla u něj zaznamenána vysoká úroveň napadení neošetřených rostlin a mírná úroveň napadení u všech ostatních variant.

Graf č.4.: Hodnocení nástupu infekce u rostlin skupiny B

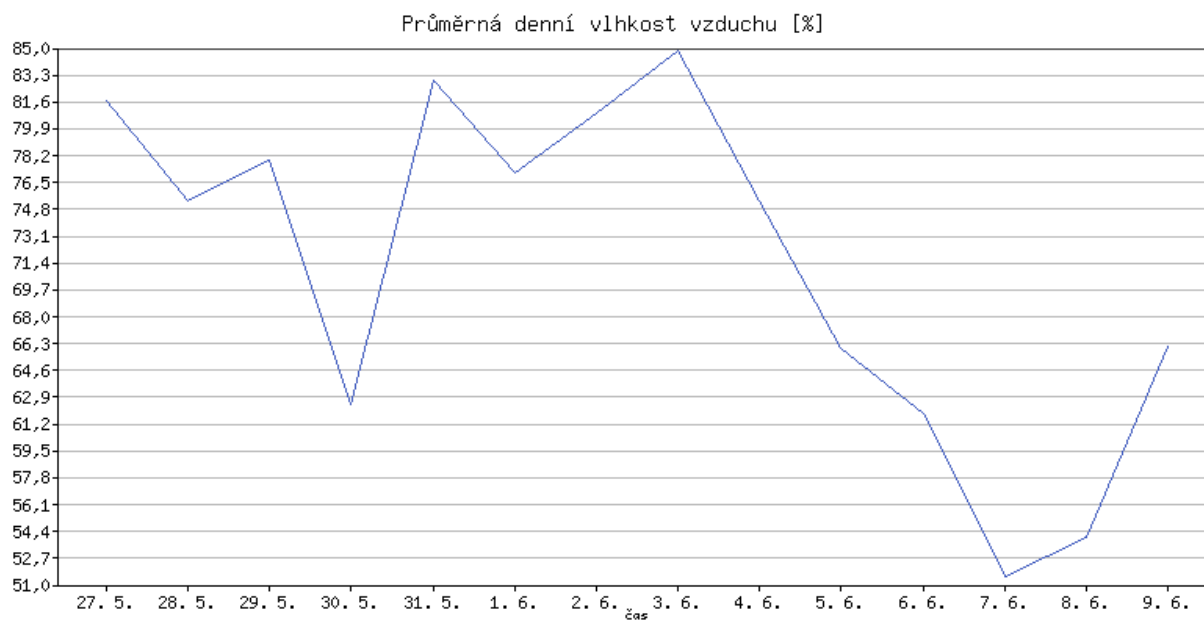


Z grafu č.4 je patrné, že ošetřené varianty byly nejméně 13 dní od aplikace bez známek napadení, což lze označit za vyhovující ochranný účinek. Varianta ošetřená přípravkem Alginure vykazovala preventivní účinky i po čtvrtém hodnocení. Účinnost přípravku však mohla být navíc podpořena jeho ozdravovacím efektem na rostlinu. Neopomenutelným faktorem je také nepříznivý průběh počasí pro šíření patogena, představovaný velmi nízkým počtem srážkových dnů a nízkou vlhkostí vzduchu ve sledovaném období (viz. graf č.5. a 6.).

Graf č.5.: Úhrn srážek v období od 27.5.2016 - 9.6.21016



Graf č.6.: Průměrná denní vlhkost vzduchu v období od 27.5.2016 - 9.6.21016



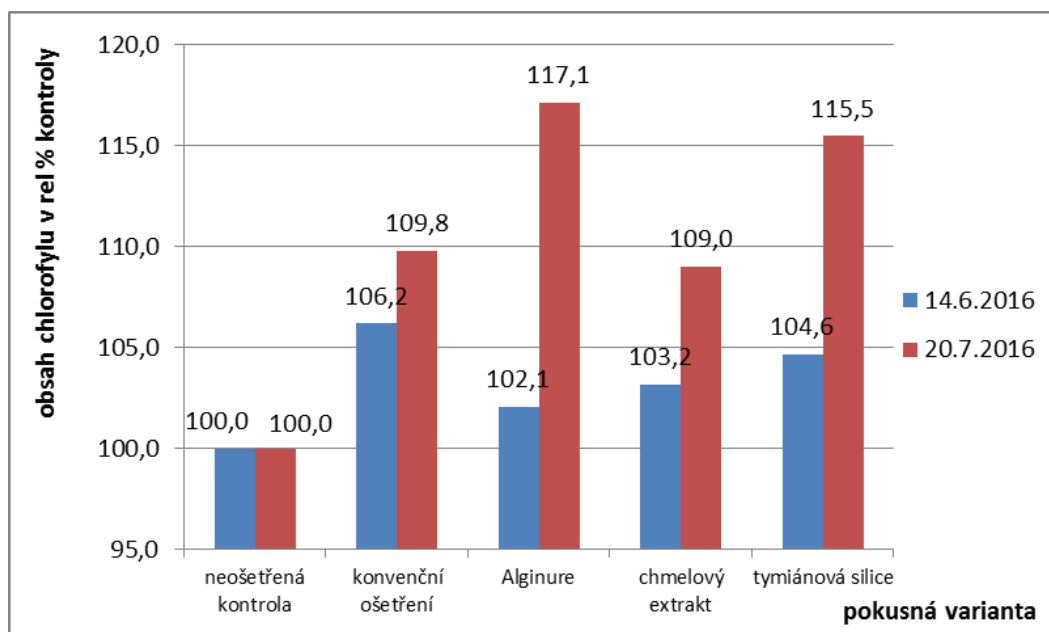
5.4 Výsledky měření obsahu chlorofylu

Měření chlorofylu se provedlo týden po druhé a čtvrté aplikaci a mělo za cíl ověřit případné pozitivní vlivy přípravků na zdravotní stav rostlin. Hodnoty chlorofylu naměřené u všech rostlin se poté porovnali s hodnotou naměřenou u neošetřené kontroly.

Množství chlorofylu u všech rostlin bylo po prvním změření poměrně vyrovnané. Zvýšená hladina chlorofylu byla zjištěna u všech ošetřených variant. Průměrné zlepšení se pohybovalo těsně nad hranicí 4%, tedy 104% oproti neošetřené kontrole. V této fázi vegetačního cyklu lze předpokládat, že se jedná o projev lepšího zdravotního stavu ošetřených rostlin.

U druhého měření již byly zaznamenány značné rozdíly v naměřených hodnotách. Všechny varianta stále vykazovali výrazné navýšení chlorofylu oproti neošetřené kontrole. Rostliny ošetřené konvenčními přípravky a roztokem chmelového extraktu obsahovali přibližně o 10% více chlorofylu v listech než neošetřená kontrola. V případě těchto hodnot lze stále předpokládat, že větší množství chlorofylu v listech je odrazem lepšího zdravotního stavu rostlin. Výrazné zvýšení bylo naměřeno u varianty ošetřené přípravkem Alginure, jednalo se o průměrné zlepšení o více než 17%. Měření tak prokázalo pozitivní účinky přípravku Alginure na růstové schopnosti rostlin, zejména pak v období nízkého tlaku patogenů. U varianty ošetřené roztokem tymiánové silice byly taktéž zjištěny výrazné rozdíly v obsahu chlorofilu v listech. Byl naměřen rozdíl téměř 16% oproti neošetřené kontrole. Tato hodnota poukazuje na dobrou účinnost ošetření a také na možné pozitivní působení tymiánové silice na růstové schopnosti rostliny.

Graf č.7.: Měření obsahu chlorofylu v listech



6 Diskuze

Cílem této práce bylo otestovat fytoxicitu a účinnost přípravků s obsahem silic z rostlin rodu *Thymus* a připraveného extraktu z chmelu otáčivého proti plísni chmelové (*Pseudoperonospora humuli*). Výsledky hodnocení ukázaly vysokou účinnost působení tymiánové silice. Účinnost chmelového extraktu se ukázala být nižší než u ostatních ošetřených variant a tudíž jej nelze označit za stejně vhodný zdroj účinných látek proti tomuto patogenu, jako tymiánovou silici. Testování rostlin rodu *Thymus* na chmelu otáčivém, či jako ochrana proti plísni chmelové dosud nebylo předmětem vědeckých článků, tudíž není možné výsledky pokusu přímo srovnat. Nelze také opomenout skutečnost, že podíly jednotlivých složek či kompletní složení silic jednoho rostlinného druhu, se mohou výrazně lišit v závislosti na fenofázi rostliny, průběhu počasí a lokalitě pěstování rostliny. Srovnání výsledků je tak v tomto případě velmi obtížné. Vzhledem k velkému počtu různých chemických sloučenin přítomných v silicích nelze jejich antimikrobiální činnost přiřadit jedné sloučenině. Nejvýznamnější fenolickou skupinou je monoterpen thymol a karvakrol. Mechanismus fungicidního účinku silic není zcela znám (Burt 2004).

Silný antifungální efekt tymiánové silice potvrzuje např. Kumar et. al. (2008), který provedl pokus s působením 14 druhů rostlinných silic proti spektru bakterií ohrožující skladované potraviny. Ze všech 14 silic se jako nejúčinnější ukázala silice tymiánu obecného. Došlo k úplnému potlačení šíření hub *Aspergillus flavus* a výraznému potlačení hub *Fusarium oxysporum*, *Cladosporium herbarum*, *Curvularia lunata*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Alternaria alternata* a *Botryodiplodia theobromae*. Tymiánová silice tak dosáhla lepších výsledků než většina klasických fungicidů, což koresponduje s našimi výsledky z kapitoly Výsledky hodnocení účinnosti při ošetření fungicidním sledem (Graf.č.3 a 4.).

Nejvyšší účinnosti dosáhla tymiánová silice také ve studii Zambonelli et. al. (1996), kdy se esenciální oleje rostlin *Thymus vulgaris* L., *Lavandula R.C. hybrid* a *Mentha piperita* L testovali in vitro proti patogenům *Rhizoctonia solani*, *Pythium ultimum*, *Fusarium solani* a *Colletotrichum lindemuthianum*. Skenování elektronovým mikroskopem poté ukázalo, že

esenciální oleje obsahující thymol působí pozitivně na degradaci houbových hyf. Dále v polním pokusu Tagne et. al. (2008) ověřil fungicidní efekt tymiánové silice při moření osiva kukuřice a in vitro provedl hodnocení účinnosti na infikovaném osivu. Infikované osivo ošetřené silicí tymiánu o 5% koncentraci vykazovalo 92% účinnost ošetření. V polním pokusu byla naměřena o 3% vyšší vzcházivost ošetřeného osiva než neošetřené kontroly. Na základě těchto výsledků autoři doporučili použití prášku s tymiánovou silicí jako náhradu konvenčním mořících prostředků.

Naše závěry ohledně fytotoxicity a účinnosti tymiánové silice se velmi podobali výsledkům Waltera et. al. (2001) při pokusu s ochranou révy vinné proti plísni šedé (*Botrytis cinerea*) pomocí tymiánové silice. V případě pokusu s vinnou révou se jako bezpečná prokázala podobná koncentrace jako v našem případě a sice 0,33%. Výsledkem těchto studií bylo prokázání pozitivního vlivu testované látky na potlačení rozvoje plísně šedé. Dle autora lze tímto roztokem provádět ochranu v intervalu 8-10 dní od nakvítání po sklizeň révy vinné. Prokázaná fytotoxicita tymiánové silice je pravděpodobně způsobena vysokým podílem tymolu a karvakrolu v tymiánové silici. S našimi výsledky hodnocení fytotoxicity se shoduje také studie Tworkoského (2002), který hodnotil fytotoxicitu silic několika vybraných druhů rostlin na pampelišce lékařské (*Taraxacum officinale*). Silice tymiánu, hřebíčku a skořice o koncentraci (1%, 2%) se v tomto experimentu vykazovali vyšší fytotoxicitou než všechny ostatní testované varianty.

Z výše uvedených tvrzení je antifungální účinek tymiánové silice velmi zřejmý. Pro případné použití této látky pro ochranu rostlin je však nutné srovnat její ekonomickou náročnost s dalšími variantami integrované ochrany chmele.

7 Závěr

Z výsledků vyplývá, že 0,5% roztok tymiánové silice se ukázal jako vysoce účinný a lze jej proto doporučit k dalšímu zkoumání. Pro pokus zvolené látky, tedy chmelový extrakt a tymiánová silice dokážou do určité míry rostlinu chránit před napadením. Po pěti opakovaných aplikacích byla účinnost obou přípravků téměř shodná s účinností konvenčních fungicidů. Při vyhodnocování účinnosti šesté a sedmé aplikace však již bylo zřejmé, že účinnost 1% roztoku chmelového extraktu začala postupně klesat, zatímco 0,5% roztok tymiánové silice stále dokázal udržet rostliny relativně zdravé. V případě hodnocení nástupu napadení plísní chmelovou, vykazovali všechny varianty téměř stejné výsledky. Mírně lepší výsledky se ukázaly u varianty ošetřené přípravkem Alginure, který udržel rostliny zdravé bezmála měsíc. Dalším faktorem podtrhujícím vhodnost roztoku tymiánové silice byly výsledky měření obsahu chlorofylu v listech. Zatímco po prvním měření obsahu chlorofylu byly nárůsty u všech variant stejné (okolo 4%), u druhého měření již varianty ošetřené Alginurem a roztokem tymiánové silice vykazovali nárůst obsahu chlorofylu o 55% vyšší než ostatní varianty ošetření. Celkový nárůst oproti neošetřené kontrole tak činil téměř o 16% vyšší obsah chlorofylu.

8 Seznam použité literatury

Almaguer. C., Schönberger Ch., Gastl. M., Arendt. E. K., Becker. T. (2014): Humulus lupulus – a story that begs to be told. Journal of The Institute of Brewing. 4 (120). 289-314s.

Altová. M. (2011): Situační a výhledová zpráva chmel a pivo. Ministerstvo zemědělství. Praha. 62s.

Anonym (a). Žatecký chmel [online]. CzHops. 2007 [cit. 15. 2. 2017]. Dostupné z: <http://www.zateckychmel.eu>

Anonym (b). Chmel v číslech [online]. Svaz pěstitelů chmele [cit. 15. 2. 2017]. Dostupné z: http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=35&Itemid=65&lang=cs.

Anonym (c). Odrůdy chmele [online]. Bohemiahop. 2017 [cit. 19. 3. 2017]. Dostupné z: <http://www.bohemiahop.cz/cz/odrudy-chmele>

Anonym (d). Proces pěstování a sklizně chmele [online]. Hopservis. 2013 [cit. 14. 1. 2017]. Dostupné z: <http://www.hopservis.cz/>

Bakkali. F., Averbeck. S., Averbeck. D., Waomar. M. (2008): Biological effects of essential oils - A review. Food and Chemical Toxicology. 46 (2). 446-475s.

Balach. V. in Kovařík. M., (eds.). (2015): Český chmel. Ministerstvo zemědělství. Praha. 55s.

Barborka. V. (2016): Sklizišňové plochy chmelnic v České republice. Chmelařství. 7-9 (89). 94s.

Baser. K. H. C. (2008): Biological and Pharmacological Activities of Carvacrol and Carvacrol Bearing Essential Oils. Current pharmaceutical design. 14 (29). 3106-3119s.

Biendl. M. (1996): Aktuální vlastnosti ethanolových extraktů chmele ve srovnání s CO₂ extrakty. Kvasný průmysl. 10 (42). 310-314s.

Burt. S. (2004): Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. *International Journal of Food Microbiology*. 94 (2004). 223– 253s.

Černohorský. Z.(1967): *Základy rostlinné morfologie*. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 216s.

Drozdová. J. (2015): *Situační a výhledová zpráva chmel a pivo*. Ministerstvo zemědělství. Praha. 48s.

Esoteric oils . Hydro diffusion in essential oil manufacture [online]. Esoteric oils. 17.3.2017 [cit. 12. 4. 2017]. Dostupné z: <http://essentialoils.co.za/hydro-diffusion.htm>

Forejtová. M. Tisková zpráva Svazu pěstitelů chmele České republiky [online]. Svaz pěstitelů chmele. 21.8.2007 [cit. 15. 2. 2017]. Dostupné z:

<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=62697&ids=118>

Hay. R. K. M., Watermann. P. G., (eds.) (1993): *Volatile Oil Crops – their biology, biochemistry and production*. Harlow: Longman scientific. New York. 185s.

Ježek. J. (2017): *Výstava techniky do chmelnic*. Chmelařský institut s.r.o.. Žatec. 168s.

Jirásek. V., Starý. F. (1986): *Atlas léčivých rostlin*. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 28s.

Kazda. J., Mikulka. J., Prokinová. E. (2010): *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi Press s.r.o.. Praha. 398s.

Klarić. M.Š., Kosalec. I., Mastelić. J., Piecková. E., Pepeljnak. S. (2007): Antifungal activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil and thymol against moulds from damp dwellings. *Letters in Applied Microbiology*. 5 (44). 36-42s.

Kopecký. J., Ježek. J., Klíma. B., Slavík. L. (2008): *Zásady pro využití progresivních systémů závlahy chmele v podmínkách chmelařských oblastí ČR*. Chmelařský institut s.r.o.. Žatec. 75s.

Kovařík. M., Rosa. Z. in Kovařík. M., (eds.). (2015): Český chmel. Ministerstvo zemědělství. Praha. 55s.

Krofta. K., Mikyška. A. (2014): Beta kyseliny chmele, význam a využití. Kvasný Průmysl. 4(60). 96–105s.

Krofta. K., Brynda. M., Nesvadba. V. (2010): Rajonizace českých odrůd chmele. Chmelařský institut s.r.o.. Žatec. 76s.

Kroupa. F. (1995): Složení chmelových silic a pryskyřic českého chmele. Kvasný průmysl. 11(41). 337-344s.

Kroupa. F. (2008): Český chmel 2008. Ministerstvo zemědělství. Praha. 9s.

Kubíček J., Čepička J. in Kosař. K., Procházka. P. (2000): Technologie výroby sladu a piva. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Praha. 127-139s.

Kumar. A., Shukla. R., Singh. P., Prasad. Ch. S., Dubey. N. K. (2008): Assessment of *Thymus vulgaris* L. essential oil as a safe botanical preservative against post harvest fungal infestation of food commodities. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 9 (4). 575-580s.

Kuthan. A. Biopesticidy u nás a ve světě. [online]. Agromauál. 15.2.2017 [cit. 3. 4. 2017]. Dostupné z: <http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/ochrana-obecne/biopesticidy-u-nas-a-ve-svete>

Langezaal. C. R., Chandra. A., Scheffer. J. J. C. (1992): Antimicrobial screening of essential oils and extracts of some *Humulus lupulus* L. cultivars. International Journal of Clinical Pharmacy. 6 (14). 353-356s.

Madden. R. Managing Powdery Mildew of Hops in the Northeast [online]. University of Vermont Extension. July 2011 [cit. 3. 4. 2017]. Dostupné z: <http://www.uvm.edu/extension/cropsoil/wp-content/uploads/PowderyMildew.pdf>

Mikyška. A. (2009): Pivovarský hodnota českých a moravských chmelů ze sklizně 2008. Kvasný průmysl. 2(55). 30-36s.

Nesvadba. V., (eds.). (2013): Vývoj a tradice českých odrůd chmele. Chmelařský institut s.r.o.. Žatec. 104s.

Nováček. F. (2009): Fytochemické základy botaniky. Fontána. Olomouc. 210s.

Novák. F. (1999): Přehled výskytu škodlivých činitelů a organismů na chmelu v r. 1998. Rostlinolékař. 2 (10). 14-16s.

Padumanonda. T., Pensuk. W., Pichaensoonthon C. (2007). Comparison of the Chemical Constituents in *Michelia alba* Flower Oil Extracted by Steam Distillation, Hexane Extraction and Enfleurage Method. Journal of Thai Traditional & Alternative Medicine. 1 (5).

Pavloušek. P. (2016): Bio odrůdy révy vinné. Grada publishing a.s.. Praha. 320s.

Pazdera. J., Štolcová. M., Dolejší. J., Sus. J., Vrzal. J. (2001): Cvičení ze speciální fytotechniky. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 43-45s.

Petrlík. Z., Štys. Z. (1979): Ochrana chmele před peronosporou. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Praha. 18s.

Riccioni. L., Orzali. L. (2011): Activity of Tea Tree (*Melaleuca alternifolia*, Cheel) and thyme (*Thymus vulgaris*, Linnaeus.) Essential Oils against Some Pathogenic Seed Borne Fungi. Journal of Essential oil research. 6(23). 43-47s.

Rota. M. C., Herrera. A., Martínez. R. M., Sotomayor. J. A., Jordán. M. J. (2008): Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. Food Control. 7(19). 681-687s.

Rybáček. V., (eds.). (1980): Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 426s.

Schmidt. E. in Buchbauer. G., Baser. K.H.C., (eds.). (2010). Handbook of essential oils : science, technology, and applications. CRC Press. Boca Raton. 994s.

Small. E. (1997): Culinary herbs. National research council of Canada. 1013s.

Šedý. R. Omezení při ochraně chmele by nemusel být problém. Jde to i ekologicky a levněji [online]. Agris. 16.12.2016 [cit. 3. 4. 2017]. Dostupné z: http://www.agris.cz/zemedelstvi/omezeni-pri-ochrane-chmele-by-nemusel-byt-problem-jde-to-i-ekologicky-a-levneji?id_a=194624

Šnobl. J. (2003): Agrotechnika chmele - významný faktor výnosu a kvality hlávek. AGRO. 12 (3). 26-30s.

Šnobl. J., Štaud. J., Vašák. J., Zimolka. J. (2004): Rostlinná výroba IV.. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 119s.

Štranc. J., Štranc. D., Štranc. P., Ledvina. R. (2008): Zpracování půdy ve chmelnicích. Kurent s.r.o.. České Budějovice. 45s.

Štranc. P., Štranc. J., Jurčák. J., Štranc. D., Pázler. B. (2007a): Řez chmele. Kurent s.r.o.. České Budějovice. 48s.

Štranc. P., Štranc. J., Jurčák. J., Štranc. D., Pázler. B. (2007b): Výsadba chmele. Kurent s.r.o.. České Budějovice. 72s.

Štranc. P., Štranc. J., Procházka. P., Štranc. D. (2016): Vývoj počasí a odrůdové pokusy se sójou v ročníku 2015/2016. 2016, Sborník 33. vyhodnocovacího semináře: Systém výroby řepky - Systém výroby slunečnice. 11 (33). 256-263s.

Trivedi. M.K., Patil. S., Mishra. R.K., Jana. S. (2015): Structural and Physical Properties of Biofield Treated Thymol and Menthol. Molecular Pharmaceutics & Organic Process Research. 3 (2). 1-10s.

- Tworkoski. T. (2002): Herbicide effects of essential oils. *Weed science*. 50 (4). 425-431s.
- Valíček. P. (2006): *Technické a siličnaté rostliny*. MENDELU. Brno. 201s.
- Velíšek. J., Hajšková. J. (2009): *Chemie potravin II*. Osis. Tábor. 644s.
- Vent. L., (eds.). (1963): *Chmelařství - organizace a technologie výroby*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 409s.
- Vostřel. J. (2003): Ochrana chmele proti hospodářsky významným chorobám a škůdcům. *AGRO*. 12(3). 22-26s.
- Vostřel. J., Klapal. I., Kudrna. T. (2008a): Metodika ochrany chmele proti svilušce chmelové (*Tetranychus urticae koch*). Chmelařský institut s.r.o.. Žatec. 23s.
- Vostřel. J., Klapal. I., Kudrna. T. (2008b): Metodika ochrany chmele proti mšici chmelové (*Phorodon humuli Schrank*). Chmelařský institut s.r.o.. Žatec. 38s.
- Vostřel. J., Klapal. I., Kudrna. T. (2008c): Metodika ochrany chmele proti peronospoře chmelové (*Peronoplasmopara humuli Miy et Tak., Wils.*). Chmelařský institut s.r.o.. Žatec. 23s.
- Vostřel. J., Klapal. I., Kudrna. T. (2010): Metodika ochrany chmele 2010. Chmelařský institut s.r.o.. Žatec. 26s.
- Vostřel. J. (2015): Ochrana chmele proti škodlivým organismům v roce 2015. *Chmelařství*. 5 (88). 110-115s.
- Vostřel. J. (2016): Řešení aktuální problematiky ochrany chmele pro peronospoře chmelové s využitím fungicidu Revus. *Chmelařství*. 4 (89). 46-49s.
- Vostřel. J., Klapal. I. (2017): Metodika ochrany chmele 2017. Chmelařský institut s.r.o.. Žatec. 61s.

Walter. M., Jaspers. M. V., Eade. K., Frampton. C. M., Stewart. A. (2001): Control of Botrytis cinerea in grape using thyme oil. Australasian plant pathology. 1 (30). 21-25s.

Zambonelli. A., D'Aulerio. A. Z., Bianchi. A., Albasini. A. (1996): Effects of Essential Oils on Phytopathogenic Fungi In Vitro. Journal of phytopathology. 9-10 (144). 491-494s.

Zheljazkov. V. D., Astatkie. T., Hristov. A. N. (2012): Lavender and hyssop productivity, oil content, and bioactivity as a function of harvest time and drying. Industrial Crops and Products. 36 (1). 222–228s.

Zdroje příloh a obrázků

Obrázek č.1: Mapa chmelařských oblastí ČR. Dostupné z:

<http://agrobiologie.cz/SMEP3/Chmel/chmel/php/skripta/index.html>

Graf č.5.: Úhrn srážek v období od 27.5.2016 - 9.6.21016. Dostupné z:

<http://meteostanice.agrobiologie.cz/>

Graf č.6.: Průměrná denní vlkost vzduchu v období od 27.5.2016 - 9.6.21016. Dostupné z:

<http://meteostanice.agrobiologie.cz/>