

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



Porovnání reziduí pesticidů v hlávkách chmele otáčivého  
pěstovaného v režimu konvenčního a ekologického zemědělství

Bakalářská práce

Autor práce: Tereza Roubicová

Obor studia: Výživa a potraviny

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

Konzultant: Ing. Pavel Donner

© 2017 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Porovnání reziduí pesticidů v hlávkách chmele otáčivého pěstovaného v režimu konvenčního a ekologického zemědělství" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne:

Podpis:

## **Poděkování**

V úvodu bych ráda poděkovala vedoucímu mé práce, Ing. Pavlu Procházkovi, PhD., za odborné vedení a cenné rady, také děkuji svému konzultantovi, Ing. Pavlu Donnerovi, za četné připomínky a ochotu během tvorby této práce. Za podporu a trpělivost děkuji své rodině a přátelům.

# Porovnání reziduí pesticidů v hlávkách chmele otáčivého pěstovaného v režimu konvenčního a ekologického zemědělství

## Souhrn

Při konvenčním způsobu pěstování chmele otáčivého se spotřebovává značné množství pesticidů. Intenzivní používání těchto přípravků podle současných studií negativně ovlivňuje přirozené procesy probíhající v životním prostředí. Alternativou je ekologické zemědělství, v němž pěstitelé musí dodržovat legislativně stanovená pravidla týkající se především snížení množství chemikálií vstupujících do prostředí. Při pěstování chmele v ekologickém režimu se klade důraz na mechanické zpracování půdy chmelnic a zvýšení výskytu přirozených nepřátel škůdců. Monitorování spotřeby pesticidů a jejich reziduí v plodinách a produktech je důležité zejména z toho důvodu, že mají schopnost se kumulovat v životním prostředí a v tělech organismů a působit na ně toxicky. Hodnocení jakosti zemědělských komodit z hlediska kontaminace pesticidy se provádí zejména stanovením obsahu reziduí těchto kontaminantů. Množství reziduí musí splňovat stanovené maximální limity reziduí (MRL).

Měření obsahu reziduí sledovaných ochranných přípravků ve chmelových hlávkách bylo provedeno pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie s hmotnostním spektrometrem (HPLC-MS). Rezidua bifenazatu, účinné látky akaricidu Acramite 480 SC aplikovaného ve čtyřech různých koncentracích, se ve vzorcích nacházela pod hladinou detekce přístroje, tedy  $< 0,05$  ppm. Fungicid Bellis 38 WG, který obsahuje účinné látky boscalid a pyraclostrobin, byl aplikován v množství  $0,9$  kg/ha celkem pětkrát, tj. v součtu  $4,5$  kg/ha. Rezidua boscalidu se ve vzorku nacházela pod hladinou detekce, tedy  $< 0,05$  ppm, rezidua pyraclostrobinu byla rovněž pod hladinou detekce, která v tomto případě činila  $0,01$  ppm. Rezidua cymoxanilu, účinné látky fungicidu Curzate K, se vyskytovala ve všech vzorcích včetně ekologicky pěstovaného chmele v množstvích  $0,04 - 0,09$  ppm. Rezidua fenpyroximatu, účinné látky akaricidu Ortus 5 SC, ve vzorku detekována nebyla. Hladina detekce byla stanovena na  $0,2$  ppm. Obsahy reziduí všech sledovaných účinných látek ve zvoleném ošetrovacím sledu byly nižší než hodnoty MRL.

Klíčová slova: chmel otáčivý, rezidua pesticidů, ochrana chmele, pěstování chmele, biochmel

# Comparison of pesticide residues in hops in mode, conventional and organic farming

## Summary

When cultivating hops conventionally, a significant amount of pesticides is used. According to the most recent studies, the intense usage of pesticides disrupts natural processes in the environment. An alternative to this is ecological agriculture, where growers have to follow strict rules set by the legislation, concerning mainly lowering the amounts of chemicals released in the environment. When cultivating hops accordingly, the process of hop garden soil tillage is emphasized, so that the number of natural pests' enemies can be increased. Monitoring the usage of pesticides and their residues in crops and products is important mainly due to their ability to accumulate in the environment as well as in the bodies of organisms and to intoxicate them. The quality evaluation of the agricultural commodity in terms of pesticide contamination is done by establishing the volume of residues of these contaminants. The amount of residues should not exceed the Maximum Residue Limit (MRL).

In order to measure the volume of residues of the observed protection products in the hop cones, a high performance liquid chromatography with mass spectrometry (HPLC-MS) was used. Residues of bifentazate, specifically the active substance acaricide Acramite 480 SC, applied in four different concentration levels, appeared in equations under the detection level of the device, thus  $< 0,05$  ppm. Fungicide Bellis 38 WG, which contains active substances boscalid and pyraclostrobin, was applied five times in the amount of 0,09 kg/ha, hence 4,5 kg/ha in total. Boscalid residues appeared in equations below the detection level, thus  $< 0,05$ . Similarly, pyraclostrobin residues appeared below the detection levels, specifically 0,01 ppm. Cymoxalin residues, the active substance of fungicide Curzate K, appeared in all equations, including the ecologically cultivated hops, in amounts between 0,04 – 0,09 ppm. Fenpyroximate residues, the active substance of acaricide Ortus 5 SC, were not detected in the equation at all. The detection level was set at 0,2 ppm. The amounts of residues in all observed substances were, therefore, lower than the MRL values.

Keywords: hops, pesticide residues, hop protection, hop growing, organic hops

# Obsah

Úvod.....	7
Cíl práce .....	7
Literární přehled.....	8
1. Pěstování chmele v ČR .....	8
2. Způsoby pěstování zemědělských plodin.....	10
2.1. Konvenční zemědělství .....	10
2.2. Ekologické zemědělství.....	11
2.3. Integrovaná ochrana rostlin .....	12
3. Pesticidy .....	13
3.1. Historie používání pesticidů.....	14
3.2. Osud pesticidů v prostředí.....	15
3.2.1. Bioakumulace a biomagnifikace pesticidů.....	15
3.3. Klasifikace pesticidů .....	15
3.3.1. Akaricidy .....	17
3.3.2. Fungicidy.....	17
3.4. Rezidua pesticidů .....	19
3.4.1. Vliv reziduí pesticidů na člověka .....	20
4. Chmel otáčivý .....	22
4.1. Biologická charakteristika chmelových rostlin .....	23
4.2. Významné látky v chmelových hlávkách.....	24
4.2.1. Chmelové pryskyřice.....	24
4.2.2. Polyfenolové látky – třísloviny .....	25
4.2.3. Chmelové silice .....	26
4.3. Chmelové produkty .....	27
4.4. Konvenční pěstování chmele.....	28
4.5. Ekologické pěstování chmele .....	32
4.6. Škůdci chmele .....	33
4.6.1. Mšice chmelová.....	33
4.6.2. Sviluška chmelová.....	34
4.6.3. Lalokonosec libečkový.....	35
4.6.4. Dřepčík chmelový .....	36
4.7. Choroby chmele .....	37
4.7.1. Peronospora chmelová .....	37
4.7.2. Padlí chmelové .....	38
Materiál a metody .....	39
5. Charakteristika pokusného stanoviště .....	39
5.1. Pedologická charakteristika.....	39
5.2. Klimatická a meteorologická charakteristika .....	39
5.3. Použitý materiál.....	42
5.4. Průběh pokusu .....	43
5.4.1. Agrotechnické zásahy.....	43
5.4.2. Aplikace sledovaných akaricidů a fungicidů.....	45
5.4.3. Odběr vzorků.....	47
5.4.4. Hodnocení reziduí aplikovaných přípravků .....	47
Výsledky .....	48
Diskuze.....	50
Závěr .....	52
Seznam literatury .....	53

## ÚVOD

Česká republika se z celosvětového hlediska řadí k nejvýznamnějším pěstitelům chmele otáčivého. Od roku 2014 lze zaznamenat trend zvyšování rozlohy chmelnic, který je pro české a moravské chmelařství důležitým krokem vpřed. Pěstování chmele je značně specifickou oblastí rostlinné produkce, která si žádá charakteristické agrotechnické i klimatické podmínky. Neméně významným faktorem úspěšné produkce je pečlivá a často náročná práce chmelařů. Vzhledem k tomu, že se chmel pěstuje v monokulturách, které nejsou přirozeným prostředím pro případné nepřátele škůdců, vyžaduje intenzivní ochranu a vysoké dávky ochranných přípravků. Proto se také v rámci tohoto odvětví zemědělství intenzivně zkoumají možnosti snižování aplikací pesticidů a ekologičtější metody pěstování.

Z nesčetných výzkumů negativních účinků pesticidů prováděných po celém světě pramení tendence minimalizovat jejich množství vstupující do životního prostředí. Ukazatelem spotřeby a následné degradace pesticidů jsou jejich rezidua, která se mohou objevit v zemědělských plodinách a mnohdy také v již hotových produktech. Z toho vyplývá jejich nepříznivý vliv na člověka i ostatní živočichy, neboť tyto látky jsou nepřírodní a v určitých koncentracích toxické. Pro přehlednější orientaci byly pro jednotlivé komodity zavedeny maximální limity reziduí pesticidů. Výrobci potravin i spotřebitelé se tak mohou poměrně jednoduše informovat o míře kontaminace daných plodin.

Stanovení reziduí pesticidů je poměrně náročnou operací a u některých zemědělských komodit zatím ne zcela prozkoumanou. Chmel otáčivý patří mezi ně, a proto bych ve své práci ráda shrnula dostupné poznatky týkající se této problematiky a v pokusu nastínila možnou metodu hodnocení reziduí pesticidů.

## CÍL PRÁCE

Cílem práce je zpracovat literární přehled o pěstování chmele v konvenčním a ekologickém systému hospodaření se zaměřením na ochranu rostlin a používané ochranné přípravky. V rámci pokusů zhodnotit obsah reziduí pesticidů ve chmelových hlávkách a porovnat hodnoty s hodnotami naměřenými v hlávkách biochmele a s hodnotami maximálních limitů reziduí ve chmelových hlávkách.

# LITERÁRNÍ PŘEHLED

## 1. Pěstování chmele v ČR

Z celosvětového pohledu se Česká republika v pěstování chmele řadí na 3. místo za Německo a USA a na 1. místo v pěstování jemně aromatického chmele (Anonym, 2016a).

Hnilička a kol. (2010) uvádí, že historicky patří ČR mezi největší výrobce a pěstitele chmele v Evropě. Výměra chmelnic v ČR je cca 4 775 ha (Barborka, 2016).

Vzhledem k příznivější situaci na trhu plocha chmelnic již třetím rokem roste (Anonym, 2016a). Pokles a následný nárůst plochy chmelnic je patrný z tabulky č. 1.

Tab. 1: Plochy chmelnic v ČR v letech 2010 až 2016 (ČSÚ).

\*Zdroj údaje za rok 2016: ÚKZÚZ.

Ukazatel	Jednotka	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016*
<b>Plocha chmelnic</b>	ha	6479	6288	5985	5823	5748	5595	-
<b>Produkční chmelnice</b>	ha	5210	4632	4366	4319	4460	4622	4775

Rok 2016 byl z hlediska produkce chmele oproti roku 2015 velmi příznivý. Celkově se v ČR sklídilo 7 711,61 tun, což je o 2 868,99 tun více než v roce 2015. Jedná se tedy o meziroční nárůst o 59,24 %. Průměrný výnos z hektaru činil 1,61 t, čímž se řadí mezi nejlepší výnosy historie (Anonym, 2016b). Sklizeň a výnosy chmele v letech 2010 až 2016 prezentuje tabulka č. 2.

Tab. 2: Sklizeň a výnosy chmele v ČR v letech 2010 až 2016 (ČSÚ).

\*Zdroj údajů za rok 2016: ÚKZÚZ.

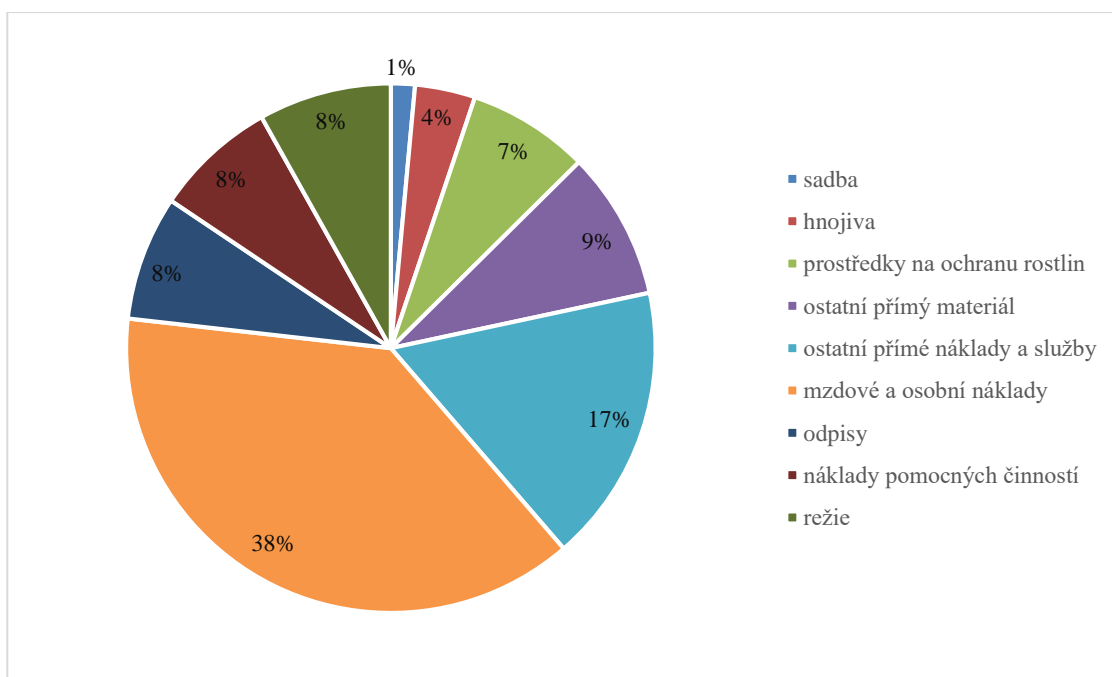
Ukazatel	Jednotka	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016*
<b>Sklizeň</b>	t	7772	6088	4338	5330	6202	4843	7712
<b>Výnos</b>	t/ha	1,49	1,31	0,99	1,23	1,39	1,05	1,61



Nejprodukovanejší odrůdou zůstává Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ) pěstovaný na ploše 4 190 ha. Odrůdovou skladbu v jednotlivých chmelářských oblastech České republiky k 20. 8. 2016 znázorňuje tabulka č. 3.

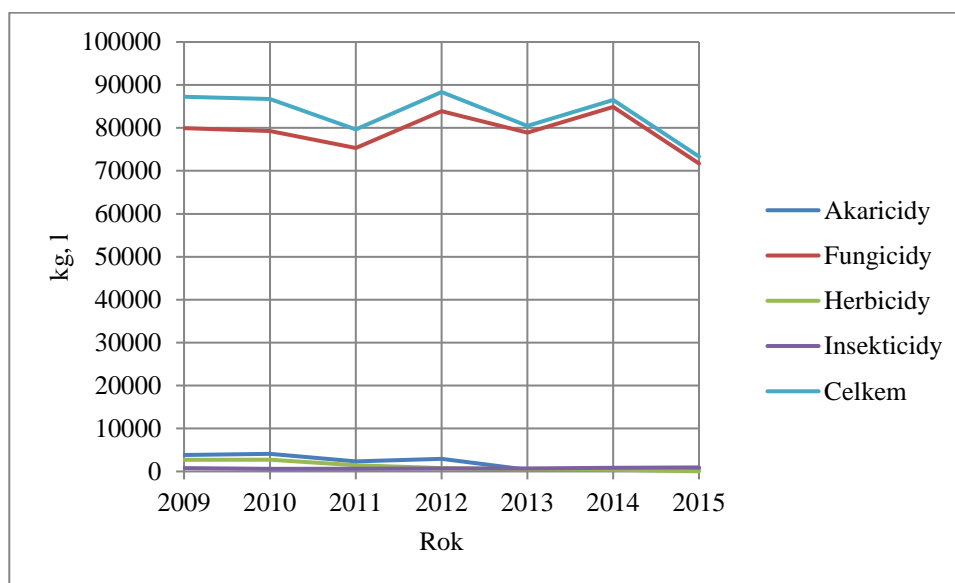
Tab. 3: Sklizňová plocha v jednotlivých chmelářských oblastech podle odrůd k 20. 8. 2016 (Anonym, 2016c).

Odrůda	Plocha v ha			
	Žatecko	Úštěcko	Tršicko	ČR
<b>Agnus</b>	36	3	0	39
<b>Bohemie</b>	1	0	1	2
<b>Bor</b>	0	0	0	0
<b>Cascade</b>	1	0	0	1
<b>Hallertauer</b>	1	0	0	1
<b>Harmonie</b>	5	0	0	5
<b>Kazbek</b>	14	2	5	21
<b>Ostatní</b>	9	0	0	9
<b>Perle</b>	1	0	0	1
<b>Premiant</b>	100	36	39	175
<b>Rubín</b>	1	0	0	1
<b>Saaz Late</b>	39	0	2	41
<b>Saaz Special</b>	20	0	0	20
<b>Sládek</b>	161	27	79	267
<b>Vital</b>	2	0	0	2
<b>ŽPČ</b>	3301	445	444	4190
<b>Celkem</b>	3692	513	570	4775



Graf 1: Náklady na pěstování chmele v roce 2011 (ÚZEI).

Od roku 2000, kdy se spotřeba pesticidů na ochranu chmele pohybovala okolo 32 kg, l/ha, se používání přípravků na ochranu rostlin významně snížilo. V roce 2007 činila spotřeba pesticidů 12 kg, l/ha a i v současnosti dosahuje podobných hodnot. Nejužívanějšími pesticidy na ochranu chmele jsou jednoznačně fungicidy, které průměrně tvoří až 95 % celkové spotřeby, což je patrné z grafu č. 2.



Graf 2: Spotřeba pesticidů při pěstování chmele v letech 2009 až 2015 (spotřeba účinných látek v kilogramech nebo litrech) (ÚKZÚZ).

## 2. Způsoby pěstování zemědělských plodin

### 2.1. Konvenční zemědělství

Tradiční zemědělství se začalo intenzivně měnit na počátku 20. století, kdy se značná část obyvatel venkova stěhovala do měst. Rozvoj průmyslu, vědy a techniky způsobil pokrok také v zemědělství, znatelně se zvyšovala produktivita. Ze samozásobitelského způsobu pěstování plodin se zemědělství dostávalo do role dodavatele potravin pro obyvatele měst (Šarapatka a kol., 2006).

Podle Matsona a kol. (1997) došlo k nejvýznamnějšímu vzestupu produktivity zemědělství v 60. letech 20. století během tzv. zelené revoluce. Začalo se využívat především intenzifikace hospodaření – pěstování odolnějších odrůd s vysokým výnosem, používání pesticidů a hnojiv, zavádění závlahy a mechanizace práce.

Jeníček a Krepl (2002) uvádí, že největších úspěchů v rámci „zelené revoluce“ bylo dosaženo v Číně a Indii. Významný pokrok lze pozorovat např. na produkci rýže v Indii, která se z 257 mil. tun v roce 1965 zvýšila na 468 mil. tun v roce 1985.

Altieri a Nicholls (2005) však poukazují na negativa intenzivního zemědělství. Pěstují se především monokulturní plodiny, což negativně působí na integritu ekosystému a přirozené vztahy mezi organismy. Zvýšené používání agrochemikálií může nepříznivě ovlivnit kvalitu potravin a tím lidské zdraví. V neposlední řadě také mizí vztah zemědělce k půdě, neboť hlavní motivací se stává okamžitý zisk a ustupuje snaha o trvalou udržitelnost úrodnosti půdy.

S těmito názory se shodují také mnohé studie, které se v posledních letech vlivy intenzivního zemědělství zabývají. Pro příklad lze uvést studii prováděnou na jihu Německa, která se zabývá nepříznivými vlivy intenzivního zemědělství na kvalitu vody, eutrofizaci a okyselování půd ve srovnání s ekologickým zemědělstvím (Haas a kol., 2001). Na významné snížení biodiverzity v oblastech intenzivního využívání půdy poukazuje studie Buhka a kol. (2016). Výzkum Tsiafouli a kol. (2015) zahrnující zemědělské regiony Švédska, Velké Británie, České republiky a Řecka prokázal, že intenzivní zemědělství brání přirozenému fungování potravních řetězců a nepříznivě ovlivňuje půdní organismy.

## 2.2. Ekologické zemědělství

Jedná se o přesně definovaný způsob zemědělského hospodaření, který vznikl v reakci na negativa konvenčního zemědělství. V rámci ekologického hospodaření se dbá na složky životního prostředí tím, že se omezuje či zakazuje používání látek a postupů, které jej zatěžují a znečišťují. Zvýšená pozornost se věnuje také hospodářským zvířatům (Dvorský a Urban, 2014).

Prvním krokem k organizaci a rozšíření ekologického zemědělství bylo založení International Federation of Organic Agriculture Movements – Mezinárodní federace sdružení za organické zemědělství (IFOAM) v 70. letech 20. století. Ta měla významný vliv na oficiální uznání ekologického zemědělství v Evropě, k čemuž došlo roku 1991 přijetím Nařízení Rady EHS č. 2092/91 o ekologickém zemědělství a označování zemědělských produktů a potravin (Homolka a kol., 2005).

Toto bylo později nahrazeno Nařízením Rady č. 834/2007 a Nařízením Komise č. 889/2008 (Dvorský a Urban, 2014).

V České republice upravoval ekologické zemědělství Metodický pokyn Ministerstva zemědělství ČR, než vstoupil roku 2001 v platnost Zákon č. 242/2000 Sb., o ekologickém zemědělství, který doplňoval legislativu Evropské unie (Homolka a kol., 2005).

V roce 2005 vstoupil v platnost Zákon č. 553/2005 Sb., kterým se změnil Zákon č. 242/2000 Sb. Byla vypuštěna ustanovení shodná s Nařízením Rady EHS č. 2092/91, čímž se zjednodušila pravidla ekologického zemědělství v České republice (Šarapatka a kol., 2006).

Schulzová a Hubert (2004) popisují stěžejní principy ekologického hospodaření. Důležité je zvolit vhodné osevnické postupy, zařadit meziplodiny, které snižují výpar, erozi, vyplavování živin z půdy a omezují růst plevelů a zajistit šetrné zpracování půdy. Zásadní roli hraje také volba vhodných druhů a odrůd plodin. Oproti konvenčnímu zemědělství je nutné maximálně využít preventivní opatření proti škodlivým činitelům a podpořit jejich přirozené nepřátele.

Podle prohlášení IFOAM se ekologické zemědělství zakládá na principech zdraví, ekologie, poctivosti a péče (Ježek a kol., 2012).

Nedostatkem ekologického zemědělství je dle Kazdy a Škeříka (2008) skutečnost, že nedokáže vypěstovat dostatečné množství potravin za přijatelnou cenu pro celou populaci. Vhodným kompromisem se tedy stává systém integrované ochrany rostlin.

### 2.3. Integrovaná ochrana rostlin

Štramberková (2013) uvádí, že z ekologického i ekonomického hlediska již dále nelze počítat s rozvojem chemické ochrany rostlin a jako jedno z řešení vidí integrovanou ochranu rostlin. Podle zákona č. 326/2004 Sb. a jeho novely č. 199/2012 Sb., o rostlinolékařské péči, se tím rozumí souhrn opatření, která po zvážení veškerých dostupných metod ochrany rostlin potlačují rozvoj škodlivých organismů, podporují přirozené mechanismy ochrany před škodlivými organismy a snižují rizika pro lidské zdraví a životní prostředí.

Tento systém ochrany se snaží udržet škodlivé organismy pod hranicí škodlivosti, přičemž jsou preferovány a využívány přirozené prostředky regulující jejich výskyt (Kazda a Škeřík, 2008).

Štramberková (2013) dodává, že cílem není úplné vyhubení škodlivých populací (eradikace), ale pouze udržení jejich počtu na hospodářsky přijatelné míře, tj. pod prahem škodlivosti. Hodnota prahu škodlivosti nesmí být stanovena na příliš nízké úrovni, protože by

mohlo dojít k ohrožení potravní základny antagonistů škodlivých druhů, čímž by se integrovaná ochrana stala neuskutečnitelnou.

Ministerstvo zemědělství v současnosti koordinuje Národní akční plán ke snížení používání pesticidů v ČR, jehož cílem je omezení negativního vlivu přípravků na ochranu rostlin na životní prostředí a zdraví lidí. Jedná se o soubor úkolů, cílů a opatření podporujících vývoj a zavádění integrované ochrany rostlin a alternativních přístupů tak, aby se snížila závislost zemědělství na používání pesticidních přípravků (Juřica, 2015).

### 3. Pesticidy

Termín „pesticidy“ zahrnuje podle Hajšlové (2003) všechny sloučeniny nebo jejich směsi určené k prevenci, zničení, potlačení, odpuzení či kontrole škodlivých činitelů, které mohou působit na potraviny, zemědělské komodity a krmiva v průběhu výroby, během skladování, přepravy a zpracování. K pesticidům se řadí také desikanty, regulátory růstu a látky inhibující klíčení.

Hamilton a Crossley (2004) definují pesticidy jako širokou škálu látek. Nemusí se jednat pouze o jednotlivé chemikálie přírodního či syntetického původu, ale patří sem také mikroorganismy (např. bakterie, houby) a látky, které obsahují (např. endotoxiny) a makroorganismy (např. *Trichogramma evanescens* používaná jako insekticid proti mšicím a dalším hostitelským druhům savého hmyzu).

Hajšlová (2003) uvádí, že na rozdíl od jiných skupin environmentálních kontaminantů, probíhá vstup pesticidů do prostředí za kontrolovaných podmínek. Jedná se o zásady tzv. dobré zemědělské praxe (Good Agricultural Practice, GAP). Jednak musí být zaručena účinná a spolehlivá kontrola škodlivého činitele, jednak je nutné zajistit takový způsob použití pesticidního přípravku, aby jeho rezidua v produktu byla minimální.

V rámci Evropské unie se členské státy řídí Nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a Směrnicí Evropského parlamentu a rady 2009/128/ES, kterou se stanoví rámec činnosti Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů. V České republice se touto problematikou zabývá zákon č. 199/2012 Sb., kterým se mění zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů (Štramberková, 2013).

### 3.1. Historie používání pesticidů

Pesticidy přírodního původu se používaly již od samých počátků zemědělství. Využívalo se vlastností některých druhů rostlin, které chránily kulturní plodiny tak, že se při pěstování v jejich blízkosti stávaly hostiteli škůdců. Známý byly také insekticidní účinky pyrethrinu, obsaženém v extraktu z rostlin rodu *Chrysanthemum*. V 19. století se proti houbovým chorobám a hmyzu začaly ve větší míře používat sloučeniny mědi, arsenu, olova a síry (Hamilton a Crossley, 2004).

Carson (1962) uvádí, že k největšímu rozšíření používání pesticidů došlo po 2. světové válce. Produkce synteticky vyráběných pesticidů vzrostla z 56 400 tun v roce 1947 na 289 240 tun v roce 1960, tedy více než pětinasobně.

Den Hond a kol. (2003) považují za příčinu tohoto rozšíření především transformaci zemědělství. Předválečné zemědělství lze charakterizovat nízkými kapitálovými vstupy, intenzivní lidskou prací, smíšeným hospodařením a relativně nízkými výnosy. Po skončení 2. světové války se změnila politická a především socio-ekonomická situace a bylo nutné zajistit dostatek potravin za přijatelnou cenu pro rychle rostoucí světovou populaci. K tomu vedle technického pokroku napomáhalo právě masové používání pesticidů.

V 60. letech 20. století se díky knize *Silent Spring* (Mlčící jaro) autorky Rachel Carson začalo veřejně diskutovat o nepříznivých vlivech pesticidů na životní prostředí. Zvýšený zájem se týkal organochlorových pesticidů, především dichlordifenyltrichlorethanu (DDT) a dieldrinu. Obě tyto sloučeniny jsou vysoce persistentní v životním prostředí, dobře se rozpouští v tukách, což vede k výskytu jejich reziduí v mase, mléce a vejcích (Hamilton a Crossley, 2004) a jejich rezidua se mohou vyskytovat i v místech velmi vzdálených jejich původní aplikaci, což demonstruje jejich vysokou mobilitu v prostředí (den Hond a kol., 2003). Hajšlová (2003) dokonce uvádí, že rezidua persistentních organochlorových pesticidů lze nalézt i v arktických potravních řetězcích.

V reakci na negativní působení pesticidů vznikla roku 1970 Environmental Protection Agency – Agentura pro ochranu životního prostředí, která funguje dodnes. Na základě dalších výzkumů bylo roku 1972 zakázáno používání DDT v USA a později ve většině zemí světa (Wong, 2005).

Mezi pesticidy, jejichž používání bylo rovněž zakázáno, patří např. etylen dibromid (EDB) – zakázán roku 1983 a methyl bromid – zakázán roku 2005. Nicméně existují také látky, na něž se v různých zemích světa nahlíží rozdílně. Lze uvést příklad atrazinu, který je

jedním z nejpoužívanějších pesticidů při pěstování kukuřice v USA, naopak v Evropské unii byl zakázán již roku 2004 kvůli své toxicitě a podezření na karcinogenitu (Tago a kol., 2014).

V současnosti se používají pesticidy označované jako „moderní“, které se vyznačují vyšší polaritou. Nepředstavují tak velkou zátěž pro ekosystém, protože se nekumulují v potravních řetězcích a jsou lépe odbouratelné (Hajšlová a kol., 2006).

## 3.2. Osud pesticidů v prostředí

Pesticidy jsou transformovány v půdě, vodě i vzduchu na metabolity a další produkty degradace. Tyto transformace mohou probíhat metabolicky (činností mikroorganismů), hydrolýzou (reakcí s vodou) nebo fotolýzou (reakcí se slunečním zářením). Transformace obvykle probíhá postupnými změnami v molekule původního pesticidu až k úplnému rozkladu na oxid uhličitý, vodu, chlor, fosfáty a další. Některé degradační produkty jsou v prostředí více persistentní než původní pesticidy, např. dichlordifenylethylen, který vzniká transformací DDT (Hamilton a Crossley, 2004).

### 3.2.1. Bioakumulace a biomagnifikace pesticidů

Některé látky přítomné ve vodě organismy přijímají pasivní difuzí žábrami a epitelem tkání rychleji, než mohou být degradovány, což má za následek jejich biokoncentraci v organismu. Pojem „bioakumulace“ se používá, pokud chemická látka vstupuje do organismu v potravě. Pokud biokoncentrace a bioakumulace probíhá přes několik trofických úrovní, hovoříme o „biomagnifikaci“. Proto dochází k případům, kdy je koncentrace látky v tělech vodních organismů výrazně vyšší než její koncentrace ve vodě, ve které žijí. Typickými látkami s těmito vlastnostmi jsou organochlorové insekticidy (Hamilton a Crossley, 2004).

## 3.3. Klasifikace pesticidů

Pesticidy, resp. aktivní složky pesticidních přípravků, lze rozdělit podle cílových škodlivých organismů, u kterých vyvolávají toxické efekty, do několika skupin, z nichž nejvýznamnější jsou následující:

- akaricidy – proti roztočům,
- fungicidy – proti plísním a cizopasným houbám,
- herbicidy – proti plevelným rostlinám,

- insekticidy – proti hmyzu,
- moluskocidy – proti měkkýšům,
- nematocidy – proti hád'átkům,
- rodenticidy – proti hlodavcům (Hajšlová, 2003).

Speciálními pesticidními prostředky jsou dále:

- regulátory růstu kulturních rostlin,
- látky inhibující klíčení (Drápal a kol., 2005).

Mezi regulátory růstu se řadí látky, které se používají k regulaci růstu (např. zkrácení stébla), k regulaci plodnosti, k urychlení dozrávání plodů (např. u rajčat a paprik) a k usnadnění mechanizované sklizně (např. u třešní) (Štramberková, 2013).

Pesticidy aplikované přímo do půdy před vyklíčením plodiny se nazývají pre-emergentní, pesticidy aplikované po vyklíčení pak post-emergentní. Podle mechanismu účinku lze pesticidy používané k post-emergentní ochraně rozdělit na:

- systémové – penetrují kutikulou a jsou dále translokovány,
- kvazisystémové – mají omezenější mobilitu než pesticidy systémové, do kutikuly penetrují jen v omezeném rozsahu,
- kontaktní – vykazují lokální účinek v místech aplikace pesticidu.

Pesticidy jsou aplikovány i přímo do půdy nebo se do ní dostávají při ošetření nadzemních částí rostlin. Pokud se jedná o systémové sloučeniny, jsou z půdního prostředí přijímány kořeny a transportovány do nadzemních částí (Hajšlová, 2003).

Klasifikace akutní toxicity pesticidů je založena na hodnotách LD<sub>50</sub>, tedy dávce, která je letální právě pro 50 % sledovaných jedinců (Drápal a kol., 2005).

Tab. 4: Klasifikace akutní toxicity pesticidů dle WHO (Drápal a kol., 2005).

třída	nebezpečí	LD <sub>50</sub> pro krysy (mg/kg)			
		perorálně		perkutánně	
		pevné látky	kapaliny	pevné látky	kapaliny
<b>Ia</b>	Extrémní	≤ 5	≤20	≤10	≤40
<b>Ib</b>	Vysoké	5 – 50	20 – 200	10 – 100	40 – 400
<b>II</b>	Střední	50 – 500	200 – 2000	100 – 1000	400 – 4000
<b>III</b>	malé	≥ 501	≥2001	≥1001	≥ 4000



### 3.3.1. Akaricidy

Akaricidy jsou pesticidy sloužící výhradně nebo převážně pro kontrolu roztočů (latinsky *Acari* i *Acarina*), kteří patří mezi významné škůdce kulturních plodin a jsou rozšířeni ve většině zemědělských oblastí světa. Díky vysokému reprodukčnímu potenciálu a rychlému životnímu cyklu se u roztočů snadno vyvinula odolnost proti mnoha akaricidům, často již po několika aplikacích (Mei a kol., 2011).

Dle působení na organismus roztočů lze akaricidy rozdělit na následující:

- požerové – k intoxikaci dojde požitím potravy,
- fumigantní – do organismu vniknou s transpirovaným vzduchem,
- kontaktní – proniknou do organismu hmyzu kterýmkoli místem povrchu těla

(Pichler, 1992).

Pro příklad lze uvést akaricidní přípravek Acramite 480 SC, jehož účinnou látkou je bifenazate v koncentraci 480 g/l. Používá se k hubení svilušky chmelové (Vostřel, 2010).

Dalším používaným akaricidem je např. Ortus 5 SC. Jedná se o suspenzní koncentrát, který působí kontaktně proti svilušce chmelové. Účinnou látkou je fenpyroximate. Jedná se o přípravek vysoce selektivní (působí cíleně na vybraného škůdce, aniž by negativně ovlivnil jiné organismy), a proto je jeho aplikace vhodná také na chmelnicích, kde se vyskytují populace přirozených nepřátel mšice a svilušky chmelové, např. afidofágních slunéček (Krofta a kol., 2013).

### 3.3.2. Fungicidy

Většina přípravků proti houbovým chorobám je na bázi sloučenin azolů (např. propiconazol). Fungicidy se člení na dvě skupiny:

- ochranné – chrání rostlinu před infekcí v místě aplikace,
- systémové – penetrují membránou a chrání před chorobami rozvíjejícími se i v jiných částech rostliny, než na které byly aplikovány (Hamilton a Crossley, 2004). Systémové fungicidy významně zvyšují ochranu rostlin, včetně nových výhonků a listů. Nicméně intenzivním používáním systémových fungicidů vzniklo značné množství chorob, které jsou vůči nim rezistentní (Den Hond a kol., 2003). Jedná se např. o původce septoriové skvrnitosti (braničnatky pšeničné) *Septoria tritici* Rob. in Desm., sexuální stadium *Mycosphaerella graminicola* (Fückel) Schroeter, který si vytvořil rezistenci na benzimidazoly a strobiluriny (Matušinsky a kol., 2011).

Mezi první používané fungicidy patří bordeauxská jícha (směs síranu měďnatého, vápna a vody) aplikovaná proti plísnovým chorobám vinné révy (Gossen a kol. 2014).

Jako příklad používaného fungicidu lze uvést Bellis 38 WG, což je přípravek ve formě ve vodě dispergovatelných granulí, který byl v ČR povolen v říjnu 2012. Účinnou látkou je boscalid v koncentraci 252 g/kg a pyraclostrobin v koncentraci 128 g/kg. Používá se proti padlí chmelovému (*Sphaerotheca humuli* L.) a např. v Německu a USA také proti sekundární infekci peronosporou (*Pseudoperonospora humuli*). Ochranná lhůta přípravku je 28 dnů (Krofta kol., 2013).

Fungicid Curzate K se používá proti peronospoře chmelové (*Pseudoperonospora humuli*). Jedná se o přípravek ve formě smáčitelného prášku, který obsahuje účinné látky cymoxanil (4 %) a oxichlorid měďnatý (77,3 %). Ochranná lhůta přípravku je 7 dnů (Anonym, 2015).

### 3.3.2.1. Měďnaté fungicidy

V rámci pěstování chmele jsou významnou skupinou měďnaté fungicidy, kterými se reguluje výskyt peronosporu chmelové. Mechanismus jejich účinku spočívá ve vlivu elementární mědi na buněčnou plazmu. Komplexní sloučeniny mědi rozpustné ve vodě nevratně mění bílkovinu v protoplazmě patogena, která pak není schopna vykonávat potřebné fyziologické funkce (Krofta a kol., 2011).

Schramel a kol. (2000) uvádí, že měď, která se do půdy dostává při aplikaci fungicidů, se kumuluje především v horním půdním horizontu, a to vázaná na organickou hmotu, jílové minerály a oxidy železa, hliníku a manganu. Normální koncentrace mědi v půdě se pohybuje v rozmezí 25–60 mg/kg, přičemž průměr je 30 mg/kg. Při kritické koncentraci mědi v půdě, tj. 60 mg/kg, se mohou objevovat toxické účinky. Velmi dobře proniká do buňky a tvoří komplexy s organickými látkami. Váže se pevněji než železo, čímž značně omezuje jeho příjem rostlinou. Nadbytek mědi se pak projevuje chlorózou. Fytotoxická koncentrace mědi se většinou neprojevuje u chmele a vinné révy, neboť tyto plodiny mají hluboký kořenový systém.

Z některých studií zabývajících se vlivem mědi a měďnatých fungicidů na životní prostředí vyplývá, že především v místech s jejich zvýšeným používáním (např. chmelnice a vinice) negativně působí na organismy žijící v půdě – edafon. Lze zmínit výzkum o distribuci mědi v kontaminované půdě chmelnic v Bavorsku, kde se vlivem používání měďnatých fungicidů zvýšila její koncentrace v horních vrstvách půdy až na 450 mg/kg (Schramel a kol., 2000). Mirmonsef a kol. (2017) zkoumali vliv koncentrace mědi na žížaly

a zjistili, že množství žížal a jejich kokonů významně klesá s rostoucí koncentrací mědi: 375 jedinců na m<sup>2</sup> při koncentraci 50 mg Cu/kg suché půdy, 220 jedinců na m<sup>2</sup> při koncentraci 600 mg Cu/kg suché půdy a 160 jedinců na m<sup>2</sup> při koncentraci 1150 mg Cu/kg suché půdy. Gomes a kol. (2016) zase uvádí, že roupice bělavá (*Enchytraeus albidus*) reaguje na vysoké koncentrace mědi (100 mg/kg a 320 mg/kg po 8 dnů) významným zrychlením metabolismu a změnami v příjmu potravy, což jsou typické reakce organismu na stres.

Na základě informací o negativních dopadech měďnatých fungicidů na životní prostředí rozhodla Evropská komise o jejich výrazném snížení při ochraně chmele. V současnosti se spotřebuje cca 8 kg čisté mědi na hektar chmelnice, podle nařízení EK, které má vstoupit v platnost v roce 2018, by se spotřeba musela snížit na 4 kg čisté mědi na hektar, což podle některých českých chmelařů na regulaci peronospory chmelové nestačí (Anonym, 2016d).

V reakci na plánované omezení mědi při ochraně chmele se testují přípravky se sníženým obsahem mědi nebo náhrady měďnatých přípravků a zkouší se aplikace nových sledů fungicidů účinných proti peronospoře chmelové (Kovařík, 2016).

Šedý (2016) zmiňuje pokus Josefa Vostřela porovnávající účinnost fungicidu Aliette 80 WG a biofungicidu Polyversum. Jedná se o houbový mikroorganismus *Pythium oligandrum*, který působí mykoparaziticky a indukuje obranné reakce rostlin (Ježek a Vostřel, 2011). Účinnost Polyversa dosahovala téměř 82 %, což je jen o 9 % méně než v případě Aliette. Aby však tento biofungicid účinně působil i proti sekundární infekci peronospory, jsou nutné vhodné podmínky, především dostatečná vlhkost. Pokusný rok 2016 byl z hlediska srážek nadprůměrný, a tak byla ochrana Polyversem vyhovující, výsledky však z důvodu extrémů v počasí nelze zobecnit (Šedý, 2016).

### 3.4. Rezidua pesticidů

Výsledkem intenzivního používání pesticidů v zemědělství je výskyt jejich reziduí v potravinách a krmivech. Jejich toxikologické vlastnosti mohou ohrožovat zdraví konzumentů (Hamilton a Crossley, 2004).

Drápal a kol. (2005) definují rezidua pesticidů jako zbytková množství aktivních složek pesticidních přípravků a jejich metabolitů a rozkladných nebo reakčních produktů nacházejících se v potravinách, zemědělských komoditách nebo krmivech.

Pro usnadnění kontroly reziduí pesticidů byl zaveden maximální limit reziduí – Maximum Residue Limit (MLR – MRL), který udává nejvyšší přípustné množství reziduí

pesticidů vyjádřené v mg/kg produktu. Maximální limity reziduí jsou nastaveny na nejnižších možných hodnotách tak, aby byly v souladu s dobrou zemědělskou praxí. Hodnoty maximálních limitů reziduí se proto nestanovují v závislosti na toxicitě pro konzumenty. MRL jsou založeny na výsledcích polních pokusů probíhajících v různých zeměpisných oblastech, v různých klimatických podmínkách a na různých typech půd. Tímto způsobem lze určit maximální množství pesticidu, které je potřebné při pěstování dané plodiny i za extrémních podmínek, které by mohly v praxi nastat (Hamilton a Crossley, 2004).

V České republice odpovídá za kontrolu a monitoring reziduí pesticidů Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI). Evropská komise každoročně zveřejňuje doporučení o komoditách a pesticidech, které by měly být monitorovány. K těmto zařazuje SZPI také komodity s významnou spotřebou v rámci České republiky a komodity se zvýšenou frekvencí pozitivních nálezů, např. broskve, citrusy, jablka a zelí (Cuhra, 2003).

Problematické reziduí pesticidů se v české legislativě věnuje vyhláška č. 278/2010 Sb., kterou se zrušuje vyhláška č. 381/2007 Sb., o stanovení maximálních limitů reziduí pesticidů v potravinách a surovinách (Anonym, 2010).

Hajšlová (2003) uvádí, že k eliminaci reziduí může docházet již při počátečních technologických procesech výroby. Jedná se zejména o loupání, odstraňování pluch, obušování rýže apod. Redukce reziduí kontaktních pesticidů probíhá také při omývání a blanšírování. Dalšími metodami snížení obsahu reziduí jsou vytěkání při sušení a především pasterace a sterilace.

Toto tvrzení potvrzují ve svém výzkumu také Peng a kol. (2014), kteří uvádí, že umytím ovoce (konkrétně jujuby) se koncentrace reziduí azoxystrobinu snížila o 37 % a pyraclostrobinu o 55 %.

Za podstatné považují důkladné omytí ovoce také Hendawi a kol. (2013), podle jejichž studie se umytím jahod sníží množství reziduí imidaclopridu o 9,9 – 30,55 %.

### 3.4.1. Vliv reziduí pesticidů na člověka

Pesticidy a jejich rezidua se nejčastěji dostávají do organismu konzumentů požitím plodin, které jimi byly ošetřeny. Působení těchto látek jsou nejvíce vystaveni lidé žijící v okolí ošetřovaných polí, neboť pesticidy mohou do organismu vstupovat také přes dýchací cesty a kůži (Hamilton a Crossley, 2004).

Nejrizikovější skupinou konzumentů jsou děti, neboť spotřeba potravin je u nich v přepočtu na jednotku tělesné hmotnosti vysoká a jejich detoxikační a vylučovací mechanismy ještě nejsou plně rozvinuty (Drápal a kol., 2005).

Mechanismus toxických účinků na člověka je popsán pouze u některých skupin pesticidů. Mezi ně patří např. organofosfáty a karbamáty insekticidů, které jsou neurotoxické – inhibují acetylcholinesterázu, která je důležitá pro synaptický přenos. Toxické efekty dinitrofenolů a polychlorovaných fenolů spočívají v inhibici oxidativní fosforylace příslušných substrátů. Persistentní organochlorové pesticidy se kumulují v lidské tukové tkáni a za běžných podmínek nejsou metabolizovány. Pokud však nastane např. hladovění, organismus začne spotřebovávat zásoby tuku, tím se tyto látky mobilizují a jejich koncentrace v krevním oběhu může vést k toxickým projevům. Některé pesticidy mají schopnost interferovat s hormonálními pochody v tělech obratlovců a vyvolávat tak nežádoucí efekty. Prokázané estrogenní účinky mají některé organochlorové pesticidy (toxafen, heptachlor, DDT), ale i moderní pesticidy, např. herbicidy atrazin a alachlor, fungicid benomyl nebo insekticid carbaryl (Drápal a kol., 2005).

Toxikologické studie určují charakter a rozsah toxických efektů a úroveň expozice, při které není pozorován nepříznivý účinek, tzv. NOAEL (No Observed Adverse Effect Level). Na laboratorních zvířatech se provádí akutní (krátkodobé) i chronické (dlouhodobé) studie za podmínek různých dávkovacích režimů s cílem prozkoumat všechny případné účinky daných látek, např. vznik nádorů, změny tělesné hmotnosti, zvýšení hmotnosti jater, změny krevních testů, inhibice enzymů a abnormality plodu (Hamilton a Crossley, 2004).

Dlouhodobá dietární expozice člověka označovaná jako přijatelný denní příjem, tzv. ADI (Acceptable Daily Intake), se vypočítá s použitím bezpečnostního faktoru, jehož hodnota je obvykle 100:  $ADI = NOAEL/100$ . Hodnota ADI se používá k vyjádření chronického rizika a udává se v mg pesticidu na kg tělesné hmotnosti za den. Podobně se určuje také přijatelná úroveň krátkodobé expozice označovaná jako akutní referenční dávka, tzv. acute RfD (acute reference dose). Její hodnota pro člověka se vypočítá na základě NOAEL pro nejcitlivější skupinu testovacích organismů a bezpečnostního faktoru. Udává se rovněž v mg chemikálie na kg tělesné hmotnosti (Hamilton a Crossley, 2004).

## 4. Chmel otáčivý

Rybáček a kol. (1980) řadí rod chmel (*Humulus*) spolu s konopím (*Cannabis*) do čeledi konopovitých (*Cannabaceae*).

Neve (1991) upozorňuje na podobnost mezi rodem *Humulus* a čeledí kopřivovitých (*Urticaceae*) a na skutečnost, že chmel lze křížit s kopřivou dvoudomou (*Urtica dioica*) nebo kopřivou žahavkou (*Urtica urens*).

Rybáček a kol. (1980) uvádí také další autory, kteří se se zařazením chmele mezi konopovité rostliny neztotožňují, např. Linné, který zařadil chmel do čeledi morušníkovitých (*Moraceae*).

V současnosti patří čeleď konopovitých (*Cannabaceae*) do řádu kopřivotvarých (*Urticales*), kam se řadí spolu s čeleděmi cekropiovitých (*Cecropiaceae*), jilmovitých (*Ulmaceae*), kopřivovitých (*Urticaceae*) a morušníkovitých (*Moraceae*) (Anonym, 2017).

Mezi autory existuje více názorů na rozdělení chmele (*Humulus*) na jednotlivé druhy a poddruhy. Rybáček a kol. (1980) popisuje tři druhy chmele, a to:

- Chmel japonský (*Humulus japonicus* Sieb. et Zucc.), jehož rostliny jsou jednoleté a rozmnožují se výhradně semeny. Listy jsou pětilaločné až devítialočné a hlávky drobné s tuhými listeny. Množství lupulinu v hlávkách je u chmele japonského poměrně malé. Ve volné přírodě roste v Severovýchodní Číně, Japonsku a Jižní Koreji.
- Chmel oplétavý (*Humulus scandens* Lour. et Merrill.), který je rovněž jednoletý. Má celistvé srdčité listy a ve volné přírodě se vyskytuje ve Střední Asii.
- Chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.), jehož rostliny jsou mnohaleté. K tomuto druhu se řadí tři poddruhy, které se od sebe liší zejména tvarem listů a hlávek. Jedná se o chmel srdčitolistý (*Humulus lupulus* L. ssp. *cordifolius* Maxim.), jehož listy jsou nedělené a mají srdčitý tvar. Hlávky jsou drobné a obsah lupulinu v nich nízký. Dále se k tomuto druhu řadí chmel evropský (*Humulus lupulus* L. ssp. *europaeus* Ryb.), který má srdčité listy pouze na vrcholu révy a vrcholech postranních větví (pazochů) a ostatní listy jsou třílaločné nebo pětialočné. Hlávky, pro které se pěstuje, jsou větší s vyšším obsahem lupulinu. Třetím poddruhem je chmel novomexický (*Humulus lupulus* L. ssp. *neomexicanus* Nels. et Cockerell), který je méně olistěný a srdčité listy se nachází pouze na koncích plodících větví. Ostatní listy jsou laločnaté. Má poměrně velké hlávky s vyšším obsahem lupulinu, nevykazují však typickou chmelovou vůni.

Z chmele otáčivého vznikl postupným šlechtěním u nás pěstovaný chmel evropský kulturní (*Humulus lupulus* L. ssp. *europaeus* Ryb. var. *culta* Ryb.), u něhož se pak dále rozlišují jednotlivé odrůdy.

#### 4.1. Biologická charakteristika chmelových rostlin

Jedná se o mnohaletou bylinu, u které před začátkem zimního období odumírají všechny nadzemní orgány. Zimu přežívají pouze vyspělé podzemní orgány. U chmelových rostlin se rozlišují čtyři orgánové soustavy, z nichž soustava kořenová a soustava podzemních lodyžních orgánů – babka se nachází v podzemní sféře a soustava nadzemních vegetativních orgánů a soustava generativních orgánů v nadzemní sféře (Rybáček a kol., 1980).

Pro pivovarskou výrobu se pěstují samičí rostliny, samčí rostliny se využívají při šlechtění odrůd. Oplodněné samičí rostliny sice poskytují větší výnos, ale jejich hlávky mají nižší obsah lupulinu a horší pivovarskou kvalitu. Z uvedeného důvodu není vhodný výskyt samčích rostlin v blízkosti produkčních chmelnic (Basařová a kol., 2010) a jejich odstranění se zpravidla provádí totálním herbicidem (Ježek a kol., 2015).

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



Obr. 1: Samičí květenství chmele (Dostupné z: <http://www.seasonalwildflowers.com/hop.html>).



Obr. 2: Samčí květenství chmele (Dostupné z: [http://www.aphotoflora.com/d\\_humulus\\_lupulus\\_hop.html](http://www.aphotoflora.com/d_humulus_lupulus_hop.html)).

Důležitá úloha chmelové babky spočívá ve funkci jejích spících pupenů. Ty jsou základem víceletého života rostliny, neboť si životaschopnost udržují několik let. Základem nadzemní části jsou lodyhy, které se dělí na hlavní révu a postranní větve – pazochy (Rybáček a kol., 1980).

Pravotočivé lodyhy se obtáčí kolem vhodné opory za pomoci křemičitých háčků. Z každé uzliny révy či pazochu vyrůstá po jednom páru listů srdčitého tvaru (Neve, 1991).

Rybáček a kol. (1980) uvádí, že dříve vyrůstají listy révové, které jsou oproti pazochovým listům větší a mají hrubší stavbu. Dospělé révové listy se mění ze srdčitého tvaru na pětilaločné nebo sedmilaločné a dospělé pazochové listy bývají obvykle celistvé nebo třílaločné a pětilaločné. Na spodní straně listů se nacházejí křemičité háčky a také světlé žlázy obsahující pryskyřice a silice.

Osu samičího květenství tvoří mnohokrát zalomené věténko. Z každého zalomení vyrůstají dva páry kvítků, které chrání krycí listeny. Kvítek se skládá ze semeníku, těsně obklopeného okvětím, ze kterého vyrůstají dvě nitkovité blizny. Květenství dozrává v plodenství – šišťice, které se nazývají chmelové hlávky. Tržní hodnota chmelových hlávek je pak dána především množstvím pryskyřic, které produkují lupulinové žlázy (Neve, 1991).

## 4.2. Významné látky v chmelových hlávkách

### 4.2.1. Chmelové pryskyřice

Nejcennější složkou chmelových hlávek jsou chmelové pryskyřice, které zajišťují hořkou chuť piva. Dělí se na frakci měkkých pryskyřic, které jsou rozpustné v hexanu a tvoří



10 – 25 % hmotnosti sušených hlávek a frakci tvrdých pryskyřic, jejichž podíl na hmotnosti sušených hlávek se pohybuje v rozmezí 3 – 5 %. Převážná část hořké chuti využívané v pivovarnictví pochází z frakce měkkých pryskyřic. Tyto se dále člení na  $\alpha$ -hořké kyseliny a  $\beta$ -frakci, do níž se řadí  $\beta$ -hořké kyseliny a nesespecifické měkké pryskyřice (Almaguer a kol., 2014).

$\alpha$ -hořké kyseliny jsou tvořeny směsí sedmi dosud známých analogů humulonů: humulon (35 – 70 %), kohumulon (20 – 55 %), adhumulon (10 – 15 %), prehumulon (1 – 10 %) a posthumulon (1 – 5 %), další dva dosud nebyly pojmenovány. Jedná se o slabé kyseliny, jejichž rozpustnost ve vodě a vodných roztocích je značně závislá na pH roztoku. Celkový obsah  $\alpha$ -hořkých kyselin a jejich analogů ve chmelu ovlivňuje mnoho faktorů, především odrůda, pěstební místo, ročník, podmínky sklizně a skladování. Čistý humulon je pevná látka žluté barvy, jeho analogy jsou olejovité kapaliny (Basařová a kol., 2010).

$\beta$ -hořké kyseliny jsou složeny z pěti a více analogů, a to lupulon (30 – 55 %), kolupulon (20 – 55 %), adlupulon (5 – 10 %), prelupulon (1 – 3 %) a postlupulon. Stejně jako u  $\alpha$ -hořkých kyselin závisí jejich množství a poměr na odrůdě, pěstebních podmínkách a stádiu zralosti. Jejich směs tvoří bílé krystalky šesterečné soustavy (Basařová a kol., 2010).

Rybáček a kol. (1980) popisují, že oxidací  $\beta$ -hořkých kyselin vznikají  $\delta$ -kyseliny (hulupony), které jsou na rozdíl od původních  $\beta$ -kyselin hořké a na celkové hořkosti piva se podílejí 30 – 50 %.

Tvrde pryskyřice definují Almaguer a kol. (2014) jako tu část celkových pryskyřic, která je rozpustná v methanolu a diethyletheru a nerozpustná v hexanu. Vznikají oxidací měkkých pryskyřic, ale zatím nebylo přesně definováno jejich složení.

#### 4.2.2. Polyfenolové látky – třísloviny

Sušené chmelové hlávky obsahují přibližně 4 % tříslovin. Tyto látky lze rozdělit na flavonoly (např. quercetin), katechiny, fenolické kyseliny (kyselina ferulová) a další polyfenolické sloučeniny (Almaguer a kol., 2014).

Podle Rybáčka a kol. (1980) mají tyto látky pozitivní účinky při výrobě piva českého typu. Příznivě ovlivňují výraznost a říz piva a vytváření komplexů s bílkovinami a hořkými látkami, což prokazuje jejich stabilizační účinek na hořké látky.

### 4.2.3. Chmelové silice

Chmelové silice patří mezi aromatické látky. Společným působením jejich vonných a chuťových látek vzniká chmelové aroma. Jedná se o produkty sekundárního metabolismu rostlin, během kterého dochází k degradaci látek metabolismu primárního, tj. sacharidů, lipidů a bílkovin. Chmel obsahuje přibližně 0,4 – 2,5 % silic (Pluháčková a kol., 2011).

Izolováno a chemicky charakterizováno bylo okolo 440 složek chmelové silice, avšak novější studie ukazují, že se ve chmelu může nacházet až přes 1000 těchto sloučenin (Almaguer a kol., 2014).

Chmelové silice lze rozdělit na tři základní skupiny:

- uhlovodíková frakce,
- kyslíkatá (oxidovaná) frakce,
- frakce sirných sloučenin.

Největší podíl (70 – 80 %) tvoří uhlovodíková frakce, v níž obsažený poměr monoterpenů a seskviterpenů hraje důležitou roli ve výsledném aroma. Lze uvést např. myrcen, nositel štiplavého aroma a nevyrovnané, méně příjemné hořkosti piva, který se v jemných odrůdách žateckých aromatických chmelů nachází pouze v malém množství. Kyslíkatá frakce tvoří 30 % celkových silic a vzniká při procesu zrání, zpracování a skladování chmele. Nejvýznamněji jsou zastoupeny linalool, geraniol a neridol (Basařová a kol., 2010).

Hvízdalová (2012) uvádí, že nejvýznamnější složkou chmelových silic je linalool, který tvoří základ chmelového aroma.

Nejméně zastoupenou je frakce sirných sloučenin (cca 0,1 %), která však může nepříznivě ovlivnit vůni a chuť piva již při nízkých koncentracích. Vyšší obsah těchto látek má především chmel ošetřený během vegetace sirnými preparáty proti houbovým chorobám a také chmel konzervovaný sířením (Basařová a kol., 2010).

Při výrobě piva plzeňského typu je jednou z nejdůležitějších operací chmelovar. Během tohoto procesu dochází k mnoha fyzikálním i chemickým reakcím, např. inhibici enzymových aktivit a sterilaci mladiny teplem, interakci dusíkatých a sacharidických složek mladiny, oxidačním reakcím, se kterými souvisí změny řady složek extraktu, především polyfenolů, a také barva a koloidní stabilita piva a v neposlední řadě oddestilování části chmelových silic a produktů oxidačních a teplotou podmíněných reakcí s vodní párou (Čepička a Basařová, 1993).

Čepička a Basařová (1993) dále uvádí, že větší podíl silic při chmelovaru vytěká s vodní párou, ale jsou to často ty složky, jejichž odstranění je nezbytné, protože mohou vykazovat různé vedlejší vůně.

Rybáček a kol. (1980) píše, že se tyto látky v hotovém pivu prakticky nenachází, protože více než 90 % vytěká během chmelovaru a zbylé množství se ztrácí během kvašení a dokvašování.

Jinak probíhá suché chmelení neboli chmelení za studena, které má dlouholetou tradici ve Velké Británii a v současnosti se používá také v některých pivovarech v USA a minipivovarech. Princip spočívá v extrakci chmele nízkoalkoholovým roztokem (pivem) za studena. Čím vyšší je obsah alkoholu, tím vyšší je i množství extrahovaných látek. Extrakci ovlivňuje také obsah CO<sub>2</sub> a další složky piva (Hvízďalová, 2012).

V případě chmelení za studena nedochází ke ztrátám chmelových silic odpařováním, a tak je výsledné aroma piva výraznější. Složení chmelových silic se významně liší podle odrůdy chmele, způsobu pěstování, zpracování a skladovacích podmínek, neexistuje proto jednotná technologie chmelení za studena (Schnaitter a kol., 2016).

### 4.3. Chmelové produkty

Vzhledem k nízkému obsahu a využitelnosti pivovarsky cenných látek při chmelení sladiny hlávkovým chmelem, jeho nízké chemické stabilitě, přítomnosti dusičnanů a reziduí pesticidů a obtížné manipulaci s žoky došlo v polovině 20. století k vývoji různých chmelových přípravků (Basařová a kol., 2010).

V České republice se pro výrobu piva nejčastěji používá granulovaný nebo lisovaný chmel. První zpracovatelská linka chmele byla uvedena do provozu v Žatci roku 1971. Z chmelových hlávek se vyráběl prášek, který ovšem plně nevyhovoval pivovarům a vyskytly se také problémy s jeho skladováním. Linka proto byla upravena a začal se zde vyrábět první český granulovaný chmel – pelety 90 (Kovařík a kol., 2013).

Pelety 90 mají téměř shodné složení jako chmel. Ze 100 kg usušeného chmele se rozemletím a granulací vyrobí 90 kg pelet (Basařová a kol., 2010) o průměru 6 mm a délce 2 cm. Následně se balí do vícevrstvých hliníkových obalů. Jedná se o nejběžnější chmelový výrobek (Anonym, 2012).

S rostoucími nároky pivovarů na granule se zvýšenou koncentrací  $\alpha$ -hořkých látek se začaly vyrábět také chmelové granule typu 45 (Kovařík a kol., 2013).

Výroba chmelových granulí – pelet 45 počíná odstraněním nečistot, následuje homogenizace a koncentrace lupulinu flotací v plynné fázi při podchlazení na -30 až -35 °C a rozemletí. Ze 100 kg chmele se vyrobí 45 kg granulí s nepatrnými změnami v chemickém složení, které jsou způsobeny zvýšením teplot během tlakové granulace (Basařová a kol., 2010).

Lisovaný chmel je hlávkový chmel zbavený nežádoucích biologických příměsí (např. listy, révy, pazochy). Takto zpracovaný chmel se používá při tradičním chmelení, přičemž pivovar musí být vybaven chmelovým cízem (Anonym, 2012).

Existuje značné množství dalších chmelových přípravků, které se vyrábí např. extrakcí hlávkového chmele nebo chemickými úpravami a také syntetické chmelové preparáty, které se však v praxi neuplatnily, neboť piva jimi chmelená vykazovala senzorické odchylky a jejich výroba je velmi drahá (Basařová a kol., 2010).

#### 4.4. Konvenční pěstování chmele

Chmel otáčivý je plodina značně náročná na agroekologické podmínky. V České republice se pěstuje ve třech oblastech, které jeho nároky splňují: Žatecké, Úštěcké a Tršické. Žatecká chmelařská oblast je největší a nejvýznamnější, její klima lze označit za mírně teplé až teplé a mírně suché až suché. Její značná část je ovlivněna dešťovým stínem Krušných hor a Doupovských vrchů (Štranc a kol., 2007).

Centrum Žatecké chmelařské oblasti tvoří půdy permokarbonského geologického útvaru označované jako permské červenky. Tyto půdy obsahují značné množství sloučenin železa (až 7 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Po stránce půdního typu se jedná převážně o půdy hnědé, kambizemě. V Úštěcké chmelařské oblasti, zejména v její střední části zvané Polepská blata, jsou hlavním půdotvorným substrátem čtvrtohorní sedimenty s nivními a lužními půdami (černicemi). V Tršické chmelařské oblasti se nachází především půdy čtvrtohorního původu, částečně pak třetihorního. Hlavními půdními typy jsou zde černozemě, nivní půdy, hnědozemě a lužní půdy (Štranc a kol., 2008).

Na podzim se provádí úklid po předchozí sklizni, protože na chmelnici zůstávají nadzemní zbytky výhonů rostlin. Tyto zbytky je vhodné na chmelnici ponechat v závislosti na klimatických podmínkách asi do poloviny října, neboť dochází k tzv. vystání chmelových rostlin, při kterém probíhá převádění a ukládání asimilátů do podzemních orgánů. Při následném odstrihování se ponechávají staré chmelové výhony v délce 20 – 30 cm, které pak vytyčují jednotlivé rostliny, což je potřebné např. pro jejich ošetřování a případné

vylepšování chybějících keřů. Výjimkou jsou ročníky, kdy se ve větší míře vyskytovala peronospora chmelová. V tom případě je potřeba uklidit posklizňové zbytky před polovinou září, kdy její zimní výtrusy přechází do půdy (Rybáček a kol., 1980).

Následně probíhá podzimní zpracování půdy, které spočívá především v mělkém zpracování půdy, orbě meziřadí a periodickém hloubkovém kypření meziřadí. V rámci mělkého zpracování půdy probíhá vláčení, jehož účelem je úklid, částečné prokypření a urovnání povrchu chmelnice, a tím ochrana půdní vlhkosti, a mělké kypření meziřadí (do hloubky 10 – 15 cm), kterým se urovnají výraznější nerovnosti povrchu, ničí se plevele a usnadňuje orba nebo hloubkové kypření. Pokud po mělkém následuje hloubkové kypření, provede se také odorávka chmelových řadů a zapravení základní dávky minerálních hnojiv (Štranc a kol., 2013).

Orba meziřadí je potřebná pro zapravení chlévského hnoje, zeleného hnojení nebo při silnějším zaplevelení. Dochází také k obrácení vrchního plástu půdy, čímž se vynášejí splavené látky a částice. Dále orba podporuje rozvoj půdní mikroflóry a utváření kořenového systému chmelových rostlin a v neposlední řadě zlepšuje strukturu půdy, která bývá značně zhoršená častými přejezdy těžké techniky při ochraně a sklizni chmele (Rybáček a kol., 1980).

Hloubkové kypření půdy v meziřadí je vhodné provádět jednou za 3 – 5 let do hloubky 50 – 60 cm v závislosti na stavu půdy. Účelem je především rozrušení ztuhlého podbrázdí, zvýšení aerace a propustnosti půdy a zlepšení agrochemických a biologických vlastností půdy. Hloubkové kypření zlepšuje využití srážek, omezuje vodní erozi na svažitých pozemcích a snižuje povrchové zamokření půdy na rovinách. Současně dochází také k řezu kořenů chmele, a tím k jejich celkovému zmlazení, což následně podporuje vitalitu rostlin. Vhodné je zapravit spolu s hloubkovým kypřením minerální hnojiva (Štranc a kol., 2013).

Rybáček a kol. (1980) popisuje případy, kdy se provádí podzimní řez chmele, a to např. při potřebě výroby chmelové sadby pro podzimní výsadbu nebo zakládání kořenáčových školek.

Na jaře se meziřadí zorané na podzim urovnává podélně ve směru chmelových řadů pérovým kultivátorem nebo tzv. grubberem, který pracovním záběrem odpovídá šířce meziřadí. Jedná se o kultivátor, který se může konstrukčně lišit podle účelu, ke kterému slouží. Jako příklad lze uvést grubber se třemi řadami šípových radliček a prutovým válcem pro rozrušení hrud a částečné urovnání povrchu meziřadí po zásahu (Ježek a kol., 2015).

Mezi nejdůležitější jarní kultivační zásahy patří řez chmele. Přibližně od roku 1962 se na našem území začal uplatňovat mechanizovaný způsob řezu. Význam řezu spočívá

především v regulaci doby rašících výhonů, což ovlivňuje délku vegetační doby jednoletých orgánů a tím průběh organogeneze v jednotlivých časových obdobích. Omezuje také rozrůstání podzemní části chmelových rostlin do stran a babka je udržována pod povrchem půdy v požadované hloubce. Rostliny díky tomu zůstávají na stanovišti ve stejném sponu (Ježek a kol., 2015).

Po jarním řezu následuje zavěšování chmelovodů z ocelového drátku, které se provádí z pojízdných plošin. Drátek se připevní k podélnému drátu chmelnicové konstrukce a upevní do půdy vedle rostliny ve směru řadu. Od každé rostliny vedou dva chmelovody, které jsou vedeny ve tvaru písmene V otevřeného z řadu. Na začátku druhé dekády května se zavádí výhony, které jsou pravotočivé. Vybírají se výhony zdravé, stejně dlouhé, nejlépe rostoucí ze středu chmelové babky (Rybáček a kol., 1980) a zavádí se 2 – 3 na jeden chmelovod. Následuje druhé (opravné) zavádění, kdy se poškozené výhony nahrazují rezervními nebo případně opožděně vyrašenými výhony (Štranc a kol., 2013).

V letním období se provádí kypření půdy v meziřadí, což zlepšuje její provzdušnění a mikrobiální činnost, mineralizaci organických hnojiv a mechanicky ničí rašící i vzrostlé plevele (Rybáček a kol., 1980).

Provádí se priorávka, jejímž účelem je zaklápění plevelů v řadech rostlin a také omezení růstu přebytečných výhonů chmele. Po priorávce dochází tlakem nahnuté zeminy k ohybu rév. Změna orientace rév ovlivňuje jejich polaritu a následkem topofýzy (změny v rozložení endogenních hormonů) dochází ke zvýšení tvorby kořínků podporujících vývin nového dřeva, pupenů a růst nadzemních orgánů. Vzniklé kořenové vlášení pomáhá zásobovat rostlinu vodou a živinami (Štranc a kol., 2007).

V rámci ošetřování porostů se provádí znovuzavádění odkloněných vegetačních vrcholů, které způsobují především větry různých směrů vanoucí zejména v období od 25. května do konce června (Rybáček a kol., 1980).

Technická zralost chmele se obvykle stanovuje dle chemických rozborů vzorků chmelových hlávek dané odrůdy z dané chmelnice, uzavřenosti chmelových hlávek, jejich pružnosti, typického zabarvení a vůně před obdobím sklizně. Sklizeň chmele by měla být zahájena v době, kdy se již obsah pivovarsky cenných látek stabilizoval na hodnotě typické pro danou odrůdu a ročník. Po stržení chmelových rév následuje doprava k česacímu stroji, očesání chmelových hlávek a přesun na sušárnu (Ježek a kol., 2015).

Sušení chmele trvá v závislosti na různých faktorech (např. specifické vlastnosti chmelových hlávek, teplota sušení, množství a rychlost proudícího vzduchu) 5 – 8 hodin i více. Proces pokračuje klimatizací usušeného chmele trvající 70 – 90 minut, při které dojde

ke konečné úpravě vlhkosti chmele tak, aby se pohybovala mezi 10,5 a 11,0 % (Rybáček a kol., 1980).

Takto upravený chmel se lisuje do hranolů, které jsou buď určeny k expedici konečnému odběrateli nebo odvezeny na další zpracování (Ježek a kol., 2015).

Výživa chmele se provádí jak v období vegetačního klidu, tak v průběhu vegetace. Dávky hnojiv se určují na základě výsledků agrochemických rozborů půd, znalosti půdního druhu a typu. V období vegetačního klidu se aplikují hnojiva organická, vápenatá, fosforečná, draselná, hořečnatá a jejich kombinace. U organických hnojiv se stanovuje dávka hnoje na hektar, a to: 70 t/ha pro lehké půdy, 55 t/ha pro střední půdy a 40 t/ha pro těžké půdy. Aplikují se většinou jednou za tři roky a do půdy se zapravují na podzim. Podle Přílohy III Směrnice Rady z 12. 12. 1991 k ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů lze na 1 ha aplikovat maximálně takové množství hnoje, které obsahuje 170 kg dusíku (Ježek a kol., 2015).

Vzhledem k tomu, že v současnosti provází veškerou zemědělskou výrobu znatelný nedostatek dříve nejběžnějšího organického hnojiva, tedy hnoje, hledají se možné alternativy, jak jej alespoň částečně nahradit. Jednou z nich je tzv. zelené hnojení. Jedná se o výsev např. hořčice bílé (*Sinapis alba* L.), svazenky vratičolisté (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), svatojánského žita (*Secale cereale* var. *multicaule*), ovsa setého (*Avena sativa*) nebo ředkve olejné (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) a dalších meziplodin (Ježek a kol., 2015).

Při výživě minerálními hnojivy vychází stanovení základní dávky živin v kilogramech živiny jako prvku na hektar z dříve definovaného výnosu:

- dávka N v kg/ha: výnos suchého chmele v kg/ha  $\times$  0,1,
- dávka P v kg/ha: dávka N  $\times$  0,44,
- dávka K v kg/ha: dávka N,
- dávka Mg v kg/ha: dávka N  $\times$  0,3 (Rybáček a kol., 1980).

V průběhu vegetace se aplikují dusíkatá hnojiva zpravidla dvakrát nebo třikrát, a to po řezu chmele, před první přiorávkou či před druhou přiorávkou. Během vegetace se kontroluje zdravotní stav porostů. Na nedostatek živin upozorňují fyziologické poruchy nebo výsledky mimokořenové (listové) analýzy chmele. Na základě této analýzy se pak aplikují listová hnojiva, jejichž výhoda spočívá v tom, že se současně s nimi mohou aplikovat přípravky na ochranu rostlin (Ježek a kol., 2015).

## 4.5. Ekologické pěstování chmele

Poprvé byl u nás ekologicky vypěstován chmel již v první polovině 80. let 20. století, ale ze strany pivovarů o něj nebyl zájem. Jednalo se o chmelnici o ploše 0,9 ha, kde se populace mšice chmelové regulovala za pomoci migrujících afidofágních sluněček, především sluněčka sedmítečného (*Coccinella septempunctata*) ze sousedních biotopů. V reakci na zvýšení poptávky po bioproduktech vstoupili do režimu ekologického pěstování chmele v roce 2009 první pěstitelé. V roce 2011 evidovalo Ministerstvo zemědělství celkem 10,6 ha chmelnic, kde se pěstoval chmel v tzv. přechodném období. Přechodným obdobím se rozumí doba, během které dochází k přechodu na ekologické zemědělství. Jedná se o postupné odstranění negativních vlivů z předešlé zemědělské činnosti z půdy a životního prostředí. První sklizeň oficiálně certifikovaného českého biochmele se konala v srpnu 2012 (Ježek a kol., 2012).

Vzhledem k tomu, že v rámci ekologického zemědělství se nesmí používat minerální hnojiva, která byla uměle vyrobena, využívá se zde především hnojiv statkových (hnůj, chlévská mrva). Mohou být použita pouze minerální hnojiva přírodního původu upravená fyzikálními postupy (drcení, mletí, granulace). Použití minerálních hnojiv je podmíněno snížením zásobenosti půdy pod dolní hranici dobrého obsahu podle agrochemického zkoušení půd (Homolka a kol., 2005).

Velký význam má také zelené hnojení, např. hořčice bílá (*Sinapis alba*), svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia*) a hrách setý rolní (*Pisum sativum* ssp. *arvense*). Zelená hmota se zapravuje do půdy na podzim před příchodem prvních mrazů (Rybáček a kol., 1980).

Hubení plevelů se provádí nejčastěji mechanicky, např. kypřením a plečkováním (Ježek a kol., 2012). Před vzejitím rostlin lze použít také metodu sežehnutí plevelů plynovým plamenem. Plamen zvýší teplotu povrchových pletiv plevelů přibližně na 70 °C, což způsobí denaturaci bílkovin, dehydrataci a následné odumření rostliny (Šarapatka a kol., 2006).

V rámci ochrany proti peronospoře chmelové je důležité eliminovat primární infekci aplikací biologického fungicidu Polyversum. Jedná se o půdní houbový mikroorganismus, který působí mykoparaziticky a aplikuje se v časném jarním období. Během vegetace lze v omezené míře použít měďnaté fungicidy (např. Cuproxat SC), jejichž používání má být ovšem podle Evropské unie výrazně sníženo, jak již bylo uvedeno v kapitole Fungicidy (Ježek a kol., 2012).



Přirození nepřátelé mšice chmelové se v ekologických chmelnicích vyskytují mnohem četněji než v konvenčních chmelnicích. Jedná se především o afidofágní slunéčka (*Coccinellidae*), zlatoočky (*Chrysopidae*), denivky (*Hemerobiidae*), pestřenky (*Syrphidae*), mšicomorky (*Cecidomyiidae*) a dravé ploštice (*Anthocoridae*). Ke zvýšení jejich výskytu napomáhá také výsev zeleného hnojení. Lze zmínit svazenku vratičolistou, která slouží jako atraktant pro zvýšení populační hustoty pestřenek (Ježek a kol., 2012) nebo směs pro opylovače „Mája“, která obsahuje 25 % svazenky vratičolisté, 20 % hořčice bílé, 20 % jarní řepky, 20 % pohanky seté a 15 % komonice bílé (Ježek a kol., 2014). V letech se zvýšeným výskytem mšice se používá také extrakt z tropické rostliny *Quassia amara*. Proti mšici a také proti svilušce chmelové lze použít bio-zoocid Rock Effect, který obsahuje výtažek z rostliny *Pongamia pinnata* (Krofta a kol., 2013).

V ochraně proti svilušce chmelové se využívá dravých roztočů druhu *Typhlodromus pyri*, kteří jsou podle potřeby vypouštěni do chmelnice, aby podpořili prediční aktivitu přirozených nepřátel svilušky (akarofágní slunéčko *Stethorus punctillum*, dravé třásněnky, ploštice, drobní drabčící rodu *Oligota* nebo akarofágní bejlomorky *Feltiella acarisuga*). Výhodou je, že tito draví roztoči jsou schopni ve chmelnicích přezimovat, a tak není nutné jejich každoroční vypouštění (Ježek a kol., 2012).

## 4.6. Škůdci chmele

### 4.6.1. Mšice chmelová (*Phorodon humuli* Schrank)

Mšice chmelová patří do čeledi mšicovitých (*Aphididae*). Považuje se za vážného škůdce ve většině chmelařských oblastí. Může inhibovat růst a zapříčinit snížení počtu květů. Produkční ztráty způsobené zvýšeným výskytem mšic se vyznačují spíše snížením suché hmotnosti plodiny než snížením obsahu alfa kyselin (Lorenzana a kol., 2013).

Mšice škodí rostlinám sáním a tvorbou medovice. Ta vzniká ve filtrační komoře na zažívacím traktu mšic a slouží k odvádění přebytečné vody a uhlohydrátů ve formě tekutých výkalů (medovice). Medovice je vhodným substrátem pro skupinu hub (nejčastěji druhy *Cladosporium* a *Alternaria*) označovaných souhrnně „černě“, které vytváří na povrchu listů sazovité povlaky. Ty sice neškodí jako paraziti, ale snižují asimilační schopnost listů (Vostřel a kol., 2008a).

Vajíčka mšice chmelové přezimují na švestkách, slívách a dalších druzích rodu *Prunus*. Z vajíček se v únoru a březnu líhnou larvy, které se živí pupeny a listy těchto stromů. Z nich se později vyvíjejí okřídlené mšice, které v období od poloviny května do poloviny července přelétají na chmelové rostliny. Zde porodí larvy, které se vyvíjejí v bezkřídle virginogenní samičky škodící na chmelu. Ty rodí okřídlené samečky, kteří přelétají zpět na švestky a slívy. Z chmelu se vracejí také okřídlené samičky, které na stromech rodí vejcorodé samičky. Tyto po oplození kladou na stromy vajíčka, čímž se opakuje jejich životní cyklus (Wright a kol., 1995).



Obrázek 3: Mšice chmelová (Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=94&sub=65&back=1>).

#### 4.6.2. Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae* Koch)

Sviluška chmelová patří do řádu roztočů (*Acarina*), čeledi sviluškovitých (*Tetranychidae*). Pro svilušky je typický vyhraněný pohlavní dimorfismus a rozdílný poměr pohlaví v populaci – 75 % tvoří samice a 25 % samci. Svilušky prochází několika vývojovými stádii a v našich podmínkách vytvářejí 7 – 10 generací ročně. Mají žlutozelenou barvu, samice jsou větší než samci. Obě pohlaví mají snovací žlázy tvořící pavučinu, kterou opřádají své kolonie, čímž je chrání proti vnějším vlivům (Vostřel a kol., 2008b).

Svilušky přežívají zimu přímo ve chmelnici pod rostlinnými zbytky, ve škvírách sloupů nebo v trhlinách půdy. Nízké teploty v zimním období snáší poměrně dobře, naopak za mírné a vlhké zimy se mortalita svilušek zvyšuje. První příznaky napadení rostliny sviluškou působí jako bílý krupičkovitý požarek na svrchní straně listů, objevují se zpravidla

v červnu. Za teplého a suchého počasí se skvrny zvětšují, označují se také jako „sviluškovité puchýře“. List žloutne a později přechází až do šedého zbarvení (Rybáček a kol., 1980).

Ochrana proti svilušce chmelové by měla být ukončena dříve, než se začnou tvořit hlávky, aby se minimalizovalo riziko napadení hlávek, jelikož poté by bylo hubení svilušek velmi problematické (Vostřel a kol., 2010a).



Obrázek 4: List chmele napadený sviluškou chmelovou (Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=95&sub=65&back=1>).

#### 4.6.3. Lalokonosec libečkový (*Otiorynchus ligustici* L.)

Lalokonosec libečkový patří do čeledi nosatcovití (*Curculionidae*). Imaga se líhnou od konce června do konce července a následující rok od konce března do začátku května opouštějí půdu a vyhledávají potravu. Vajíčka začínají klást do půdy 3 – 4 týdny po opuštění zimoviště, období kladení trvá do počátku srpna (Šefrová, 2014).

Již před řezem chmele se brouci živí rašícími výhonky, tím však nezpůsobují hospodářské škody, neboť při řezu by tyto výhonky byly odstraněny společně s mladým dřevem. Později škodí dospělci požíráním vegetačních vrcholů, které přestávají růst. Značné hospodářské škody způsobují také larvy, které žijí přímo v pletivech rostlin nebo volně v půdě v blízkosti babky. Larvy poškozují babku, hlavní kulové i postranní kořeny. Chmelnice napadené lalokonoscem jsou typické vysokým počtem chybějících rostlin (Krofta a kol., 2013).

Důležitým faktorem jejich vývoje je počasí, k přemnožení může dojít, pokud je teplé a suché počasí od května do října v roce kladení vajíček (Šefrová, 2014).



Obrázek 5: Lalokonosec libečkový (Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=93&sub=65&back=1>).

#### 4.6.4. Dřepčík chmelový (*Psylliodes attenuata* Koch)

Dřepčící patří do čeledi mandelinkovití (*Chrysomelidae*). Na chmelu se mohou vyskytovat různé druhy dřepčků, jediný dřepčík chmelový na něm však způsobuje hospodářské škody. Jedná se na rozdíl od předešlých o minoritního škůdce, jehož škodlivost se však neustále zvyšuje v souvislosti s globálním oteplováním a posunem hranice výskytu živočichů. Při slabém stupni napadení jej rostliny kompenzují rychlým růstem, a tak nevzniká ekonomická škoda. Velmi nebezpečný však může být u výsazů a mladých chmelnic, kde způsobuje škody především na jarních rašících výhonech a listech mladých rostlin (Vostřel a kol., 2010b).

Dřepčící vyžirají charakteristické dírky na vegetačních vrcholech a listech jarních výhonů. Silně poškozené výhony nerostou a hynou. Letní generace brouků pak požírají hlávky i samotné vřetenko. Poškozené chmelové hlávky se rozplevují (Rybáček a kol., 1980).

Ochranný zásah proti jarní generaci dřepčíka chmelového je vhodné provést při zjištění střední intenzity napadení, tj. poškození (děrování) 5 – 10% listové plochy (Vostřel a kol., 2010a).



Obrázek 6: Dřepčík chmelový (Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=164&sub=65&back=1>).

## 4.7. Choroby chmele

### 4.7.1. Peronospora chmelová (*Pseudoperonospora humuli* Miy. et Tak., též *Peronoplasmopara humuli* Wils.)

Peronospora chmelová je jednou z nejrozšířenějších chorob chmele ve většině chmelařských oblastí severní polokoule (Gent a kol., 2015).

*Pseudoperonospora humuli* je patogen ze třídy *Oomycota*. Nejrozsáhlejší škody způsobuje především ve vlhkých letech (Calderwood a kol., 2015).

Pokud je jaro vlhké s větším množstvím srážek, jsou oospory roznášeny větrem a deštěm na spodní listy, kde vytvoří zoospory. Ty pronikají do chmelových listů skrze průduchy, klíčí a vytváří sporangia, která produkují zoospory infikující další rostliny. Rostliny, ve kterých zoospory a oospory přezimují, jsou chorobou napadeny systémově. Jejich jarní výhonky se pak nazývají klasovité výhony a způsobují další šíření choroby (Rybáček a kol., 1980).

Výhonky infikovaných rostlin jsou světle žlutozelené a mají krátká internodia. Dalším příznakem sekundární infekce jsou chlorotické a zakrslé výhony ohnuté dolů. Na spodní straně poškozených listů se tvoří hnědé skvrny. Při postupující infekci hnědne květenství a hlávky. Při silné infekci květenství opadává. Tato choroba snižuje obsah vody ve chmelových hlávkách a zhoršuje jejich vzhled, čímž značně snižuje kvalitu chmele. Chmelové hlávky jsou pak také náchylnější k předčasnému dozrávání, nerovnoměrně se suší a mají kratší trvanlivost (Calderwood a kol., 2015).



Obrázek 7: Hlávky chmele napadené peronosporou chmelovou (Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=170&sub=65&back=1>).

#### 4.7.2. Padlí chmelové (*Podosphaera macularis*, syn.: *Sphaerotheca humuli* L.)

Padlí chmelové řadíme do třídy *Ascomycetes*, čeledi *Erysiphaceae* (Vostřel a kol., 2010c).

Na rozdíl od peronospory se v našich podmínkách objevuje padlí chmelové nepravidelně. Poslední hospodářsky významný výskyt byl v českých a moravských chmelnicích zaznamenán v letech 1997 – 1999 (Krofta a kol., 2013).

Schlagenhauser a kol. (2009) uvádí, že zvláště nebezpečnými potenciálními přenašeči choroby mohou být planý chmel, chmel z nedostatečně odplevelených chmelnic a špatně seřezaný chmel.

Již ve druhé polovině května se mohou na svrchní straně listů tvořit malé bílé skvrny, které se rychle zvětšují a šíří. Za příznivých klimatických podmínek bývá značná část čepelí pokryta bílým moučnatým povlakem (Rybáček a kol., 1980).

Následně se vyvíjí sporulující mycelium. Pokud je napaden květ či velmi mladé hlávky, zůstávají nadále ve formě ztvrdlých bílých paliček. Při pozdějším napadení mohou být hlávky různě deformovány. Od července do sklizně dochází k tvorbě plodnic, které potlačují vývoj mycelia. Hlávky, na kterých se plodnice hojně vytvářejí, mají rezavě červenou barvu, toto stádium se nazývá „červená plíseň“. Padlí chmelové přezimuje ve stádiu plodnic, které na jaře uvolňují askospory. Jakmile dojde k sekundární infekci, šíří se choroba prostřednictvím konidií. Příznivými podmínkami pro šíření sekundární infekce jsou nízká sluneční intenzita, vysoká půdní vlhkost a nadměrné hnojení dusíkem (Vostřel a kol., 2010c).



Obrázek 8: Padlí chmelové (Dostupné z: <http://www.chizatec.cz/skudci/?arc=171&sub=65&back=1>).

## MATERIÁL A METODY

### 5. Charakteristika pokusného stanoviště

Pokus probíhal na chmelnici Chmelařského institutu s.r.o., Žatec, která se nachází v lokalitě Stekník v Žatecké chmelařské oblasti v nadmořské výšce 200 m. n. m.

#### 5.1. Pedologická charakteristika

Půda chmelnice je lehká, půdní reakce slabě kyselá. Má mírný sklon se všesměrnou expozicí. Jedná se o půdu hlubokou (> 60 cm).

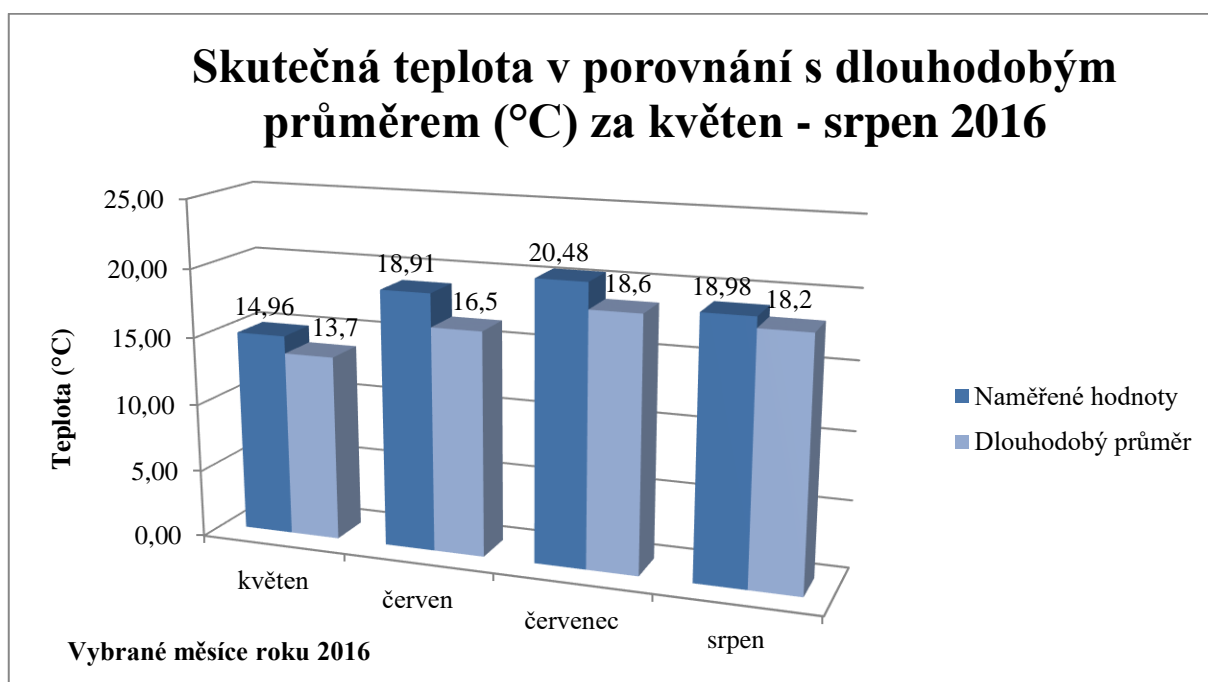
#### 5.2. Klimatická a meteorologická charakteristika

Vzhledem k tomu, že se chmelnice nachází ve srážkovém stínu Krušných hor, jedná se o teplý a suchý region.

Měsíce listopad a prosinec roku 2015 byly z hlediska teploty nadprůměrné, prosinec dokonce o 4,7 °C. Srážkově byly všechny sledované měsíce roku 2015 kromě října podprůměrné, prosinec nedosáhl ani poloviny průměrné hodnoty 29 mm. Měsíce leden, únor, červen, červenec a září roku 2016 byly teplotně nadprůměrné. Průměrná únorová teplota v této oblasti je 0,8 °C, jedná se tedy o rozdíl 3,3 °C. Teplotně podprůměrný nebyl žádný ze sledovaných měsíců roku 2016. Co se týká srážek, byly velmi podprůměrné měsíce duben a květen. V červenci spadlo dvojnásobné množství srážek oproti dlouhodobému průměru.

Tab. 5: Dlouhodobý průměr teplot a srážek a skutečně naměřené teploty a srážky v období od září 2015 do října 2016 (hodnoty naměřené meteorologickou stanicí ve Stekníku).

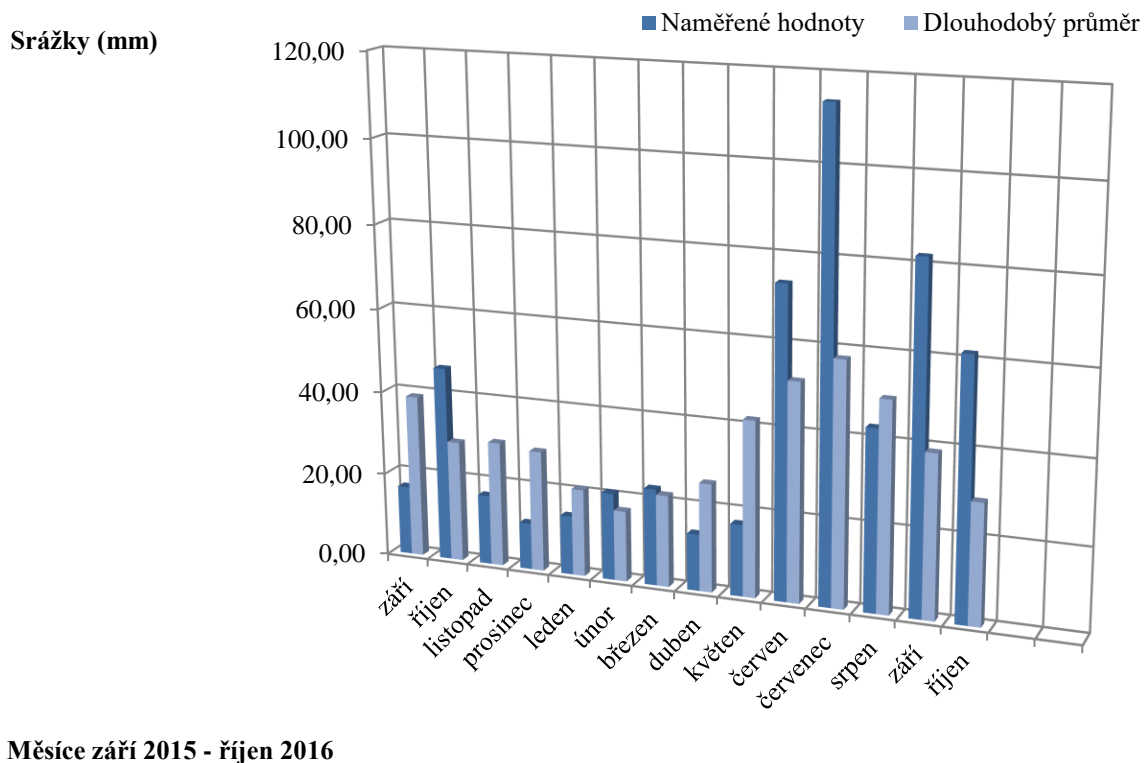
	dlouhodobý průměr teplot (°C)	průměrná teplota ve sledovaném období (°C)	dlouhodobý průměr srážek (mm)	skutečný úhrn srážek (mm)
<b>rok 2015</b>				
<b>září</b>	13,9	14,4	39,0	16,6
<b>říjen</b>	8,7	8,8	29,0	46,6
<b>listopad</b>	3,8	7,1	30,0	16,8
<b>prosinec</b>	0,5	5,2	29,0	11,2
<b>rok 2016</b>				
<b>leden</b>	-0,1	2,9	21,0	14,2
<b>únor</b>	0,8	4,1	17,0	21,0
<b>březen</b>	4,4	4,8	22,0	23,2
<b>duben</b>	9,0	9,2	26,0	13,6
<b>květen</b>	13,7	15,0	42,0	17,2
<b>červen</b>	16,5	18,9	52,0	73,8
<b>červenec</b>	18,6	20,5	58,0	114,0
<b>srpen</b>	18,2	19,0	50,0	43,2
<b>září</b>	13,9	17,7	39,0	82,2
<b>říjen</b>	8,7	9,2	29,0	61,8



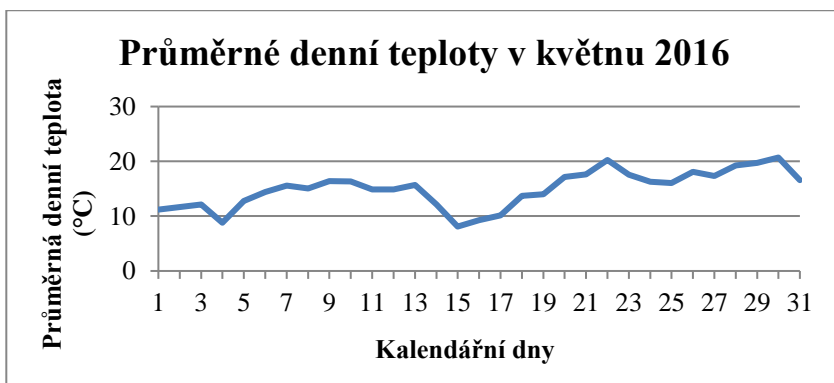
Graf 3: Skutečná teplota v porovnání s dlouhodobým průměrem (°C) za květen - srpen 2016.



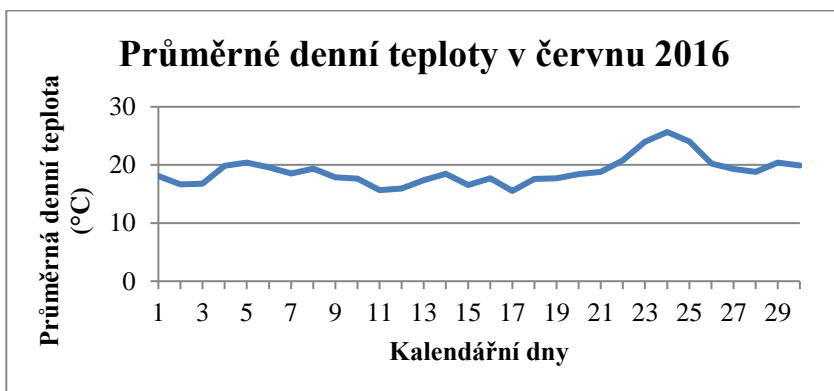
## Skutečný a průměrný úhrn srážek za září 2015 - říjen 2016



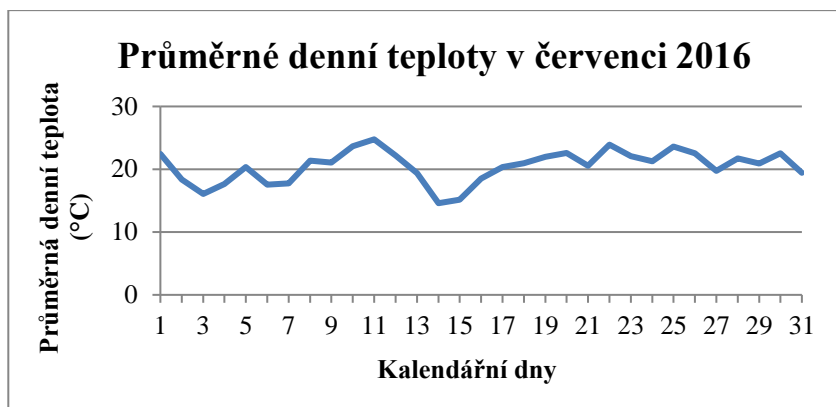
Graf 4: Skutečný a průměrný úhrn srážek za září 2015 - říjen 2016.



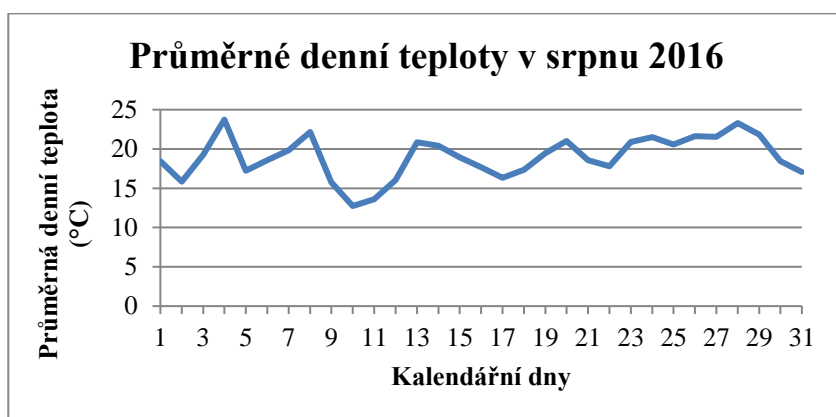
Graf 5: Průměrné denní teploty v květnu 2016.



Graf 6: Průměrné denní teploty v červnu 2016.



Graf 7: Průměrné denní teploty v červenci 2016.



Graf 8: Průměrné denní teploty v srpnu 2016.

### 5.3. Použitý materiál

Do pokusu byly vybrány chmelové rostliny odrůdy Agnus, která byla v České republice registrována v roce 2001. Agnus byl získán výběrem z hybridního potomstva, které má v původu odrůdy Sládek, Bor, Žatecký poloraný červeňák, Northern Brewer, Fuggle a další šlechtitelský materiál. Tato odrůda byla pojmenována na počest významného českého šlechtitele chmele Františka Beránka (volně přeloženo do latiny „Agnus“).

Rostlina má středně mohutný vzrůst pravidelného válcovitého tvaru. Réva má zelenočervenou až červenou barvu, průměr je 9 – 13 mm. Plodonosné pazochy jsou středně dlouhé až dlouhé, středně vysoko nasazené.

Jedná se o polopozdní odrůdu, délka vegetační doby se pohybuje v rozmezí 132 – 138 dní. Řez chmele je pozdní, provádí se zpravidla v první dekádě dubna. Z podzemní části rostliny vyrůstá poměrně nízký počet výhonů (10 – 15), na začátku vegetace je fáze dlouhivého růstu intenzivní. Rostlina vyžaduje zvýšené hnojení dusíkem a dostatek vody během celé vegetační doby. Sklizeň lze provádět v delším časovém období, při mechanizované sklizni vykazuje velmi dobrou česatelnost. Výnos činí 1,5 – 2,0 t/ha.

Aroma hlávek je vysoce intenzivní, chmelové až kořenité. Aroma této odrůdy charakterizuje vyšší podíl citrónové vůně a velmi nízký podíl vůně bylinné. Ostatní atributy (ovocné, květinové, kořeněné) jsou ve vyrovnaném poměru.

Chmelové hlávky mají vejčitý tvar, ve vrcholové části jsou špičaté, nasazení je řídké až středně husté. Průměrná hmotnost 100 hlávek se pohybuje v rozmezí 18,5 – 24,0 g. Pravidelné věténko je dlouhé 15 – 18 mm. Z hlediska pivovarského je Agnus hořká odrůda vhodná především pro první a druhé chmelení (Nesvadba, 2013).



Obr. 9: Hlávky chmele odrůdy Agnus (osobní archiv).

## 5.4. Průběh pokusu

### 5.4.1. Agrotechnické zásahy

Aplikace pesticidů popsané v agrotechnických zásazích v roce 2016 se vztahují na plochu mimo pokusy. Ochrana pokusné plochy chmelnice je popsána v další kapitole.

15. 3. Urovnání meziřadí zoraného na podzim podélně ve směru chmelových řadů.
16. 3. Udržovací hnojení.  
300 kg síranu amonného (20,3 % N, 24 % S),  
300 kg Amofosu (12 % N, 52 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>),  
300 kg draselné soli (60 % K<sub>2</sub>O).
17. 3. Konečné urovnání chmelnice prováděné průjezdem meziřadí kruhovou branou o šířce záběru 2,4 m. Tato operace se provádí v obou směrech řadu.
18. 3. Řez chmele.

15. – 22. 4. Zavěšování a zapichování chmelovodičů.
22. 4. I. postřik proti peronospoře (*Pseudoperonospora humuli*).  
Aliette 80 WG v koncentraci 0,2 %,  
Curzate K v koncentraci 0,1 %.
7. – 8. 5. I. zavádění výhonů. Zavádějí se pouze výhony ze středu babky, aby se zabránilo zavedení výhonů, které vyrůstají z postranních oddenků (vlků). Tím by docházelo k přemístování podzemní části rostliny.
21. – 22. 5. II. zavádění výhonů (opravné).
25. 5. Aplikace ledku.  
250 kg ledku amonného s vápencem (27 % N, 20 % Ca).  
II. postřik proti peronospoře (*Pseudoperonospora humuli*) a foliární výživa.  
Aliette 80 WG v koncentraci 0,3 %,  
Curzate K v koncentraci 0,1 %,  
Synergín v koncentraci 0,3 %,  
Zintrac v koncentraci 0,05 %.
26. 5. Prokypření půdy a redukce zaplevelení kultivátorem a přiorávka.
8. 6. III. postřik proti peronospoře (*Pseudoperonospora humuli*).  
Curzate K v koncentraci 0,3 %.
16. 6. Postřik proti svilušce chmelové (*Tetranychus urticae*).  
Ortus v koncentraci 0,125 %,  
Nissorun v koncentraci 0,05 %.
23. 6. Prokypření půdy a redukce zaplevelení kultivátorem.
7. 7. IV. postřik proti peronospoře (*Pseudoperonospora humuli*).  
Curzate K v koncentraci 0,3 %.
12. 7. Prokypření půdy a redukce zaplevelení kultivátorem.
19. 7. V. postřik proti peronospoře (*Pseudoperonospora humuli*) a foliární výživa.  
Curzate K v koncentraci 0,3 %,  
Vegaflor v koncentraci 0,4 %,  
Synergín v koncentraci 0,15 %,  
hořká sůl v koncentraci 0,25 %,  
Altron v koncentraci 0,015 %.
22. 7. Prokypření půdy a redukce zaplevelení kultivátorem.

2. 8.                   Postřik proti svlušce chmelové (*Tetranychus urticae*).  
Acramite v koncentraci 0,1 %.
4. 8.                   VI. postřik proti peronospoře (*Pseudoperonospora humuli*).  
Kuprikol v koncentraci 1 %,  
Vegaflor v koncentraci 0,4 %,  
Silwet v koncentraci 0,01 %.
11. 8.                  VII. postřik proti peronospoře (*Pseudoperonospora humuli*).  
Curzate K v koncentraci 0,3 %,  
Silwet v koncentraci 0,01 %.
15. 8.                  VIII. postřik proti peronospoře (*Pseudoperonospora humuli*).  
Curzate K v koncentraci 0,3 %,  
Silwet v koncentraci 0,01 %.
22. 8.                  IX. postřik proti peronospoře (*Pseudoperonospora humuli*).  
Curzate K v koncentraci 0,3 %,  
Silwet v koncentraci 0,01 %.
29. 8.                  X. postřik proti peronospoře (*Pseudoperonospora humuli*).  
Curzate K v koncentraci 0,3 %,  
Silwet v koncentraci 0,01 %.

#### 5.4.2. Aplikace sledovaných akaricidů a fungicidů

Pokus se skládá ze 2 variant přípravku fungicidního a 6 variant přípravků akaricidních, přičemž jedna z variant je vždy neošetřená kontrola, vždy ve 4 opakováních.

Přípravky byly aplikovány na parcele o šířce 9 m a délce 8 m ve třech řádcích. Do každé varianty bylo zahrnuto 24 rostlin ve sponu 3 m × 1 m.

Pro aplikaci ošetřujících přípravků se používal zádový motorový postřikovač Stihl.



Obr. 10: Aplikace ošetřujících přípravků zádovým motorovým postřikovačem (osobní archiv).



Obr. 11: Při aplikaci pesticidních přípravků je nutné použití ochranných prostředků (osobní archiv).

Varianty aplikací fungicidních přípravků a jejich koncentrace, popř. dávky prezentuje tabulka č. 6. Aplikace fungicidních přípravků probíhala v termínech:

8. 4. 2016,

6. 5. 2016,

8. 6. 2016,

28. 7. 2016,

16. 8. 2016.

Tab. 6: Varianty aplikací fungicidních přípravků.

Pořadí	Přípravek	Dávka v kg (l)/ha, dle BBCH	Dávka přípravku (g, ml) na opakování	Dávka přípravku (g, ml) na variantu
1.	Kontrola	-	-	-
2.	Bellis 38 WG	0,900	6,480	25,920

Akaricidní přípravky se aplikovaly jednorázově 1. 6. 2016. Tabulka č. 7 znázorňuje varianty akaricidních přípravků a jejich koncentrace, popř. dávky.

Tab. 7: Varianty aplikací akaricidních přípravků.

Pořadí	Přípravek	1 – konc. v %		Dávka přípravku (g, ml) na opakování	Dávka přípravku (g, ml) na variantu
		2 – dávka v kg (l)/ha, dle BBCH			
1.	Kontrola	-	-	-	-
2.	Ortus 5 SC	1	0,125	18,000	72,000
3.	Acramite 480 SC	2	1,000	7,200	28,800
4.	Acramite 480 SC	2	0,800	5,760	23,040
5.	Acramite 480 SC	2	0,600	4,320	17,280
6.	Acramite 480 SC	2	0,400	2,880	11,520

#### 5.4.3. Odběr vzorků

Sklizeň pokusné plochy chmelnice proběhla 1. 9. 2016 na česací lince Wolf Chmelařského institutu v Žatci. Následně byly odebrány směsné vzorky ze všech sledovaných variant. Vzorky poté byly usušeny, zabaleny a zchlazeny do doby laboratorních analýz.

#### 5.4.4. Hodnocení reziduí aplikovaných přípravků

Analýza vzorků chmelových hlávek na rezidua akaricidních a fungicidních přípravků byla provedena v laboratoři Chmelařského institutu v Žatci pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie s hmotnostním spektrometrem – high-performance liquid chromatography with mass spectrometry (HPLC-MS).

Chmelové hlávky byly usušeny, rozemlety a zhomogenizovány. K naváženým 10 g chmele bylo přidáno 100 ml methanolu a takto připravený vzorek byl 40 minut protřepáván. Po vyjmutí z třepačky se vzorek nechal zfiltrvat a poté byl doplněn methanolem na objem 150 ml. Takto připravený vzorek byl umístěn do kapalinového chromatografu.

Tabulka č. 8 prezentuje hodnoty maximálních limitů reziduí (MRL) pro jednotlivé účinné látky fungicidních a akaricidních přípravků v ČR a dále v Japonsku a USA. Právě tyto státy jsou společně s Čínou a Ruskem největšími odběrateli českého chmele.

Tab. 8: Hodnoty MRL v suchém chmelu pro jednotlivé účinné látky v ČR, Japonsku a USA (Krofta a Šnidlová, 2017).

Účinná látka	MRL (ppm)		
	ČR	Japonsko	USA
<b>Bifenazate</b>	20,0	20,0	15,0
<b>Boscalid</b>	60,0	35,0	35,0
<b>Cymoxanil</b>	2,0	7,0	2,0
<b>Fenpyroximate</b>	10,0	15,0	10,0
<b>Pyraclostrobin</b>	15,0	15,0	23,0

## VÝSLEDKY

### KONVENČNĚ PĚSTOVANÝ CHMEL

#### **Bifenazate**

Akaricid Acramite 480 SC, jehož účinnou látkou je bifenazate, byl aplikován na čtyři varianty pokusu v množstvích 0,4 kg/ha, 0,6 kg/ha, 0,8 kg/ha a 1,0 kg/ha. Rezidua bifenazatu se ve všech těchto variantách nacházela pod hladinou detekce, a to < 0,05 ppm.

#### **Boscalid**

Boscalid je jednou z účinných látek fungicidu Bellis 38 WG, který byl aplikován na variantu v množství 0,9 kg/ha celkem pětkrát, tj. v součtu 4,5 kg/ha. Rezidua boscalidu byla ve vzorku pod hladinou detekce, a to < 0,05 ppm.

#### **Cymoxanil**

Rezidua cymoxanilu, účinné látky fungicidu Curzate K, který byl aplikován na všechny varianty pokusu celkem devětkrát, se vyskytovala ve všech vzorcích. Přesné naměřené hodnoty reziduí jsou uvedeny v tabulce č. 9.



Tab. 9: Rezidua cymoxanilu.

Název varianty	Rezidua cymoxanilu (ppm)
<b>Biochmel</b>	0,04
<b>Neošetřená kontrola 1</b>	0,06
<b>Bellis 38 WG</b>	0,05
<b>Neošetřená kontrola 2</b>	0,04
<b>Ortus 5 SC</b>	0,05
<b>Acramite 480 SC (1,0 kg/ha)</b>	0,04
<b>Acramite 480 SC (0,8 kg/ha)</b>	0,04
<b>Acramite 480 SC (0,6 kg/ha)</b>	0,06
<b>Acramite 480 SC (0,4 kg/ha)</b>	0,09

### **Fenpyroximate**

Přípravek Ortus 5 SC byl aplikován jednou v koncentraci 0,125 %. Rezidua fenpyroximatu, který je účinnou látkou tohoto přípravku ve vzorcích detekována nebyla. Hladina detekce byla 0,2 ppm.

### **Pyraclostrobin**

Pyraclostrobin se aplikoval jako složka přípravku Bellis 38 WG. Tímto byl chmel ošetřen pětkrát v množství 0,9 kg/ha, v součtu 4,5 kg/ha. Rezidua pyraclostrobinu se ve vzorku nacházela pod hladinou detekce, která byla stanovena na 0,01 ppm.

## **EKOLOGICKY PĚSTOVANÝ CHMEL**

V hlávkách ekologicky pěstovaného chmele se objevila rezidua pouze jedné ze sledovaných účinných látek, a to cymoxanilu. Jejich množství činilo 0,04 ppm.

## DISKUZE

### **Konvenčně pěstovaný chmel**

Výsledné hodnoty reziduí bifenazatu v této práci jsou ve srovnání s výsledky Hengela a Millera (2008) nižší. V uvedené studii byla měřena rezidua jedenácti používaných účinných látek v pěti odrůdách amerických chmelů (Cascade, CTZ, Galena, Nugget, Willamette) v letech 2006 a 2007. Bifenazate byl aplikován v množství 520 g/ha. Naměřené hodnoty reziduí bifenazatu ve vzorcích z roku 2006 byly až osminásobně vyšší než v roce následujícím, a to v rozmezí 1,03 – 5,49 ppm. Výsledky roku 2007 jsou nižší, a tedy bližší výsledkům této práce, pohybují se v rozmezí 0,25 – 1,47 ppm. V této práci byl bifenazate aplikován v množstvích 192 g/ha, 288 g/ha, 384 g/ha a 480 g/ha. Hodnota reziduí bifenazatu naměřená v rámci této práce se nacházela pod hladinou detekce, tedy < 0,05 ppm. Rozdíly mezi výsledky mohly být zapříčiněny odlišnou přípravou vzorků a použitím jiných chemikálií a také rozdílnou rychlostí degradace reziduí bifenazatu mezi americkými odrůdami a odrůdou Agnus. Jak uvádí Krofta a Šnidlová (2017), MRL pro bifenazate jsou v ČR 20,00 ppm a v USA 15,00 ppm. V obou uvedených případech jsou tedy tyto požadavky se značnou rezervou splněny.

Rezidua boscalidu se ve studii Walshe a kol. (2016) v americké odrůdě Cascade nacházela v množství 6,46 ppm. V rámci měření této práce se ve variantě ošetřené přípravkem Bellis 38 WG, který tuto účinnou látku obsahuje, nacházela rezidua boscalidu pod hladinou detekce, která byla stanovena na 0,05 ppm. Ve zmíněné studii z roku 2016 byl chmel ošetřen účinnou látkou boscalid třikrát za rok, celkem 2 160 g/ha, což by potenciálně odpovídalo ošetření v letech s velmi vysokým výskytem choroby. V této práci byl boscalid aplikován jako složka přípravku Bellis 38 WG, kde tvoří 25,20 %, a to pětikrát za vegetační období, celkem tedy 1 135 g/ha. Rozdíly mezi výsledky jsou pravděpodobně způsobeny skutečností, že v uvedeném výzkumu ošetřili chmel vysokými dávkami účinné látky, aby simulovali maximální tlak škůdce, běžně se však tak vysoké dávky neaplikují. Mezi další faktory, které mohly mít vliv na rozdílnost výsledků, lze zahrnout odlišné agrotechnické zásahy, klimatické podmínky a rozdílnou rychlost distribuce a degradace reziduí v odrůdě Cascade a Agnus. Přestože se výsledky několikanásobně liší, v obou případech splňují hodnoty MRL, které jsou pro boscalid v ČR 60,00 ppm a v USA 35,00 ppm (Krofta a Šnidlová, 2017).

Rezidua cymoxanilu se ve výzkumu Hengela a Millera (2008) nacházela pod hladinou detekce použitého přístroje, tj. < 0,10 ppm. Cymoxanil byl aplikován v množství 389 g/ha. V pokusu této práce byl cymoxanil aplikován v množství 403 g/ha. Naměřené hodnoty reziduí

cymoxanilu v této práci se pohybují v rozmezí 0,02 – 0,09 ppm, čímž se s výsledky uvedeného výzkumu shodují. Hengel a Shibamoto (2001) se zabývali stanovením reziduí cymoxanilu pomocí plynové chromatografie. Cymoxanil byl na chmel aplikován čtyřikrát v celkovém množství 508 g/ha. Výsledné hodnoty reziduí cymoxanilu se pohybovaly v rozmezí 0,15 – 0,17 ppm, čímž se od hodnot naměřených v rámci této práce liší pouze nepatrně. Ve všech uvedených případech stanovení reziduí cymoxanilu výsledky splňovaly MRL, které jsou v ČR 2,00 ppm a v USA 7,00 ppm (Krofta a Šnidlová, 2017).

Stanovením reziduí fenpyroximatu ve vinné révě (*Vitis vinifera* L.) se zabývali Malhata a kol. (2014). V rámci jejich výzkumu byl fenpyroximate aplikován v přípravku Ortus stejně jako v této práci v množství okolo 405 g/ha. Autoři uvádějí, že 15 dní po aplikaci přípravku byla rezidua fenpyroximatu detekována v množství 0,10 ppm. Výsledky měření této práce jsou obdobné jako v uvedeném výzkumu, neboť množství reziduí fenpyroximatu bylo pod hranicí detekce, která byla stanovena na 0,20 ppm.

Rezidua pyraclostrobinu sledovaná v rámci výzkumu Walshe a kol. (2016) se v suchých hlávkách objevila v množství 1,36 ppm. Ve výsledcích měření této práce se ve vzorku ošetřeném přípravkem Bellis 38 WG, který tuto účinnou látku obsahuje, nacházela rezidua pyraclostrobinu pod hranicí detekce, tedy < 0,01 ppm. Pyraclostrobin je v přípravku Bellis 38 WG zastoupen z 12,8 % a byl aplikován pětkrát za vegetační období, celkově v množství 576 g/ha. V uvedené studii z roku 2016 se aplikoval koncentrovaný pyraclostrobin třikrát za rok (celkem 846 g/ha), což představuje aplikaci této látky v letech se značně vysokým výskytem choroby. Vyšší množství reziduí pyraclostrobinu ve zmíněné studii mohlo být způsobeno také odlišnými agroenvironmentálními podmínkami a rozdílnými fyziologickými vlastnostmi chmelových rostlin odrůdy Cascade a Agnus. Také v případě pyraclostrobinu byly zjištěné hodnoty reziduí dostatečně nízké, aby splňovaly MRL. V České republice je maximální povolená hodnota 15,00 ppm, v USA 23,00 ppm (Krofta a Šnidlová, 2017).

### **Ekologicky pěstovaný chmel**

Ve vzorku ekologicky vypěstovaného chmele byla detekována rezidua cymoxanilu v množství 0,04 ppm. To může být způsobeno např. aplikací dané látky na nedalekých chmelnicích za méně vhodného (větrného) počasí a následného úletu na biochmelnici, jak uvádí ve svém výzkumu např. Walsh a kol. (2016). Autoři zaznamenali v ekologicky pěstovaném chmelu rezidua boscalidu v množství 0,16 ppm.

## ZÁVĚR

Plocha chmelnic se v České republice od roku 2014 zvětšila o 315 ha, což je pozitivní ukazatel prosperity českého chmelařství. Příznivým faktem je také významné snížení spotřeby pesticidů v tomto zemědělském odvětví během posledních dvaceti let. Sledování spotřeby látek užívaných k ochraně rostlin a jejich distribuce a bioakumulace v prostředí a organismech je důležité zejména z toho důvodu, že jejich intenzivní používání vede ke snížení biodiverzity a znemožňuje přirozené fungování potravních řetězců. Na tuto skutečnost reaguje ekologický systém hospodaření, v jehož rámci je zakázána aplikace uměle vyrobených pesticidů. Při ekologickém pěstování chmele otáčivého hraje důležitou roli podpora biodiverzity pomocí ozelenění meziřadí chmelnic a jejího okolí, která má významný vliv na redukci škůdců chmele.

V praktické části práce byly měřeny hodnoty reziduí bifenazatu, boscalidu, cymoxanilu, fenpyroximatu a pyraclostrobinu ve chmelových hlávkách ošetřených přípravky Acramite 480 SC, Bellis 38 WG, Curzate K a Ortus 5 SC a v neošetřených hlávkách biochmele. Obsahy reziduí všech sledovaných účinných látek ve zvoleném ošetřovacím sledu byly nižší než hodnoty MRL. Hodnoty reziduí většiny účinných látek se nacházely pod hladinou detekce přístroje. Z výsledků měření vyplývá, že zvolené koncentrace přípravku Acramite 480 SC neměly vliv na obsah reziduí bifenazatu ve chmelových hlávkách. Závěrem lze konstatovat, že při dodržení ochranné lhůty po aplikaci přípravků ochrany rostlin bylo dosaženo snížení reziduí pod hladinu MRL.

## SEZNAM LITERATURY

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

Altieri, M. A., Nicholls, C. I., 2005. *Agroecology and the Search for a Truly Sustainable Agriculture*. United Nations Environment Programme, Mexico D.F. ISBN: 968-7913-35-5.

Anonym, 2010. Česká republika. Vyhláška č. 278/2010 Sb. ze dne 21. září 2010, kterou se zrušuje vyhláška č. 381/2007 Sb., o stanovení maximálních limitů reziduí pesticidů v potravinách a surovinách, ve znění pozdějších předpisů. 2010. částka 104. s. 4083. [online]. [cit. 08. 02. 2017]. Dostupné z: <<http://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=278&r=2010>>.

Anonym, 2012. O biochmelu [online]. [cit. 17. 2. 2017]. Dostupné z: <<http://www.chizatec.cz/o-biochmelu/?arc=249&sub=66>>.

Anonym, 2015. Curzate K. [online]. [cit. 25. 10. 2016]. Dostupné z: <<http://agromanual.cz/cz/pripravky/fungicidy/fungicid/curzate-k>>.

Anonym, 2016a. Tisková zpráva Pěstování chmele v roce 2016. Svaz pěstitelů chmele České republiky [online]. [cit. 25. 11. 2016]. Dostupné z: <[http://www.cz hops.cz/index.php?view=article&catid=1%3Aceskeaktuality&id=197%3Atiskova-zprava-11-8-2016&format=pdf&option=com\\_content&Itemid=2&lang=cs](http://www.cz hops.cz/index.php?view=article&catid=1%3Aceskeaktuality&id=197%3Atiskova-zprava-11-8-2016&format=pdf&option=com_content&Itemid=2&lang=cs)>.

Anonym, 2016b. Tisková zpráva Sklizeň chmele v roce 2016 byla nadprůměrná. ÚKZÚZ [online]. [cit. 09. 03. 2017]. Dostupné z: <[http://eagri.cz/public/web/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2016\\_slikzen-chmele-v-roce-2016-byla.html](http://eagri.cz/public/web/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2016_slikzen-chmele-v-roce-2016-byla.html)>.

Anonym, 2016c. Tisková zpráva Sklizňové plochy chmelnic v České republice 2016. ÚKZÚZ [online]. [cit. 09. 03. 2017]. Dostupné z: <[http://eagri.cz/public/web/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2016\\_skliznove-plochy-chmelnic-v-ceske.html](http://eagri.cz/public/web/ukzuz/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2016_skliznove-plochy-chmelnic-v-ceske.html)>.

Anonym, 2016d. Tisková zpráva MZe požádá EK, aby přehodnotila snížení mědi při ochraně chmelnic. *Zemědělský týdeník* [online]. [cit. 10. 03. 2017]. Dostupné z: <<http://zemedelskytydenik.cz/mze-pozada-ek-aby-prehodnotila-snizeni-medi-pri-ochrane-chmelnic/>>.

Anonym, 2017. USDA, NRCS, The PLANTS Database. National Plant Data Team, Greensboro, NC 27401-4901 USA [online]. [cit. 25. 03. 2017]. Dostupné z: <<https://plants.usda.gov/classification.html>>.

Barborka, V., 2016. Sklizňová plocha chmele ČR – podle odrůd [online]. [cit. 25. 11. 2016]. Dostupné z:

<[http://eagri.cz/public/web/file/482337/Skliznove\\_plochy\\_dle\\_odrud\\_k\\_20.\\_8.\\_2016.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/482337/Skliznove_plochy_dle_odrud_k_20._8._2016.pdf)>.

Basařová, G., Šavel, J., Basař, P., Lejsek, T., 2010. Pivovarství: Teorie a praxe výroby piva. VŠCHT Praha. ISBN: 978-80-7080-734-7.

Buhk, C., Alt, M., Steinbauer, M. J., Beierkuhnlein, C., Warren, S. D., Jentsch, A., 2016. Homogenizing and diversifying effects of intensive agricultural land-use on plant species beta diversity in Central Europe — A call to adapt our conservation measures. *Science of The Total Environment*. 576. 225 – 233.

Calderwood, L. B., Lewins, S. A., Darby, H. M., 2015. Survey of Northeastern Hop Arthropod Pests and Their Natural Enemies. Oxford University Press on behalf of the Entomological Society of America, 6.

Carson, R. L., 1962. Silent Spring. Houghton Mifflin, New York. ISBN: 0-618-24906-0.

Cuhra, P., 2003. Monitoring reziduí pesticidů v potravinách v ČR, Sborník ze semináře Rizika pesticidů a škodlivých organismů v agroekosystémech. Vědecký výbor fytosanitární a životního prostředí, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN: 80-86555-31-3.

Čepička, J., Basařová, G., 1993. Strategie moderního chmelení. *Kvasný průmysl*. 39 (3). 66 – 69.

Den Hond, F., Groenewegen, P., van Straalen, N. M., 2003. Pesticides Problems, Improvements, Alternatives. Blackwell Science Ltd, Oxford. ISBN: 0-632-05659-2.

Drápal, J., Ettlerová, K., Hajšlová, J., Hlúbik, P., Jechová, M., Kozáková, M., Malíř, F., Ostrý, V., Ruproch, J., Sosnovcová, J., Špelina, J., Winklerová, D., 2005. Rezidua pesticidů v potravinách. Vědecký výbor pro potraviny, Státní zdravotní ústav, Brno. VVP:PEST/2005/1/deklas.

Dvorský, J., Urban, J., 2014. Základy ekologického zemědělství. ÚKZÚZ, Brno. ISBN: 978-80-7401-098-9.

Gent, D. H., Twomey, M. C., Wolfenbarger, S. N., Woods, J. L., 2015. Pre- and Postinfection Activity of Fungicides in Control of Hop Downy Mildew. *The American Phytopathological Society*, 99, 858 – 865.

Gomes, S. I. L., Soares, A. M. V. M., Amorim, M. J. B., 2016. Effect of Cu and Ni on cellular energy allocation in *Enchytraeus albidus*. *Ecotoxicology*. 25. 1523-1530.

Gossen, B. D., Carisse, O., Kawchuk, L. M., Van Der Heyden, H., McDonald, M., R., 2014. Recent changes in fungicide use and the fungicide insensitivity of plant pathogens in Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 36 (3). 327 – 340.

Haas, G., Wetterich, F., Köpke, U., 2001. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 83 (1-2). 43 – 53.

Hajšlová, J., 2003. Rizika reziduí pesticidů v potravinových řetězcích a v životním prostředí, Sborník ze semináře Rizika pesticidů a škodlivých organismů v agroekosystémech. Vědecký výbor fyto-sanitární a životního prostředí, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN: 80-86555-31-3.

Hajšlová, J., Tichá, J., Kocourek, V., 2006. Rezidua pesticidů v ovoci a zelenině, možnosti minimalizace. Vědecký výbor fyto-sanitární a životního prostředí, Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. VVF: PROJ/2005/11/deklas.

Hamilton, D., Crossley, S., 2004. Pesticide Residues in Food and Drinking Water: Human Exposure and Risks. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. ISBN: 0-471-48991-3.

Hendawi, M. Y., Romeh, A. A., Mekky, T. M., 2013. Effect of Food Processing on Residue of Imidacloprid in Strawberry Fruits. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 15 (5). 951 – 959.

Hengel, M. J., Miller, M., 2008. Analysis of Pesticides in Dried Hops by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56 (16). 6851 – 6856.

Hengel, M. J., Shibamoto, T., 2001. Development of a Gas Chromatographic Method for Fungicide Cymoxanil Analysis in Dried Hops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49 (2). 570 – 573.

Hnilička, F., Hniličková, H., Svoboda, P., Krofta, K., 2010. Vliv počasí na tvorbu a výši výnosu chmele, Bioklima 2010, Sborník příspěvků z mezinárodní konference. Česká bioklimatologická společnost. ISBN: 978-80-213-2097-0

Homolka, P., Ostrý, V., Urban, J., 2005. Ekologické zemědělství – zdroj bezpečných krmiv a potravin. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.

Hvízdalová, I., 2012. Nový pohled na suché chmelení. [online]. [cit. 20. 03. 2017]. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/service.asp?act=print&val=118675>>.

Jeníček, V., Krepl, V., 2002. Developmental trends of world agriculture. *Agricultural Economics*. 48 (11). 519 – 529.

Ježek, J., Vostřel, J., 2011. O českém biochmelu. Chmelařský institut, s. r. o. [online]. [cit. 10. 03. 2017]. Dostupné z: <<http://www.chizatec.cz/o-biochmelu/?arc=249&back=1>>.

Ježek, J., Vostřel, J., Klapal, I., Pokorný, J., 2014. Pěstování chmele v ekologickém zemědělství. Chmelařský institut s. r. o., Žatec. Projekt Propagace a popularizace výzkumu a vzdělávání v oblasti bioenergetiky.

Ježek, J., Vostřel, J., Krofta, K., Klapal, I., 2012. Ekologické pěstování chmele v České republice a ve světě. Kvasný průmysl. 58 (10). 294 – 302.

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

Juřica, J., 2015. Konference ÚKZÚZ – Pesticidy v zemědělství. Chmelařství. 63 (1-2). 20.

Kazda, J., Škeřík, J., 2008. Metodika integrované ochrany řepky. SPZO. ISBN 978-80-87065-08-2.

Kovařík, M., 2013. Český chmel 2013. Ministerstvo zemědělství, Praha. ISBN: 978-80-7434-051-2.

Kovařík, M., 2016. Český chmel 2016. Ministerstvo zemědělství, Praha. ISBN: 978-80-7434-325-4.

Krofta, K., Ježek, J., Klapal, I., Křivánek, J., Pokorný, J., Vostřel, J., 2013. Pěstování odrůdy Vital. Časopis Chmelařství, Chmelařský institut, s.r.o., Žatec. ISBN: 978-80-86836-02-7.

Krofta, K., Ježek, J., Kudrna, T., 2011. Obsah elementární mědi ve chmelu po opakovaných aplikacích měďnatých fungicidů. Kvasný průmysl. 57 (11-12). 417 – 423.

Krofta, K., Šnidlová, J. 2017. Chmel a rezidua pesticidů. Seminář k agrotechnice chmele, Sborník přednášek a příspěvků ze semináře konaného dne 23. 2. 2017. Chmelařský institut, s.r.o., Žatec. ISBN 978–80–86836–92–8.

Lorenzana, A., Hermoso-de-Mendoza, A., Seco, M. V., Casquero, P. A., 2013. Population dynamics and integrated control of the damson-hop aphid *Phorodon humuli* (Schrank) on hops in Spain. Spanish Journal of Agricultural Research. 11. 505 – 517.

Malhata, F., El-Mesallamyb, A., Assyb, M., Madianb, W., Loutfyc, N. M., Ahmed, M. T. 2014. Residues, half-life times, dissipation, and safety evaluation of the acaricide fenpyroximate applied on grapes. Toxicological & Environmental Chemistry. 95 (8). 1309 – 1317.



Matson, P. A., Parton, W. J., Power, A. G., Swift, M. J., 1997. Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. *Science*. 277. 504 – 509.

Matušinsky, P., Tvarůžek, L., Vyšehřídová, M., Horáčková, S., 2011. Potvrzení výskytu rezistence ke strobilurinům u *Mycosphaerella graminicola* (anamorph.: *Septoria tritici*) v oblasti Kroměříže. *Obilnářské listy*. 19 (3-4). 51 – 53.

Mei, P., Peng, Ch., Zhang, Y., Ding, W., 2011. Research and application of biological acaricides. *African Journal of Agricultural Research*. 6(12). 2634-2637.

Mirmonsef, H., Hornum, H. D., Jensen, J., Holmstrup, M., 2017. Effects of an aged copper contamination on distribution of earthworms, reproduction and cocoon hatchability. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 135. 267-275.

Nesvadba, V., 2013. Vývoj a tradice českých odrůd chmele. Chmelařský institut s.r.o. Žatec. ISBN: 978-80-87357-11-8

Neve, R. A., 1991. Hops. Chapman and Hall, Southport. ISBN: 978-94-010-5375-4.

Peng, W., Zhao, L., Liu, F., Xue, J., Li, H., Shi, K., 2014. Effect of paste processing on residue levels of imidacloprid, pyraclostrobin, azoxystrobin and fipronil in winter jujube. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 31 (9). 1562-1567.

Pichler, J., 1992. *Chemie ve společnosti*, 1.vyd., Rektorát Masarykovy univerzity, Brno. ISBN: 80-210-0364-2.

Pluháčková, H., Ehrenbergerová, J., Kretek, P., Kocourková, B., 2011. Chmelové silice ve vybraných odrůdách z různě starých chmelnic. *Kvasný průmysl*. 57 (7-8). 266 – 271.

Rybáček, V.; Fric, V.; Havel, J.; Libich, V.; Kříž, J.; Makovec, K.; Petrlík, Z.; Sachl, J.; Srp, A.; Šnobl, J.; Vančura, M., 1980. Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. ISBN: 07-068-80.

Schlagenhauser, S., Engelhard, B., Wolf, P. F. J., 2009. Sporenverteilung des Echten Mehltaus im Hopfen ausgehend von Infektionsherden und Abhängigkeit vom Vegetationsstadium. *Gesunde Pflanzen*. 61. 31 – 37.

Schnaitter, M., Kell, A., Kollmannsberger, H., Schüll, F., Gastl, M., Becker, T., 2016. Scale-up of Dry Hopping Trials: Importance of Scale for Aroma and Taste Perceptions. *Chemie Ingenieur Technik*. 88 (12). 1955 – 1965.

Schramel, O., Michalke, B., Kettrup, A., 2000. Study of the copper distribution in contaminated soils of hop fields by single and sequential extraction procedures. *The Science of the Total Environment*. 263. 11 – 22.

Schulzová, V., Hubert, J., 2004. Kvalita produktů organického zemědělství ve vazbě na stav agrárního ekosystému ve skladech a na polích. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. PROJ/2003/14/deklas.

Šarapatka, B., Urban, J. a kol., 2006. Ekologické zemědělství v praxi. Svaz ekologických zemědělců Pro-Bio, Šumperk. ISBN: 80-87080-00-9.

Šedý, R., 2016. Omezení při ochraně chmele by nemusel být problém. Jde to i ekologicky a levněji. Agris [online]. [cit. 10. 03. 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](http://www.agris.cz/zemedelstvi/omezeni-pri-ochrane-chmele-by-nemusel-byt-problem-jde-to-i-ekologicky-a-levneji?id_a=194624) >.

Šefrová, H., 2014. Nosatcovití (*Curculionidae*) škodící na řepě. Listy cukrovarnické a řepářské. 130 (1). 20 – 21.

Štramberková, J., 2013. Ochrana rostlin a její vztah k životnímu prostředí. Česká zahradnická akademie Mělník. ISBN: 978-80-87610-14-5.

Štranc, J., Štranc, P., Štranc, D., 2013. Zásady správné agrotechniky chmele a analýza příčin velkého úhynu chmele na jaře roku 2012. Katedra rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze, 1. vyd., Kurent. ISBN 978-80-87111-39-0.

Štranc, P., Štranc, J., Jurčák, J., Štranc, D., Pázler, B., 2007. Výsadba chmele. Katedra rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze, 1. vyd. ISBN: 978-80-87111-02-4.

Štranc, P., Štranc, J., Štranc, D., Ledvina, R., 2008. Zpracování půdy ve chmelnicích. Katedra rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze, 1. vyd., Kurent. ISBN: 978-80-87111-11-6.

Tago, D., Andersson, H., Treich, N., 2014. Pesticides and health: A review of evidence on health effects, valuation of risks, and benefit-cost analysis. *Preference Measurement in Health*. 203 – 295.

Tsiafouli, M. A., Thebault, E., Sgardelis, S. P., 2015. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*. 21 (2). 973 – 985.

Vostřel, J., 2010. Bifenazate, a Prospective Acaricide for Spider Mite (*Tetranychus urticae* Koch) Control in Czech Hops. *Agriculture Journals, Plant Protection Science*. 46 (3). 135 – 138.

Vostřel, J., Klapal, I., Kudrna, T., 2010a. Metodika ochrany chmele 2010. Chmelařský institut, s. r. o., Žatec. ISBN: 978-80-86836-37-9.

Vostřel, J., Klapal, I., Kudrna, T., 2010b. Metodika ochrany chmele proti dřepčíku chmelovému. Chmelařský institut, s. r. o., Žatec. ISBN: 978-80-87357-05-7.

Vostřel, J., Klapal, I., Kudrna, T., Fořtová, H., 2008a. Metodika ochrany chmele proti mšici chmelové (*Phorodon humuli Schrank*). Chmelařský institut, s. r. o., Žatec. ISBN: 978-80-86836-69-0.

Vostřel, J., Klapal, I., Kudrna, T., Fořtová, H., 2008b. Metodika ochrany chmele proti svilušce chmelové (*Tetranychus urticae* Koch). Chmelařský institut, s. r. o., Žatec. ISBN: 978-80-86836-72-0.

Vostřel, J., Nesvadba, V., Klapal, I., Kudrna, T., 2010c. Metodika ochrany chmele proti padlí chmelovému. Chmelařský institut, s. r. o., Žatec. ISBN: 978-80-87357-07-1.

Walsh, D. B., O'Neal, S. D., George, A. E., Groenendale, D. P., Henderson, R. E., Groenendale, G. M., Hengel, M. J., 2016. Evaluation of Pesticide Residues from Conventional, Organic, and Nontreated Hops on Conventionally Hopped, Late-Hopped, and Wet-Hopped Beers. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 74 (1). 53 – 56.

Wong, M. H., Leung, A. O. W., Chan, J. K. Y., Choi, M. P. K., 2005. A review on the usage of POP pesticides in China, with emphasis on DDT loadings in human milk. *Chemosphere*. 60 (6). 740 – 752.

Wright, L. C., Pike, K. S., Allison, D., Cone, W. W., 1995. Seasonal Occurrence of Alate Hop Aphids (*Homoptera: Aphididae*) in Washington State. *Journal of Agricultural Entomology*. 12. 9 – 20.