

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv meziplodin ve chmelnicích na vývoj plevelných
společenstev
Diplomová práce**

Autor práce: Bc. Jiří Dreksler

Obor studia: Rostlinolékařství

Vedoucí práce: doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv meziploidin ve chmelnicích na vývoj plevelných společenstev" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.4. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D. za vedení této diplomové práce a poskytnutí cenných rad při její tvorbě, panu Ing. Václavu Emigerovi za poskytnutí pokusných ploch a podílu na vývoji technologického postupu ozelenění meziřadí, panu Václavu Emingerovi st. za pomoc při zakládání pokusů a cenné rady ohledně technologie pěstování chmele a v neposlední řadě mé rodině.

Vliv meziplodin ve chmelnicích na vývoj plevelných společenstev

Souhrn

Cílem této diplomové práce bylo sledování vlivu podplodin vyšetých v meziřadí chmelnice na plevelná společenstva. Sledován byl vliv rozdílných vegetačních pokryvů na plevelné spektrum a také na produkci nadzemní biomasy plevelných druhů. Poloprovozní pokus byl založen 7.10. 2020. Meziřadí chmelnice bylo zoráno a následovalo urovnání meziřadí rotačními branami se současným výsevem meziplodin. Velkosemenné druhy byly vysévány zvlášť do pásků a drobnosemenné druhy pomocí rozptylovačů naširoko. Použité druhy: oves nahý, hrách rolní – hlavní komponenty směsí, hořčice bílá, svazenka vratičolistá, jetel nachový – komponenty vyseté pomocí rozptylovačů. Vymrzající meziplodiny přečkaly zimu bez problémů. Zimu nepřečkala pouze hořčice, která nedala chladnou periodu na začátku roku 2021. Na konci února byla nainstalována čidla teploty půdy a vodního potenciálu půdy. Od dubna druhy intenzivně rostly, první odběr nadzemní biomasy se uskutečnil 13.5. 2021. Nejvyšší produkce nadzemní biomasy byla zaznamenána na variantě oves nahý + svazenka vratičolistá a dosáhla hodnoty 4,120 t/ha a nadzemní biomasa plevelů na této variantě dosáhla nejnižší hodnoty 0,059 t/ha. Na kontrolní variantě dosahoval výnos nadzemní biomasy plevelů 1,570 t/ha. Druhý odběr nadzemní biomasy proběhl dne 3.6. 2021. Porosty došly do fáze vývoje generativních orgánů, a proto bylo vhodné provést jejich regulaci. Nejvyšší produkce biomasy byla opět ve variantě oves nahý + svazenka vratičolistá – 6,570 t/ha, produkce plevelů 0,038 t/ha, nadzemní biomasa plevelů na kontrolní variantě dosáhla 2,109 t/ha. Po provedeném mulčování následovalo rychlé obrůstání nadzemní biomasy především u druhu oves nahý. Dne 29.6. 2021 proběhl třetí odběr nadzemní biomasy, po provedeném mulčování vykazoval nejvyšší hodnotu produkce nadzemní biomasy čistosev ovsa nahého 2,025 t/ha, na kontrolní variantě byla produkce nadzemní biomasy plevelů na hodnotě 1,925 t/ha. Dne 5.7. 2021 proběhlo druhé mulčování. Nejzastoupenějším druhem plevelného spektra byl ptačinec prostřední, který se vyskytoval ve všech variantách. Byl dokázán vliv různých vegetačních pokryvů na plevelná společenstva i vliv na produkci jednotlivých plevelných druhů.

Klíčová slova: meziplodiny, plevele, produkce nadzemní biomasy, druhové spektrum

Influence of catch crops in hop gardens on the development of weed communities

Summary

The aim of this diploma thesis was monitoring catch crops effect on weed spectrum in the interlayer of hop gardens. The influence of different vegetation covers on the weed spectrum and also monitoring production aboveground biomass of weed species. Field experiment was established on 7th October 2020. The interlayer of hop garden was plowed. Seedbed preparation was made by power harrow with 2 mini-seeders. Large-seed species were sown separately in the strips and small-seed species were sown widely using deflectors. Used species: naked oat, field pea - main components of mixtures, white mustard, fiddleneck, Crimson clover - components sown using deflectors. Freezing catch crops spend the winter without major damage. Only white mustard froze in the cold period at the beginning of the year 2021. At the end of February, soil temperature and soil water potential sensors were installed. The sown species have been growing intensively since April. First sampling of aboveground biomass took place on May 13 2021. The highest production of aboveground biomass was recorded on the variant oats + fiddleneck and reached the value of 4,120 t / ha and above-ground weed biomass on this variant reached the lowest value of 0.059 t / ha. In the control variant, the yield of above-ground weed biomass reached 1,570 t / ha. The second sampling of aboveground biomass took place on June 3 2021. The stands have reached the stage of development of generative bodies, and it was therefore appropriate to regulate them. The highest biomass production was again in the variant of naked oats + fiddleneck - 6.570 t / ha, weed production 0.038 t / ha, aboveground weed biomass in the control variant reached 2.109 t / ha. Mulching ensured rapid growth of aboveground biomass, especially for oats. The third abstraction of aboveground biomass took place, after mulching it showed the highest value of aboveground biomass production of clean oat 2.025 t / ha, on the control variant the production of aboveground weed biomass was 1.925 t / ha on June 29 2021. The second mulching took place on July 5 2021. The most common species of the weed spectrum was *Stellaria media*, which occurred in all variants. The influence of different vegetation covers on weed spectrum as well as the influence on the production of aboveground biomass of individual weed species was proved.

Keywords: catch crops, weeds, production of aboveground biomass, weed spectrum

Obsah

1 Úvod	10
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	11
3 Literární rešerše	12
3.1 Chmel otáčivý	12
3.1.1 Stavba a funkce jednotlivých částí chmelové rostliny.....	12
3.1.1.1 Podzemní části chmelové rostliny	12
3.1.1.2 Nadzemní části chmelové rostliny.....	13
3.1.2 Morfologie chmelové hlávky.....	13
3.1.3 Látkové složení chmelové hlávky	13
3.1.3.1 Chmelové pryskyřice.....	13
3.1.3.2 Chmelové silice	14
3.2 Agrotechnika chmele	15
3.2.1 Příprava pozemku před výsadbou.....	15
3.2.2 Výsadba chmele.....	15
3.2.2.1 Spon výsadby.....	15
3.2.2.2 Technika výsadby	16
3.2.3 Podzimní zpracování půdy	16
3.2.3.1 Vláčení.....	16
3.2.3.2 Aplikace hnojiv.....	16
3.2.3.3 Orba	16
3.2.3.4 Hloubkové kypření	16
3.2.3.5 Vláčení s jarní aplikací průmyslových hnojiv	17
3.2.3.6 Řez chmele.....	17
3.2.3.7 Zavěšování chmelovodičů	18
3.2.3.8 Zavádění výhonů chmele.....	18
3.2.4 Letní kultivace chmelnic.....	18
3.2.4.1 Přiorávka chmele	18
3.2.5 Sklizeň chmele.....	18
3.2.6 Sušení chmele	19
3.3 Hnojení a výživa chmele	19
3.3.1 Význam jednotlivých živin.....	19
3.3.1.1 Dusík.....	19
3.3.1.2 Fosfor.....	20
3.3.1.3 Draslík	20
3.3.1.4 Hořčík.....	21

3.3.1.5	Vápník.....	21
3.3.1.6	Síra	21
3.3.2	Organické hnojení.....	21
3.4	Ochrana chmele.....	22
3.4.1	Choroby chmele	22
3.4.1.1	Plíseň chmelová (<i>Pseudoperenospora humuli</i> Miyabe Takahashi, Wilson).....	22
3.4.1.2	Padlí chmelové (<i>Podosphaera macularis</i> , syn.: <i>Erysiphe humuli</i>)	23
3.4.1.3	Verticilium	23
3.4.2	Virové choroby chmele.....	24
3.4.3	Škůdci chmele.....	24
3.4.3.1	Lalokonosec libečkový (<i>Otiorrhynchus ligustici</i> L.)	24
3.4.3.2	Dřepčík chmelový (<i>Psylliodes attenuata</i> Koch.)	24
3.4.3.3	Mšice chmelová (<i>Phorodon humuli</i> Schrank).....	24
3.4.3.4	Sviluška chmelová (<i>Tetranychus urticae</i> Koch)	25
3.5	Pomocné plodiny	25
3.5.1	Pěstování pomocných plodin ve chmelnicích.....	26
3.5.2	Pozitivní a negativní vlivy pomocných plodin v meziřadí	27
3.5.3	Cíle pěstování pomocných plodin.....	27
3.5.4	Druhy plodin vhodných k výsevu do meziřadí	27
3.5.4.1	Bér italský <i>Setaria italica</i> L. (P.B.).....	27
3.5.4.2	Hořčice bílá <i>Sinapis alba</i> L.	28
3.5.4.3	Hrách setý pravý <i>Pisum sativum</i> L. convar. <i>sativum</i>	28
3.5.4.4	Hrách setý rolní <i>Pisum sativum</i> L. var. <i>arvense</i>	28
3.5.4.5	Jetel nachový <i>Trifolium incarnatum</i>	28
3.5.4.6	Komonice bílá <i>Melilotus alba</i>	28
3.5.4.7	Pohanka obecná <i>Fagopyrum esculentum</i>	28
3.5.4.8	Ředkev olejná <i>Raphanus sativus</i> L. convar. <i>oleiferus</i>	29
3.5.4.9	Svazenka vratičolistá <i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.	29
3.5.4.10	Oves nahý <i>Avena nuda</i>	29
3.5.4.11	Další vhodné druhy	29
3.5.5	Termíny výsevu	30
3.6	Plevelná společenstva ve chmelnicích.....	30
3.6.1	Biologie plevelů.....	30
3.6.2	Negativní a pozitivní vztahy mezi kulturní rostlinou a plevely	31
3.6.2.1	Konkurence	31
3.6.2.2	Alelopatie	31
3.6.2.3	Parazitismus	31

3.6.2.4	Další formy škodlivosti plevelů.....	32
3.6.2.5	Pozitivní vlatnosti plevelů	32
3.6.3	Plevelné druhy ve chmelnicích.....	32
3.6.4	Rozdělení plevelů (Kazda et al. 2010).....	33
3.6.4.1	Ptačinec prostřední <i>Stellaria media</i> (L.) Vill.....	33
3.6.4.2	Rozrazil perský <i>Veronica persica</i> Poir	33
3.6.4.3	Penízek rolní <i>Thlaspi arvense</i> L.	34
3.6.4.4	Heřmánkovec nevonný <i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Schulz-Bip.....	34
3.6.4.5	Hluchavka objímavá <i>Lamium amplexicaule</i> L.	34
3.6.4.6	Lipnice roční <i>Poa annua</i> L.	34
3.6.4.7	Pěťour maloúborný <i>Galinsoga parviflora</i> CAV.....	34
3.6.4.8	Merlík bílý <i>Chenopodium album</i> L.	34
3.6.4.9	Pampelišky sekce Ruderalia <i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>	35
3.6.4.10	Pýr plazivý <i>Elytrigia repens</i> (L.) NEVSKI	35
3.6.4.11	Pcháč rolní <i>Cirsium arvense</i> (L.) SCOP.....	35
3.6.4.12	Mléč rolní <i>Sonchus arvensis</i> L.	35
3.6.4.13	Svlačec rolní <i>Convolvulus arvensis</i> L.....	35
3.6.5	Regulace plevelů rostlinnými pokrivy.....	35
4	Metodika.....	37
4.1	Pokusné stanoviště Kozojedy „U mlýna“.....	37
4.1.1	Informace o stanovišti.....	37
4.1.2	Základní informace o pokusu	37
4.1.3	Agrotechnika porostu.....	38
4.2	Založení podzimních výsevů meziplodin.....	38
4.3	Řez chmele	39
4.4	Odběry biomasy	40
4.5	První mulčování porostů	40
4.6	Přiorávka chmele	41
4.7	Druhé mulčování.....	42
4.8	Umrtnění porostů reznými válci.....	43
4.9	Založení časně letních výsevů meziplodin.....	44
4.10	Použité statistické metody	44
5	Výsledky	44
5.1	Podzimní vývoj porostů.....	44
5.2	Jarní vývoj porostů	45
5.3	Období intenzivního prodlužovacího růstu	45
5.4	Časně letní výsevy meziplodin v meziřadí	48

6	Diskuze.....	49
7	Závěr	52
8	Literatura.....	54

1 Úvod

Pěstování chmele na našem území má dlouholetou tradici sahající až do raného středověku. Systémy pěstování chmele prochází dlouhodobým vývojem a zejména v 19. a 20. století doznaly největších změn. Bylo to zejména zavedení pěstování chmele na tzv. Žatecké drátěnce, která nahradila tyčové chmelnice, a její další vývoj umožnil použití mechanizace při pěstování chmele. Dalšími milníky bylo zavedení horkovzdušného sušení chmele, zavádění širokých sponů – uplatnění mechanizace, strojní česání chmele a zavedení ozdravených klonů chmele.

V posledních letech v důsledku narůstajících požadavků na ekologizaci pěstování chmele, kdy došlo k úplnému zákazu herbicidních přípravků, v některých případech používaných jako defolianty při pěstování chmele. Je potřeba pozemky k pěstování chmele pečlivě vybírat a již v předplodinách řešit rostliny plevelného spektra. Největší pozornost by měl pěstitel věnovat vytrvalým plevelům – pýr plazivý, pcháč oset, svízel přítula aj. Po výsadbě chmele již není možné proti těmto plevelům nasadit herbicidní ochranu a v případě výskytu v řádku chmele mohou konkurovat mladým rostlinám chmele o vodu, živiny i světlo. Zároveň je problematický i výskyt v meziřadí chmelnice, kde při použití pleček různých konstrukcí dochází u vytrvalých plevelů pouze k poškození nadzemní části a rostliny regenerují z hlouběji uložených orgánů.

V současné době se jako velmi efektivní jeví řešení používající různých rostlinných pokryvů v meziřadí chmelnice. Tyto pokryvy mají nejen funkci odplevelovací, ale také chrání půdu v meziřadí chmelnice před erozí, zabraňují výparu vody a přehřívání povrchu půdy, zvyšují biodiverzitu ve chmelnicích a mohou být živnými rostlinami pro antagonisty škůdců chmele. Je nutné volit takové druhy, které i při pozdějších růstových fázích chmele snášejí zastínění meziřadí chmelnice, možnost nedostatku vody v meziřadí, nejsou hostiteli škůdců chmele a jejich regulace není náročná.

Z provedených poloprovozních pokusů vyplývá, že souběžné pěstování chmele a pomocných plodin je možné. Je však nutné disponovat vhodnou technikou pro zakládání a regulaci porostů podplodin. K zakládání je možné používat secí skříně pro výsev meziplodin – často vysévají pouze drobná semena, speciální secí stroje pro souběžný výsev rozdílných druhů. K regulaci se nejčastěji používají různé konstrukce mulčovačů – možnost distribuce mulče k řádku chmele, řezné válce – ponechání mulče v meziřadí chmelnice a diskové podmítače – zapravení mulče do půdy, možnost distribuce s půdou k rostlinám chmele při priorávce.

Z hlediska tvorby generativních orgánů se na pomocné plodiny pohlíží stejně jako na plevele. Je nutné včas provést jejich regulaci, aby nedošlo k zaplevelení meziřadí chmelnice, a hlavně řádku chmele.

Zaplevelení chmelnic představuje riziko, které v dnešní době nelze řešit použitím herbicidních přípravků a systém černého úhoru s využitím plečkování je problematický z důvodu absence rostlinného pokryvu v meziřadí a s tím pojící se zvýšená možnost eroze. Tyto důvody byly hnacím motorem pro vznik této práce, jejímž cílem bylo ověřit různé meziplodiny a vliv na plevelná společenstva. Použití meziplodin ve chmelnicích je dnes jediná možnost, jak udržitelně řešit plevelné rostliny ve chmelnicích.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je na základě literární rešerše specifikovat vliv porostů meziplodin v meziřadí chmelnice na vývoj plevelných společenstev a na celkovou produkci nadzemní biomasy. Základem experimentální práce je na základě polních experimentů posoudit vliv rozdílných porostů meziplodin (živý a mrtvý mulč) na vývoj plevelných druhů a na produkci nadzemní biomasy vegetačního krytu. Na základě hlavního cíle práce lze stanovit následující dílčí cíle:

1. Stanovit vliv rozdílných vegetačních pokryvů meziřadí chmelnice (podzimní a jarní výsevy) na druhové spektrum plevelů.
2. Posoudit podíl nadzemní biomasy plevelů na celkové produkci nadzemní biomasy vegetačního pokryvu v meziřadí.

Výše uvedené dílčí cíle vycházejí z následujících hypotéz:

H1: Rozdílné vegetační pokryvy půdy vykazují odlišný vliv na plevelné spektrum.

H2: Plevelné rostliny v závislosti na cíleném vegetačním pokryvu vykazují odlišný podíl na produkci nadzemní biomasy.

3 Literární rešerše

3.1 Chmel otáčivý

3.1.1 Stavba a funkce jednotlivých částí chmelové rostliny

3.1.1.1 Podzemní části chmelové rostliny

Rybáček (1980) uvádí, že pod povrchem půdy se nacházejí 2 orgánové soustavy, které mají odlišnou morfologickou stavbu a také svými funkcemi. Rozlišujeme: chmelovou babku, která u chmelových rostlin zaujímá ústřední postavení, a to především díky uložení spících pupenů. Kořenová soustava zahrnuje všechny kořeny, bez ohledu, z které podzemní části lodyhy vyrůstají.

Babka představuje víceletý základ chmelové rostliny. Rybáček (1980) popisuje babku jako orgán, jehož základem je staré dřevo – zdřevnatělá část 0,1-0,3 m pod povrchem. Každoročně se rozrůstá o letokruh 2-4 mm silný. Podle letokruhů můžeme zjistit stáří rostliny, avšak u starých porostů dochází v průběhu let k rozpadu. V horní části starého dřeva se nacházejí na nejmladších letokruzích pupeny, jejich životnost je kolem 4 let. V jarním období dochází k jejich probuzení a po provedeném řezu z těchto pupenů vyrůstají kolmo vzhůru výhony tzv. **nové dřevo**, dochází zde k založení nových kruhů oček a nodů.

Krottenhaller (2009) popisuje chmelovou babku jako zásobní orgán, kam se v podzimním období přesouvají živiny ze strojně oddělených rév. Díky těmto relokovaným živinám může chmel v jarním období vyživovat mladé výhony.

Kořenový systém chmele představuje mohutně rozvinutý rostlinný orgán. Mohutný kořenový systém je potřebný z důvodu rychlého nárůstu nadzemní biomasy v průběhu vegetačního období. Skládá se: z **kulových kořenů**, které vyrůstají svisle ze starého dřeva, tyto kořeny se silně větví až do nejjemnějších vlasových kořínků a pronikají do hloubky kolem 2 m. Jedná se o základ kořenového systému chmele, proudí a ukládají se v nich asimiláty a zásobní látky. Jejich ztloustnutím vznikají **kořenové hlízy** – zásobárna asimilátů a živin (Šnobl 2004). **Postranní kořeny** vyrůstají ze stran chmelové babky. Tento typ kořenů má nezastupitelnou funkci ve výživě chmelové rostliny minerálními živinami rozpuštěnými v půdním roztoku. Jejich rozvoj do meziřadí je omezen vysokou mírou zhutnění do hloubky kolem 0,3 m a také pravidelnou kultivací meziřadí. **Letní kořeny** vyrůstající z nového dřeva umožňují příjem vody a živin z povrchových vrstev půdy. Letní kořeny se rozvíjejí po přiorávce (Brant et al. 2021).

Chmelové rostliny tvoří trvalý a velmi větvený kořenový systém. Výzkum v tomto směru byl zanedbán v porovnání s jinými směry výzkumu. Rozmístění kořenového systému chmele je ovlivněno managementem obdělávání půdy v meziřadí chmelnic (Brant et al. 2020).

Rostliny chmele vyžadují kvůli bohatému a hlubokému kořenovému systému lehké až středně těžké půdy. Výsadba chmele na těžkých půdách se nedoporučuje kvůli riziku zamokření půdy (Krottenhaller 2009).

3.1.1.2 Nadzemní části chmelové rostliny

Réva je nadzemní část rostliny. Jsou to výhony chmele zavedené na chmelovodič. Dorůstá výšky 8–9 metrů, dosahuje tloušťky 0,7–1,3 cm. Je pravotočivá, článkovaná. (Rybáček 1980).

Listy révové vyrůstají vstřícně párovitě z nodů na révě. Jejich tvar se mění v průběhu vegetace. Mladé listy jsou srdčité, starší 3laločné, dospělé 5-7laločné (Bellmann et al. 2016).

Rybáček (1980) popisuje **pazochy** jako postranní větévky vyrůstající z révy, které dorůstají délky 0,3–1 m. Pazochy vyrůstající ve spodních patrech révy bývají delší. Rostou v páru z nodů na révě. V úžlabí pazochových listů se vytvářejí květonosné větévky.

Ve chmelnicích se pěstují pouze samičí rostliny. Samčí květy produkují pyl, který může být přenášen na velké vzdálenosti. Tento přenos může způsobit opylení samičích rostlin, které pak produkují na bázi listenů semena (Briggs et al. 2004).

3.1.2 Morfologie chmelové hlávky

Chmelová hlávka (šišťice) je plodenství samičí chmelové rostliny. Základní osu chmelové hlávky tvoří článkované **vřetenko**. Je ukončeno stopkou, která spojuje hlávku s květonosnou větévkou. Počet zalomení (článků) vřetenka souvisí s délkou samotné hlávky a může činit průměrně od 8 do 16 článků. Na jejich dolní části ulpívají **lupulinové žlázky** (Šnobl 2004).

Briggs et al. (2004) uvádí, že nejvíce lupulinových žlázek se vytváří na bázi listenů chmelové hlávky. Lupulinové žlázky se nacházejí také na spodní straně chmelových listů, ale tyto nejsou pro pivovarské využití užitečné. Obsah lupulinu ve žlázkách může dosahovat až 57 % alfa hořkých kyselin.

3.1.3 Látkové složení chmelové hlávky

Krottenhaller (2009) uvádí, že složení chmelových pryskyřic je specifické pro každou odrůdu a uvádí také další faktory ovlivňující složení a to: stáří porostu, země původu, doba sklizně, sušení chmelových hlávek a jejich skladování.

Bailey (2009) porovnával obsahy esenciálních olejů a hořkých kyselin v průběhu sklizně. Z provedených analýz došel k závěru, že v průměru o 28 % byly vyšší obsahy α hořkých kyselin z pozdního termínu sklizně a obsah esenciálních olejů byl v průměru vyšší o 30%.

Reher et al. (2019) potvrzují pesticidní účinek chmelového extraktu. (Rossini et al. 2016) poukazuje na využití silic z chmelových hlávek v lékařství.

3.1.3.1 Chmelové pryskyřice

Dělíme je na 2 části: **tvrdé** a **měkké** pryskyřice. Měkké pryskyřice jsou především tvořeny hořkými kyselinami, které se dále dělí na **α hořké kyseliny** (obsah 3–17 %) a **β hořké kyseliny** (obsah 2–7 %) (De Keukeleire 2000; De Keukeleire et al. 2003).

Z α hořkých kyselin vzniká 5 homologních sloučenin. Jsou to: **humulon, kohumulon, adhumulon, prehumulon a posthumulon**. Homologní sloučeniny můžeme také najít u β hořké kyseliny. Jediný rozdíl spočívá v dimethyl allylové skupině na třetím uhlíku (Oladokun et al. 2016; Salfer et al. 2020).

Chmelové pryskyřice dodávají pivu vyváženou, příjemnou hořkost, mají stabilizační charakter, zvyšují životnost piva antibakteriálními účinky. Studie poukazují na pozitivní vliv na diabetes druhého stupně (Krottenhaller 2009; Abram et al. 2015).

Statisticky významné rozdíly byly zjištěny v obsahu alfa hořkých kyselin způsobené buď rozdílnými klimatickými podmínkami, nebo větrem chmelových rostlin (Fandiño et al. 2015). Podobně významné rozdíly byly zjištěny v obsahu alfa hořkých kyselin v odrůdách ŽPČ a Sládek z různých lokalit. Všechny kultivary chmele vykazovaly nejvyšší obsah alfa hořkých kyselin v prvním roce od výsadby (Donner et al. 2020).

Jelínek et al. (2012) potvrzují výrazný dopad vnějších vlivů (poloha, virová infekce, stáří porostu) na produkci sekundárních metabolitů používaných v pivovarském průmyslu.

Naproti tomu obsahy a poměry kohumulonu/humulonu + adhumulonů a kolupulonů/lupulonů + adlupulonů jsou velmi stabilní a dědivé (Patzak et al. 2015)

Chmelové třísloviny – polyfenolové látky

Mikyška & Jurková (2019) uvádí, že suché chmelové hlávky obsahují od 3 % do 6 % polyfenolových látek. Nacházejí se ve významném množství na větétku a listenech, jsou vylučovány z lupulinových žlázek společně s hořkými kyselinami. Jsou vyzdvihovány pozitivní vlastnosti a antioxidační účinek na civilizační choroby člověka jako jsou: nádorová onemocnění, trombóza, diabetes, ateroskleróza, Alzheimerova choroba a Parkinsonova choroba. Antioxidační účinky chmelových polyfenolů jsou dány jejich schopností vstupovat do radikálových reakcí v živých buňkách a podporovat specifické enzymy (Zanoli & Zavatti 2008; Xin et al. 2017; Wu et al. 2020).

Maliar et al. (2017) porovnávali čtyři odrůdy chmele a zaměřil se na obsahy polyfenolů, flavonoidů a také na antioxidační účinky. Byly zjištěny významné rozdíly v obsahu těchto látek mezi odrůdami. Tyto odrůdy vyšlechtěné primárně pro pivovarský průmysl obsahovaly také hodnotné látky ve vztahu k lidskému zdraví.

Inui et al. (2017) došli k závěru, že obsah polyfenolů a jejich antioxidační účinky závisí na ročníku a průběhu počasí.

3.1.3.2 Chmelové silice

Pluháčková et al. (2011) popisují chmelové silice jako důležitou skupinu látek, které propůjčují chmelovým hlávkám různé aroma. Toto aroma definujeme jako komplexní vjem vytvořený vonnými a chuťovými látkami a označujeme ho jako chmelové aroma. Tyto silice produkuje sekundární metabolismus chmelové rostliny z látek metabolismu primárního (cukry, tuky, bílkoviny). Obsah silic ve chmelu se pohybuje okolo 0,4-2,5 %. Silice rozdělujeme na frakce: uhlovodíkovou, sirnou – sensoricky velice aktivní. Chemické složení silic je závislé na odrůdě, počasí, klimatických podmínkách. Charakteristické je složení silic u odrůdy Žatecký poloraný červeňák – lze ho podle nich identifikovat. To potvrzuje i Kovačević & Kač (2002).

Nuutinen (2018) uvádí, že rostliny produkují velké množství terpenů, chmel nevyjímaje. Pouze malé množství těchto leckdy složitých látek je vědecky popsáno. Rostliny je používají jako obranný nástroj. Jedním z chmelových terpenů je monoterpen myrcen. Wang & Dixon (2009) uvádí, že myrcen se podílí z 30-50 % na skladbě chmelových silic v závislosti na odrůdě. Je syntetizován a skladován ve chmelových žlázkách.

3.2 Agrotechnika chmele

Chmel se vysazuje do předem zbudované konstrukce – chmelnice. Tato slouží k upnutí chmelovodičů, po kterých se pne chmel. Náklady na zbudování a osázení 1 ha chmelnice se pohybují mezi 600 000 až 700 000 Kč/ha. Chmel se na jednom stanovišti pěstuje až 25 let, a proto je nutné vyvarovat se chyb při samotném založení chmelnice (Šnobl 2004).

Pokorný et al. (2016) uvádí, že při výstavbě nízkých chmelničných konstrukcí pěstitel ušetří nemalé finanční prostředky. Náklady na 1 hektar nízké konstrukce se pohybují kolem 300 000 Kč/ha. Tento typ konstrukce si může pěstitel postavit svépomocí bez nutnosti použití speciální mechanizace.

Štranc et al. (2013) poukazují i na vliv reliéfu pozemku budoucí chmelnice (sklon pozemku, expozice) a jeho působení na mezoklima. Dále zmiňuje velkou produkční schopnost i životnost chmelnic založených na homogenních, středně těžkých až těžších hnědých půdách, a naopak menší životnost na plochách založených na lehkých půdách v otevřených polohách.

3.2.1 Příprava pozemku před výsadbou

Pozemek, kde bude založena chmelnice by měl mít hluboký profil, půda by měla vykazovat v orníční vrstvě i ve spodině optimální fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Tyto vlastnosti jsou důležité pro optimální tvorbu mohutného a fyziologicky aktivního kořenového systému (Štranc et al. 2013).

Lipecki & Berbeć (1997) uvádějí, že pozemek pro výsadbu chmelnice by měl být vyhnojen poměrně vysokými dávkami hnojiv organických, průmyslových i vápenatých, hluboce prokypřen, aby se se značným předstihem zlepšila a nastartovala biologická aktivita půdy.

Čím více jsou vlastnosti půdy pozemku vzdálené od optima, tím větší péči ji musíme věnovat. Jedná se o výsev vhodných předplodin a plodin na zelené hnojení, hnojení minerálními a organickými hnojivy, vápnění a různé způsoby jejího mechanického zpracování. V rámci mechanického zpracování půdy je velmi důležitá rigolovací orba, která má zcela zásadní význam zvláště na půdách těžkých, výrazněji zhutnělých, s nízkým obsahem humusu a živin (Krofta et al. 2012; Štranc et al. 2013).

3.2.2 Výsadba chmele

V podmínkách České republiky se uplatňují dva termíny výsadby chmele: **jarní** a **podzimní**. Kocourková et al. (2014) uvádějí, že podzimní výsadba chmele znamená výrazně lepší vzešlost porostu na jaře v důsledku využití zimní vláhy, vyrovnanější růst, rychlejší rozvoj kořenové soustavy. Jarní výsadby jsou méně úspěšné, zejména kvůli nedostatku vláhy v období výsadby a bezprostředně po ní. Jarní výsadbu považujeme za nouzové řešení.

Podzimní výsadbu realizujeme v období od poloviny října do konce listopadu. Požadavky při výsadbě jsou kladeny na dodržení pravidelnosti sponu a hloubky výsadby 10–15 cm (Rybáček 1980).

Při výsadbě nové chmelnice se ukazuje jako výhodné aplikovat startovací dávku organických i anorganických hnojiv do jamek pod kořenáč chmele. Do jamky, ve které máme startovací dávku hnojiva, je usazena rostlina, zasypána půdou a silně přitlačena (Pokorný et al. 2016).

3.2.2.1 Spon výsadby

Spon výsadby se postupně vyvíjel v závislosti na používané tažné síle při obdělávání chmelnic. V současnosti se můžeme setkat se spony 280x100 a 300x100 cm, s nástupem výsadby chmele s ozdravenou sadbou obou skupin odrůd vytváří ozdravené porosty mohutnější nadzemní část

rostliny, proto se doporučuje spon 300x120, popř. 280–300 x 100–120 cm (Rybáček 1980; Kopecký 2008).

3.2.2.2 Technika výsadby

Pokorný et al. (2016) uvádějí, že sadbu chmele ukládáme do předem vyoraných nebo vyvrtaných brázd. Je nutné dodržovat stejnou hloubku uložení chmelové sádky, na těžších půdách kolem 10 cm pod úroveň okolního terénu na lehčích půdách hlouběji. Sadba by měla být nepoškozená a zdravá. Sadbu zahrneme zeminou a vznikne nám důlek, kde se zachytává voda.

Nepřesnost při výsadbě chmele má negativní vliv na tom, že při zpracování půdy ve chmelnicích dochází k poškození podzemních orgánů chmele pracovními orgány strojů (Brant et al. 2021).

3.2.3 Podzimní zpracování půdy

3.2.3.1 Vláčení

Při vláčení chmele se z chmelnice odstraňují posklizňové zbytky rostlin, velmi mělce se prokypřuje a urovnává vrchní část půdy. K vláčení se používají hřbové brány. Vláčí se podél a napříč chmelnicí (Krofta et al. 2012).

3.2.3.2 Aplikace hnojiv

V podzimním období můžeme produkční chmelnice hnojit organickými a anorganickými hnojivy.

Při dostatku organických hnojiv hnojíme v intervalu tří let, vápnění probíhá v intervalu 3–4 let na základě rozboru půdní reakce. Můžeme také zásobně aplikovat minerální hnojiva, zvláště draselná a fosforečná (Vavera et al. 2017).

3.2.3.3 Orba

Podzimní orba v mezíradí zůstává stále základním způsobem ošetřování chmelnic. Je zcela nezastupitelným zásahem při zapravování chlévského hnoje a zeleného hnojení (Rybáček 1980).

Provádí se každým rokem do hloubky 18–25 cm. Používají se speciální oboustranné šestiradličné nesené pluh (Krofta et al. 2012).

3.2.3.4 Hloubkové kypření

Dlátování je způsob kypření chmelnice do hloubky 50–60 cm. Spodní vrstvy půdy se nadzvednou, zvýší se její pórovitost a provzdušnění. Hloubkové kypření usnadňuje infiltraci srážkové vody. Prokypřením ztuhlého podbrázdí jsou zlepšovány fyzikální vlastnosti podorniční a orniční vrstvy po utužení půdy při sklizni chmele (Krofta et al. 2012).

Používají se stroje s kolmými rovnými slupicemi zakončené dlátem, které za optimálních podmínek dobře rozrušují spodní vrstvy půdy. Vyznačují se malým vynásecím efektem, méně zpracovávají povrch půdy. Za vysoké vlhkosti půdy dochází pouze k proříznutí půdního profilu, kde může vzniknout otevřená půdní rýha se ztuhnutím bočních stěn a dna. Mezi další konstrukce patří dlátové kypřiče s bočně parabolickou slupicí, kypřiče osazené spodními postranními křídly. Další možností eliminace ztuhnutí v mezíradí je použití nově vyvinutého

kypřiče pro odstranění zhutnění v kolejových stopách s možností současného přihnojení pod patu nebo osetí meziřadí chmelnice podplodinou (Brant et al. 2021).

3.2.3.5 Vláčení s jarní aplikací průmyslových hnojiv

Krofta et al. (2012) uvádí, že dokonalé urovnání povrchu půdy je nutné pro kvalitní provedení mechanizovaného řezu chmele. Provádí se vláčení chmelnic napříč, dochází k rozrušení škrálopu půdy a k urovnání brázd.

Intenzivní zpracování půdy v jarních měsících s sebou nese i rizika. České chmelařské oblasti se nacházejí v suchých oblastech, kde se v jarním období setkáváme s častými přísušky. Jarní agrotechnika je založena na četných přejezdech půdozpracujících strojů, které mají za úkol urovnání chmelnice před řezem. Inspirací nám bylo sousední Německo, kde k agrotechnice chmele přistupují jinak než u nás. Začali jsme chmelnice připravovat rotačními branami, jedním přejezdem. Rotační brány intenzivně připraví meziřadí chmelnice po podzimní orbě, integrovaná smyková lišta urovná připravenou zeminu a hřebový válec dorovná případné drobné nerovnosti a zpětně utuží meziřadí. Štranc (2008) ve svých výzkumech potvrzuje, že tímto způsobem dochází k přípravě na řez, omezení vysychání půdy, úspoře pohonných hmot, lidské práce a k omezení tvorby kolejí

Pro práci ořezávačů tuzemské provenience je nutné chmelnici urovnat v podélném a příčném směru k řadům chmelových rostlin. Tato operace silně poškozuje relativně mělce uložené podzemní orgány chmele, především babky. Při jejich mělkém uložení, zejména na lehčích půdách, dochází i k jejich vytržení a ke vzniku prázdných míst ve chmelnici (Štranc et al. 2013).

3.2.3.6 Řez chmele

Řezem chmele se odstraňují od vytrvalé, podzemní babky přírůstky nového dřeva a zčásti postranní vlky. Přírůstky nového dřeva se odřezávají pod povrchem půdy, a proto byl a je řez chmele a příprava k němu značně náročný jak na fyzickou, tak i odbornou zdatnost pracovníků. Rybáček (1980) ve své publikaci uvádí, že řezem chmele se odstraňují od vytrvalé babky přírůstky nového dřeva a také postranní vlky. Tato operace je velice náročná na odbornou zdatnost pracovníků a její nesprávné provedení může vést k odumření chmelových rostlin. Toho si všímá i Krofta & Ježek (2010) a uvádějí, že řez chmele má významný vliv na životnost chmelových rostlin a také zajišťuje také regulaci tvaru chmelové babky a její hloubku pod úrovní terénu.

Krofta et al. (2012) dělí řez chmele:

- **normální řez** – provádí se u silných zdravých babek, nechává pahýl 2-3 mm dlouhý, s jedním kruhem oček
- **hladký řez** – volí se u rostlin bujného vzrůstu, mimořádně silných v plné plodnosti, všechny výhony se řezou těsně u babky
- **nadsazený řez** – je vhodný u mladých rostlin, u zesláblých a slabých rostlin, nechává dva kruhy oček

Dále můžeme rozlišovat řez chmele: **časný** (od třetí dekády března do začátku dubna), **střední** (provedený ve druhé dekádě dubna), **pozdní** (provedený ve třetí dekádě dubna).

Mechanizovaný řez se odlišuje od ručního řezu hlavně tím, že se chmelové rostliny seřezávají všechny ve stejné, předem stanovené hloubce při plynulé jízdě pohonného prostředku s ořezávačem (Rybáček 1980).

Doporučený termín řezu Žateckého poloraného červeňáku je v prvních dvou dekádách měsíce dubna, v některých lokalitách i později (Krofta & Ježek 2010).

Hybridní odrůdy mají pomalý počáteční růst, jeho nástup řezem urychlujeme. Termín řezu je raný (ve třetí dekádě března až v první dekádě dubna) (Kopecký 2008).

Řez chmele se provádí ořezávači chmele, což jsou dva protiběžné kotouče dvojího konstrukčního provedení uzpůsobené k řezu v nesloupových řadách a k řezu ve sloupových řadách. Řezné kotouče zajišťují rovinný řez v hloubce okolo 5 cm od urovnaného povrchu půdy.

3.2.3.7 Zavěšování chmelovodičů

Používá se ocelový drátek, podle hmotnosti volíme odpovídající průměr drátku (1,00, 1,06, 1,12, 1,25 mm). Spodní konec drátku je zapíchnut speciálním bodákem k rostlině chmele. (Šnobl 2004). Jak uvádí Rijavec & Čeh (2013) chmelovodiče mohou být vyrobeny i z různých druhů plastických hmot nebo i z konopného vlákna.

Na nízkých chmelničných konstrukcích se používá speciálních sítí napnutých mezi sloupky. Sít' zůstává na chmelnici po celou dobu životnosti a mění se jen z důvodu poškození (Blackman & Wilson 2015; Pokorný et al. 2016).

V posledních letech se vyvíjí automatizované mechanizační prostředky, které by mohly v budoucnu zastoupit lidský faktor při zavěšování chmelovodičů (He et al. 2016).

3.2.3.8 Zavádění výhonů chmele

Zavádění chmele na chmelovodič je po správně provedeném řezu neméně důležitou operací. Při zavádění chmele pracovník vybírá ze středu rostliny nepoškozené a silné výhony, které po směru hodinových ručiček zavede na chmelovodič. Tato operace je závislá výhradně na lidské práci a není možno ji provádět mechanizovaně. K zavádění chmele se přistupuje, pokud jsou výhony dostatečně narostlé a důležitá je také teplota vzduchu, při chladném počasí dochází k lámání zkrhlých chmelových hlav (Rybáček 1980; Briggs et al. 2004).

3.2.4 Letní kultivace chmelnic

3.2.4.1 Přiorávka chmele

Krofta et al. (2012) uvádí, že přiorávka chmelových řádků je základním předpokladem pro vytvoření nejpříznivějšího prostředí pro rostliny, kdy letní kořání zajišťuje dostatek vody a živin pro mohutný růst rostlin chmele. Zároveň má tato operace i odplevelující charakter, kdy přípravou meziřadí dochází k eliminaci plevelů a případně dochází k zahrnutí vysemeněných plevelů v řádku chmele.

V neozeleněném meziřadí je nutno provádět plečkování, aby nedocházelo k zaplevelování porostu. Po přiorávce je nutno provádět mělké plečkování, aby nedocházelo k poškození vytvořeného letního kořání a k neproduktivnímu výparu. V nízkých konstrukcích se přiorávka neprovádí (Pokorný et al. 2016).

3.2.5 Sklizeň chmele

Chmelové hlávky v současné době nejsou sklizeny přímo na chmelnici, ale na stacionárních česacích strojích, které mají za úkol oddělit a následně separovat chmelové hlávky od rév a listů. Důležité je správné nastavení stroje, aby nedocházelo k rozplevelení hlávek a aby nebyly ve velkých shlucích a znečištěné pazochy a listy (Čapek 2011).

Rybka (2015) uvádí, že chmel je z chmelnice dopravován za pomoci speciálních strojů – strhávačů chmelových rév a přívěsů pro soz chmelových rév, které jsou agregovány s klasickými kolovými traktory.

Zajímavostí je vývoj českého mobilního sklízecího stroje HUN-30, tento stroj češe chmel z nízkých konstrukcí vysokých až 3 metry. Očesané hlávky chmele jsou spolu s listy

dopravovány do odvozního prostředku, jedoucího souběžně s mobilním sklízěčem. Takto očesaný chmel je nutné dovézt na stacionární separační linku, kde dojde k jeho vyčištění (Pokorný 2016).

3.2.6 Sušení chmele

Kořen et al. (2008) poukazují na to, že se zavedením horkovzdušného sušení se výrazně zlepšila i kvalita sklizeného chmele. Docílilo se vynikající barvy a lesku hlávek, kvalitativním ukazatelem se stala citronově žlutá barva chmelové moučky a potvrdily se další kvalitativní ukazatele chmele.

Očesané chmelové hlávky vykazují vlhkost 76–80 %, intenzivně dýchají, zvyšují teplotu. Je nutné organizačně sladit proces česání a proces sušení. Hlávky se suší při teplotě 55-60 stupňů po dobu 6–9 hodin. Hlávky sušíme tzv. na vřetenko – celé vřetenko musí být vysušené a láme se. Suší se na vlhkost 5-7 %. Takto usušené hlávky jsou velice křehké a rozplevelují se. Musí proto dojít k úpravě na 10,5 – 12 % (Rybka et al. 2017; Rybka et al. 2018; Ocvirk et al. 2019).

3.3 Hnojení a výživa chmele

Chmel každoročně obnovuje a vytváří velké množství nadzemní biomasy, na jejíž produkci spotřebuje mnoho živin. Jako většina vytrvalých rostlin koncem vegetace soustřeďuje určité množství asimilátů v kořenové soustavě. Při současných technologiích sklizní není sice ukládání asimilátů a živin v kořenech vysoké, ale přesto tvoří určité rezervy, které jsou využívány v brzkém jarním období, kdy je příjem živin z půdy ještě nepatrný (Vaněk et al. 2016).

Základním principem integrované produkce chmele v oblasti výživy a hnojení je snaha o maximální uzavírání koloběhu jednotlivých živin. Proto se při stanovení dávek hnojiv a vápnění vychází z výsledků agrochemických rozborů půd, znalosti druhu a typu půd v daném místě a zejména v případě dusíku požadavky rostlin na živiny (Vavera et al. 2017).

Le Bot et al. (1998) uvádějí, že chmel patří mezi rostliny náročné na půdní úrodnost, zejména biologicky aktivní hloubku, dostatek přijatelných živin neutrální až mírně kyselou půdní reakci.

Chmel patří k rostlinám s vysokou potřebou živin. Jednotlivé živiny, ale především jejich dostatečný příjem ve vhodných relacích v jednotlivých fázích vegetace, dávají předpoklady dobrého výnosu a kvality chmelových hlávek. Při průměrné sklizni 2 t suchých hlávek na hektar je udáván odběr 150 kg **N**, 20 kg **P**, 133 kg **K**, 24 kg **Mg**, 135 kg **Ca**, významný je také odběr síry a pohybuje se kolem 16 kg/ha. Chmel také vyžaduje dostatek **Zn**, jeho odběr činí okolo 600 g/ha. Nedostatek zinku byl dáván do souvislosti s výskytem kadeřavosti chmele. Podle současných poznatků se jedná o chorobu způsobenou rickettsiemi, ale dostatek zinku značně omezuje výskyt tohoto onemocnění (Vaněk et al. 2016).

3.3.1 Význam jednotlivých živin

3.3.1.1 Dusík

Vavera et al. (2017) popisují dusík jako prvek, který je nezbytnou součástí sloučenin bílkovinné povahy. Rostliny chmele se vyznačují velice intenzivním růstem, proto potřebují značné množství dusíku, podobně jako u jiných rostlin podporuje růst. Nedostatek dusíku se projevuje následovně: rostliny zakrňují, listy jsou drobnější s úzkými laloky, jsou bledě zelené a hlávky nevyvinuté. Při velkém nedostatku dusíku mají rostliny trpasličí habitus, listy jsou bledě zelené až žluté a brzy opadávají. Nadbytek dusíku způsobuje: bujný růst chmele, sytě zelené velké listy, hlávky jsou velké, často prorůstají, mají hrubou stavbu a značně zhoršenou

jakost, tj. menší obsah lupulinu a horší vůni. Rostlinná pletiva jsou řídká, vodnatá a náchylná k poškození mechanickému, tak i poškození škodlivými činiteli.

Celková potřeba N se pohybuje podle produkce v širokém rozsahu. S přihlédnutím k ostatním zdrojům dusíku (organické hnojení, obsah přijatelného dusíku v půdě, průběh povětrnosti aj.) se potřebná dávka dusíku v minerálních hnojivech nejčastěji pohybuje v rozmezí 80–150 kg N/ha. Celkovou dávkou je vhodné rozdělit do 2-3 dílčích dávek. Největší část N se aplikuje brzo na jaře. Vhodné hnojivo v tomto období je síran amonný, případně i další dusíkatá hnojiva se sírou (DASA). Mohou být použita i jiná hnojiva, jako je močovina, DAM, Amofos, Polidap aj. Zbývající část dusíku se aplikuje před první přiorávkou a nejpozději před začátkem kvetení (Vaněk et al. 2016).

3.3.1.2 Fosfor

Podle Vavera et al. (2017) je nezbytnou součástí mnoha organických sloučenin v rostlinných buňkách, některé organické sloučeniny fosforu jsou nezbytné při biochemických procesech spojených s přenosem energie. Fosfor podporuje vznik generativních orgánů – v určitých obdobích působí jako antagonist dusíku, U chmelu zvyšuje množství květu a u hlávek zabraňuje jejich přerůstání a prorůstání. Nedostatek fosforu: brzdí růst kořenů a ostatních podzemních a nadzemních orgánových soustav chmelových rostlin, tvoří se málo květu, hlávek je menší počet a mají špatný vývoj, neuzavírají se. Nadbytek fosforu: má vliv na předčasném kvetení a urychleném dozrávání chmele, nadbytek fosforu působí antagonisticky proti příjmu zinku. Vaněk et al. (2016) uvádí, že hnojení fosforem se řídí obsahem této živiny v půdě. Pokud bylo provedené dostatečné předzásobní hnojení před výsadbou, zaměřujeme se na úhradu fosforu odebraného sklizněmi. Dávka je v těchto případech kolem 20 kg/ha. Vhodnými hnojivy jsou superfosfáty.

Příjem fosforu rostlinami je ovlivňován půdní reakcí (optimum je kolem pH 6,0) a dostatkem organických látek v půdě. V případě fosforu není ani tak problémem jeho nedostatek v půdách, jako nedostatek fosforu ve formách přístupných rostlinám (Krofta et al. 2012).

3.3.1.3 Draslík

Vavera et al. (2017) popisují draslík jako prvek, který se výrazně uplatňuje v energetickém a látkovém metabolismu, zvyšuje odolnost rostlinných pletiv, a to i proti chorobám a škůdcům. Působí příznivě na dozrávání hlávek, nedostatek se projevuje na starých listech, dochází k translokaci ze starých orgánů do mladších listů. Staré listy blednou od okrajů a později se na nich objevují hnědé léze ohraničené žilnatinou, tyto skvrny se postupně rozšiřují, listy bronzově žloutnou, přecházejí až do popelavě šedého zabarvení a opadávají. Nedostatek draslíku předčasně porušuje apikální dominanci rév a nadbytek negativně ovlivňuje příjem jiných iontů, zejména hořčíku a také zhoršuje kvalitu chmelových hlávek – obsahují méně lupulinu a pryskyřic.

Hnojení draslíkem vychází také obsahu této živiny v půdě. Při pravidelném hnojení statkovými hnojivy je dodáváno do půdy poměrně velké množství draslíku, které je žádoucí zohlednit při hnojení minerálními hnojivy. Běžné dávky v minerálních se pohybují v rozmezí 100-120 kg K/ha. S ohledem na citlivost chmelu na chlor jsou vhodnými hnojivy síran draselný, případně draselná hnojiva s Mg s nižším obsahem chloru. Ovšem většinou je vzhledem k nedostatku těchto hnojiv a vyšší ceně používaná draselná sůl, kterou by se mělo hnojit v podzimním období (Vaněk et al. 2016).

Draslík má velmi důležitou úlohu při fotosyntéze a vodním režimu rostlin, zpevňuje pletiva a napomáhá zvyšovat odolnost rostlin vůči chorobám a škůdcům (Krofta et al. 2012).

3.3.1.4 Hořčík

Z celkového množství hořčíku je asi 10 % vázáno v chlorofylu, kde plní nepostradatelnou úlohu při fotosyntéze. Má také příznivý vliv na vývoj reprodukčních orgánů a na množství a jakost chmelových hlávek. Nedostatek hořčíku se nejdříve objevuje na starých listech, kde se vyskytne chloróza, listy nejdříve vyblednou, pak mezi žilnatinou žloutnou, později se listy zbarvují šedě až hnědočerveně a předčasně opadávají (Vavera et al. 2017).

Hnojení hořčíkem je možné řešit při jeho nedostatku v půdě při vápnění aplikací dolomitických vápenců a dolomitů a během vegetace draselnými hnojivy s Mg, případně Kieseritem (Vaněk et al. 2016).

Hořčík plní v rostlinných pletivech řadu významných funkcí, které souvisejí s fotosyntézou a následnou produkcí vysokomolekulárních látek. Jeho příjem je výrazně ovlivňován vnějšími podmínkami, především pH půdy a složením půdního roztoku (Krofta et al. 2012).

3.3.1.5 Vápník

Nedostatek vápníku se nejčastěji projevuje morfologicky na nejmladších orgánech, vegetačním vrcholu a mladých listech. Vegetační vrchol žloutne a odumírá, vrcholové listy jsou drobné, vyduté se světlým okrajem, později se objevují hnědé skvrny a listy odumírají. Nadbytek vápníku snižuje příjem ostatních kationtů (Mg, K, Fe), což je příčinou vzniku chlorózy a také zhrubnutí hlávek a jejich předčasné žloutnutí (Vavera et al. 2017).

3.3.1.6 Síra

Působí pozitivně na využívání dusíku v rostlině a má významné fyto-sanitární účinky, obsah síry by neměl klesnout pod 30 mg.kg-1 půdy. Je také nepostradatelná při tvorbě aminokyselin a chmelových silic. Nedostatek síry vede k zakrslému habitu chmele, tvorbě vytáhlých výhonů a chloróz, hlavně na mladých listech, čímž se odlišuje od vizuálních projevů deficitu N (Vavera et al. 2017).

3.3.2 Organické hnojení

Krofta et al. (2012) poukazuje na skutečnost, že s poklesem živočišné produkce dochází ke značnému snížení používání organických hnojiv ve chmelnicích a dříve nejběžnější hnojivo se ve chmelařství stává vzácností.

Chlévský hnůj je základním a osvědčeným hnojivem k hnojení chmele. Dávka se řídí druhem půdy – na těžkých půdách 40 t/ha, na středních 55 t/ha a na lehkých až 70 t/ha. Zapravuje se výhradně v podzimním období (Rybáček 1980).

Vaněk et al. (2016) uvádějí, že možností, jak nahradit hnůj je použití kompostů. Při výběru dbáme na to, aby byl kompost kvalitní a obohatil nám půdu nejen živinami, ale také organickými látkami, které zvyšují sorpční kapacitu půdy a podléhají pozvolnému rozkladu a zajišťují nám dlouhodobější účinek.

V úvahu také přichází i tzv. zelené hnojení, což je způsob organického hnojení, při kterém do půdy zaoráváme biomasu rostlin pěstovaných k tomuto účelu. Cílem je obohatit půdu o organickou hmotu a živiny. Kvalita i množství organického hnojení je odvislé na druhu pěstovaných rostlin, délce vegetačního období, půdních a klimatických podmínkách daného stanoviště (Roy et al. 2006; Krofta et al. 2012).

Čeh (2014) se zabýval aplikací kejdy do chmelnic. Vyzdvihuje především její dlouhodobější působení, ale zároveň upozorňuje na riziko těkání amoniaku do ovzduší a nadměrné zhutnění půdy aplikační technikou.

3.4 Ochrana chmele

Kazda et al. (2010) poukazuje na náročnost ochrany chmele proti chorobám a škůdcům a označuje ji za téměř celoroční. O zdraví rostlin se většinou rozhoduje již po sklizni předcházejícího roku, kdy dochází k úklidu zbytku rév a jejich likvidaci mimo prostor chmelnice. Přibližně od 2. poloviny května dochází k silnějšímu výskytu plísní, postupem času se může objevit padlí a také kořeny chmele mohou napadnout půdní houby z rodů *Verticillium* a *Fusarium*. Z živočišných škůdců škodí nejvíce v jarním období lalokonosec libečkový, na některých místech i dřepčík chmelový. Během vegetace poškozují chmel především: mšice chmelová, sviluška chmelová a v ojedinělých případech nymfy i dospělci klopušky chmelové. Integrovaná ochrana chmele zajišťuje kvalitní a trvale udržitelnou produkci chmele. Je to moderní, přísně ekologicky orientovaný systém zaměřený na kvalitní produkci šetrnou cestou k životnímu prostředí (Krofta et al. 2012).

Holý et al. (2017) poukazují na důležité preventivní opatření, které je bohužel přehlíženo – péče o půdu a půdní úrodnost. Vyrovnané hnojení, strukturní a druhově bohatá půda s dostatečnou zásobou organické hmoty je předpokladem dobrého zdravotního stavu chmele. Rostliny jsou odolnější k napadení škůdců a chorob. Mezi preventivní opatření můžeme zahrnout i porovnání výskytu škodlivých činitelů na rostlinách planého chmele.

3.4.1 Choroby chmele

3.4.1.1 Plíseň chmelová (*Pseudoperonospora humuli* Miyabe Takahashi, Wilson)

Velmi významná choroba chmele, která se vyskytuje každoročně a bez pěstitelova zásahu by působila velké škody. Patří do třídy *Oomycetes*, do řádu *Peronosporales*, a čeledi *Peronosporaceae* (Kazda et al. 2010; Sedlářová et al. 2021).

Holý et al. (2017) v metodice ochrany chmele uvádějí, že peronospora chmelová má za hostitelskou rostlinu výhradně chmel. Napadá všechny jeho rostlinné orgány. Zimní výtrusy se vytvářejí v napadených pletivech již během vegetace. Do půdy se dostávají s rostlinnými zbytky chmele, a proto je důležitý úklid chmelnice po sklizni. V půdě výtrusy napadají mladé výhony a po proniknutí do rostliny tvoří husté mycelium. První příznaky napadení jsou zjevné již na jaře – primární infekce. Rostlinám chmele rostou klasovité výhony žlutě zbarvené, které mají zkrácená internodia a nahloučené listy. Na spodní straně listů se objevuje šedofialový povlak plodonošů a letních výtrusnic. V letním období a v průběhu vegetace se peronospora šíří zoosporangii, které infikují listy. Vznikají na nich žlutozelené skvrny, které se za optimálních podmínek (vlhko, teplo) zvětšují, později hnědnou a zasychají. Za příznivých povětrnostních podmínek patogen napadá i pazochové výhony a vegetační vrcholy což má za následek tvorbu klasových výhonů, které jsou zdrojem dalšího šíření. Napadená květenství při silném tlaku hnědnou a může dojít i k opadu. Napadení zralé hlávky se projevuje hnědnutím krycích a pravých listenů. Při silném napadení dojde k zhnědnutí celé hlávky.

Rozhodujícím faktorem pro šíření a vývoj peronosporu chmelové je průběh počasí – teplota, relativní vlhkost vzduchu a srážky. Teplota má výrazný vliv na infekci hostitelské rostliny a na délku inkubační doby. Infekce se může uskutečnit v širokém rozmezí teplot 1–29 stupňů. Neoptimálnější je vlhkost kolem 90 % a srážky přesahující 10 mm v období květen až červenec. Základem ochrany proti peronospoře je včasná eradikace primární infekce. Optimálně na počátku vzcházení po řezu chmele. Od počátku června nastává období sekundární infekce peronosporu chmelové. Ochrana se řídí krátkodobou prognózou, kdy se na základě počtu srážkových dnů vypočítá index peronosporového počasí, jehož hodnota je různá pro jednotlivé odrůdy (Gent et al. 2008; Gent & Ocamb 2009; Krofta et al. 2012).

Alternativní metody ochrany:

- aplikace PK hnojiva Farm – Fos 44 (fosforitan draselný 32% P₂O₅, 29% K₂O), který zvyšuje přirozenou odolnost k houbovým patogenům
- Alginure (24% výtažek z mořských řas)
- kapalné hnojivo Prev-B2 (kapalné hnojivo s obsahem bóru 2,1 % a přírodními terpeny pomerančovníku)

Jako nepřímou formu ochrany proti plísni chmelové lze uvést udržování porostů chmele čistých a bezplevelných, defoliaci spodních listových pater, správnou výživu chmele a kvalitní podzimní úklid chmelnic (Holý et al. 2017).

3.4.1.2 Padlí chmelové (*Podosphaera macularis*, syn.: *Erysiphe humuli*)

Na rozdíl od výskytu plísně chmelové, který je každoroční, je výskyt padlí nepravidelný. Krofta et al. (2012) uvádí, že v našich podmínkách představuje padlí fakultativního parazita se silným gradačním charakterem, což dokládá i jeho škodlivý výskyt v našich chmelařských oblastech v letech 1997–2000.

Lebeda et al. (2017) zařazují padlí chmelové do třídy *Ascomycota*, do řádu *Erysiphales*, čeledě *Erysiphaceae*.

McCright (2003) popisuje napadení padlím následovně: od 2. pol. května se na líci a v menší míře i na rubu listů tvoří malé bílé skvrny, které se postupně zvětšují a šíří, čepel se pokrývá moučnatými skvrnami, které se s rozšiřující infekcí spojují v jednolitý moučnatý povlak. Napadená pletiva zasychají a opadávají.

Ježek (2015) největší nebezpečí nevidí v napadení listů, které jde fungicidy poměrně snadno odstranit, ale v napadení chmelových hlávek. Napadené hlávky v časných vývojových stádiích se nevyvíjejí, později napadené hlávky se vyvíjí omezeně v závislosti na intenzitě infekce. Následkem napadení je snížení výnosu chmelových hlávek, a především pak ztráty kvalitativní – napadené hlávky se projevují vizuálně a nepříjemným po plísni zapáchajícím aroma.

Základem ochrany je likvidace napadených rostlinných zbytků a pravidelná vizuální kontrola pro případné fungicidní ošetření konvenčními fungicidy. V rámci integrované ochrany chmele můžeme použít přípravky obsahující pomerančovou silici, případně jiné látky podporující odolnost chmelových rostlin. Nepřímou metodou je defoliace spodních pater rostlin chmele (Vavera et al. 2017).

3.4.1.3 Verticilium

Rybáček (1980) popisuje *Verticillium* jako patogena, který vniká do rostliny kořeny, prorůstá pletivou a ucpává cévy.

Napadené rostliny se nejdříve projevují tím, že jim žloutnou a vadnou spodní listy a jak choroba postupuje vzhůru, tak rostlina vadne, listy zasychají a opadávají (Vavera et al. 2017)

První výskyt tohoto patogena na území České republiky byl zaznamenán v roce 2017 na odrůdě Kazbek a Sládek v okrese Přerov. *Verticillium* je karanténní choroba. Je proto důležité zamezit přenosu infikovaných rostlinných zbytků na jiné pozemky. Doporučuje se likvidace napadených rostlin. Při napadení se doporučuje dbát na to, aby se patogen nepřenášel pomocí zemědělské techniky a pracovníků v chmelnicích. Použitou techniku i pracovní pomůcky je nutné dezinfikovat. Pro výsadbu chmelnic v oblasti napadení je nutné volit rezistentní odrůdy a zejména zdravou sadbu (Svoboda & Nesvadba 2018).

Možnost použití biologických přípravků založených na antagonistických mikroorganismech (Mandelc et al. 2013; Svara et al. 2019).

Jsou to:

- *Bacillus subtilis*

- *Pythium oligandrum*
- *Trichoderma harzanium*

3.4.2 Virové choroby chmele

Chmel náleží k rostlinám, které jsou velmi citlivé k virovým chorobám a působí u něj významnou ztrátu kvantity a kvality chmelových hlávek. Chmel jako vytrvalá rostlina pěstovaná na jednom stanovišti je virovými chorobami výrazně ohrožován. Virové choroby chmele: kreslená mozaika chmele, zborcení listů, nettlehead, anglická mozaika chmele (Holý et al. 2017).

Na základě výzkumů předpokládáme, že škody na výnose mohou dosáhnout 10-20 % a ztráty obsahu alfa hořkých kyselin mohou být 10-30 % (Jelínek et al. 2012).

3.4.3 Škůdci chmele

3.4.3.1 Lalokonosec libečkový (*Otiorrhynchus ligustici* L.)

Řadíme je do řádu **brouci** – *Coleoptera* a do čeledě **nosatcovití** – *Curculionidae*.

Rybáček (1980) přichází se zajímavým zjištěním, že lalokonosec byl dlouho dobu pouze příležitostným škůdcem chmele, který napadal v jarních měsících při tahu za potravou. Později bylo potvrzeno, že některé populace lalokonosce se adaptovaly svým vývojem pouze na chmelové rostliny.

První potravou lalokonosců jsou rašící výhony ještě před řezem chmele. Nutno podotknout, že škodlivost před řezem není vysoká, zvětšuje se až po provedení řezu chmele. Ekonomicky významné poškození způsobují však larvy tohoto brouka na podzemních orgánech chmelových rostlin. Ochrana je bez půdních insekticidů problematická a je nutné ji cílit na dospělce, kteří jsou na povrchu půdy za slunečného počasí (Krofta et al. 2012).

Vavera et al. (2017) uvádějí i možnost biologické ochrany proti lalokonosci libečkovému pomocí hlístice *Heterorhabditis* (aplikace do prohráté vlhké půdy). Dospělci nelétají, dříve se prováděla mechanická ochrana kultur pomocí rygolu vystlaného igelitovou folií, do kterého se dospělci chytali.

3.4.3.2 Dřepčík chmelový (*Psylliodes attenuata* Koch.)

Řadíme je do řádu **brouci** – *Coleoptera* a do čeledě **mandelinkovití** – *Chrysomelidae*. Rybáček (1980) popisuje dřepčíka chmelového jako všeobecně rozšířeného škůdce chmele. Jeho škodlivost se během roku objevuje dvakrát: na jaře na nových rašících výhonech a na mladých listech, v létě na hlávkách a pazochoových listech. Brouci vytváří charakteristické poškození – dírky. Listy bývají řesetovitě proděravělé až skeletované. silně poškozené výhony zakrňují a odumírají. Velice vážné může být poškození chmelových hlávek, které prožirají a poškozují vřetenko – hlávky nerostou a rozplevelují se.

3.4.3.3 Mšice chmelová (*Phorodon humuli* Schrank)

Řadíme ji do řádu *Sternorrhyncha* a do čeledě **mšicovití** – *Aphididae*

Jediný zástupce mšic, který škodí na chmelu. Patří mezi významné škůdce chmele, který může způsobit nemalé hospodářské ztráty. Na chmel, jenž je její sekundární rostlinou přilétají okřídlené samičky v polovině května Mahaffee et al. (2009). Usazují se na nejmladších vrcholých listcích a rodí bez oplození živé larvy, dospívající v bezkřídlé samičky. Na chmelu může za ideálních podmínek škodit během vegetace až 8 generací mšic. Primárními hostitelskými rostlinami jsou slivoně a trnky (Rybáček 1980).

(Lorenzana et al. 2013) popisují škody následovně: mšice škodí zejména sáním na listech a chmelových hlávkách, které žloutnou a deformují se. Rostliny zpomalují svůj růst. Produkují také medovici, která omezuje dýchání listů a může být živným médiem pro růst černí. Na podzim se vracejí zpět na slivoně, kde kladou vajíčka v blízkosti pupenů. Ochrana cílena na vrchol náletu mšic do chmele. Při používání selektivních přípravků šetrných k užitečným organismům, jsou mšice významně regulovány sluněčky, dravými bejlmorkami, zlatoočkami, pestřenkami, aj.

3.4.3.4 Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae* Koch)

Řadíme je do třídy **pavoukovci** – *Arachnoidea*, podtřídy **roztoči** – *Acarina*, řádu **sametkovci** – *Prostigmata* a čeledě **sviluškovití** – *Tetranychidae*.

Dospělci tohoto fytofágního roztoče jsou 0,4 – 0,6 mm velcí, samičky jsou široce vejčité, samci jsou menší a štíhlejší. Na hřbetě je šest řad tenkých brv. Zbarvení je zelené, šedozelené se dvěma skvrnami na zadečku. Přezimující samice mají oranžovou nebo červenou barvu. Larva, která se líhne z vajíčka, má pouze tři páry nohou. Nymfa je větší, má čtyři páry nohou a po dvou instarech se mění v dospělé (Kazda et al. 2010).

S první příznaky poškození sviluškou se můžeme setkat během června. Pokud je sušší jaro můžeme poškození pozorovat i dříve. Obvykle se objevují v červnu na spodních révových listech, na kterých se objevují ojedinělé skrvny vzniklé posátím (Turner et al. 2011).

Skvrny postupně splývají a list nabývá žlutého, později papírově šedého zbarvení. Silně posáté listy zasychají a opadávají (Rybáček 1980).

Načasování ošetření musíme směřovat na začátek výskytu dospělců ve chmelnicích a kladení vajíček. V biochmelnicích je možné využít introdukce dravého roztoče *Typhlodromus pyri*, který významně snižuje početnost svilušek a také rozmarýnové esence. Z přirozených nepřátel se ve chmelnicích uplatňují dravé ploštice, drabčici (*Oligota* spp.), sluněčka a bejlmorka *Feltiella acarisuga* (Vallot, 1827) (Miresmailli et al. 2006; Vavera et al. 2017)

Oliveira et al. (2007) zmiňují využití biologické ochrany proti svilušce chmelové z důvodu rezistence některých populací k účinným látkám akaricidů a také při ochraně životního prostředí.

Na kulturním chmelu bylo ve srovnání s planou formou 1000x více jedinců svilušky. Při ochraně kulturního chmele dochází i úbytku přirozených nepřátel chmele (Gardiner et al. 2003).

3.5 Pomocné plodiny

Systémy využití pomocných plodin představují jednu z cest biologických intenzifikací v rostlinné výrobě. Využitím znalostí biologických principů umožňují eliminovat negativní působení zemědělství na životní prostředí při zachování produktivnosti. Cílem využití těchto plodin je snížení energetické náročnosti pěstování plodin, omezení erozních procesů půdy a stabilizace půdní struktury včetně optimalizace bilance organické hmoty. Pomocné plodiny lze využít i pro biologickou regulaci plevelů, chorob a škůdců, což vede ke snížení spotřeby pesticidů. Za zmínku stojí i možná rizika – konkurence pomocné plodiny vůči plodině hlavní a působení pomocné plodiny na plodiny následnou (Brant et al. 2019).

Vejražka et al. (2017) zmiňují specifickou pěstování chmele a jeho nároky na prostředí. Důležité aspekty vidí ve vhodné práci s půdou, v podpoře biodiverzity a tím podporovat udržitelnost produkce. Ozelenění meziřadí může zabezpečit lepší prokořenění půdního profilu a výrazně zlepšuje strukturu půdy. Přísun organické hmoty příznivě ovlivňuje fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy a využitelnost živin. Umožňuje tak převádět živiny v půdě do forem přístupnějších pro rostliny.

Tradičním způsobem zpracování půdy ve chmelnicích je černý úhor. Jeho negativní vlastnosti spočívají zejména v systematickém utužování půdy, zhoršení půdní struktury, půdní úrodnosti a snížení obsahu organické hmoty v půdě (Hirschfeld 1998; Reeve et al. 2005).

V posledních letech prodělává tento pohled na ošetřování půdy v trvalých kulturách (vinice, sady) významné změny. Stranou tohoto trendu bohužel stojí chmelnice, v posledních letech se však objevují pěstitelé, kteří meziřadí ozeleňují. Základní parametry ozeleňovacích směsí jsou: druhová bohatost, pozitivní protierozní funkce a pozitivní působení na chemické, fyzikální a biologické vlastnosti půdy (Kubát 2008).

Pozitivní vliv meziplodin na půdu potvrdili ve své práci Brunotte & Fröba (2007). Tito autoři uvádějí, že od 60. do 90. let minulého století utužení půdy narůstalo. S nástupem kvalitních pneumatik na trh a s větší mírou pěstování meziplodin utužení klesá.

Pěstování meziplodin má vliv na zastavení degradačních procesů půdy – eroze, na doplňování organické hmoty a také na navázání dusičnanů, které se mohou proplavovat do spodních vod, a i pro zpřístupnění forem živin pro rostliny (Aigner & Maidl 1995).

Brandhuber et al. (2015) popisují pěstování meziplodin ve chmelnicích jako jedinou možnost, jak zabránit erozi půdy.

Za primární důvody vedoucí k tvorbě vegetačního pokryvu půdy mezi řádky chmelových rostlin lze samozřejmě považovat potřebu stabilizace půdní úrodnosti na základě aktivního působení kořenových systémů meziplodin v meziřádcích, vnos vytvořené biomasy porosty jako zeleného hnojení a snížení degradace půdy ochranným působením vegetačního krytu, včetně omezení eroze. Opomenout nelze ani potlačení růstu plevelů v důsledku konkurenčního působení vysetých druhů meziplodin a nárůst druhové pestrosti, jejíž rozvoj zajišťuje zvýšení potravní nabídky pro volně žijící organismy (Brant et al. 2021).

Po celém světě je chmel pěstován v řadách o šířce 2,7 až 4,2 m a díky této vzdálenosti není půda v meziřadí chmelnic chráněná. Bohužel vlivem zvlněného terénu lze na Žatecku pozorovat na horních úsecích svahů plošnou erozi. Ta ve středních a převážně spodních částech svahů může přecházet v mnohem více závažnou rýhovou či výmolovou erozi (Kunz et al. 2016; Brant et al. 2017; Kincl et al. 2018).

Jednou z možností je využití pomocných plodin pro tvorbu mulče na povrchu půdy, který eliminuje rozvoj plevelů a umožňuje omezení použití herbicidů. Dále se jedná o systémy využívající pomocné plodiny k protierozní ochraně a v systémech omezení evaporace (Hartwig & Ammon 2002; Dabney et al. 2007; Ramírez-García et al. 2015; Brant 2019).

3.5.1 Pěstování pomocných plodin ve chmelnicích

Kořen rostliny je obecně považován za rostlinný orgán, který zajišťuje ukotvení rostliny v půdě. Rozložení kořenového systému v půdě zajišťuje jeho kontakt s půdním prostředím, příjem vody a živin (Brant et al. 2021).

Zatímco studiu nadzemních částí chmele z pohledu výnosu, kvalitativních parametrů hlávek, ochrany proti chorobám a škůdcům, výživy aj. byla a je dlouhodobě věnována značná pozornost, výzkum kořenového systému byl dlouho opomíjen (Miller 1958).

Ve chmelařské praxi převládá názor, že kořenový systém pomocných plodin negativně ovlivňuje rostliny chmele – konkurují si o vodu a živiny. Brant et al. (2020) svým monitoringem kořenového systému dokázali, že kořenová zóna pomocné plodiny a chmele se v našich podmínkách téměř nestýkají. Důvodem je nadměrné utužení kolejových stop v meziřadí, které se v našich podmínkách pohybuje kolem 0,2 m, na některých lokalitách můžeme toto zhutnění najít i v hloubce okolo 0,10–0,15 m. Dalším důležitým faktorem jsou kultivační zásahy v meziřadí, které znemožňují rozvoj kořenového systému chmele do meziřadí.

Graf et al. (2014) popisují rozvoj kořenového systému chmele u 5 leté odrůdy Hercules v nekultivovaném meziřadí. V hloubce 0 – 0,4 metru výrazné prokořenění až 1,7 metru od středu rostliny do meziřadí a až do hloubky 1,6 metru.

3.5.2 Pozitivní a negativní vlivy pomocných plodin v meziřadí

Vejražka et al. (2017) uvádějí následující pozitivní a negativní vlivy pomocných plodin, patří mezi ně:

pozitivní vlivy

- omezení erozního potencionálu
- snížení zamokření pozemku
- časnější možnost pojezdu po srážkách
- snížení zásahů během vegetace
- zdroj organické hmoty
- působení kořenových výměšků a mykorhizy na půdní sorpční komplex
- zvýšení predace a parazitace škůdců
- výskyt larcích rostlin
- zvýšení počtu druhů rostlin a živočichů

negativní vlivy

- potenciální zvýšení výskytu škůdců
- výskyt kvetoucích rostlin – omezení aplikace přípravků nebezpečných pro včely
- chybějící technologie ošetřování víceletých podplodin

3.5.3 Cíle pěstování pomocných plodin

Cílů, které mohou tyto plodiny plnit, je několik a mnohdy se vzájemně překrývají. V rámci konvenčního a ekologického zemědělství se především jedná o:

- eliminaci degradačních procesů půdy (omezení erozních procesů, podpora infiltrace a retence vody, zdroj organické hmoty, stabilizace rozkladných procesů, podpora půdní struktury apod.),
- snížení rizika zaplevelení porostů na počátku vývoje či v krizových fázích růstu, nebo po celou dobu vegetace,
- omezení rozvoje chorob a škůdců v rámci pěstované plodiny,
- zajištění nutričních nároků porostů – v době růstu či po jejich odumření (cílené umrtvení porostu, vymrznutí či potlačení hlavní plodinou) přispívají ke zlepšení výživného stavu hlavní plodiny (především jako zdroj N nebo P),
- zvýšení využití slunečního záření a jeho kumulaci do chemických vazeb s následnou transformací organické hmoty do půdy,
- podpora druhové pestrosti mikrobiálních společenstev půdy a zvýšení potravní nabídky pro půdní organismy (Brant et al. 2019).

3.5.4 Druhy plodin vhodných k výsevu do meziřadí

3.5.4.1 Bér italský *Setaria italica* L. (P.B.)

Brant et al. (2019) popisuje bér jako statnou jednoletou trsnatou travu, která je 1 – 1,5 metru vysoká. Využívá se pro monokulturní vegetační pokryvy, jeho použití ve směsi je možné, ale je potřeba jej kombinovat s druhy, které dobře vzcházejí i za sucha. Důvodem je vysoká náročnost druhu na teplotu. Nízké teploty omezují klíčivost a vzcházivost klíčících rostlin je také značně omezená. Druh je vhodný pro letní výsevy do suchých oblastí.

3.5.4.2 Hořčice bílá *Sinapis alba* L.

Jednoletá bylina dosahující výšky až 2 metrů s tenkým křovitým kořenem. Stonek je dutý, vzpřímený a bohatě větvený (Pelikán et al. 2016).

Hořčice bílou lze považovat za jednu z nejčastěji pěstovaných meziplodin. Je využívána v čistých kulturách, ale využitelná je i ve směsích. Dominantní využití má hořčice pro tvorbu vymrzajících porostů. Dobrá vzcházivost rostlin, levné osivo a vysoká dynamika růstu z ní dělají jednu z nejvíce používaných meziplodin (Brant et al 2019).

3.5.4.3 Hrách setý pravý *Pisum sativum* L. *convar. sativum*

Jednoletá bylina. Lodyhy přímé, vystoupavé nebo popínavé, větvené, 0,3-1,5 m dlouhé, duté. Jarní formy se vyznačují vyšší růstovou dynamikou oproti formám ozimým (Brant et al. 2019).

Ve chmelnicích byl vyséván společně s ovšem nahým a hořčice bílou, rostliny ovsa i hořčice zajistili pro hrách oporu a ten díky tomu nepolehl (Brant et al. 2021).

3.5.4.4 Hrách setý rolní *Pisum sativum* L. *var. arvense*

Pelikán et al. (2016) uvádějí, že hrách rolní je jednoletý druh, který poskytuje píci bohatou na dusíkaté a minerální látky. Je převážně popínavá. Lodyhy jsou větvené 0,3-1,5 m dlouhé, duté, lysé. Listy střídavé sudozpeřené.

Existují ozimé i jarní formy. Ozimé formy velice dobře přezimují. Výrazné uplatnění mají směsky hrachu rolního s jinými plodinami pro tvorbu vegetačních krytů a mulče (Brant et al. 2021).

3.5.4.5 Jetel nachový *Trifolium incarnatum*

Jednoletá, zřídka ozimá nebo dvouletá bylina s kořeny asi 30 cm dlouhými. Lodyhy přímé nebo krátce vystoupavé, 0,2 – 0,5 m vysoké, jednoduché až bohatě větvené, dlouze měkce odstále chlupaté. Kombinovat jej lze při podzimních výsevech se vzrůstnými druhy pomocných plodin, které ukončují růst při nástupu nízkých teplot (např. mastňák habešský, pohanka obecná apod.). Po jejich odumření jetel nachový přebírá funkci druhu pokrývacího půdu do jarního období (Brant et al. 2019).

Oproti ostatním jetelovinám má chudší kořenový systém. Květenstvím je vrcholový strboul, podlouhle vejčitý až válcovitý. Nesnáší holomrazy a také dlouho ležící sněhovou pokrývku (Pelikán et al. 2016).

3.5.4.6 Komonice bílá *Melilotus alba*

Statná dvouletá bylina. Hlavní kořen silný, větvený, pronikající hluboko do půdy. Lodyha 0,3 – 2 metry vysoká, vzpřímená nebo vystoupavá, větvená, rýhovaná. Uplatňuje se jako komponent do vícedruhových směsí pro tvorbu zeleného mulče (Brant et al. 2019).

Skromná a nenáročná pícnina, rostoucí na všech typech půd ve všech oblastech. Je významnou medonosnou plodinou a také poskytuje nektar (Pelikán et al. 2016).

3.5.4.7 Pohanka obecná *Fagopyrum esculentum*

Jednoletá bylina s křovitým, málo větveným kořenem. Lodyhy přímé, 0,5 – 0,7 (– 1,4) m vysoké, slabě větvené nebo jednoduché, lysé, často červenavě zbarvené. Široce využívaná plodina. Dominantní postavení má jako komponent rozdílných druhově chudých i bohatých

směsí. Vyznačuje se rychlou dynamikou růstu. Při optimálním zastoupení ve směsích ponechává dostatek prostoru a světla pro druhy nižšího patra (Brant et al. 2019).

3.5.4.8 Ředkev olejná *Raphanus sativus L. convar. oleiferus*

Jednoletá bylina, hustě odstále chlupatá až olýsalá, s tenkým vřetenovitým kořenem. Lodyha bohatě větvená, od báze často červeně naběhlá, 0,7 – 1 m vysoká. Dolní a střední listy řapíkaté, lyrovitě peřenolaločné až peřenosečné (Brant et al. 2019).

Svémi kořeny provzdušňuje a kypří půdu, listy brání růstu plevelů, zabraňuje vysychání a případné erozi (Pelikán et al. 2016).

3.5.4.9 Svazenka vratičolistá *Phacelia tanacetifolia Benth.*

Využívá v čisté kultuře i ve směsích pro tvorbu vegetačních krytů v systémech zeleného mulče Brant et al. (2019). Použití v meziřadí chmelnic je spojeno s jistým rizikem etiolizace a následným polehnutím porostu. Proto je svazenku vhodné kombinovat například s ovšem nahým. Při poloprovozním pokusu na této variantě došlo k nejvyšší produkci nadzemní biomasy a také tato varianta dokázala nejlépe eliminovat rozvoj plevelů (Brant et al. 2021).

3.5.4.10 Oves nahý *Avena nuda*

Brant et al. (2021) používají v poloprovozních pokusech oves nahý jako hlavní komponentu ve variantách ozelenění meziřadí. Svými kořeny efektivně prokořeňuje utuženou vrstvu v meziřadí, poskytuje dostatek organické hmoty a umožňuje dlouhodobé cílené řízení ozelenění meziřadí mulčováním. Tím můžeme prodloužit vegetační dobu pokryvů na téměř celou vegetační dobu chmele.

3.5.4.11 Další vhodné druhy

Vejražka et al. (2017) uvádějí ve své metodice další možné druhy, jsou to:

Jednoleté:

- Jetel alexandrijský (*Trifolium alexandrinum*)
- Jetel šípovitý (*Trifolium vesiculosum*)
- Kopr vonný (*Anethum graveolens*)
- Lnička setá (*Camelina sativa*)
- Svazenka shloučená (*Phacelia congesta*)

Víceleté:

- Čičorka pestrá (*Securigera varia*)
- Heřmánek pravý (*Matricaria chamomilla*)
- Chrpa luční (*Centarea jacea*)
- Jetel hybridní (*Trifolium hybridum*)
- Jetel luční (*Trifolium pratense*)
- Jetel plazivý (*Trifolium repens*)
- Jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*)
- Kmín kořený (*Carum carvi*)
- Kopretina bílá (*Leucanthemum vulgare*)
- Mrkev obecná (*Daucus carota*)
- Řebříček vonný (*Achillea millefolium*)
- Tolice dětelová (*Medicago lupulina*)
- Tolice vojtěška (*Medicago sativa*)

- Vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia*)

Většina těchto druhů spíše plní roli živých rostlin užitečných a indiferentních organismů a mají za úkol spíše podpořit biodiverzitu v prostoru chmelnice než plnit funkci dodání organické hmoty, vyvázání živin. Protierozní efekt těchto druhů je nezanedbatelný.

3.5.5 Termíny výsevu

Kincl et al. (2018) uvádějí jako nejvhodnější termín výsevu podplodin druhou polovinu dubna. Hlavní výhodou spatřuje v časnějším půdním pokryvu a ochranu již před začátkem výskytu přívalových dešťů. Podplodiny mají zároveň větší vláhovou jistotu pro vzcházení. V případě tohoto způsobu založení je nutné provádět priorávku pomocí oboustranného priorávacího pluhu, který splní, že porost nebude zasažen. Další možností je provedení výsevu po priorávce chmele v druhé polovině května – výhodou je klasický způsob přípravy chmelnic až do období letní priorávky. Nevýhodou spatřuje v horších podmínkách pro vzcházení rostlin a také v tom, že meziřadí není v dubnu a květnu pokryto porostem.

Další perspektivní možností je výsev podplodin spojený s přípravou na řez chmele již v podzimním období. Při této operaci dojde k přípravě na řez již v podzimním období – s pomocí rotačních bran se současným výsevem podplodin do meziřadí. Menší riziko průsůvků v podzimním období zaručuje lepší vzcházivost podplodin než v jarním období a rostliny mají více času na produkci podzemní i nadzemní organické hmoty a zároveň je půda kryta i přes zimní období. (Brant et al. 2021).

Krofta et al. (2012) rozděluje termíny výsevů následovně:

- jarní výsevy – bezprostředně po priorávce, nízké zastínění meziřadí
- časně letní výsevy – nutno volit druhy, které snášejí zastínění, konec června začátek července
- pozdně letní výsevy – zakládány po sklizni, před sklizní.

3.6 Plevelná společenstva ve chmelnicích

3.6.1 Biologie plevelů

Plevele patří v zemědělství ke škodlivým činitelům, které se vyskytují každoročně, na všech pozemcích a ve všech typech plodin. Obecná definice označuje jako plevel každou rostlinu, která se na určitém stanovišti vyskytuje proti vůli člověka. Plevele jsou schopny s kulturními rostlinami negativně interagovat. Jedná se především o konkurenci, parazitismus a alelopatii. Kromě škodlivých druhů rostou v porostech i takové druhy, které svým výskytem dané plodině příliš neškodí, a naopak se podílejí na významné části biologické rozmanitosti, plní řadu ekologických funkcí a není zapotřebí proti nim zasahovat (Jursík et al. 2018).

Zimdahl (2018) uvádí vývoj definice slova plevel podle Americké herbologické společnosti následovně: plevel je rostlina, která roste tam, kde není žádána (1967), jakákoliv rostlina, která interaguje s aktivitami a prostředím člověka (1989), plevel je rostlina, která způsobuje ekonomické ztráty nebo poškození, které mohou způsobit vážné zdravotní problémy pro člověka i zvířata nebo je nežádoucí na místech pro pěstování rostlin (2016). Evropská herbologická společnost plevel definuje jako rostlinu nebo vegetaci, která interaguje s objekty a zájmy lidí (2008).

Plevelná společenstva se velmi rychle přizpůsobují systémům pěstování rostlin a agrotechnické zásahy v různých pěstebních systémech hrají důležitou roli ve složení plevelných společenstev (Buhler 2008).

3.6.2 Negativní a pozitivní vztahy mezi kulturní rostlinou a plevely

Plodiny a plevele spolu vytvářejí agrofytocenozy, společenstva rostlin na orné půdě. Obě tyto složky agrofytocenozy spolu reagují mezi sebou, ale i s členy ostatních společenstev v celém agroekosystému. Tyto interakce mohou být antagonistické nebo synergické (Jursík et al. 2018).

3.6.2.1 Konkurence

Liebman & Gallandt (1997) uvádějí konkurenci jako nejdůležitější negativní vztah mezi plevelem a kulturní rostlinou. Podle tohoto zjištění můžeme s jistotou říci, že konkurence způsobuje ze všech negativních interakcí největší ztráty, jedná se především o konkurenci o vodu, živiny, sluneční záření.

Jursík et al. (2018) popisují konkurenci jak záporný vztah při němž jedinci, populace, druhy soutěží o možnost využívat stejné zdroje. Dále autor rozlišuje konkurenci symetrickou – oba druhy jsou postiženy stejnou měrou a asymetrickou, kdy se míra postižení liší. Podle autora lze rozlišit konkurenci intraspecifickou – uvnitř druhu a interspecifickou – mezi různými druhy.

Konkurenci kulturní rostlina x plevel omezujeme použitím chemických, biologických, mechanických a fyzikálních metod odplevelování pozemků (Renton & Chauhan 2017).

Vejražka et al. (2017) popisují porost chmele zaplevelený velkým množstvím merlíku a laskavce – v tomto případě již došlo k negativnímu ovlivnění porostu – konkurenci.

3.6.2.2 Alelopatie

Jedná se o vztah mezi inhibitorem a akceptorem. Jako inhibitor je označován ten druh, který do prostředí uvolňuje specifické inhibiční látky (alelopatika), které brání růstu akceptora. K uvolňování těchto látek dochází buď již v průběhu vegetace, kdy jsou alelopatika uvolňována ve formě kořenových exsudátů do půdy nebo se uvolňují z odumřelých rozkládajících se částí. Z polních plevelů byly výrazné alelopatické účinky dokázány u pýru plazivého a pcháče rolního. Zatímco z pohledu plevelů je silné alelopatické působení považováno za škodlivé v ohledu k porostům kulturních plodin, u plodin může alelopatické působení snižovat míru zaplevelení. K alelopaticky působícím plodinám patří slunečnice, žito, oves, hořčice bílá, bér italský a ředkev olejná (Jursík et al. 2018).

Reiss et al. (2018) popisují alelopatické exudáty jako organické látky, které mohou v různé míře ovlivňovat vývoj různých rostlinných částí plevelů nebo kulturních plodin.

Alelopatie je působení jedné rostliny na druhou prostřednictvím fytotoxických látek z živých částí rostlin nebo z jejich rostlinných zbytků. Je použitelná i pro systémy redukce zaplevelení (Kunz et al. 2016; Zimdahl 2018).

Existují různé způsoby uvolňování alelochemikálií z rostlin, avšak biosyntetické cesty, u více druhů rostlin týkající se alelopatie, se nemění (Latif et al. 2017).

Chaïb et al. (2021) se zabývali studiem alelochemikálií původem z mořských řas a jejich možným použitím jako bioherbicidů.

3.6.2.3 Parazitismus

Parazitismus je vztah mezi hostitelem a parazitem, kdy parazit hostiteli odebírá pro něj nezbytné látky (vodu, živiny, produkty fotosyntézy). Oproti ostatním druhům plevelných rostlin jsou parazité a poloparazité výrazně vázáni na určitou skupinu plodin, na kterých jsou schopni parazitovat (Jursík et al. 2018).

3.6.2.4 Další formy škodlivosti plevelů

- snižování kvality produkce – rostlinné zbytky, semena plevelů ve sklizeném produktu,
- šíření chorob a škůdců plodin – společná příbuznost plevelů a plodin a jejich zařazení do stejného druhu,
- jedovatost, alergie – silně jedovaté druhy plevelů většinou z čeledí: lilkovité, pryšcovité, miříkovité,
- snižování produktivity práce – ucpávání pracovních orgánů strojů.

3.6.2.5 Pozitivní vlastnosti plevelů

Jursík et al. (2018) popisují i pozitivní vlastnosti plevelů. Plevelé mohou plnit funkci rostlinných pokryvů – nadzemní biomasa plevelů nahrazuje biomasu meziplodin. Toto potvrzuje i Vejražka et al. (2017), kteří ve své publikaci uveřejňují fotky spontánního zaplevelení meziřadí chmelnice plevelným druhem ptačinec prostřední. Tento druh vytváří v meziřadí hustý pokryv a za určitých podmínek zajišťuje ochranu meziřadí proti erozi a také zabraňuje výparu.

Kvetoucí plevelé zvyšují diverzitu, vázají na sebe různé druhy opylovačů a antagonistů škůdců a mohou být lákacími rostlinami pro škůdce chmele. Z hlediska opylovačů mohou plevelná společenstva poskytnout dostatek potravy ve formě nektaru či pylu (Holý et al. 2017; Jursík et al. 2018).

Ve vztahu k zvěři poskytují plevelná společenstva zdroj potravy, ať už se jedná o zelené nadzemní části rostlin, tak semena i plody.

3.6.3 Plevelné druhy ve chmelnicích

Agrotechnické postupy ve chmelnicích vytvářejí vhodné podmínky především pro rozvoj jednoletých plevelných druhů. Po podzimním zpracování půdy lze očekávat výskyt jednoletých ozimých druhů plevelů, jejich rostliny jsou schopny dobře přezimovat. Výskyt ozimých plevelných druhů nastává zejména v prostoru hrůbku a ve vztahu ke zpracování půdy i samotném meziřadí. Zaplevelení prostorů hrůbku ozimými plevely, které na jaře pokračují v růstu, může být spojeno s problémy s provedením řezu a kvalitou priorávky. Kořenové systémy plevelů mohou přispívat k tvorbě kořenových balů, které komplikují kvalitní drobení půdy, zejména při velmi suchém, či nadměrně vlhkém průběhu jara. Větší výskyt plevelů lze spojovat i s pomalejším ohřevem a osycháním půdy při vlhkém průběhu jara. Mezi primární ozimé druhy zaplevelující prostor hrůbku patří především ptačinec prostřední, hluchavky, rozrazilky a lipnice roční. Přestože jsou tyto druhy považovány za bezvýznamné plevelé, především díky nízkému vzrůstu, nelze jejich negativní působení při vysokém stupni zaplevelení a při výskytu vzrůstných rostlin ve vztahu ke kvalitě řezu a zpracování půdy při priorávce přehlížet. Zásadní roli z hlediska zaplevelení chmelnic hrají pozdní jarní druhy. Jejich semena klíčí při vyšších teplotách půdy, většinou 8 °C a více. Jedná se o skupinu druhů, která se vyznačuje především rychlou dynamikou růstu a krátkou dobou vegetace, včetně vysokým rizikem tvorby generativních orgánů. Pozdní jarní druhy vzházejí od jara až do pozdního. U většiny těchto druhů lze očekávat dlouhodobé přežívání semen v půdní zásobě. Z hlediska vysoké úrovně zásoby živin ve chmelnicích jsou významným problémem i tzv. ruderální druhy, které na dostatek živin reagují intenzivním růstem a tvorbou velmi vzrůstných rostlin. Mezi typické zástupce patří především druhy lebeda a merlík. Tyto druhy zaplevelují nejen meziřadí, ale také řádek. Mezi další zástupce patří pětoury, bažanky, ale také teplomilnější laskavec ohnutý. Zásadní možností regulace pozdních jarních plevelů je kultivace meziřadí, nebo jeho osetí (Brant et al. 2021).

3.6.4 Rozdělení plevelů (Kazda et al. 2010)

Nejvhodnější rozdělení z pohledu zemědělství je rozdělení plevelů podle hlavních biologických vlastností (délka života rostlin, způsob rozmnožování, rozšiřování diaspor, doba klíčení a vzcházení rostlin, hloubka zakořenění).

Ozimé plevely

Do této skupiny patří v dnešní době celá řada významných plevelů. Vzcházejí na konci léta nebo na podzim a do zimy vytvoří rostliny, které přezimují nejčastěji ve fázi listové růžice, po překonání vegetačního klidu pokračují v růstu. Jsou schopny vzcházet i v jarních měsících, vykvést a vytvořit plody. Ve vztahu ke kultuře chmelnice do této skupiny patří: **ptačinec prostřední, rozrazil perský, penízeček rolní, heřmánkovec nevonný, hluchavka objímavá, lipnice roční.**

Časně jarní plevely

Začínají svůj vývoj velmi brzy na jaře. Klíčení probíhá za nízkých teplot a pokračuje přes celou sezonu. Rostliny odumírají většinou nejpozději před zimou.

Pozdně jarní plevely

Plevely vzcházejí až při vyšších teplotách půdy na jaře, v létě i během teplého podzimu. Zaplevelují rostliny, které mají pomalý počáteční vývoj. Tato skupina je ve chmelnicích potlačována priorávkou chmele a kultivací meziřadí. Ve chmelnicích se nejčastěji vyskytují: **pěťour malolubný a merlík bílý.**

Dvouleté až vytrvalé plevely s generativním rozmnožováním

Rostlina v prvním roce vytvoří listovou růžici, po přezimování pokračuje ve vývoji, vykvete a vytvoří plody. Některé poté odumírají – dvouleté druhy, ostatní pokračují ve vývoji. Ve chmelnicích se z této skupiny nejčastěji vyskytují: **pampelišky, šťovík tupolistý, jitrocel větší.**

Vytrvalé plevely s vegetativním rozmnožováním

- s tuhými pevnými oddenky – **pýr plazivý**
- bylinné plevely s kořenovými výběžky – **pcháček rolní, mléček rolní, svlačec rolní**

3.6.4.1 Ptačinec prostřední *Stellaria media* (L.) Vill.

Ozimý plevelný druh z čeledi hvozdíkovitých. Vytváří poměrně mělký, ale bohatě větvený kořenový systém. Rostlina ptačince tvoří bohatě větvené lodyhy, které jsou 10–40 cm dlouhé, v lodyžních uzlinách často zakořeňuje. Kvete během celého roku i v průběhu mírných zim. Nejlépe se mu daří na lehkých půdách, preferuje úrodné, vlhké, humózní a dusíkem dobře vyživená stanoviště. Má rád polostín, a proto mu nejlépe vyhovují trvalé kultury (chmelnice, sady, vinohrady). Preferuje vlhko – při suchém počasí ustupuje a neutrální půdní reakci (Jursík et al. 2018; Lepší et al. 2019).

3.6.4.2 Rozrazil perský *Veronica persica* Poir

Jednoletý ozimý plevel z čeledi krtičníkovité. Hybridogenní druh vzniklý křížením rozrazilu lesklého a druhu *V. ceratocarpa*. Má slabý hlavní kořen s bohatým větvením. Rostliny rozrazilu perského jsou poměrně drobné, mají 10–50 cm dlouhou obvykle poléhavou lodyhu. Kosmopolitní druh rozšířený v mírném pásmu všech kontinentů. Velmi přizpůsobivý druh,

který se výhýbá pouze písčitém, suchým, a naopak vlhkým stanovištím. Nemá rád zastínění, ve chmelnicích roste pouze na krajích nebo zjara při nezapojeném porostu chmele (Jursík et al. 2018).

Rozrazil perský může být podle Fletcher (1989) hostitelem viru mozaiky okurky a mozaiky tabáku.

3.6.4.3 Penízek rolní *Thlaspi arvense* L.

Jednoletý ozimý plevel z čeledi brukvovité. Rostliny mají tenký křulový kořen s postranními větvemi. Výška rostlin se pohybuje 20-50 cm. Velmi proměnlivý druh, který tvoří mnoho biotypů. Preferuje úrodné, humózní a na živiny bohaté půdy (Warwick et al. 2002; Jursík et al. 2018).

3.6.4.4 Heřmánkovec nevonný *Tripleurospermum inodorum* (L.) Schulz-Bip.

Jednoletý ozimý plevel patřící do čeledi hvězdicovitých. Má křulový větvený kořen zasahující často až do podorničí. Mohou dosahovat výšky až 1 metr. Snáší široké rozmezí půdních i klimatických podmínek (Jursík et al. 2018).

3.6.4.5 Hluchavka objímavá *Lamium amplexicaule* L.

Je jednoletý ozimý plevel patřící do čeledi hluchavkovité. Lodyha je vystoupavá, čtyřhranná, 10-30 cm vysoká. U nás je rozšířena po celém území od nížin po horské polohy. Dává přednost suchým až střídač vlhkým půdám (Jursík et al. 2018).

3.6.4.6 Lipnice roční *Poa annua* L.

Je jednoletý ozimý trávovitý plevel. Jedná se o méně vzrůstnou, volně trsnatou travu, vytvářející v půdě tenké svazčité kořeny. Stébla vystoupavá, jen 5-30 cm vysoká a slabě smáčknutá (Hron & Vodák 1959; Hron & Kohout 1988).

Skromný plevelný druh. Preferuje vlhké, živné a humózní půdy s vyšším obsahem jílových částic (Jursík et al. 2018).

3.6.4.7 Pěťour malolobný *Galinsoga parviflora* CAV.

Náleží do čeledi hvězdicovitých. Zakořeňuje v povrchové vrstvě půdy s krátkým větveným kořenem s bohatými postranními kořeny (Hron & Vodák 1959).

Jursík et al. (2018) uvádějí, že se vyskytuje tam, kde rostliny netvoří plně zapojené porosty. Preferuje výhřevné, neutužené půdy s dobrou zásobou živin, zejména dusíku.

3.6.4.8 Merlík bílý *Chenopodium album* L.

Je jednoletý pozdní jarní plevel patřící do čeledi merlíkovitých. V půdě zakořeňuje poměrně hlubokým kořenem. Rostliny merlíku bílého dorůstají do výšky až 2 metrů (Hron & Vodák 1959). Merlík má širokou stanovištní amplitudu, na plochách bohatě zásobených živinami a s vhodným vláhovým režimem vytváří mohutné rostliny s dlouhou vegetační dobou (Jursík et al. 2018).

3.6.4.9 Pampelišky sekce Ruderalia *Taraxacum sect. Ruderalia*

Vytrvalý plevel patřící do čeledi hvězdnicovité. Rozmnožuje se převážně generativně, Koření jednoduchým až větveným křovitým kořenem, který v dosahuje hloubky až 50 cm (Hron & Kohout 1988).

Roste převážně na loukách, pastvinách a na nezemědělské půdě odkud zapleveluje ostatní kultury. Preferuje stanoviště dobře zásobená živinami (dusík) a vodou (Jursík et al. 2018).

3.6.4.10 Pýr plazivý *Elytrigia repens* (L.) NEVSKI

Vytrvalý mělčeji kořenící druh z čeledi lipnicovité. Rozmnožuje se převážně vegetativně pomocí tuhých článkovaných oddenků. Dosahuje výšky až 1 metr (Hron & Vodák 1959).

Dává přednost vlhkým půdám, ale roste i na sušších stanovištích. Preferuje těžší půdy, ale dokáže se uplatnit i na půdách lehčích.

3.6.4.11 Pcháč rolní *Cirsium arvense* (L.) SCOP.

- vytrvalý hluboce kořenící plevel, z čeledi hvězdnicovité,
- generativní i vegetativní rozmnožování,
- dosahují výška až 150 cm,
- dvoudomá rostlina,
- houževnatý plevel, který se vyskytuje ve všech kulturách, preferuje hluboké, úrodné a kultivované půdy (Hron & Kohout 1988).

Brant et al. (2021) ve své publikaci upozorňují na problém omezené možnosti regulace vytrvalých plevelů v řádku chmele a v případě kultivace meziřadí je regenerace vytrvalých plevelů podpořena z hlouběji uložených klidových pupenů.

3.6.4.12 Mlěč rolní *Sonchus arvensis* L.

- vytrvalý hluboce kořenící druh z čeledi hvězdnicovité,
- horizontální a vertikální výběžky zasahující až do podorničí,
- lodyhy jsou přímé, dosahují výšky 60-100 cm,
- vyskytuje se na všech půdách, preferuje vlhčí stanoviště a půdy s vysokou zásobou živin (Jursík et al. 2018).

3.6.4.13 Svlačec rolní *Convolvulus arvensis* L.

- vytrvalý hluboce kořenící druh z čeledi svlačcovité,
- vytváří rozsáhlý systém kořenových výběžků, pronikajících do značné hloubky,
- lodyhy jsou poléhavé nebo ovíjivé a obvykle dorůstají 40-80 cm,
- vyhovují mu hluboké na živiny bohaté půdy, velice dobře snáší sucho (Hron & Vodák 1959).

3.6.5 Regulace plevelů rostlinnými pokrývky

Krycí plodiny se staly jednou z významných možností pro udržitelné zemědělství, protože přispívají k zvýšení úrodnosti půdy, dodávky organické hmoty a zajišťují vyšší výnosy hlavních plodin. Mulč z mezplodin do jisté míry potlačuje plevele, avšak nedokáže udržet porost čistý po celou sezonu. Možností, jak docílit kontroly plevelů je tvorba živého mulče, který ale

vyžaduje zvládnutý management, aby se zabránilo nadměrné konkurenci s hlavní plodinou (Teasdale 1996).

Krycí plodiny mají potenciál jako důležitá součást eliminace plevelů v systémech s omezeným použitím herbicidů. Mohou potlačit produkci nadzemní biomasy a tvorby semen plevelů a jejich mulč může snížit nebo zpomalit vzcházení plevelů (Kruidhof et al. 2008).

Brant et al. (2021) uvádějí možnosti regulace plevelů v meziřadí chmelnic vyšetými druhy kulturních rostlin vytvářející pokryv meziřadí a po provedeném mulčování poskytující i mulč. V poloprovozním pokusu proběhlo v říjnu osetí meziřadí několika variantami podplodin. Po odběru nadzemní biomasy byly zaznamenány velké rozdíly mezi jednotlivými variantami. Nejnižší produkce nadzemní biomasy byla zaznamenána u hrachu rolního, jehož výnos nadzemní biomasy byl 1,9 t/ha. Produkce nadzemní biomasy plevelů zde činila 0,4 t/ha. Naopak nejvyšší produkce nadzemní biomasy byla stanena na plochách se směsí ovsa a svazenky, která činila 4,1 t/ha, podle autorů tento porost výrazně potlačil plevele, jejichž produkce nadzemní biomasy činila pouze 0,06 t/ha. Byl prokázán vliv meziplodin na regulaci plevelů, která na kontrolní variantě činila 1,6 t/ha. Autoři poukazují na možnost pracovat s biomasou plevelů shodně jako s biomasou meziplodin, uvádějí však negativní efekt v podobě tvorby generativních orgánů plevelů a následné zaplevelení chmelnice.

Tursun et al. (2018) potvrzují, že každý rok jejich pokusů bylo největší zaplevelení na neosetě kontrolní variantě a zároveň poukazují na výrazný odplevelující efekt svazenky vratičolisté.

Mennan et al. (2020) vyzdvihují použití krycích plodin v boji proti plevelům v zeleninách. Meziřádková kultivace se pojí s použitím pleček se zdroji energie – spotřeba nafty, mzda pracovní síly, v případě autonomních prostředků legislativní omezení.

Propad mulče pod rostlinné zbytky na povrch půdy však vede k omezení růstu plevelů (regenerujících a nově vzcházejících). Plevelné rostliny samozřejmě pozitivně reagují na prosvětlení porostů mulčováním (Brant et al. 2021).

4 Metodika

4.1 Pokusné stanoviště Kozojedy „U mlýna“

Stanoviště Kozojedy „U mlýna“ je chmelnice soukromě hospodařícího zemědělce pana Václava Emingera. Pan Eminger provozuje rostlinnou výrobu a živočišnou výrobu, na výměře 16,55 ha je pěstován chmel odrůdy Žatecký poloraný červeňák, Osvaldovy klony 72 a 114.

4.1.1 Informace o stanovišti

Chmelařská oblast: Žatecko

Lokalita: Kozojedy (okres Rakovník)

Geomorfologie území: Plzeňská pahorkatina

Nadmořská výška: 325 m.n.m.

Spon: 300x100 cm

Směr chmelových řadů: východ-západ

Poloha: mírný svah

Půdní typ: kambizem modální

Půdní druh: středně těžká půda

Klimatický region: mírně teplý, suchý, průměrná roční teplota 8 °C, srážky pod 500 mm

4.1.2 Základní informace o pokusu

Odrůda: Žatecký poloraný červeňák, Osvaldův klon 72

Rok výsadby: 1988

Průměrný výnos v pěstitelském roce 2020-2021: 2,7 t/ha

Počet variant: 6 + neoseť kontrola



Obrázek 1 - pokusné stanoviště „U mlýna“

4.1.3 Agrotechnika porostu

Tabulka 1 - seznam použitých POR/hnojiv

Název přípravku	účinná látka	datum aplikace
Aliette 80 WG	fosetyl-Al	8.5., 27.5. 2021
Revus	mandipropamid	10.7., 22.7. 2021
Curzate K	cymoxanil + oxyclorid Cu	27.5., 11.6. 2021
Cuproxat SC	zásaditý síran Cu	6. - 12.8. 2021
Folpan Gold	folpet + metalaxyl-M	11.06.2021
Funguran Progres, PRO	hydroxid Cu	26.08.2021
Defender Dry	hydroxid Cu	16. - 26.8. 2021
Tepeki	flonicamid	27.05.2021
Movento 100 SC	spirotetramat	09.07.2021
Actara 25 WG	thiamethoxam	4. - 6.5. 2021
Bellis	pyraclostrobin, boscalid	26.06.2021
Zinkosol	ZnSO ₄	27.5., 11.6., 10.7. 2021
Krista MgS	MgSO ₄	27.5., 11.6., 22.7., 15.8. 2021
Močovina	CO(NH ₂) ₂	27.5., 11.6., 22.7. 2021
Calcinit	Ca(NO ₃) ₂	01.06.2021
Bortrac	borethanolamin	01.06.2021
Magnitra	Mg(NO ₃) ₂	6.8., 16.8. 2021
Krista MKP	KH ₂ PO ₄	26.6., 10.7., 22.7. 2021
Krista K	KNO ₃	6. - 12.8. 2021
Kristalon žlutý	NPK + stopové prvky	10.7., 22.7. 2021

Tabulka 2 - agrotechnické zásahy

setí meziplodin	07.10.2020
řez	04.04.2021
aplikace Cereritu	05.05.2021
1. mulčování	03.06.2021
přiorávka chmele	04.06.2021
aplikace DAM 390	17.06.2021
2. mulčování	05.07.2021
umrtvení porostů řeznými válci	11.08.2021
sklizeň	24.- 27.8. 2021
zapravení porostů meziplodin	28.8. 2021

4.2 Založení podzimmých výsevů meziplodin

V roce 2020 byly založeny rozdílné porosty meziplodin do meziřadí chmelnice. Výsev proběhl 7.10.2020 souběžně s urovnáním meziřadí rotačními bránami. Výsev velkosemenných druhů probíhal přímo za kypřící sekci (tři vývody) a za pěchovací válec také tři vývody. Důvodem

této kombinace umístění semenovodů bylo ověřeno vlivu výpadu osiva na vzházivost. U těchto druhů se jednalo o výsev do pásků širokých přibližně 0,2 cm. Malosemenné druhy byly vysety plošně pomocí rozptylovačů za pýchovací válec (tři rozptylovače). Před provedením urovnání meziřadí a setí proběhlo celoplošné zpracování půdy ve chmelnici (obr. 2). Pro osev bylo zvoleno pět varianty směsí a jeden čistosev (tab. 3). Dominantní druhy ve směsi představovala ozimá forma hrachu rolního (odrůda Arkta) a oves nahý (Marco Polo). Jako doplňující druhy pro plošný výsev byly zvoleny hořčice bílá, svazenka vratičolistá a jetel nachový (Brant et al. 2021).

Tabulka 3 - použité druhy a výsevky

druh vysetý do pásků	druh vysetý plošně	výsevek (kg/ha)
hrách rolní (ozimá forma)	oves nahý	80 + 40
hrách rolní (ozimá forma)	hořčice bílá	80 + 6
oves nahý	svazenka vratičolistá	80 + 10
oves nahý	jetel nachový	80 + 20
oves nahý	hořčice bílá	80 + 8
oves nahý		80



Obrázek 2 - zpracování meziřadí a výsev

Požadavkem bylo, aby se současně s podzimním výsevem meziplodin urovnalo meziřadí chmelnice a tím připravilo meziřadí chmelnice na jarní řez bez další kultivace meziřadí v jarním období. Proto byl povrch mezi řádky chmele při výsevu zpracován rotačními bránami. Rozteč řádků chmele činila na pokusné chmelnici 3 m, pracovní záběr rotačních bran činil 2,5 m. Po slehnutí půdy zůstal povrch v celém meziřadí rovný a nedošlo ani ke změnám výšky povrchu půdy v pravidelných kolejových stopách vůči ploše mezi kolejovými stopami (Brant et al. 2021).

4.3 Řez chmele

Řez chmele byl proveden 4.4. 2021 bez předchozího zpracování půdy. Hloubka řezu činila cca 4 cm, pracovní rychlost se pohybovala od 1,5 do 3 km/h. Při řezu v ozeleněném meziřadí došlo ke snížení pojezdové rychlosti, řady nebyly odorány, a proto bylo nutné snížit pracovní rychlost, aby docházelo k plynulému průchodu zeminy a rostlinných zbytků chmele řezacími segmenty.

Při řezu docházelo k mírnému zahození půdy na oseté meziřadí. Odhozená půda neměla však vliv na další růst meziplodin.



Obrázek 3 - řez v ozeleněném meziřadí

4.4 Odběry biomasy

Byly stanoveny 3 termíny odběrů vzorků. Vzorky byly odebírány vždy po 4 opakováních v pásu osetého meziřadí. Plocha hodnocení 1 opakování byla 0,25 m². U prvního hodnocení 13.5. 2021 proběhlo roztřídění na vyseté druhy a druhy plevelů. Při druhém hodnocení 3.6. 2021 na vyseté druhy a plevele (celkem, nerozlišovány podle druhu), při posledním hodnocení 29.6. 2021 na vyseté druhy a plevele (celkem, nerozlišovány podle druhu). Materiál byl sušen po dobu 48 hodin při teplotě 105 °C. Při 1. odběru vzorků byla produkce nadzemní biomasy jednotlivých plevelných druhů porovnávána s neosetou kontrolní variantou (Brant et al. 2021).

4.5 První mulčování porostů

Pro první a druhé mulčování byl použit mulčovač s horizontální osou rotace s kladívky (obr. 4). Pracovní záběr mulčovače činil 1,8 m. Na začátku června vstoupila většina druhů do fáze kvetení. Oves nahý do fáze tvorby generativních orgánů. Tato doba je považována za vhodnou pro provedení regulace porostů meziplodin, tímto úkonem bylo předejito tvorbě semen a případnému zaplevelení řádku chmele. Dne 3.6. bylo provedeno mulčování porostů meziplodin, tato operace měla za úkol zajistit regeneraci porostů – prodloužení doby aktivního růstu na stanovišti. Mulčování se provádělo na výšku strniště 0,1 až 0,15 m. Důvody byly: opětovné zajištění obrůstání rostlin z delších částí nepoškozeného strniště a také propad mulče pod strništní zbytky, tím je omezen vliv mulče na regeneraci vysetých druhů. Propadlý mulč omezuje růst plevelů (regenerujících a nově vzházejících). Plevelné rostliny ochotně reagují na prosvětlení porostů mulčováním. Provedení mulčování bylo také spojeno s potřebou omezení kvetení druhů především z důvodu snížení přítomnosti opylovačů ve chmelnicích – snížení rizika vlivu pesticidů na tyto organismy. Mulčování bylo provedeno těsně před priorávkou chmele, čímž došlo částečně i k zapravení mulče po bocích meziřadí – zdroj organických živin pro rostliny chmele.



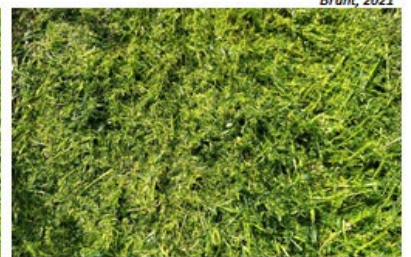
Obrázek 4 - použitý mulčovač

Stav porostů po provedení mulčování – 3.6.2021.

Brant, 2021



oves nahý a ozimý hrách rolní



oves nahý a svazanka vrtičolistá



ozimý hrách rolní (čistosev)



oves nahý a jetel nachový

Obrázek 5 - mulčování

4.6 Přiorávka chmele

Před provedením přiorávky chmele bylo provedeno nakypření kolejových stop a následovala přiorávka. Prokypření bylo provedeno kultivátorem, u kterého byly odstraněny vnitřní pracovní orgány. Bylo ponecháno ozeleněné meziřadí o šířce 1,5 metru. Poté proběhla přiorávka přiorávacím pluhem, u kterého byly odstraněny vnitřní pracovní nástroje.



Obrázek 6 – provedené kypření v místě kolejových stop a přiorávka chmele 4.6. 2021

4.7 Druhé mulčování

Po provedení prvního mulčování došlo k rychlé regeneraci porostů a také k rychlé degradaci mulče. Rostliny ovsa se dne 29.6. 2021 nacházely opět ve fázi tvorby generativních orgánů. Proto bylo přistoupeno k druhému mulčování, které proběhlo 5.7. 2021. Ostatní druhy regenerovaly méně intenzivně. Výška strniště byla nastavena na 50 mm, aby byla zajištěna minimální regenerace porostů a také produkce dostatku mrtvého mulče v meziřadí, který by kryl povrch půdy až do sklizně. Před provedením mulčování byla opět hodnocena produkce nadzemní biomasy vysetých druhů a plevelů.

Regenerace porostů 26. den po prvním mulčování (stav 29.6.2021).



Obrázek 7 - stav porostů před druhým mulčováním

4.8 Umrtvení porostů řeznými válci

Cílem tohoto zásahu bylo dobré rozřezání biomasy na delší části, aby byla omezena rychlá degradace mulče a zároveň došlo k prodloužení doby pokryvu meziřadí mrtvým mulčem až do zpracování půdy po sklizni (Brant et al. 2021).



Obrázek 8 - prototyp řezných válců

4.9 Založení časně letních výsevů meziplodin

V rámci zkoušení různých termínů ozelenění meziřadí byly dne 3.6. 2021 provedeny výsevy meziplodin do meziřadí. Výsev byl proveden ihned po přiorávce chmele. Ze získaných poznatků bylo zjištěno, že výsev těsně navazující na přiorávku chmele není vhodný a je lepší nechat půdu přirozeně slehnout. Výsev byl proveden prototypem kypřiče s odděleným výsevem pro vekosemené a malosemenné druhy. Bylo založeno 9 variant, hlavní komponenty tvořily: oves nahý, hrách setý. Druhy vyseté naširoko byly: hořčice, svazenka, jetel inkarnát. Vzorky byly odebírány vždy po 4 opakováních v pásu osetého meziřadí. Plocha hodnocení 1 opakování byla 0,25 m². Materiál byl sušen po dobu 48 hodin při teplotě 105 °C (Brant et al. 2021).

Tabulka 4 - vyseté druhy a jejich výsevek

vysetý druh	výsevek v kg/ha
hrách setý	80
hrách setý + hořčice bílá	80 + 20
hrách setý + hořčice bílá	100 + 10
hrách setý	100
hrách setý + svazenka vratičolistá	100 + 20
oves nahý + hořčice bílá	150 + 10
oves nahý	150
oves nahý + svazenka vratičolistá	150 + 20
jetel nachový	20

4.10 Použité statistické metody

Pro hodnocení bylo použito metody analýzy jednoduchého třídění (ANOVA, metoda Tukey, hladina významnosti 95 %). Data byla zpracována programem Statgraphics®Plus (Statgraphics Technologies, Inc. The Plains, Virginia).

5 Výsledky

5.1 Podzimní vývoj porostů

Meziplodiny byly vyseté 7.10. 2020. Většina druhů začala vzcházet 10. den po výsevu. 21.10. 2020 se klíčící rostliny nacházely ve fázi BBCH 09 až 11. V říjnu se na pokusné lokalitě vyskytly jen tři dny, kdy noční teplota vzduchu klesla na hranici 0 °C, v listopadu teploty vzduchu během dne rovněž klesaly pod nulu, ale vývoj porostů nebyl ovlivněn. Na konci listopadu měly dvouděložné druhy 2–3 páry prvních listů a oves nahý průměrně 4 listy (obr. 5). Nízké teploty na konci prosince a na začátku ledna vedly k vymrznutí rostlin hořčice bílé. Ostatní druhy prezimovaly bez zásadního poškození mrazem.

Stav porostů před nástupem zimy a při časně jarní regeneraci.



Obrázek 9 - stav porostů meziplodin

5.2 Jarní vývoj porostů

V zimním období, tj. od ledna do začátku března se porosty nacházely v klidové fázi. Na pokusném stanovišti nebyl zaznamenán ani vývoj podzimního plevelného spektra. Začátek roku se vyznačoval chladnějším počasím, což zajistilo dobrou odolnost rostlin k nízkým teplotám (graf 1). Většina druhů představovala nepřezimující druhy nedošlo k jejich poškozenímrazem ani v chladném období na konci února. Chladnější perioda ve vztahu k vývoji porostů skončila na začátku dubna. Na začátku období intenzivního růstu se dvouděložné rostlinné druhy nacházely ve fázi BBCH 14–16. Rostliny ovsa odnožovaly.

5.3 Období intenzivního prodlužovacího růstu

V období od dubna do konce května porosty intenzivně rostly. V polovině května přešly všechny druhy do prodlužovací fáze. Intenzivním růstem se vyznačovaly rostliny hrachu rolního, svazenky vratičolisté a ovsa nahého. V pásovém výsevu ovsa nahého se prosadil i jetel nachový. V době intenzivního růstu meziplodin začal i intenzivní růst chmele. Můžeme předpokládat, že primárním místem pro čerpání vody chmelem je prostor hrůbku – kořenové soustavy meziplodin a chmele se nesetkávají.

13.5. 2021 bylo provedeno první hodnocení produkce suché nadzemní biomasy rostlin. Hodnocena byla suchá nadzemní biomasa jednotlivých vysetých druhů a plevelů. Do hodnocení byla zahrnuta i kontrolní varianta bez osetí meziřadí. Produkci nadzemní biomasy v termínu 13.5. 2021 dokládá (tab. 6). Na produkci biomasy se v pokusu podílely druhy, které měly ve směsích dominantní zastoupení (hrách rolní, oves nahý). Svazenka vratičolistá se díky výsevu ovsa do pásů velmi dobře prosadila – dobrá konkurenční schopnost. Nejnižší produkce nadzemní biomasy byla potvrzena v porostu hrachu rolního – jednalo se o variantu společně vysetou s hořčicí bílou, která však vymrzla. Výnos nadzemní biomasy zde činil hodnoty 1,9 t/ha. Tento porost přes nejnižší výnos nadzemní biomasy dobře potlačoval rozvoj plevelného spektra – produkce nadzemní biomasy zde dosahovala hodnoty 0,4 t/ha. Nejvyšší produkce nadzemní biomasy byla naměřena v porostu ovsa nahého a svazenky vratičolisté, která činila 4,1 t/ha. Tato varianta také výrazně potlačila plevele, jejichž produkce nadzemní biomasy činila 0,06 t/ha. Porosty meziplodin jednoznačně potvrdily vliv na regulaci plevelů. Na kontrolní variantě činila produkce nadzemní biomasy dne 13.5. 2021 hodnoty 1,573 t/ha.

Tabulka 5 – produkce suché nadzemní biomasy plevelných druhů v jednotlivých variantách a opakováních 13.5. 2021. A-D jsou opakování odběrů.

varianta	plevel 1	Suchá hmotnost t/ha	plevel 2	Suchá hmotnost t/ha	plevele celkem (t/ha)
oves nahý + hrách rolní (ozimý) A	ptačinec prostřední	0,16	locika kompasová	0,224	0,384
oves nahý + hrách rolní (ozimý) B	ptačinec prostřední	0,048	locika kompasová	0,04	0,088
oves nahý + hrách rolní (ozimý) C	ptačinec prostřední	0,248	hluchavka nachová	0,008	0,256
oves nahý + hrách rolní (ozimý) D	ptačinec prostřední	0,632			0,632
hrách rolní (ozimý) A	ptačinec prostřední	0,232			0,232
hrách rolní (ozimý) B	ptačinec prostřední	0,8			0,8
hrách rolní (ozimý) C	ptačinec prostřední	0,056			0,056
hrách rolní (ozimý) D	ptačinec prostřední	0,552			0,552
oves nahý + svazenka vratičolistá A	ptačinec prostřední	0,024			0,024
oves nahý + svazenka vratičolistá B	ptačinec prostřední	0,04			0,04
oves nahý + svazenka vratičolistá C	ptačinec prostřední	0,004			0,004
oves nahý + svazenka vratičolistá D	ptačinec prostřední	0,168			0,168
oves nahý + jetel nachový A	ptačinec prostřední	0,096			0,096
oves nahý + jetel nachový B	ptačinec prostřední	0,504			0,504
oves nahý + jetel nachový C	ptačinec prostřední	0,472			0,472
oves nahý + jetel nachový D	ptačinec prostřední	0,224			0,224
oves nahý A	ptačinec prostřední	0,752			0,752
oves nahý B	ptačinec prostřední	0,424			0,424
oves nahý C	ptačinec prostřední	0,432			0,432
oves nahý D	ptačinec prostřední	0,128			0,128
neosetá kontrola (plevele)	pampeliška	0,232	ptačinec prostřední	2,1	2,332
neosetá kontrola (plevele)	hluchavka nachová	0,008	ptačinec prostřední	1,096	1,104
neosetá kontrola (plevele)	svízel přitula	0,384	ptačinec prostřední	1,544	1,928
neosetá kontrola (plevele)	lipnice roční	0,016	ptačinec prostřední	0,912	0,928

Tabulka 6 – produkce suché nadzemní biomasy meziplodin, plevelů a celkové biomasy(t/ha) 13.5. 2021. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

Varianta	produkce ovsa nahého (t/ha)	produkce hrachu rolního (t/ha)	produkce svazenky vrtičolisté (t/ha)	produkce jetele nachového (t/ha)	produkce kulturních druhů (t/ha)	produkce plevelů (t/ha)	produkce nadzemní biomasy (t/ha)
oves nahý + hrách rolní (ozimý)	1,073 a	1,070 a			2,143 ab	0,340 a	2,483 ab
hrách rolní (ozimý)		1,920 b			1,920 a	0,410 a	2,330 ab
oves nahý + svazenka vrtičolistá	0,826 a		3,294		4,120 c	0,059 a	4,179 c
oves nahý + jetel nachový	2,574 b			0,100	2,674 b	0,324 a	2,998 b
oves nahý	2,558 b				2,558 ab	0,434 a	2,992 b
neoseť kontrola (plevele)						1,573 b	1,573 a

Před provedením mulčování 3.6.2021 proběhlo opět stanovení produkce nadzemní biomasy vyšetých druhů a plevelů (tab. 7). Od 13.5.2021 do provedení mulčování došlo k výraznému nárůstu produkce biomasy meziplodin v meziřadí. Pozitivně můžeme hodnotit snížení produkce nadzemní biomasy plevelů vůči hodnocení provedenému 13.5. 2021. Na kontrolní variantě však produkce nadzemní biomasy plevelů narostla. Dne 29.6. 2021 byl proveden 3. odběr nadzemní biomasy vyšetých druhů a plevelů (tab. 8).

Tabulka 7 - produkce suché nadzemní biomasy vyšetých druhů, plevelů a celkové biomasy (t/ha) 3.6.2021. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

Varianta	produkce ovsa nahého (t/ha)	produkce hrachu rolního (t/ha)	produkce svazenky vrtičolisté (t/ha)	produkce jetele nachového (t/ha)	produkce kulturních druhů (t/ha)	produkce plevelů (t/ha)	produkce nadzemní biomasy (t/ha)
oves nahý + hrách rolní (ozimý)	3,304 a	2,352 a			5,656 ab	0,166 a	5,822 bc
hrách rolní (ozimý)		3,916 a			3,916 a	0,262 a	4,178 b
oves nahý + svazenka vrtičolistá	2,032 a		4,538		6,570 b	0,038 a	6,608 c
oves nahý + jetel nachový	5,260 b			0,368	5,628 ab	0,340 a	5,968 bc
oves nahý	6,512 b				6,512 b	0,427 a	6,939 c
neoseť kontrola (plevele)						2,109 b	2,109 a

Tabulka 8 - produkce suché nadzemní biomasy vysetých druhů, plevelů a celkové biomasy (t/ha) 29.6.2021. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

Varianta	produkce e ovsa nahého (t/ha)	produkce e hrachu rolního (t/ha)	produkce svazenky vrtičolisté (t/ha)	produkce jetele nachového (t/ha)	produkce e kulturních druhů (t/ha)	produkce e plevelů (t/ha)	produkce e nadzemní biomasy (t/ha)
ovs nahý + hrách rolní (ozimý)	0,9732 a	0,1449 a			1,1181 ab	0,0662 a	1,1843 ab
hrách rolní (ozimý)		0,5603 a			0,5603 a	0,2109 a	0,7712 a
ovs nahý + svazenka vrtičolistá	0,9732 a		0,345		1,3182 abc	0,0041 a	1,3223 ab
ovs nahý + jetel nachový	1,6696 b			0,021	1,691 bc	0,0473 a	1,7383 ab
ovs nahý	2,0257 b				2,0257 c	0,0387 a	2,0644 b
neosetá kontrola (plevele)						1,925 b	1,925 b

5.4 Časně letní výsevy meziplodin v meziřadí

Ze zjištěných hodnot produkce nadzemní biomasy meziplodin (tab.8) můžeme usuzovat, že časně letní výsevy meziplodin nemusí poskytovat takový výnos nadzemní biomasy jako směsi vyseté na podzim. Vliv porostů na plevelná společenstva je také celkově nižší. Při tomto termínu výsevu byly perspektivní varianty s ovsem nahým, které poskytují výnos nad 1 t/ha, potlačují rozvoj plevelných společenstev a dobře snáší přejezdy. Byla prokázána i malá produkce nadzemní biomasy plevelů – zastínění meziřadí chmelnice a konkurence meziplodin dosáhla takové úrovně, že rostliny plevelného spektra produkovali velmi málo biomasy (tab.9).

Tabulka 9 - produkce suché nadzemní biomasy vysetých druhů, plevelů a celkové biomasy (t/ha) 19.7. 2021. Výsev proběhl 3.6. 2021. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

vysetý druh	produkce suché nadzemní biomasy (t/ha)							
	hrách setý	hořčice bílá	svazenka vrtičolistá	ovs nahý	jetel inkarnát	kulturní druhy celkem	plevele celkem	biomasa celkem
hrách setý	0,383 a					0,383 ab	0,012 a	0,395 ab
hrách setý + hořčice bílá	0,613 a	0,264 a				0,877 b	0,009 a	0,886 b
hrách setý + hořčice bílá	0,463 a	0,148 a				0,611 ab	0,023 a	0,634 ab
hrách setý	0,505 a					0,505 ab	0,001 a	0,506 ab
hrách setý + svazenka vrtičolistá	0,546 a		0,185 a			0,731 ab	0,006 a	0,736 ab
ovs nahý + hořčice bílá		0,143 a		1,525 a		1,668 c	0,006 a	1,674 c
ovs nahý				1,922 a		1,922 c	0,007 a	1,930 c
ovs nahý + svazenka vrtičolistá			0,114 a	1,487 a		1,601 c	0,008 a	1,609 c
jetel nachový					0,192	0,192 a	0,013 a	0,204 a



Obrázek 10 – porost ovsa nahého vyšetého 3.6. 2021



Graf 1 - průběh počasí Kozojedy

6 Diskuze

Cílem této práce bylo zjistit vliv podplodin na plevelná společenstva a na produkci jejich nadzemní biomasy. Z výsledků poloprovozního pokusu byly potvrzeny významné rozdíly ve variantách podplodin. Mezi sledovanými podplodinami existoval statisticky významný rozdíl v produkci jejich nadzemní biomasy a také významný statistický rozdíl vlivu na produkci nadzemní biomasy plevelných druhů v daných variantách (Brant et al. 2021).

V českém chmelařství v dnešní době převládá použití černého úhoru, který je při určité míře zaplevelení proplečkován plečkami různé konstrukce (Krofta et al. 2012). Tento způsob je bohužel spojen i se značnými riziky a negativními vlastnostmi. (Brant et al. 2021) uvádí, že pravidelný systém kultivace meziřadí do hloubky 0,20 – 0,25 m za účelem regulace jednoletých i víceletých plevelů, omezuje rozvoj kořenového systému chmele. Z hlediska regulace jednoletých plevelů lze za dostatečnou hloubku považovat kypření do 0,1 m. Hlubší kypření, které je již spojeno s použitím dlátových kypřících nástrojů, vede k regulaci plevelů na základě přesušení horní vrstvy půdy. Hlubší kypření může být spojeno s vynášením nových semen plevelů ze spodních vrstev k povrchu půdy, kde následně klíčí a vzcházejí nové rostliny. Hlubší

kypření hraje roli při regulaci vytrvalých plevelů. Zde je však nutné upozornit, že efektivita regulace je závislá na míře poškození vegetativních orgánů rozmnožování plevelů, ale také na růstové fázi daného plevelného druhu. Regulace vytrvalých plevelů spočívá především v pravidelném poškozování kořenové soustavy a vegetativních orgánů rozmnožování, čímž jsou plevelné rostliny nuceny většinu svých asimilátů investovat do regenerace.

O pěstování meziplodin ve chmelnicích se již zmiňuje (Rybáček 1980) musíme však podotknout, že v tehdejší době se na meziplodiny pohlíželo jako na tzv. zelené hnojení, tedy na významný zdroj organické hmoty do půdy. Doporučuje jejich pěstování před výsadbou nové chmelnice nebo při obnově. Tento pohled na problematiku sdílí i (Krofta 2012) a přidává pohled i na významnou protierozní funkci a ochranu půdy v meziřadí před negativními klimatickými vlivy.

Kincl et al. (2018) se zabývali pěstováním meziplodin v meziřadí chmelnice pouze ve vztahu k erozi půdy. Kabelka et al. (2021) uvádějí, že eroze půdy je velkým problémem českého chmelařství, neboť většina ploch je založena na svazích do sklonu 4 °. Pokud se pozemky chmelnic vyskytují v morfologicky členitém území, dochází k vodní erozi při každém větším dešti. Během několika málo let tak může v důsledku eroze dojít ke snížení orníční vrstvy i o několik centimetrů.

Důležitým aspektem při pěstování meziplodin ve chmelnicích je termín založení porostu. Krofta et al. (2012) uvádějí 3 termíny založení porostů: jarní výsevy – mohou být provedeny po řezu chmele, časně letní výsevy – provádějí se po přiorávce chmele, pozdně letní výsevy – mohou být zakládány do první dekády července, je nutné volit druhy snášejíci zastínění. Z hlediska termínu výsevu a vlivu na plevelná společenstva je možné volit jarní výsevy. Důvodem je při optimálním průběhu počasí rychlý nárůst nadzemní biomasy, zastínění povrchu půdy a konkurence o vodu a živiny.

Brant et al. (2021) ověřoval ve svém poloprovozním pokusu podzimní výsevy vymrzajících a nevymrzajících meziplodin se současným urovnáním meziřadí a přípravou na jarní řez. Směsi tvořila vždy hlavní komponenta vysévaná do pásků a drobnosemenné druhy vysévané pomocí rozptylovačů na široko. Dominantními druhy ve směsi byly oves nahý a hrách rolní. Minoritními druhy ve směsi byly hořčice bílá, svazenka vratičolistá, jetel nachový. Přezimování ozimé formy hrachu rolního a jetele nachového proběhlo podle očekávání. Nepřezimující druhy mírnou zimu se sněhovou pokrývkou také zvládaly až na hořčici bílou, která v chladné periodě v lednu bez sněhové pokrývky vymrzla. Meziřadí bylo pokryté přes celou zimu a v období po řezu chmele začaly meziplodiny intenzivně růst. V rámci pokusu bylo zjišťováno i působení řezu chmele na vyseté meziplodiny v meziřadí. Došlo pouze k mírnému zaházení meziplodin půdou, která odlétavala od řezacích segmentů. Na vývoj meziplodin tato operace neměla vliv. Při začátku tvorby květů a generativních orgánů meziplodin musíme přistoupit k regulaci jejich porostů. Snížíme tím riziko tvorby semen a spontánní zaplevelení řádku chmele. Při použití insekticidů také omezujeme jejich negativní vliv na opylovače.

V odborné literatuře je popsáno pozitivní působení meziplodin na plevelná společenstva, které je především využíváno v systémech ekologické produkce, ale také v upravených konvenčních systémech se sníženými vstupy herbicidů (Kruidhof et al. 2008).

Kunz et al. (2016) popisují principy biologické regulace plevelů meziplodinami. Mennan et al. (2020) za nejdůležitější považují vylučování alelopatických výměšků, které inhibují klíčení plevelů. Mezi takové meziplodiny patří například ředkev olejná, která dokáže produkovat

isothiokyanáty. Dalším způsobem je konkurence. Včasně založené porosty meziplodin, které jsou dobře zapojené konkurují klíčním rostlinám plevelů o vodu, světlo a živiny a tím výrazně omezují jejich růst. Brant et al. (2021) poukazuje na možnost tvorby mulče z porostů meziplodin a tím vytvoření izolační vrstvy na povrchu půdy, která omezuje erozi, výpar, přehřívání půdy a klíčení plevelných rostlin.

Při poloprovozním pokusu ve chmelnicích byla sledována produkce nadzemní biomasy meziplodin, produkce nadzemní biomasy plevelů a plevelné spektrum. Ze získaných výsledků je patrné, že každá z variant meziplodin snížila abundanci plevelných druhů oproti kontrole. Jako velice perspektivní se jeví výsevy ovsa nahého a svazenky vratičolisté, které poskytly nejvyšší výnos nadzemní biomasy a nejefektivněji regulovaly plevele. Nejzastoupenější plevelný druh byl ptačinec prostřední, který se v různých variantách nacházel s různou četností. Můžeme tedy potvrdit i rozdílný vliv mezi variantami meziplodin na plevelná společenstva (Brant et al. 2021).

Velice je mezi chmelaři zmiňováno negativní působení mezi porostem chmele a meziplodinou v meziřadí chmelnice. Tuto hypotézu vyvrátili Brant et al. (2021), kteří dokázali, že kořenové soustavy chmele a meziplodin v meziřadí se téměř nestýkají. Důvodem je především vysoká míra utužení kolejových stop v meziřadí chmelnic zasahující do hloubky kolem 0,3 m, kudy nejsou kořeny chmele schopny prorůst do meziřadí.

7 Závěr

Na základě provedených polních experimentů lze vyvodit následující závěry a doporučení pro zemědělskou praxi:

- Podzimní a jarní osevy meziřadí chmelnic významně přispívají k redukci výskytu plevelů a omezují potřebu mechanické kultivace půdy.
- Nejvyšší produkci nadzemní biomasy vykazovala u podzimních výsevů varianta oves nahý + svazenka vratičolistá.
- Nejvyšší produkci biomasy u jarních výsevů vykazovala varianta oves nahý.
- Nejnižší výskyt plevelných druhů byl zjištěn na plochách: ovesa nahého+svazenky vratičolisté (podzimní výsevy) a hrachu setého (letní výsevy).
- Nejnižší produkci nadzemní biomasy u podzimních výsevů vykazovala varianta hrách rolní.
- Nejnižší produkci nadzemní biomasy u letních výsevů vykazovala varianta jetel nachový.
- Byly potvrzeny efektivní metody regulace podplodin pomocí mulčovače a řezných válců.
- Zakládání porostů meziplodin je dobré věnovat pozornost, při souběžných výsevech různých druhů je vhodné použít oddělený výsev. Výsev velkosemenných druhů do pásků a drobnosemenných pomocí deflektorů na široko.
- Hlavní komponenta směsi vysetá do pásku umožní v případě nutnosti odplevelení prostoru mezi pásky a možnost dosetí drobnosemenného druhu.
- Při zvolení podzimního termínu výsevu je nutné počítat s možností vymrznutí nepřezimujících druhů – lze řešit dosevem v jarním období.
- Podzimní výsevy vzcházejí již na podzim, meziřadí máme pokryto přes celou zimu a v jarním období je při příznivých podmínkách zajištěn rychlý rozvoj meziplodin.
- Letní výsevy jsou spojeny s rizikem zastínění meziřadí – etiolizace rostlin vysetých v meziřadí a následně jejich poléhání – problematická regulace porostů. Nutné volit druhy snášející zastínění. Nedostatek vody pro vývoj meziplodin.
- Letními výsevy můžeme prodloužit setrvání meziplodin v meziřadí, pokud je nutné ukončit vegetaci podzimních porostů meziplodin před priorávkou chmele.

Cílem této diplomové práce bylo na základě literární rešerše specifikovat vliv porostů meziplodin v meziřadí chmelnice na vývoj plevelných společenstev a na celkovou produkci nadzemní biomasy. Základem experimentální práce bylo na základě polních experimentů posoudit vliv rozdílných porostů meziplodin (živý a mrtvý mulč) na vývoj plevelných druhů a na produkci nadzemní biomasy vegetačního krytu. Na základě hlavního cíle práce byly stanoveny následující dílčí cíle:

1. Stanovit vliv rozdílných vegetačních pokryvů meziřadí chmelnice (podzimní a jarní výsevy) na druhové spektrum plevelů.
2. Posoudit podíl nadzemní biomasy plevelů na celkové produkci nadzemní biomasy vegetačního pokryvu v meziřadí.

Tyto dílčí cíle vycházely z následujících hypotéz:

H1: Rozdílné vegetační pokryvy půdy vykazují odlišný vliv na plevelné spektrum.

H2: Plevelné rostliny v závislosti na cíleném vegetačním pokryvu vykazují odlišný podíl na produkci nadzemní biomasy.

Na základě shora zmíněných závěrů lze jednoznačně říci, že obě tyto hypotézy, byly praktickou částí této diplomové práce potvrzeny a stanovené cíle byly naplněny.

8 Literatura

- Abram V et al. 2015. A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hop leaves and hop cones. *Industrial Crops and Products* **vol. 64**:124-134. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669014006955> (accessed 2020-07-14).
- Aigner, Maidl. 1995. Green manuring prevents from soil erosion and nitrate leaching -six catch crops have been tested. *Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt* **32**:34-35.
- Bailey. 2009. The Influence of Hop Harvest Date on Hop Aroma in Dry-Hopped Beers. *Technical Quarterly* **1**:n/a. Available from <http://www.mbaa.com/publications/tq/tqPastIssues/2009/Abstracts/TQ-46-2-0409-01.htm> (accessed 2020-07-13).
- Bellmann H, Hensel W, Spohn M, Steffen S. 2016. Atlas rostlin. 1. Euromedia Group, Praha.
- Blackman J, Wilson D. 2015. Support systems and training methods for dwarf hops (*Humulus lupulus* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* **vol. 77**:310-313. Available from <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14620316.2002.11511498>.
- Brandhuber R, Portner J, Graf T, Walter R. 2015. Hopfenland Hallertau: Hopfenanbau - Böden - Erosionsschutz. *EXKURSIONS FÜHRER* **117**:100-108. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft.
- Brant V, Kroulík M, Pivec J, Zábranský P, Hakl J, Holec J, Kvíz Z, Procházka I. 2017. Splash erosion in maize crops under conservation management in combination with shallow strip-tillage before sowing. *Soil and Water Research* **vol. 12**:106-116.
- Brant V, Hamouz P, Kroulík M, Škeříková M, Šmoeger J, Tyšer L, Zábranský P. 2019. Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. 1. Agrární komora České republiky, Praha.
- Brant V, Eminger V, Dreksler J, Procházka P, Kroulík M, Krofta K, Kunte J. 2021. Dlouhodobý pokryv půdy v meziřadí chmelnic. *Agromanuál* **16**:83-87.
- Brant V, Ježek J, Kabelka D, Krofta K, Kroulík M, Procházka P, Vopravil J, Zábranský P. 2021. Agrotechnika chmele ve vztahu k rozmístění kořenového systému. 1. Agrární komora České republiky, Praha.
- Brant V, Krofta K, Kroulík M, Zábranský P, Procházka P, Pokorný J. 2020. Distribution of root system of hop plants in hop gardens with regular rows cultivation. *Plant, Soil and Environment* **66**:n/a.
- Brant V, Kroulík M, Procházka P, Dreksler J, Krofta K, Kunte J, Matějka J. 2021. Cílené výsevy meziplodin do meziřadí chmelnice (1). *Agromanuál* **16**:117-119.
- Briggs D, Boulton C, Brookes P, Stevens R. 2004. *Brewing Science and practice*. 1. Woodhead Publishing Limited, CRC Press LLC, Cambridge. Available from

http://vinic.com/files/books/Brewing_Science_and_Practice_2004_.pdf (accessed 2020-07-11).

Brunotte J, Fröba N. 2007. Schlaggestaltung - kostensenkend und bodenschonend. 1. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.

Buhler D. 2008. Weed Biology, Cropping Systems, and Weed Management. *Journal of Crop Production* **vol. 8**:245-270. Available from https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1300/J144v08n01_10.

Čapek L. 2011. Bezdrátová senzorická síť pro sušárnu chmele. Diplomová práce. Brno. Available from <https://core.ac.uk/reader/30298096> (accessed 2020-07-12).

Čeh B. 2014. Impact of slurry on the hop (*Humulus lupulus* L.) yield, its quality and N-min content of the soil. *Plant, Soil and Environment* **vol. 60**:267-273.

Dabney S, Delgado J, Reeves D. 2007. USING WINTER COVER CROPS TO IMPROVE SOIL AND WATER QUALITY. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **vol. 32**:1221-1250. Available from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1081/CSS-100104110> (accessed 2020-07-13).

De Keukeleire D. 2000. Fundamentals of beer and hop chemistry. *Química Nova* **vol. 23**:108-112. Available from https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422000000100019&script=sci_arttext&tlng=es (accessed 2020-07-13).

De Keukeleire J, Ooms G, Heyerick A, Roldan-Ruiz I, Van Bockstaele E, De Keukeleire D. 2003. Formation and Accumulation of α -Acids, β -Acids, Desmethylxanthohumol, and Xanthohumol during Flowering of Hops (*Humulus lupulus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **vol. 51**:4436-4441. Available from <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf034263z> (accessed 2020-07-10).

Donner P, Pokorný J, Ježek J, Krofta K, Patzak J, Pulkrábek J. 2020. Influence of weather conditions, irrigation and plant age on yield and alpha-acids content of Czech hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars. *Plant, Soil and Environment* **vol. 66**:41-46.

Fandiño M, Olmedo J, Martínez E, Valladares J, Paredes P, Rey B, Mota M, Cancela J, Pereira L. 2015. Assessing and modelling water use and the partition of evapotranspiration of irrigated hop (*Humulus Lupulus*), and relations of transpiration with hops yield and alpha-acids. *Industrial Crops and Products* **vol. 77**:204-217. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669015303435> (accessed 2020-07-14).

Fletcher J. 1989. Additional hosts of alfalfa mosaic virus, cucumber mosaic virus, and tobacco mosaic virus in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* **vol. 17**:361-362. Available from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01140671.1989.10428057>.

Gardiner M, Barbour J, Johnson J. 2003. Arthropod Diversity and Abundance on Feral and Cultivated *Humulus lupulus* (Urticales: Cannabaceae) in Idaho. *Environmental Entomology* **vol. 32**:564-574. Available from <https://academic.oup.com/ee/article-lookup/doi/10.1603/0046-225X-32.3.564> (accessed 2020-07-13).

- Gent D, Nelson M, Grove G. 2008. Persistence of Phenylamide Insensitivity in *Pseudoperonospora humuli*. *Plant Disease* **vol. 92**:463-468. Available from <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-92-3-0463> (accessed 2020-07-13).
- Gent D, Ocamb C. 2009. Predicting Infection Risk of Hop by *Pseudoperonospora humuli*. *Phytopathology*® **vol. 99**:1190-1198. Available from <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PHYTO-99-10-1190> (accessed 2020-07-13).
- Graf, Beck, Mauermeier, Ismann, Portner, Doleschel, Schmidhalter. 2014. *Humulus lupulus* – the hidden half. *Brewing Science* **67**:161–166.
- Hartwig N, Ammon H. 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Science* **vol. 50**:688-699. Available from https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0043174500011620/type/journal_article (accessed 2020-07-13).
- He L, Zhou J, Zhang Q, Charvet H. 2016. A string twining robot for high trellis hop production. *Computers and Electronics in Agriculture* **vol. 121**:207-214. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168169915003944> (accessed 2020-07-14).
- Hirschfeld D. 1998. Soil fertility and vine nutrition. Pages 61-68 in *Cover cropping in vineyards*. 1. University of California, Oakland.
- Holý K, Procházka P, Štranc J, Štranc D, Štranc P. 2017. *Integrovaná ochrana chmele*. 1. Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i., Praha.
- Hron, Kohout. 1988. *Plevele polí a zahrad*. 1. Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR, České Budějovice.
- Hron, Vodák. 1959. *Polní plevelé a boj proti nim*. 1. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Chaïb S, Pistevos J, Bertrand C, Bonnard I. 2021. Allelopathy and allelochemicals from microalgae: An innovative source for bio-herbicidal compounds and biocontrol research. *Algal Research* **vol. 54**:1-15. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2211926421000321>.
- Inui T, Okumura K, Matsui H, Hosoya T, Kumazawa S. 2017. Effect of harvest time on some in vitro functional properties of hop polyphenols. *Food Chemistry* **vol. 225**:69-76. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030881461730002X> (accessed 2020-07-13).
- Jelínek L, Dolečková M, Karabin M, Hudcová T, Kotlíková B, Dostálek P. 2012. Influence of growing area, plant age, and virus infection on the contents of hop secondary metabolites. *Czech Journal of Food Sciences* **vol. 30**:541-547.
- Ježek J. 2015. *Příručka pro pěstitele chmele*. 1. Chmelařský institut, Žatec.
- Jursík M, Holec J, Hamouz P, Soukup J. 2018. *Biologie a regulace plevelů*. 1. Kurent, České Budějovice.

- Kabelka D, Kincl D, Vopravil J, Vráblík P. 2021. Impact of cover crops in inter-rows of hop gardens on reducing soil loss due to water erosion. *Plant, Soil and Environment* **vol. 67**:230-235.
- Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. 1. Profi Press, Praha.
- Kincl D, Kabelka D, Srbek J, Čáp P, Petrů A, Petera M, Krofta K, Pokorný J. 2018. *Půdochranné technologie pro pěstování chmelu: Certifikovaná metodika*. 1. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd, Praha.
- Kocourková B, Pluháčková H, Růžičková G. 2014. *Pěstování speciálních plodin*. 1. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Kopecký J. 2008. *Zakládání chmelnic hybridními odrůdami*. 1. Chmelařský institut, Žatec.
- Kořen J, Ciniburk V, Podsedník J, Rybka A, Veselý F. 2008. *Sušení chmele na pásových sušárnách*. 1. Chmelařský institut, Žatec.
- Kovačević M, Kač M. 2002. Determination and verification of hop varieties by analysis of essential oils. *Food Chemistry* **vol. 77**:489-494. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814602001140> (accessed 2020-07-13).
- Krofta K, Ježek J, Klapal I, Křivánek J, Pokorný J, Pulkrábek J, Vostřel J. 2012. *Integrovaný systém pěstování chmele*. 1. Petr Svoboda, Žatec.
- Krofta K, Ježek J. 2010. The effect of time of cutting on yield and the quality of the hop hybrid varieties Harmonie, Rubín and Agnus. *Plant, Soil and Environment* **56**:564-569.
- Krottenhaller M. 2009. Hops. Pages 85-104 in *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*. 1. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- KRUIDHOF H, BASTIAANS L, KROPFF M. 2008. Ecological weed management by cover cropping: effects on weed growth in autumn and weed establishment in spring. *Weed Research* **vol. 48**:492-502. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3180.2008.00665.x>.
- Kubát J. 2008. *Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách*. 1. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Kunz C, Varnholt D, Walker F, Gerhards R, Sturm D. 2016. Allelopathic effects and weed suppressive ability of cover crops. *Plant, Soil and Environment* **vol. 62**:60-66. Available from https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/612_2015-PSE.pdf (accessed 2020-07-14).
- Latif S, Chiapusio G, Weston L. 2017. Allelopathy and the Role of Allelochemicals in Plant Defence. *How Plants Communicate with their Biotic Environment* **1**:19-54. Elsevier. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065229616301203>.

- Le Bot J, Adamowicz S, Robin P. 1998. Modelling plant nutrition of horticultural crops: a review. *Scientia Horticulturae* **vol. 74**:47-82. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030442389800082X> (accessed 2020-07-14).
- Lebeda A, Mieslerová B, Huszár J, Sedláková B. 2017. Padlí kulturních a planě rostoucích rostlin: taxonomie, biologie, ekologie a epidemiologie, mechanismy rezistence, šlechtění na odolnost, metody experimentální práce, diagnostika a ochrana rostlin. 1. Agriprint, Olomouc.
- Lepší M, Lepší P, Koutecký P, Lučanová M, Koutecká E, Kaplan Z. 2019. *Stellaria ruderalis*, a new species in the *Stellaria media* group from central Europe. *Preslia* **vol. 91**:391-420. Available from <http://www.preslia.cz/doi/preslia.2019.391.html>.
- Liebman M, Gallandt E. 1997. Many Little Hammers: Ecological Management of Crop-Weed Interactions. *Ecology in Agriculture*:291-343. Elsevier. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123782601500105>.
- Lipecki J, Berbec S. 1997. Soil management in perennial crops: orchards and hop gardens. *Soil and Tillage Research* **vol. 43**:169-184. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198797000391>.
- Lorenzana A, Hermoso-de-Mendoza A, Seco M, Casquero P. 2013. Population dynamics and integrated control of the damson-hop aphid *Phorodon humuli* (Schrank) on hops in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* **vol. 11**:505-517. Available from <http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/2968> (accessed 2020-07-13).
- Mahaffee W, Pethybridge S, Gent D. 2009. Compendium of hop diseases and pests. 1. American Phytopathological Society (APS Press), St. Paul.
- Maliar T, Nemeček P, Ůrgeová E, Maliarová M, Nesvadba V, Krofta K, Vulganová K, Krošlák E, Kraic J. 2017. Secondary metabolites, antioxidant and anti-proteinase activities of methanolic extracts from cones of hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars. *Chemical Papers* **vol. 71**:41-48. Available from <http://link.springer.com/10.1007/s11696-016-0034-2> (accessed 2020-07-10).
- Mandelc S, Timperman I, Radišek S, Devreese B, Samyn B, Javornik B. 2013. Comparative proteomic profiling in compatible and incompatible interactions between hop roots and *Verticillium albo-atrum*. *Plant Physiology and Biochemistry* **vol. 68**:23-31. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0981942813001186> (accessed 2020-07-14).
- McCreight J. 2003. Genes for Resistance to Powdery Mildew Races 1 and 2U.S. in Melon PI 313970. *HortScience* **vol. 38**:591-594. Available from <https://journals.ashs.org/view/journals/hortsci/38/4/article-p591.xml> (accessed 2020-07-14).
- Mennan H, Jabran K, Zandstra B, Pala F. 2020. Non-Chemical Weed Management in Vegetables by Using Cover Crops: A Review. *Agronomy* **vol. 10**:1-16. Available from <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/2/257>.
- Mikyška A, Jurková M. 2019. Varietal specificity of polyphenols, free phenolics and antioxidant potential in hops. *KVASNY PRUMYSL* **vol. 65**:178-185. Available from <http://www.kvasnyprumysl.eu/index.php/kp/article/view/194>.

Miller R. 1958. Morphology of *Humulus Lupulus*. I. Developmental Anatomy of the Primary Root. *American Journal of Botany* **vol. 45**:418-431. Available from <http://doi.wiley.com/10.1002/j.1537-2197.1958.tb13146.x>.

Miresmailli S, Bradbury R, Isman M. 2006. Comparative toxicity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on two different host plants. *Pest Management Science* **vol. 62**:366-371. Available from <http://doi.wiley.com/10.1002/ps.1157> (accessed 2020-07-13).

Nuutinen T. 2018. Medicinal properties of terpenes found in *Cannabis sativa* and *Humulus lupulus*. *European Journal of Medicinal Chemistry* **vol. 157**:198-228. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0223523418306408> (accessed 2020-07-14).

Ocvirk M, Nečemer M, Košir I. 2019. The determination of the geographic origins of hops (*Humulus lupulus* L.) by multi-elemental fingerprinting. *Food Chemistry* **vol. 277**:32-37. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814618318478> (accessed 2020-07-14).

Oladokun O, Tarrega A, James S, Smart K, Hort J, Cook D. 2016. The impact of hop bitter acid and polyphenol profiles on the perceived bitterness of beer. *Food Chemistry* **vol. 205**:212-220. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814616303740> (accessed 2020-07-14).

Oliveira H, Janssen A, Pallini A, Venzon M, Fadini M, Duarte V. 2007. A phytoseiid predator from the tropics as potential biological control agent for the spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Biological Control* **vol. 42**:105-109. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1049964407000953> (accessed 2020-07-13).

Patzak J, Krofta K, Henychová A, Nesvadba V. 2015. Number and size of lupulin glands, glandular trichomes of hop (*Humulus lupulus* L.), play a key role in contents of bitter acids and polyphenols in hop cone. *Food Science + Technology* **vol. 50**:1864-1872. Available from <http://doi.wiley.com/10.1111/ijfs.12825> (accessed 2020-07-10).

Pelikán J, Knotová D, Hofbauer J. 2016. Méně známé druhy zemědělských plodin. 1. Výzkumný ústav pícninářský, spol. s.r.o. Troubsko, Troubsko.

PLUHÁČKOVÁ H, EHRENBERGEROVÁ J, KRETEK P, KOCOURKOVÁ B. 2011. Hop essential oils in the selected varieties from differently old hop yards. *Kvasny Prumysl* **vol. 57**:266-271. Available from <http://kvasnyprumysl.cz/doi/10.18832/kp2011030.html>.

Pokorný J. 2016. Sklizeň a separace chmele z nízkých konstrukcí. 1. Petr Svoboda, Žatec. Pokorný J, Ježek J, Donner P, Rybka A, Heřmánek P, Honzík I. 2016. Výstavba, zakládání porostů a agrotechnika chmele pěstovaného v nízké konstrukci. 1. Petr Svoboda, Žatec.

Ramírez-García J, Carrillo J, Ruiz M, Alonso-Ayuso M, Quemada M. 2015. Multicriteria decision analysis applied to cover crop species and cultivars selection. *Field Crops Research* **vol. 175**:106-115. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429015000507> (accessed 2020-07-14).

Reeve J, Carpenter-Boggs L, Reganold J, York A, McGourty G, McCloskey L. 2005. Soil and winegrape quality in biodynamically and organically managed vineyards. *American journal of enology and viticulture* **56**:367-376.

Reher T, Van Kerckvoorde V, Verheyden L, Wenseleers T, Beliën T, Bylemans D, Martens J. 2019. Evaluation of hop (*Humulus lupulus*) as a repellent for the management of *Drosophila suzukii*. *Crop Protection* **vol. 124**:n/a. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261219419301796> (accessed 2020-07-14).

Reiss A, Fomsgaard I, Mathiassen S, Kudsk P. 2018. Weed suppressive traits of winter cereals: Allelopathy and competition. *Biochemical Systematics and Ecology* **vol. 76**:35-41. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305197817301370>.

Renton M, Chauhan B. 2017. Modelling crop-weed competition: Why, what, how and what lies ahead?. *Crop Protection* **vol. 95**:101-108. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0261219416302472>.

Rijavec T, Čeh B. 2013. Mechanical properties of jute and hemp training strings from hop (*Humulus lupulus* L.) field experiments. *Hmeljarski Bilten* **Vol.20**:5-20.

Rossini F, Loreti P, Provenzano M, De Santis D, Ruggeri R. 2016. Agronomic performance and beer quality assessment of twenty hop cultivars grown in Central Italy. *Italian Journal of Agronomy* **vol. 11**:180-187. Available from <http://agronomy.it/index.php/agro/article/view/746> (accessed 2020-07-14).

Roy R, Finck A, Blair G, Tandon H. 2006. Plant nutrition for food security: A guide for integrated nutrient management. 1. FAO, Rome.

Rybáček a. 1980. Chmelařství. 1. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Rybka A. 2015. Modernizace technologického postupu pro zvýšení výkonnosti česací linky chmele: certifikovaná metodika. 1. Česká zemědělská univerzita, Praha.

Rybka A, Heřmánek P, Honzík I, Krofta K. 2017. Parameters of the drying medium and dried hops in belt dryer. *Research in Agricultural Engineering* **vol. 63**:S24-S32.

Rybka A, Krofta K, Heřmánek P, Honzík I, Pokorný J. 2018. Effect of drying temperature on the content and composition of hop oils. *Plant, Soil and Environment* **vol. 64**:512-516.

Salfer I, Fessenden S, Stern M. 2020. Evaluation of iso- α -acid and β -acid extracts from hops (*Humulus lupulus* L.) on fermentation by rumen microbes in dual-flow continuous culture fermenters. *Animal Feed Science and Technology* **vol. 260**:n/a. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840119309605> (accessed 2020-07-14).

Sedlářová M, Mieslerová B, Drábková Trojanová Z, Lebeda A. 2021. Biotrofní houby a peronosporý planě rostoucích rostlin. 1. Česká fytopatologická společnost, Praha.

Svara A, Jakse J, Radisek S, Javornik B, Stajner N. 2019. Temporal and spatial assessment of defence responses in resistant and susceptible hop cultivars during infection with *Verticillium*

- nonalfalae. *Journal of Plant Physiology* **vol. 240**:n/a. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0176161719301087> (accessed 2020-07-14).
- Svoboda P, Nesvadba V. 2018. Metodika ochranných opatření proti šíření *Verticillium nonalfalae* u chmele. 1. Petr Svoboda, Žatec.
- Šnobl J. 2004. Rostlinná výroba IV.: (chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům). 1. Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, Katedra rostlinné výroby, V Praze.
- Štranc J, Štranc P, Štranc D. 2013. Zásady správné agrotechniky chmele a analýza příčin velkého úhynu chmele na jaře roku 2012. 1. Kurent, Praha [i.e. České Budějovice].
- Štranc P. 2008. Zpracování půdy ve chmelnicích. Kurent, Praha [i.e. České Budějovice].
- Teasdale J. 1996. Contribution of Cover Crops to Weed Management in Sustainable Agricultural Systems. *Journal of Production Agriculture* **vol. 9**:475-479. Available from <http://doi.wiley.com/10.2134/jpa1996.0475>.
- Turner S, Benedict C, Darby H, Hoagland L, Simonson P, Serrine J, Murphy K. 2011. Challenges and Opportunities for Organic Hop Production in the United States. *Agronomy Journal* **vol. 103**:1645-1654. Available from <http://doi.wiley.com/10.2134/agronj2011.0131> (accessed 2020-07-13).
- Tursun N, Işık D, Demir Z, Jabran K. 2018. Use of Living, Mowed, and Soil-Incorporated Cover Crops for Weed Control in Apricot Orchards. *Agronomy* **vol. 8**. Available from <http://www.mdpi.com/2073-4395/8/8/150>.
- Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. 1. Profi Press, Praha.
- Vavera R, Křivánek J, Pechová M. 2017. Výživa a hnojení produkčních chmelnic. 1. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Vejražka K, Holý K, Křivánek J, Vavera R, Procházka P, Kudrna T. 2017. Pěstování podplodin v meziřadí chmelnic. 1. Zemědělský výzkum, spol. s.r.o. Troubsko, Troubsko.
- Wang G, Dixon R. 2009. Heterodimeric geranyl(geranyl)diphosphate synthase from hop (*Humulus lupulus*) and the evolution of monoterpene biosynthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **vol. 106**:9914-9919. Available from <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0904069106> (accessed 2020-07-13).
- Warwick S, Francis A, Susko D. 2002. The biology of Canadian weeds. 9. *Thlaspi arvense* L. (updated). *Canadian Journal of Plant Science* **vol. 82**:803-823. Available from <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.4141/P01-159>.
- Wu C, Sun L, Chu Y, Yu R, Hsieh C, Hsu H, Hsu F, Cheng K. 2020. Bioactive compounds with anti-oxidative and anti-inflammatory activities of hop extracts. *Food Chemistry* **vol. 330**:n/a. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814620311067> (accessed 2020-07-14).

Xin G et al. 2017. Xanthohumol isolated from *Humulus lupulus* prevents thrombosis without increased bleeding risk by inhibiting platelet activation and mtDNA release. *Free Radical Biology and Medicine* **vol. 108**:247-257. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0891584917300801> (accessed 2020-07-14).

Zanoli P, Zavatti M. 2008. Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L. *Journal of Ethnopharmacology* **vol. 116**:383-396. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378874108000391> (accessed 2020-07-14).

Zimdahl R. 2018. Weed Classification. *Fundamentals of Weed Science*:47-60. Elsevier. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128111437000032>.

Zimdahl R. 2018. Allelopathy. *Fundamentals of Weed Science* **1**:253-270. Elsevier. Available from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128111437000093>.

