

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Efektivita hnojení chmele s ohledem na obsah živin v půdě

Bakalářská práce

Vojtěch Jiří Špringl

Pěstování rostlin

Ing. Jindřich Černý, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Efektivita hnojení chmele s ohledem na obsah živin v půdě" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.04.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doktoru Ing. Jindřichu Černému, za vedení mé práce a trpělivost, podniku Chmel Polepská Blata s.r.o. za zapůjčení chmelnice k pokusu a pomoci při pracích důležitých k jeho vyhodnocení a AgroZZN, a.s. za umožnění použití přejezdové váhy.

Efektivita hnojení chmele s ohledem na obsah živin v půdě

Souhrn

Chmel je vytrvalá rostlina, která je pěstována na jednom stanovišti i desítky let. Díky tomu je náročná na půdní úrodnost a živiny mezi nimi, především dusík, zinek a bór. Dusíku rostlina nejvíce spotřebuje v období intenzivního dlouhivého růstu, který probíhá od konce dubna po polovinu července. Zinek je potřeba po celou dobu pěstebního cyklu rostliny, neboť při jeho nedostatku nastává kadeřavost chmelových rostlin. Bór je důležitý jako živina, která spolu s fosforem a sírou, určuje obsah pivovarsky cenných látek, ze kterých nejdůležitější jsou alfa hořké kyseliny. Během sklizně je však z chmelnic odvezena většina nadzemní biomasy, díky čemuž se půda ochuzuje o živiny. Ve chmelařských podnicích se tyto posklizňové zbytky kompostují a jako kompost poté využívají k organickému hnojení, ten ale není schopen nahradit chlévský hnůj, který se přestal díky snížení živočišné výroby téměř používat. Díky tomu na spoustě chmelničných půd dlouhodobě chybí mikroživiny a síra, která přestala unikat do ovzduší díky odsíření elektráren.

V pokusu byla sledována reakce chmelových rostlin na různé množství dusíkatého hnojiva, které jim bude dodáno přihnojením v období kvetení, které nastalo v červenci. Byly použity tři varianty, které byly na jedné chmelnici, kdy každá varianta byla tvořena 20 rostlinami. Jednotlivé varianty pak byly hnojeny 151 kg/ha LAV 27 (varianta N150), 79 kg/ha LAV 27 (varianta N075), nebo přihnojeny nebyly vůbec (N000).

Parametry, kterými byl určován a hodnocen rozdíl mezi jednotlivými variantami byly zvoleny délka a hmotnost chmelových rostlin, kvalita chmelových hlávek a jejich teoretický výnos na hektar. Největší délku a váhu měly rostliny varianty N000, jejichž medián délek byl však srovnatelný s rostlinami varianty N150. Hmotnost přihnojených variant byla stejná. Kvalitu chmelových hlávek, která byla určena obsahem alfa hořkých kyselin ze vzorků, měla nejhorší varianta N150 a nejlepší ji měla varianta N075. Tato varianta měla i nejvyšší teoretický výnos. Nejmenší teoretický výnos poté měla varianta N000.

Klíčová slova: hnojení; výnos; chmel; dusík; půdní úrodnost

Efficiency of hop plant fertilization with regard of soil nutrient content

Summary

Hops are a perennial plant that can be cultivated in one place for decades. This makes it demanding in terms of soil fertility and nutrients, mainly nitrogen, zinc and boron. The plant uses the most nitrogen during the period of intensive growth, which runs from late April to mid-July. Zinc is needed throughout the plant's growing cycle, as its deficiency leads to curling of the hop plants. Boron is important as a nutrient which, together with phosphorus and sulphur, determines the content of brewing-valuable substances, the most important of which are alpha-bitter acids. However, during the harvest, most of the above-ground biomass is removed from the hop plants, which depletes the soil of nutrients. In hop-growing enterprises, these post-harvest residues are composted and then used as compost for organic fertilisation, but this is not able to replace manure, which has almost ceased to be used due to the reduction in livestock production in the Czech Republic. As a result, many hop-growing soils have been lacking micronutrients and sulphur for a long time, which has stopped escaping into the air thanks to the desulphurisation of power stations.

In the experiment, the response of hop plants to different amounts of nitrogen fertiliser supplied by fertilisation during the flowering period, which occurred in July, was monitored. Three treatments were used in one hop field, with each treatment consisting of 20 plants. The individual variants were then fertilised with 151 kg/ha of LAV 27 (N150 variant), 79 kg/ha of LAV 27 (N075 variant) or not fertilised at all (N000).

The parameters used to determine and evaluate the difference between the variants were hop plant length and weight, hop head quality and theoretical yield per hectare. Plants of the N000 variant had the greatest length and weight, but their median length was comparable to that of the N150 variant. The weight of the fertilised variants was the same. Hop head quality, as determined by the alpha bitter acid content of the samples, was worst in the N150 variant and best in the N075 variant. This variant also had the highest theoretical yield. The lowest theoretical yield was then the N000 variant.

Keywords: fertilisation, yield, hops, nitrogen, soil fertility

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíl práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Chmelové rostliny	13
3.2	Hnojení chmelových rostlin	17
3.2.1	Dusík	21
3.2.2	Fosfor	24
3.2.3	Síra	25
3.2.4	Draslík	26
3.2.5	Vápník	27
3.2.6	Hořčík	27
3.2.7	Zinek	28
3.2.8	Bór	29
3.2.9	Železo	30
3.3	Metody určování stavu chmelařských půd	30
4	Metodika	32
4.1	Hnojení pokusné chmelničky během vegetace	32
4.2	Pokusné hnojení	34
4.3	Agrotechnické hodnocení stavu porostu	35
4.4	Skřízeň	35
4.5	Chmelové rostliny	36
4.5.1	Délka chmelových rostlin	36
4.5.2	Hmotnost chmelových rostlin	36
4.6	Chmelové hlávky	36
4.6.1	Obsah vody ve hlávkách	36
4.6.2	Teoretický výnos chmelových hlávek	37
4.6.3	Obsah alfa hořkých kyselin	37
5	Výsledky	39
5.1	Pozorování hnojení chmelařského podniku	39
5.2	Agrotechnické hodnocení stavu porostu	43
5.3	Chmelové rostliny	45
5.3.1	Délka chmelových rostlin	45
5.3.2	Hmotnost chmelových rostlin	45
5.4	Chmelové hlávky	46

5.4.1	Obsah vody ve hlávkách	46
5.4.2	Teoretický výnos chmelových hlávek	47
5.4.3	Obsah alfa hořkých kyselin	47
6	Diskuze	49
7	Závěr	52
8	Literatura.....	53
9	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Chmel otáčivý evropský se na území české republiky pěstuje již od starověku jako rostlina léčivá a později ve středověku se také přidalo vaření piva velmi podobného tomu, jak jej známe dnes. Pro jeho výrobu jsou z chmele využívány esenciální chmelové hlávky. V těch se nacházejí rozličné soubory chemických látek. Hlavním důvodem pěstování chmele jsou pryskyřice, přesněji měkké pryskyřice, které jsou i jedním z určujících znaků kvality chmele a které dodávají typickou hořkost pivu. Kromě měkkých pryskyřic jsou však pro výrobu piva důležité další chmelové látky obsažené v hlávkách, jako jsou tvrdé pryskyřice, chmelové silice a chmelové terpeny.

Chmel je rostlina vytrvalá, která se může na jednom stanovišti pěstovat i více než dvacet let. To ovšem způsobuje některá specifika v jeho pěstování, z nichž tím nejviditelnějším je nemožnost použití osevního postupu, který by mohl pomoci k lepší ochraně půdy před chorobami a škůdci, kteří v ní mohou přežívat, či ke zlepšení půdní úrodnosti. To je schopnost půdy poskytovat dobré podmínky pro růst rostlin. Ta je utvářena souborem vlivů, které se správnou agrotechnikou dají udržovat nebo i zlepšovat. Navíc u chmele je různá mezidruhová agrotechnika, jelikož jednotlivé odrůdy, ať už tradičních vysokých odrůd, nebo i u nových a méně používaných zakrslých odrůd. Proto tato práce bude zaměřena na obecné potřeby v co nejobecnějším rozsahu s detaily zaměřenými na u nás nejpěstovanější odrůdou, kterou je Žatecký poloraný červeňák. Chmel je známý pro svou náročnost na půdní úrodnost, zejména na její biologicky aktivní hloubku, která je způsobena hluboko kořenícím kořenovým systémem, humóznost půdy, dostatek přijatelných živin, nacházejících se v substrátu, jako rozpuštěná složka půdního roztoku, a potřebou mírně kyselé až neutrální půdní reakce. V dobře hospodařících chmelařstvech by se pěstitelé chmele měli snažit o co největší uzavírání koloběhu živin, které pozitivně ovlivňuje stav půdní úrodnosti. Proto dnes již velké množství chmelařů vychází při stanovení dávek hnojiv a vápnění z agrochemických rozborů půd a z listových analýz.

V pokusu byl zkoumán vliv posledního přihnojení dusíkem, které se provádí před kvetením chmelových hlávek. Pokus se soustředil na snižování dávky dusíku na polovinu a úplného vynechání přihnojení dusíkem. Tento termín přihnojení byl zvolen, neboť podle literatury chmelové rostliny již téměř dusík neodebírají. Druhým důvodem bylo, že případné negativní aspekty hnojení nebudou v tomto termínu pro chmelařský podnik, který mi umožnil pokus na jejich pozemku, tak ztrátový. Pokus byl vyhodnocován hlavně pomocí teoretického výnosu na hektar a obsahem alfa hořkých kyselin.

2 Cíl práce

Původním cílem práce bylo zjistit co nejvíce informací o pěstování chmele otáčivého (*Humulus lupulus*), zvláště potom informace o hnojení a údržbě chmelniční půdy. Tyto informace poté zhodnotit s přihlédnutím na dnešní socio-ekonomické prostředí, které díky nedávným problémům s cenami hnojiv a dlouhodobým problémem s nedostatečným množstvím prostředků pro kvalitní organické hnojení by mohly některým pěstitelům pomoci ve zlepšení jejich momentální situace. Tento cíl se však ukázal v při přípravě jako neuskutečnitelný, neboť jsem byl limitován několika faktory. Chmelařský podnik mi neposkytl dostatečně velkou plochu pro provedení pokusu, který by porovnával několik typů a způsobů výživy, neboť by se tím zvýšilo riziko snížení úrody. Dalším faktorem byl potom nedostatek finančních prostředků, a to nejen k nákupu hnojiv v dostatečném množství a rozmanitosti, ale i k zajištění půdních a listových analýz pro možnost vyhodnocení postupů a rozdílů mezi variantami. Také časová náročnost takového pokusu, aby byl vyhodnotitelný, je neslučitelná s bakalářskou prací, neboť se jedná o víceletý pokus.

Dalším mým vedlejším cílem, již na začátku, bylo, na základě pokusu zjistit, jak snížení při posledním hnojení dusíkem v době počátku kvetení, ve kterém se začínají nasazovat chmelové hlávky, ovlivní jejich kvalitu a výnos. Mou teorií bylo, že výnos hlávek se sníží, jelikož chmelová rostlina nebude schopna vytvořit větší množství hlávek, ale zvýší se jejich kvalita, neboť se změní poměr živin v rostlině. Z tohoto původního vedlejšího cíle práce se díky výše popsaným objektivním překážkám stal cíl hlavní.

Díky změně pokusu v průběhu jeho konání jsem musel změnit i hypotézy, které bude pokus schopen zhodnotit. Proto hypotézy byly změněny na znění: „Předpokládá se pokles výnosu chmelových hlávek při snížení dávky dusíku při druhém přihnojení.“. Druhá hypotéza zní „Při snížení dávky dusíku při druhém přihnojení se zvýší kvalita chmelových hlávek. „Pro výchozí dávku pro přihnojení jsem použil množství hnojiva používané daný rok ve chmelařském podniku, který mi umožnil pokus na jejich chmelniče, tj. 150 kilogramů na hektar LAV 27.

Původní hypotézy jsem se poté snažil ověřit na základě pozorování tří let hospodaření podniku, jenž byly podloženy záznamy, které mi podnik zapůjčil.

3 Literární rešerše

Chmel je pěstován v České republice s dlouhou historií ve třech oblastech. V oblasti Ústěcké, Tršické a Žatecké. V těchto oblastech se pěstují odrůdy jemných chmelů s nejznámější odrůdou Žateckého poloraného červeňáku. Ten je pěstován kvůli svým aromatickým vlastnostem, především pak hořkých kyselin. Její obsah a kvalitu může ovlivnit téměř cokoli, co se děje s chmelovou rostlinou nebo chmelniční půdou. To dokládá i pokus Gabrielian et. al. (2018), kteří zkusili pěstovat chmel v různých typech hnojení. Výsledky naznačují, že neinformovaní spotřebitelé při slepé degustaci dokázali rozpoznat rozdíly v pivu vyrobeném z chmele napříč jednotlivými způsoby hnojení, z čehož vyplývá, že i když všechny ostatní okolnosti byly jednotné, je k dosažení uspokojivému chmelovému aroma piva, za kterou jsou spotřebitelé ochotni zaplatit, zapotřebí dostatečné množství hnojiva.

Chmelové rostliny pěstované ve chmelnicích jsou pouze ty se samičím květenstvím. V České republice jako i například v Německu, je zákaz samčích chmelových rostlin ve chmelnici a pěstitelé se snaží vymýtit je i v okolí chmelnic, neboť se chmelový pyl přenáší pomocí větru. Při oplodnění samičího květenství, začínají vznikat chmelová semena, která snižují kvalitu chmelových hlávek. Vedle dalších důvodů (ztráta obsahu lupulinu nebo snížení obsahu silic) je to způsobeno vysokým obsahem lipidů v semenech chmele (až 32 %), který má údajně škodlivý vliv na kvalitu ležákových piv (Haslbeck et. al., 2017). To zkoumaly Haslbeck et. al. v německém Hallertau na odrůdě Hallertauer Tradition HHT a ve Velké Británii na odrůdě Progress PG. Tyto dvě odrůdy jsou podobné českým hybridním odrůdám. Při pokusech s opylenými a neopylenými chmelovými rostlinami a vyhodnocováním výsledků, se neprokázala žádná zhoršená kvalita chmelových hlávek, nebo sníženého obsahu lupulinu. A ani při slepých degustacích se aromaticky příliš nelišilo vyhodnocení uvařeného piva z oplozených a neoplozených chmelových hlávek.

Chmel je náročný na půdní úrodnost, která je způsobena velkým nárůstem biomasy v období mezi dubnem a srpnem. Během tohoto období chmel odčerpává velké množství živin, které se většinou plně nevrací zpět do půdy, jelikož jsou vegetativní části rostliny odváženy spolu s hlávkami. Část posklizňových zbytků vrací se na pole ve formě chmelinky. To jsou staré posklizňové zbytky, které jsou při orbě zapraveny do země. Podle Malého et al. (2017) je v chmelničných půdách dlouhodobě malé množství kvalitních živin a díky již 20 let trvajícím problému s nedostatkem organických hnojiv, především pak chlévského hnoje, se půdní úrodnost ve chmelnicích dlouhodobě zhoršuje. To je vidět při porovnání obsahu živin v půdách které jsou mnohdy vyhovující, ale listové analýzy vychází s malým obsahem živin. Dříve Malý et. al. zjistil na základě výsledků analýz prováděných v Zemědělské oblastní laboratoři v Postoloprtech, že v chmelniční půdě je velké množství minerálního dusíku, které může být potom vyplaveno. Toto zjištění potvrzuje to, co popsal u svého experimentu na porovnávání vlivu forem dusíkatých hnojiv na chmelové rostliny Čeh et. al. (2013). Jeho tvrzení jsou následující: „Před třetím chmelovým přihnojením byl mezi variantami ošetření významný rozdíl v obsahu minerálního dusíku v půdě; významně vyšší obsahu minerálního dusíku v půdě byl při ošetření, kde byl KAN (70 kg/ha N). Pro druhý chmelové přihnojení (cca 400 kg/ha Nmin 0-60 cm) oproti ošetření, kde byla aplikována kejda skotu (265 kg/ha Nmin). Pravděpodobně nedostatek srážek neumožnil rozpuštění KAN, a tak N nebyl dostupný

pro absorpci rostlinami a pouze se hromadil v půdě. Na tento výzkum navazuje další důležitý faktor, který ovlivňuje růst, vývoj a kvalitu chmelových hlávek, jímž je průběh počasí během vegetačního období. Chmelové rostliny totiž reagují na efektivní sumu teplot, které když je dosaženo tak chmel začne nasazovat květenství. To při kombinaci s nedostatečným množstvím srážek způsobuje předčasné kvetení, i přes nedokončený růst chmelových rostlin (Srečec et al. 2004). To v daném roce způsobuje snížení kvality i výnosu chmelových hlávek. Suma efektivních teplot je byla stanovena na rozpětí mezi 2000 a 2800 stupni celsia za období. Pro růst nadzemních orgánů jsou potřebné teploty nad minimální hranici 8 stupňů celsia. Při teplotách nad 35 stupňů celsia se postupně začíná zastavovat růst, zvláště když se spojí se suchem. Díky těmto předpokladům se postupně snižují a zhoršují výnosy chmelových hlávek, jak zaznamenal Mozny et al. (2009), kdy z jimi sledovaných dat (1891-2006) z posledních 20 let bylo 19 se započatou fází kvetení dříve, než bylo průměrné. Dřívější vstupy do fáze kvetení byly zaznamenány i na planě rostoucích rostlinách chmele. Za příkladně katastrofální rok způsobený sumou efektivních teplot může být považován rok 2022, který díky vysokým teplotám v druhé polovině července ukončil růst a nasadil květenství, ke kterým přidal v polovině srpna další květenství po vydatných deštích. To mohlo zapříčinit, kromě vysoké sumy efektivních teplot, také, jak tvrdí Srečec et. al. (2004), maximální teploty, které v květnu překročili hodnotu 32 °C a zavinily dřívější fázi kvetení. Studie, kterou zveřejnili Mozny et. al. v roce 2009, upozorňovala na zvýšené riziko sucha. Jejich předpověď byla založena na dlouhodobém poklesu srážkových úhrnů, které činí problém hlavně v dubnu, květnu a červnu, kdy se musí zavádět závlaha, a byla potvrzena v letech 2015, 2016 a 2018, ve kterých přišlo sucho. Efektivní suma teplot a suma hodin slunečního svitu pravděpodobně přímo mohou i za snižování obsahu alfa-hořkých kyselin ve chmelových hlávkách. Modelová simulace vypracovaná za použití programu CORAC a publikovaná Mozny et al. (2009) předpovídá ztrátu obsahu alfa-hořkých kyselin až o 25 procent. To by společně s úbytkem množství hlávek při veškeré ochraně a hnojení, jenž bylo běžné a možné v té době, počítalo s navrácením se k průměrným hodnotám výnosu chmelových hlávek a kvality běžných v roce 1930. To ovšem znamená, že je možné klesnout i pod průměrné hodnoty roku 1930, kvůli zhoršené půdní úrodnosti, omezení užívání některých přípravků na ochranu rostlin a omezování množství dovážených hnojiv a zvýšení jejich cen. Dle výzkumu Stokholm et al. (2021), jež potvrzuje všechny předchozí domněnky a výsledky, má hnojení a jeho účinnost vliv i na schopnost měnit škroby obsažené v zrnech sladového ječmene na cukry, které jsou důležité pro kvašení při vaření piva. Tato schopnost, označující se jako diastatický potenciál, se v návaznosti na průběh počasí během vegetačního období, dávky hnojení, půdním typem a sílu tlaku chorob a škůdců mění. Při nepříznivějším počasí se snižuje, což negativně působí na výrobu piva. U chmelu však nehraje nijak významnou roli, jelikož jde jen o příměs upravující chuť a vůni piva. Navíc při vytváření chmelových extraktů se všechen diastický potenciál spálí, takže už tam žádný není. Díky tomu se z diastického potenciálu stává naprosto zanedbatelný parametr, neboť většina chmelových hlávek je v České republice přeměňována na chmelový granulát. Ten je upřednostňován před lisovanými hlávkami, neboť se lépe skladuje a na výrobu piva je potřeba menší množství. Naštěstí byli pěstitelé chmele relativně připravení na suchá období a pokles kvality chmelových hlávek nebyl tak velký, jaký mohl být bez závlah. Chmelové rostliny mají totiž vysoké nároky na vodu, která se na písčitéch půdách pohybuje kolem 60 litrů na rostlinu týdně (Tackle et. al., 2017).

V té době už se používaly kapkové závlahy, které jsou na většině chmelnic ve všech světových chmelařských oblastí zavěšené nahoře na chmelové konstrukci, kdy závlahová voda dopadá na půdu přes chmelové rostliny. Díky tomu plní funkci závlahovou, a navíc k tomu vytváří uvnitř chmelnice mikroklima, které má teplotu až o 5 stupňů celsia nižší, než je ve chmelnici bez kapkové závlahy, ale je zavlažována pomocí rozstřikovače napojeného na svinovací cívku. Nevýhodou kapkové závlahy zavěšené na vrcholu konstrukce je nemožnost dovést vodu až k bázi chmelových rév, jelikož se kapky rozbíjejí a odklání o rostlinu chmele, což vede k odklonu trajektorie kapky, u níž se může stát, že místo aby dopadla jen těsně vedle rostliny dopadne daleko do mezířádku. Při výšce dopadu 7 metrů je závlaha rozptýlena na větší plochu, ale zasakuje se pouze do vrchních vrstev půdy (Brant et. al. 2021). Tyto zjištění ukazují, že mít kapkovou závlahu nad rostlinami vytváří ztráty a omezuje efektivitu případné fertigace, která se ukazuje jako zajímavá možnost do hnojení chmelnic. Efektivitu fertigace a kapkové závlahy jako takové, lze zvýšit díky jejímú přesunutí pod povrch půdy k hrůbkům, jak to dělají někteří chmelaři v Německu, nebo pouze přesunout závlahový systém do výšky 0,75 metru, jak bylo testováno Brantem et. al. (2021). Podzemní uložení sebou přináší zvýšenou pracnost, neboť je třeba ji po sklizni smotat, aby se nepoškodila v zimě, a na jaře, po řezu chmelových rostlin, znovu roztáhnout. Tento problém však nenastává u závlahy, která je zavěšena 0,75 metru nad zemí. U tohoto provedení však nastává riziko přetržení hlavně v době sklizně, ale i před ní díky prorůstání plevelů, chmelových rostlin, přebíhání vysoké zvěře ve chmelnicích nebo pádu chmelových rostlin, které neudržel chmelovod. Společně tyto nižší způsoby uložení přicházejí o schopnost udržovat mikroklima chmelnice, které díky vysokým teplotám nabírá na důležitosti, ale na rozdíl od kapkové závlahy umístěné na vrcholu chmelniční konstrukce jsou tyto systémy schopny přesněji dopravit případnou fertigační dávku živin. To lze ovšem vyřešit umístěním mikropostřikovačů na vrcholky sloupů chmelnice. Ty ovšem sdílí s umístěním kapkové závlahy na vrchol chmelové konstrukce riziko způsobené zvýšeným ovlhčením listové plochy chmelových rostlin, což zvyšuje pravděpodobnost vypuknutí nákazy Peronospor (Pseudoperonospora humili).

Toto všechno ještě podtrhuje Liebigův „Zákon minima“, který dle formulace jeho autora zní „výše výnosu pole (dané povahy a složení) je ve vztahu k oné živině, nepostradatelné pro plný vývoj rostlin, která je v půdě (ve vhodné formě a stavu) v nejmenším množství k dispozici. Vztah výnosu ke stoupajícímu hnojení příslušným faktorem v minimu existuje jen do té doby, než se do minima dostane jiný faktor.“ Těmito limitujícími faktory se staly nepostradatelné mikroelementy, které se předtím dodávaly jen v chlévském hnoji a skoro 10 let se potom téměř nedodávali. To způsobilo velkou náchylnost chmelových rostlin na snížení výnosů v případech vysokých negativních vlivů počasí, chorob škůdců a nesprávné agrotechniky. Jeden takovýto projev se stal na jaře v roce 2012, kdy se expertní komise shodla, že jedním z vlivů masivního vyhnívání chmelových rostlin v České republice, byl i nedostatek mikroelementů. Přesněji jak tvrdí Mařátko et. al. (2013) to byl dlouhodobý nedostatek bóru, který u chmelových rostlin má vliv na pevnost kořenů a jejich schopnosti aktivně přijímat živiny.

3.1 Chmelové rostliny

Chmel díky svému dlouhodobému pěstování na jednom místě, má svá specifika. Jedním z nich je že mohou mít rozsáhlý kořenový systém, který je až 6 metrů hluboký a až 3,5 metru široký. Normálně však kořenové systémy, takové šířky a hloubky nedosahují. Dle experimentu popsaného Brant et al. (2020) bylo zjištěno, že staré křulové kořeny, které rostou vertikálně do země, běžně dorůstají do hloubky mezi 1 metrem a 2,25 metru. Do šířky se potom rozpínají staré i mladé kořeny v rozsahu 50 až 60 centimetrů od středu kořenového systému, kdy běžně prorůstá do hloubky až 30 centimetrů pod hloubku hrůbků, ve kterých jsou chmelové rostliny pěstovány. Starší kořeny pak dorůstají déle přesahující jeden metr. Tímto se však celková přístupnost živin pro chmelovou rostlinu snižuje. Menší velikost kořenového systému je dána právě agrotechnikou, která může podle Štrance et. al. (2008) nevhodnými přejezdy narušovat a přetrhávat nejen jemné, ale i silnější kořeny, čímž je oslabována, nebo zcela přerušována, jejich funkce s následkem přerušování transpiračního proudu ve vodivém systému rostlin. Tuto domněnku, poté potvrdili Brant et. al. ve svém výzkumu. Mělkost, kořenového systému je, kromě jiných věcí, dána pravidelným hnojením, jelikož rostliny, které jsou pravidelně hnojeny nemají potřebu, tvořit hluboký kořenový systém na který by zbytečně vypotřebovali energii a živiny. Jedním z faktorů je i nadbytek dusíku v substrátu, jak píše již Rybáček (1980) a opakovaně upozorňuje Zemědělská oblastní laboratoř Postoloprty. Podobné je to i s vodou, která při vysoké hladině podzemní vody zamezuje růst kořenům hlouběji. Stejný efekt jako vysoká hladina podzemní vody může mít i utužená podorniční vrstva, která vzniká ve chmelnicích častými přejezdy po stejné dráze. Na utužené podorniční vrstvě vzniká podzemní půdní škraloup, který zamezuje mimo jiné také zasakování vody do hlubších vrstev. Chmelniční půda má tyto utužené vrstvy dvě. Jednu v hloubce 30 centimetrů, kdy ji vytváří orba, a druhou v hloubce 60 centimetrů, kdy ji vytváří rigolování. Ovšem častěji narušuje kořenový systém kypření, které se provádí v několika opakováních během jednoho vegetačního období. První kypření, které je v jarních měsících hned po zavádění jednotlivých chmelových rév na chmelovody, se provádí do hloubky až 12 centimetrů, a mělká přiorávka do 10 centimetrů. Kypření provzdušňuje půdu, která byla udupána během zapichování a zavádění, dále také umožní lepší zasakování vody, která se pomalu stává limitujícím faktorem, dále také pomáhá omezení transpirace. Ta se však dokáže zasáknout jen do hloubky prvního půdního škraloupu. Jarní přiorávka pomůže omezit plevel a dá prostor pro růst takzvaných letních kořínků, kdy jde o nové aktivní kořínky. Ty však může poničit špatná agrotechnika následných kypření. Kypření by se mělo opakovat nejpozději během období kvetení, ale už mělčeji, jelikož nové letní kořínky již prorůstají půdou a chmel by tak mohl být vážně poškozen. Nikoliv však přímo zraněním jako takovým, ale vysokou pravděpodobností nákazy některou z patogenních houbových chorob. To platí i o přiorávce, která by se měla dělat oboustranně a minimálně ještě jednou kvůli potlačení plevelů. Většinou ale probíhá víckrát, jelikož se díky nařízení Evropské unie nesmí používat herbicidní ochranu ve chmelnici a jedním z účinných prostředků k eliminaci plevelů je právě přiorávka. Ta ovšem není schopna eliminovat plevelné rostliny v řádcích, pouze je potlačuje, a to jen do určité velikosti, jelikož se jedná o plevel z čeledi Amaranthaceae, které narůstají do značných rozměrů a které mohou překážet v době sklizně chmelových hlávek. Dalším z účinných způsobů odplevelování chmelnic je plečkování. To se provádí na potlačení plevelů v meziřadí a přihození půdy na hrůbky, aby se i tam potlačily

plevele, zároveň však snižuje obsah vody v půdě (Brant et. al. 2021), díky čemuž se mohou některé živiny stát hůře přístupné, a navíc se zvyšuje pravděpodobnost půdní eroze. Vhodnou hloubkou plečkování je 5 centimetrů. Větší hloubka by ještě více porušila kapilaritu, vysušila horní vrstvy půdy, vynesla na povrch semena plevelných druhů rostlin a poškodila nové kořenové vlášení a mladé kořeny rostlin chmele. Kromě plečkování a priorávky například způsoby jsou dále manuální lidská práce, plamenná a elektrická plečka. Tyto 3 metody jsou však neudržitelně náročné pro větší plochy chmelnic, a to z jak důvodu ekonomických, tak časových. Ačkoliv by, na rozdíl od používaných metod, účinně likvidovaly plevelné druhy v řádcích i meziřadí. Tyto operace jsou však důsledkem běžně používaného a udržovaného černého úhoru ve chmelnicích, který podle Branta et. al. (2021) snižuje půdní úrodnost narušováním půdních agregátů. Jak píše Mařátko et. al. (2016) půdní úrodnost se definuje jako schopnost půd poskytnout rostlinám dobré podmínky pro růst, vývoj a zejména vodu a přístupné živiny, podmínky pro utváření kořenového systému a tím zajištění jejich příjmu. Definice je rozšiřována o schopnost půd vyrovnávat změny, a to jak přímo v půdě (pH, sorpční vlastnosti, vodní režim apod.), ale i reagovat na změny v agrotechnice. Z tohoto vyplývá, že jakákoli proměnlivost půdního zdroje (např. voda, hnojivo, porost, agregace osiva) se projeví ve změnách výnosu (Hadas, 1997). To znamená, že dodatečné dávky hnojiv nejsou schopny změnit negativní výsledky chyb, nebo přílišného zjednodušení zpracování půdy (Mailicki et. al., 1997), které ochuzují půdu o organickou hmotu.

Po sklizni a na podzim se ve chmelnicích provádí orba, která slouží k rozbití velkého utužení, jenž vzniklo v důsledku sklizně, kdy se na polích pohybuje velké množství těžké techniky v každém řádku a tím, že se chmel pěstuje s dvěma révami na babku a díky sklízecí technologii traktorů s dopravníkovým ramenem neseném jen na jedné straně musí být pro sklizení každý řádek alespoň dvakrát ale i vícekrát, pokud je chmel příliš narostlý, než aby se vešel na sklízecí soupravu všechen z jednoho řádku a jsou-li řádky příliš dlouhé. Mimo to orba slouží i k zapravení organického hnojení, které je nyní tvořené převážně kompostem a posklizňovými zbytky, jelikož chlévského hnoje je velký nedostatek. Orba se však nemusí provádět každý rok, ale je jí potřeba poté nahradit hlubokým kypřením až do hloubky 60 centimetrů. Při této hloubce je však mít ochranou vzdálenost od rostlin chmele, aby se nepoškodili kořenové systémy. Orba i ostatní zpracování půdy může mít paradoxně, i přes velké úsilí, pouze krátkodobé, nevýznamné, nebo dokonce negativní důsledky, podle toho, zda a do jaké míry je mechanický zásah přizpůsoben charakteru půdy a způsobu jejího využití (Malicki et. al., 1997). Využití půdy je v tomto případě chmelařské. Kromě toho jsou okamžité výsledky tradičního zpracování půdy orbou v podobě snížení hustoty a soudržnosti půdy a zvýšení pórovitosti často zničeny tlakem těžkých nástrojů, strojů a traktorů, které je ve chmelnicích značné.

Kořeny chmelové rostliny jsou tvořeny ze 2 částí, jimiž je babka, která tvoří soustavu podzemních lodyžních orgánů, a kořenová soustava, označující kořeny a kořenové hlízy. Babka je tvořena mladým a vyspělým dřevem. Oba druhy dřev tvoří takzvané vlci, dřevo a pupeny. Pupeny mohou být spící, nebo probuzené, z nichž v každém roce vyrůstají nové révy, které se dělí podle toho, zda rostou z pupenů seřezaných nebo neseřezaných na takzvané nové vlky a nové dřevo. Vlci rostou z neseřezaných pupenů, zprvu ve vodorovném směru a při porušení apikální dominance rostou rychleji vertikálně. Obsahují více dusíku než nové dřevo, ze kterého vyrůstají révy, z nichž se poté na konci léta sklízají chmelové hlávky. To je způsobeno

schopností vlků odebírat živiny, které byli uloženy ve chmelových kořenových hlízách. Vlci se proto při zavádění výhonků nového dřeva na chmelovod musí likvidovat. V dnešní době je chmelovodem primárně ocelový slabý drátek, který má průměr průřezu 1 milimetr. Použití slabého ocelového drátku má nevýhody především při sklizni, kdy zvyšuje stupeň opotřebení více než při použití, třeba plastového provázku. Je však pevnější, a proto se stává jen zřídka aby se drátek zlomil a chmelová réva spadla na zem, kde by uhynula. Vlci byly používány jednou za čas na vytváření nových kořenáčů, ale většinu času překážely. Vlci jsou dnes pouze na obtíž, jelikož se chmel již musí rozmnožovat pouze v in-vitro kulturách, kvůli velkému zavirování všech odrůd chmele, ale předtím to byl vhodný materiál na tvorbu řízků a následných chmelových kořenáčů. Vypělým dřevem se stávají víceleté vlky a dřevo, které nakonec ponese podzemní pupeny pro tvorbu nového mladého dřeva. V orgánech vypělého dřeva je méně dusíkatých látek a skoro o polovinu méně živin obecně. Pravý kořenový systém se od lodyžního podzemního systému dobře odlišuje, protože na něm mimo jiných znaků nejsou nodia s pupeny. V parenchymu druhotného lýka se ukládají zásobní látky, úměrně tlouště kořenů. Kořeny se dělí na mladé neztloustlé aktivní kořínky, které čerpají vodu s půdním roztokem, a starší kořeny, které již druhotně ztloustly a jež mají funkci rozvádění živin a zásobní, na což jsou uzpůsobeny kořenové hlízy. Kořenové hlízy se vytváří na druhotně ztloustlých kořenech v hloubce mezi 30 a 40 centimetry, mají lahvovitý tvar a vytváří se na 1 rok (Rybáček et al, 1980). V průběhu léta se vytváří i slabší letní adventivní kořánky.

Na začátku jara se začínají práce na nadzemních částech chmelových rostlin. Práce jsou započaty řezem chmelových rostlin. Zapichování se provádí pomocí speciálních ručních nástrojů, které by měly dostat drát pod zem a tam jej pomocí smotku chmelovodného drátu i ukotvit do hloubky 10 až 15 centimetrů. Práce na zapichování plynule přecházejí v zavádění, které je závislé na práci sezónních pracovníků. Při této práci vyvstává první potřeba sezónních pracovníků, kteří jsou v dnešní době hlavně ze zahraničí. Nadzemní výhony révy chmelových rostlin jsou u kulturních rostlin omezeny na 4 až 6 rév na babku. Tyto šlahouny jsou po 2 zavedeny na chmelovod, jenž se věší po řezu chmelových rostlin z plošin a musí dosahovat nad vrchol chmelniční konstrukce. Po zavěšování chmelovodů na konstrukci chmelnice nastává jejich zapichování do země k babkám, které ale po řezu nejsou vidět. Po zavádění následuje takzvané přecházení, které dodatečně opravuje chyby, které jsou vidět až po zavádění. Opravují se většinou špatně dotažené chmelovodné drátky, vyměňují se šlahouny s ulomenými vegetačními vrcholy, z ponechaných rezervních šlahounů, jež se při přecházení také ulamují. U chmelových rostlin období intenzivního dlouhivého růstu, který se projevuje růstem šlahounů až 37 centimetrů denně s průměrným přírůstkem 20 centimetrů. Přírůstek probíhá hlavně v noci. V této době, kromě prací spojených s ochranou chmelových rostlin před chorobami a škůdci chmele, jsou práce zvané „dovádění k vrcholu“. Tyto práce jsou spojené s velkým počtem přejezdů těžkých dvoupatrových plošin s dvoučlennou osádkou, vybavenou násadami s kovovými vidlicemi, které slouží k namotávání vegetačních vrcholu chmelových rostlin zpět k chmelovodu, které byly odkloněny větrem, či průběhem růstu. Plošiny jsou tažené traktory, které tím zvyšují utužení půdy v meziřádcích chmelnic. Celý soubor těchto prací se uskutečňuje mezi dubnem a červnem. Od konce června do sklizně, která většinou nastává v 2. polovině srpna, se hlídá zásobenost chmelových rostlin živinami, vodou a jejich ochrana před chorobami a škůdci. Stav živin se ve chmelnicích zjišťuje nejčastěji během vegetace pomocí listových analýz, které se provádějí 2 za vegetační dobu v termínech, kdy chmelové rostliny dosáhnou

fázi, při prvním odběru BBCH 33 a při druhém BBCH 51 až 55. Období 1. odběru nastává většinou v průběhu 2. červnového týdne, kdy chmelová rostlina začíná vytvářet pazochy a kdy její výška začíná být vyšší než 2 metry. Druhý odběr se provádí v době butonizace chmelových rostlin, kdy už by měly dosáhnou vrcholu chmelové konstrukce. Toto období nastává v prvních 2 týdnech července. (Rybáček 1980, Krofta et. al. 2012, Vavera et. al. 2017)

Mezi hlavní škůdce chmelových rostlin patří sviluška chmelová, mšice chmelová a dřepčík chmelový. Mšice chmelová škodí na chmelových rostlinách od poloviny května a mohou na něm přežít až v 8 generacích. Nebezpečí napadení chmelových rostlin mšicemi tkví v ničení pletiv vrchních vegetačně mladších listů, v přenášení virových chorob a vytvářením povlaku „medovice“, na kterém se usazují saprofytické houby. Navíc mšice chmelová se nepresídluje, a proto rostlinné šťávy saje kontinuálně, což bez ochrany může vést k velkým ztrátám. Sviluška chmelová, je po mšici chmelové, nejvíce obávaným a sledovaným škůdcem, který vyskytuje při suchém a teplém počasí již na jaře. Tento škůdce spadající do stejné skupiny jako již zmíněná mšice chmelová. Působením svilušky chmelové dochází k ničení pletivních celků na chmelových listech. Napadá nejprve spodní listy, které jsou na chmelové révě, ale pak přechází i na vyšší patra chmelové rostliny, kdy může napadat i listy, nacházející se na pazochách. Při nedostatečné ochraně chmelových rostlin před sviluškou, může napadat i chmelové hlávky, které se nevyvíjejí a zhnědnou. Dřepčík chmelový na rozdíl od mšice chmelové a svilušky chmelové škodí jen po určitou dobu. Poškození, které způsobuje se odvíjí od jeho dané generace, protože na chmelových rostlinách škodí jeho jarní generace na mladých listech a rašících výhoncích, zatímco letní generace škodí na listech pazochových a chmelových hlávkách. Jarní generace dřepčíka chmelového se objevuje hned při vzházení a může celé výhonky zahubit. Letní generace se objevuje a začíná škodit v červenci a v srpnu, kdy upřednostňuje chmelové hlávky. Dřepčík požírá celé chmelové hlávky i se samotnými vřetenky. Když nějaké chmelové hlávky toto napadení přežijí, jsou znehodnoceny, nerostou a rozlepují se. Tento brouk napadá hlavně rostliny u sloupů chmelové konstrukce, ale i chmelové révy, které spadly na zem. Ty jsou poté vhodné k zapravení do země. Všichni tito 3 živočišní škůdci chmelových rostlin, byli velmi účinně potlačeni intenzivní chemickou ochranou rostlin. Díky snaze Evropské unie a Ministerstva zemědělství České republiky omezit používání insekticidů, je veliké riziko navrácení se škůdců, které již dnes nikdo nemusí díky ochraně rostlin řešit, a zvětšení, ploch znehodnocených nebo zničených mšicí chmelovou, sviluškou chmelovou, či dřepčíkem chmelovým.

Mezi běžné virové choroby chmelových rostlin patří například mozaiky, které nejsou ve většině let nijak limitující. Oproti tomu vzácnější viróza zborcení listů chmele má již velmi nepříznivé důsledky pro výnos chmelových hlávek, jelikož rostliny dozrávají dříve s malou osypkou. Proti virovým nákazám se nejde bránit přímo, jelikož rostliny jednou nakažené zůstávají nakaženy až do jejich úhynu, což u chmelových rostlin, které jsou pěstovány minimálně 10 let, je velmi rizikové. Proto je třeba potlačovat přenašeče virových chorob, kterými jsou právě svilušky a mšice, dbát na dezinfikování nástrojů po použití na napadených rostlinách a přímá likvidace napadených rostlin. Díky velké zavirovanosti chmelových rostlin a odrůd bylo ustanoveno, že bude nová sadba chmelových rostlin vytvářena z nezavirovaných meristemických konců, které budou rozpěstovávány v in-vitro kulturách. Za hlavní a nejobávanější houbovou chorobu na chmelových rostlinách je považována peronospora chmelová, která je rozšířena po všech chmelařských oblastech světa. U nás škodí od roku 1925

a za tuto dobu se víceméně nestalo, aby nepoškodila porost chmelových rostlin. Její škodlivost a množství poškozených rostlin chmele závisí na průběhu počasí, především pak na množství a průběhu srážek, kdy největší škody způsobené peronosporou jsou při vlhkých létech. Je možné při špatném používání závlahových technologií nasimulovat prostředí pro peronosporu vyhovující, ale nenašel jsem materiál, který by toto potvrdil. Nákaza se při prvotní infekci na chmelových rostlinách projevuje deformací listů a jejich nahuštění, jež je zapříčiněné zkrácením internodií, kterému se říká klasovité zkrácení internodií. Při vypuštění zoospor může infikovat peronospora i chmelové hlávky, které následně znehodnocuje. Sklizeň je většinou orientovaná 10 dní po svatém Vavřinci, v tuto dobu se posílají vzorky chmelových hlávek k rozborům na obsah alfa hořkých kyselin, pryskyřic, silic a dalších znaků určujících kvalitu. Sklízí se mechanizovaně za pomoci traktorů se strhovacími rameny a valníky s hydraulikou ovládanými bočnicemi. Na ně jsou naskládány chmelové rostliny a odvezené z pole do areálu chmelařského podniku, kde jsou chmelové hlávky očesány pomocí česacích stěn. Hlávky často padají z chmelových rév i s pazochy a listy, od kterých je třeba chmelové hlávky očistit. To se děje pomocí systému specializovaných strojů a pasů. Očesaná chmelová réva je pásem převezena k řezacímu noži, který ve vysokých otáčkách ocelový chmelovod i chmelovou révu rozseká na malé kousky s rozměry mezi 2 a 3 centimetry, které jsou odvedeny pasem ven z budovy, kde padají do sklopného valníku. Ke kusům chmelové révy se poté přidávají i zbytky listů a pazochů, které byly odděleny při procesu čištění od chmelových hlávek. Při naplnění se valník odváží pryč z areálu, kde se chmelové posklizňové zbytky vysypou na hromadu, na které zůstanou, dokud sklizeň neskončí, aby byli zapraveny do země při podzimní orbě jako zelené hnojivo, nebo se zkompostovaly. Alternativou k odvozu posklizňových zbytků jsou pásy, které je dopraví přímo na místo určení. Správně by se měly posklizňové zbytky zkompostovat, aby se živiny, v nich obsažené lépe zpřístupnily do substrátu a zároveň, aby se zničily některé patogeny, které se na posklizňových zbytcích vyskytují. Ačkoli se zkoumají nové metody využití chmelové biomasy po sklizni, jako jsou její antioxidační účinky, antimikrobiální aktivita a výroba různých biologicky rozložitelných produktů, jako jsou zahradnické květináče, obaly na lahve, papír a podobně, kompostování stále zůstává nejslibnější metodou v oblasti ekologického zemědělství z hlediska využití biomasy, která by byla dobrým řešením pro ukončení koloběhu živin na chmelnicích (Čeh et. al., 2022). Chmelové hlávky jsou po vyčištění usušeny část je následně poslána k testům na kontrolu kvality, mezitím jsou usušené hlávky poslány ke granulaci, nebo prodány.

3.2 Hnojení chmelových rostlin

Chmel je rostlina potřebující velké množství živin, které získává jak z půdy, tak i z mimokořenné výživy, do které se nyní pomalu přidává i fertigace. Je psáno ve Vaverou et. al. (2017), že pro 1 tunu chmelových šištic je třeba ročně přibližně 90 kg dusíku, 40 kg oxidu fosforečného (17 kg fosforu), 100 kg oxidu draselného (83 kg draslíku), 140 kg oxidu vápenatého (100 kg vápníků) a 30 kg oxidu hořečnatého (18 kg hořčíku) a střední celkové dávky na hektar chmelnic jsou podle této metodiky 140 až 160 kg dusíku, 120 až 150 kg oxidu fosforečného, 140 až 180 kg oxidu draselného, 60 až 70 kg oxidu hořečnatého a 240 až 280 kg oxidu vápenatého. Tohoto množství odebraných živin docílil i Verhoeven et.

al. (2021) při jejich pokusech v roce 2020 na území Spojených států amerických v oblasti Marion Country ve státě Oregon. Pazochy, což je postranní větvení na hlavní révě chmelové, odeberou mezi 60 a 63 procenty veškerých živin (Verhoeven et. al. 2021). To je způsobeno tím, že na chmelových pazochách jsou nesené listy a všechny generativní orgány.

Hnojení chmelových rostlin jde rozdělit na tři typy z hlediska času a důvodu. Na podzim a v zimě se hnojí hlavně půda, aby v ní vznikla zásoba živin pro novou vegetaci. K tomuto hnojení většinou slouží hnojení organickými hnojivy. Z minerálních hnojiv se používají hnojiva obsahující fosfor, draslík, dusík, ve formách postupně se uvolňujících, a vápník. Tyto hnojiva se ve sledovaném podniku aplikují rozmetadly takzvaně na široko a hnojí jak řádky, tak meziřadí. V období mezi řezem a zaváděním se provádí startovací hnojení, které je prováděno za účelem lepšího a rychlejšího vzcházení chmelových rév. K tomuto hnojení se používají pohyblivé formy živin, aby je rostliny mohly ihned čerpat z půdního roztoku. Od zavádění se až po sklizeň dělá doplňkové hnojení, které má za úkol dodat rostlinám živiny, které chybí v půdě. K tomu jsou používána pevná i voděrozpuštěná hnojiva, která jsou aplikována s ochranou rostlin, případně fertigace, se závlahovou dávkou.

Standartní a nejběžněji používanou metodou pro přihnojení chmelnic pevnými hnojivy je kombinace rozmetadla k hnojení, které standartně jezdí v každém druhém řádku a za ním jezdí 2 traktor nesoucí plečku s priorávacími disky, jež přihodí půdu z řádku na chmelové hrůbky, aby hnojivo bylo k užitku. Tímto způsobem jsou dodávány makroživiny, a hlavně pak dusík, který je pro chmelové rostliny v dobře přístupné formě. Kromě standartního hnojení pevnými hnojivy se dají ve chmelnicích použít i listová výživa a fertigace, kdy jde o dopravu hnojiv listové výživy pomocí závlahové vody. Obecně lze říci, že jak makroživiny, tak mikroživiny mohou být aplikovány jako listové postřiky. Množství živin, které lze dodat, je však omezené listovými postřiky, činí tuto strategii atraktivnější pro aplikaci mikroživin, zejména v případech, kdy je aplikace do půdy málo účinná, například v kyselých, nebo zásaditých půdách (Afonso et. al., 2021). To potvrzuje Bednarz et. al. (2008), kteří píšou, že výnos lze zvýšit pomocí listové výživy pouze v případě, že živiny v půdě nejsou v dostatečné míře, nebo nejsou všechny přístupné, tak aby je rostlina byla schopná využít. Při použití mimokořenové výživy se používají postřikovače, které jsou zároveň používány i pro ochranu rostlin. Díky tomu se snižuje množství přejezdů ve chmelnici a tím se i zmírňuje utužení půdy. Jednou z výhod hnojení mimokořenovou výživou je nezávislost na vodním režimu půdy, díky čemuž se rostliny k výživě dostanou i v suchých obdobích, oproti používání pevných hnojiv. To z mimokořenové výživy dělá ekonomicky výhodnější způsob hnojení chmelových rostlin, které díky své velké listové ploše mají malé ztráty hnojiv a v nich obsažených živin. Velkou nevýhodou mimokořenové výživy však zůstává potřeba mnohem preciznějšího dávkování hnojiva, neboť se rostliny mohou rychleji spálit. Kromě toho je zde problém nemožnosti mísit některá hnojiva a pesticidy. Při špatné mísitelnosti se mohou látky v tanku smíchat, nebo vytvořit fytotoxickou směs, více než by byla za normálních okolností. Nejvíce jsou chmelové rostliny určitou dobu po aplikaci hnojiva oslabeny. Je třeba rozbít její kutikulu, která ji chrání, aby se výživa do rostliny dostala. Ta je rozbíjena smáčedly, aby mohly rostliny živiny přijmout přes povrch listu. To vytváří volnou cestu pro nejrůznější škodlivé organismy, ať už škůdce nebo choroby. Mimokořenová výživa dle Rodolfi et. al. (2021) upravuje fyziologii listů, na které je používána mimokořenová výživa s aplikací na list. Dle pokusu uskutečněného v roce 2020 se u listů, na které byla mimokořenová výživa použita, zmenšila tloušťka vrstva

palisádového parenchymu na svrchní straně listu, ale zato se zvětšila tloušťka svrchní vrstvy kutikuly a houbového parenchymu. K dalším změnám ve stavbě listů patřilo i zmenšení množství trichomů, které záviselo na daném typu ošetření, dle koncentrace jednotlivých živin. Je však pravděpodobné, že množství trichomů bylo ovlivněno hořčíkem. Mimokořenová výživa na list dle zvoleného způsobu, složení a koncentrací jednotlivých živin měnila i počet funkčních průduchů. Mimo to bylo při tomto pokusu zjištěno, že velké dávky dusíku zmenšují tloušťku kutikulární vrstvy. Hnojení draslíkem na list způsobuje v listech změny v poměru houbového a palisádového parenchymu, kdy se zvětšuje vrstva houbového parenchymu. Díky tomu se snižuje množství chloroplastů, které se vyskytují v rostlinných pletivech a snižuje se schopnost rostliny fotosyntetizovat organické sloučeniny. Tímto způsobem se aplikují mikroelementy, které je obtížné nadávkovat, jak napsal Mařátko et. al. (2011) „Je třeba vzít v úvahu některá specifika, týkající se problematiky mikroelementů ve výživě rostlin a vyplývající z toho, že jich rostliny odebírají cca 1 000 x menší množství než makroživin. Druhé specifikum je to, že jejich celková zásoba v půdě je 10x větší než u makroelementů (což neplatí ovšem jednoznačně pro přístupné frakce)“. K tomuto se právě hodí mimokořenová výživa, jelikož jsou poté mikroelementy lépe přijímány rostlinou a lépe se reaguje na jejich nedostatek, avšak bylo by efektivnější, kdyby bylo potřebná množství mikroelementů v půdě, a nikoliv byla dodávána v rámci mimokořenové výživy po první listové analýze, která se provádí v červnu. Mimo kombinace prvků může dohromady zvýšit jednu z odolností rostliny, například bór, hliník, kobalt, mangan, zinek a měď zvyšují odolnost vůči suchu. Fertigace může pracovat jako mimokořenová i kořenová výživa, podle toho, kde je umístěna a na co dopadá voda přiváděna z kapkové závlahy. Ve chmelařské praxi se používá minimálně, protože by docházelo k velkým ztrátám hnojiva a jeho usazování na povrchu rostlin a půdy, kvůli zavěšení kapkové závlahy vysoko na chmelové konstrukci. Z 3letého pokusu provedeném na chmelnicí v Žatecké chmelařské oblasti na pokusných chmelnicích na Stekníku vyšlo, že fertigace v kombinaci s listovou výživou významně zvýšilo výnos chmele, oproti kontrole hnojené pouze foiliárně a pevnými hnojivy do půdy (Donner et. al., 2019). U zvýšení výnosu se jednalo o obsah alfa hořkých kyselin, který se zvýšil o 14 procent v roce 2018, zbylé 2 roky nebyly významně ovlivněny. Na tento pokus navazuje příspěvek Janíka (2017), který zmiňuje že fertigace účinně snižuje dávky základního hnojení o 1/3 až 0,5. Zbytek živin je možno dodat flexibilně. Fertigací v průběhu vegetace na základě projevů nedostatku na rostlině, který jak uvádí Baierová (2004) na příkladu hořčíku, nemusí být vratný, nebo na základě listových analýz. Možnost vyššího výnosu a kvality, jakož i snížení nákladů na vodu, hnojiva a pracovní sílu jsou potenciálními důvody pro přechod na kapkové závlahové systémy (Wample et. al., 1983) u kterých bude možnost aktivně používat fertigaci.

Organické hnojení se provádí ve chmelnicích jednou za 3 roky ideálně chlévským hnojem, který obsahuje velké množství mikroelementů. To je po aplikaci nutné co nejdříve zapravit do půdy, aby došlo k co nejmenším ztrátám na mikroorganismech a živinách. Z pohledu ztráty živin je nutné zaorat hnůj nejpozději do 24 hodin po aplikaci. Hnojivá účinnost klesá po 6 hodinách o 3–16 %, po 1 dni o 6–21 %, po 4 dnech o 14–36 % (Krofta et. al., 2012). Chlévský hnůj obsahuje v jedné tuně přibližně 5 kg dusíku, 5,2 kg draslíku a 1,1 kg fosforu. Vzhledem k situaci, která panuje na českém trhu v nepřízeň živočišné výroby, tedy doprava a množství, jež by pokrylo potřebu rostlinné výroby na území České republiky, je to jen zbožné přání. Proto se pěstitelé chmele uchylují k méně účinným organickým

hnojivům. Většinou používají posklizňové zbytky, které odváží zpět na pole a které po sklizni chmelových hlávek zapravují do půdy, aby se rozložily. Problém, který se u chmelových posklizňových zbytků projevuje, je jejich špatné rozkládání, pokud k nim není přidán nějaký jiný zdroj mikroorganismů. K podobnému závěru došel i experiment, provedený v květináčích, prováděný ve Slovinsku, kdy porovnávali směs čerstvých chmelových posklizňových zbytků a profesionálního substrátu s vyzrálým kompostem z chmelových posklizňových zbytků a profesionálního substrátu, na čínském zelí. Výsledkem pokusu, bylo, že směs s čerstvými chmelovými zbytky dopadla stejně nebo hůře nežli kontrola, která byla tvořená čistým substrátem. Použití vyzrálého kompostu z chmelových rostlin už mělo výsledky dobré (Čeh et al., 2022). Kvalitní půl roku starý kompost, při správném provedení kompostovacího procesu, z něhož jedna tuna o vlhkosti 20 %, v sobě obsahuje 5,4 kg dusíku (N), 2,2 kg draslíku (K) a 0,8 kg fosforu (P) (Čeh et al., 2022). Problémem však je, že většina zemědělců si nepočká až se jim vytvoří kvalitní kompost, nebo jej mají vytvořený nekvalitně. Kromě nedostatečné schopnosti uvolňovat živiny do půdního roztoku v přístupných formách pro rostliny, zlepšovat půdní úrodnost a obsah samotných živin v kompostu, mají nezkompostované posklizňové zbytky ještě jednu důležitou nevýhodu. Tou je nedostatečná fyto-sanitarita, která se nyní stává důležitou, jelikož se na chmelnicích začíná stávat problémem houbová choroba způsobovaná *Verticillium*. U rostlin je jakékoliv onemocnění značný problém, díky absenci imunitního systému, který by aktivně s nemocí bojoval. Tato komplikace je zvláště vážná u vytrvalých rostlin. Proto jsou snahy, spíše než vytvářet kvalitní komposty, pěstovat v meziřádcích chmelnic plodiny určené k zelenému hnojení, o kterých se zmiňuje již Rybáček et al. ve své publikaci *Chmelařství* z roku 1980.

Trvalé porosty pro zelené hnojení ve chmelnicích mají svá velká úskalí, neboť se dlouho přejíždí s plečkami a kypřiči, které by porost zeleného hnojení zlikvidovaly. Nejvhodnějším časem pro zakládání porostů plodin zeleného hnojení je období mezi 2 priorávkou chmelových rostlin a 14 dny před sklizní, jelikož by poté rostliny nestihly vyklíčit a vytvořit nadzemní biomasu, před podzimní orbou. Díky doporučené době setí rostlin na zelené hnojení je třeba vybírat druhy rostlin, které zvládnou zastínění plně vzrostlých chmelových rostlin, které u chmelnic s vysokou konstrukcí dosahují výšky až 7 metrů, kdy zastíní celé meziřadí. Toto se však netýká chmelnic s nízkou konstrukcí, které jsou jen 2 až 3 metry vysoké, ale ty se u nás moc nestavějí. V tomto období jsou proto do chmelnic nejvhodnější k zasetí hořčice bílá, svazenka vratičolistá a peluška. Tyto rostliny jsou vhodné pro svou nenáročnost na půdní úrodnost, rychlý nárůst biomasy a působí fyto-sanitárně. Do této kategorie by se dalo zařadit i ozelenování meziřadí, jehož hlavním účelem je zlepšení půdních vlastností a omezení vodní eroze. Lipecki et al. (1997) zdůrazňuje příznivý vliv podsevu na zdravotní stav rostlin, včetně nižšího výskytu nebezpečné choroby vadnutí způsobené houbami rodu *Verticillium* a *Fusarium*. Kromě rostlin běžně používaných pro zelené hnojení a ozelenění se projevilo, že použití tritikale a ovsa jako podsevu mělo jasný vliv na zvýšení výnosu chmelových rostlin (Solarska et al., 2013). Dle Krofity et al. (2012) se oseté meziřadí má sekat dvakrát až čtyřikrát během sezóny, tak aby rostliny v meziřadí nezískaly více jak 10 centimetrů výšky. Metodickým způsobem jak je sekat je nesekat všechny osetá meziřadí nejednou, ale sekat každé druhé oseté meziřadí, aby ve chmelnici bylo stále dost květů, které jsou zdrojem pylu a nektaru sloužícího jako potrava pro hmyz. Mimo to mohou tyto ponechané pásy sloužit jako útočiště pro nejrůznější druhy organismů a tím zvyšovat biodiverzitu, která nemusí být vždy chtěná.

Pěstitelé chmele však nejsou z většiny otevření této myšlenky kvůli jisté konzervativnosti a také díky konkurenci rostlin určených k zelenému hnojení s rostlinami chmelovými. Tato konkurence je o živiny, které se však navrací zpět do půdy při zaorávání rostlin, a o vodu, která se stala díky posledním několika poměrně suchým létům důležitým faktorem rozhodujícím o přijatelnosti živin, výnosech a kvalitě chmelových hlávek. Konkurence o živiny se dá vyřešit i mírným navýšením dávek hnojiva o normativ, který daná plodina odebere. Navíc rostliny v meziřadí odčerpávají svým kořenovým systémem živiny zejména z horních vrstev ornice v meziřadí, což je přibližně 30 až 40 centimetrů, kdežto kořenový systém chmele je mnohem rozsáhlejší, a navíc není většinou v přímé interakci s oblastí kořenů rostliny určené k zelenému hnojení (Vavera et. al., 2017). Kromě toho hraje v neprospěch zeleného hnojení i ekonomika jako taková, která sice nepokrývá nesporné výhody, které zelené hnojení má oproti čistě minerálnímu hnojení spojeného s černým úhorem, ale ekonomika je pro spoustu pěstitelů určujícím faktorem.

Organické hnojení mimo tohoto všeho zlepšuje i půdní organickou hmotu. Ta je základním faktorem půdní úrodnosti, díky tomu že ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půdy, a je tvořena dvěma částmi, živou a neživou. Živou organickou část půdy zastávají kořeny rostlin, které zastávají významnou pozici, jelikož růstem kořenového systému, jeho mohutností a jeho fungováním, značně ovlivňují chemické a biologické půdní procesy. Po jejich odumření se stávají součástí organického podílu. Kromě nich je v půdě i mikroedafon, který se účastní většiny rozkladných a přeměnných procesů. Neživou částí organické půdní hmoty jsou humusové látky, tvořené fluvokyselinami, huminovými kyselinami a samotným humusem, a primární organickou hmotou, která se do půdy dostává již neživá v nějakém stupni rozkladu. Ve chmelnicích má proto nyní největší přínos zelené hnojení ve zlepšení množství půdní neživé organické hmoty, díky které má chmel z čeho čerpat živiny, i ve zvětšení množství zástupců mikroedafonu, který by přispíval ke zvýšení návratnosti živin při rozkladu chmelových posklizňových zbytků.

V zahraničí se zkouší i pokusy s organickými listovými hnojivy, která jsou tvořena například aminokyselinami z mořských řas. Dle pokusů na aminokyselinách dva rostlinné biostimulanty obsahující výtažky z řas neovlivňovaly pozitivně minerální složení chmelnic, indexy nutričního stavu plodin a fotosyntetickou účinnost ani koncentrace α a β hořkých kyselin v čípcích. Úroda se výrazně zvýšila při využitím extraktu z řas na pozemku se slabými chmelovými rostlinami (Afonso et. al., 2021). Výsledky pokusu mohly však být, podle autorů, ovlivněny průběhem počasí.

3.2.1 Dusík

Je jedním z makroelementů nepostradatelných pro rostliny. Chmelové rostliny jej ve velkém množství odčerpávají od začátku června až po konec srpna, kdy většinou začíná sklizeň chmelových hlávek. Rostliny mají největší potřebu dusíku v období intenzivního dlouhivého růstu, které probíhá na jaře, kdy běžná potřeba dusíku je dle Rodolfi et al. (2021) mezi 150 a 225 kilogramy na hektar v závislosti na stavu půdní organické složky. Toto množství odpovídá střední stanovené dávce dusíku na celý rok. Jak popsali již Rybáček et al. (1980), a na kterého se odkazovali Krofta et al. (2012) a Vavera et al. (2017), že dusík je pro chmelové rostliny nezbytný, protože je součástí všech sloučenin bílkovinné povahy. Zásoba minerálního

dusíku v půdě na začátku vegetačního období, jednoznačně závisí na průběhu srážek v době vegetačního klidu (září až březen), jakmile je více srážek v půdě pak bude méně minerálního dusíku (Malý et. al., 2004). Vysoká aktivita bílkovin vyplývá poté z aktivity dusíkatých látek sloučenin, jež se nazývají aminokyseliny. Kromě sloučenin bílkovinné povahy je dusík obsažen v aminech a amidech, v chlorofylu a v některých dalších dusíkatých sloučeninách. Stejně jako i u dalších rostlin dusík podporuje růst. Kromě těchto vlastností podporuje vývoj kořenů a jejich funkci, přičemž je nápomocný při příjmu ostatních živin (Stevenson, 1986). Při nedostatku dusíku chmelové rostliny zakrňují, jejich listy jsou poté drobnější s úzkými laloky a bledě zeleným zbarvením. Chmelové hlávky jsou drobné a nevyvinuté. Při velkém nedostatku dusíku se poté u rostlin projevují poruchy růstu, které skončí trpasličím habitem. Mimo to jsou listy drobné, bledě zelené až žluté, z nedostatku chlorofylu, a brzy opadávají, protože se brzy ukončuje růst.

Při nadbytku dusíku chmel roste bujně. Listy jsou velké, sytě zeleně zbarvené, díky čemuž mohou asimilovat velké množství fotosyntetických produktů. Na druhou stranu tyto velké listy jsou, při obdobích sucha a veder, které jsou v dnešní době až nepříjemně pravidelné, plochou, ze které se odpařuje díky transpiraci velké množství vody. Při nadbytku dusíku jsou ještě pletiva rostlin vodnatá, řídká a náchylná k onemocnění i mechanickému poškození (Rybáček et al., 1980; Tajnšek et al., 2010). Dále nadbytek dusíku omezuje prodlužovací růst kořenů, a tím zmenšuje prostorové rozmístění kořenové soustavy, zvláště pak u mladých rostlin. Dále pak nadbytek dusíku u rostlin způsobuje, díky větší náchylnosti na mechanické poškození, větší škodlivost mšic a následně svilušek, jelikož jde o stejný typ škůdce. Toto testoval Hosseini et. al. (2010). Dle jeho studie je při vyšších dávkách hnojení dusíkem na rostlinách větší množství mšic, které bylo definováno jako množství dospělých mšic i jako množství nymf na jednu dospělou mšici. Kromě zvýšení tlaku škůdců se zvyšuje, u přehnojení dusíkem, množství poškozených rostlin houbovými chorobami (Tackle et. al., 2017). Z toho díky přehnojení chmelnic minerálním dusíkem, jak uvádí Malý et. al. (2017), může vyplývat veliký tlak savých škůdců na chmelových rostlinách. Chmelové hlávky jsou při nadbytku dusíku a menším počtu nadměrně velké, často prorůstají, mají hrubou stavbu a tlustší vřetenko. Těmito všemi znaky značně klesá kvalita chmelových hlávek. Navíc chmelové hlávky mají menší obsah lupulinu a horší vůni. Tento jev může záviset i na formě v jaké chmelové rostliny dusík dostaly. Tyto všechny znaky v dostatečné míře a při správné kombinaci může celý výnos chmelových hlávek z daného vegetačního roku změnit na nevýdělečný až neprodejný. Zvýšený obsah dusíku může nastat i když je v půdě či rostlině nedostatek síry, fosforu nebo hořčíku. Při přehnojení dusíkem se mohou v hlávkách objevovat nitráty, které jsou potom přímo přenášeny do piva, ve kterém je jejich množství již regulováno. Dle Iskré et. al. (2019) je v Evropě limit na obsah nitrátů v pivě 50 mg/l, oproti třeba USA, kde je tento limit přísnější, a i přesto byly v Německu nalezeny várky piva, které toto množství překročily.

Rostliny přijímají dusík ve formě amoniaku, dusičnanů i dusitanů, které jsou zpracovávány nitrátoreduktázou, kdy jsou dusičnanové anionty, jež jsou přijaté z půdního roztoku pomocí kořenů nebo z mimokořenové výživy, přeměněné na dusitanové anionty. Ty jsou poté následně přeměněny na amoniak. Celý tento proces následných chemických reakcí probíhající pomocí nitrátoreduktázy, je velmi náročný na energii, a proto je úzce spojený s procesem fotosyntézy a nitrátoreduktáza lokalizovaná poměrně blízko chlorofylu. Reakce

probíhající za pomoci nitrátreduktázy jsou katalyzovány metaloproteiny železa a molybdenu. Amoniak vzniklý přeměnou dusičnanů a dusitanů pomocí nitrátreduktázy, se zřídka ukládá v rostlině, jelikož je pro ni při velkém množství jedovatý, a je rostlinou ihned zapracován do kyseliny glutamové a kyseliny asparagové. Tyto 2 organické kyseliny poté slouží jako stavební kameny, ze kterých se tvoří další aminokyseliny a biochemické látky obsahující dusík. (Stevenson, 1986)

Dusíkem je třeba podle Gingrich et al. (1997), Rybáček et al. (1980) a Vavera et al. (2017) v jednom vegetačním roce třikrát. Jednou v období kolem řezu chmelových babek, podruhé před první priorávkou, které odpovídá období po zavádění, a třetí před třetí priorávkou. Při hnojení stupňovanými dávkami dusíku se docílí zintenzivnění růstu i prodlužování jednotlivých fenologických období, a tím i celé vegetační doby chmelových rostlin. To je výhodné při plánování orientačního data sklizně, jelikož pro sklizeň chmele je potřebné velké množství brigádních pracovníků a elektrické energie, které je třeba nasmlouvat k nějakému datu. Je zde však omezení hnojení organickým dusíkem. Jedná se o takzvanou „nitrátové směrnici“ z roku 2012, která stanovuje maximální přípustnou roční míru organického, organominerálního a statkového dusíku na 170 kilogramů na hektar, které se právně nazývá Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programem, která je úpravou směrnice Rady Evropy 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů z roku 1991. Kromě tohoto nařízení existuje ještě takzvaný „článek 68“, který pojednává o vyplácení státní podpory zemědělcům, kteří dodrží podmínky stanovené nařízením vlády č. 60/2012 Sb., která stanovuje nejvyšší přípustnou hranici hnojení dusíkem po celý kalendářní rok na 180 kilogramů na hektar. Znečištění dusíkem se odkazuje na jeho dobrou pohyblivost v půdě, která zapříčiňuje, že se snadno vyplavuje. Tyto státní opatření stanovují hranici pro hnojení dusíkem v systému integrovaného pěstování chmele. Běžně se však udává doporučená dávka hnoje mezi 40 až 70 tunami na hektar v závislosti na druhu půdy. Když budeme počítat, že obsah dusíku v hnoji je 0,5 % (Krofta et. al., 2012), pak samotný objem dusíku se pohybuje mezi 200 a 350 kilogramy na hektar. Správná dávka by tedy, dle všech vyhlášek, měla činit nejvíce 36 tun na hektar chlévského hnoje. Díky tomuto objemu živin, se někdy jedno hnojení vynechává, když se hnojí organickými hnojivy. To může toto stupňování značně zkomplikovat, zvláště pěstitelům zařazených ve zranitelných oblastech. V suchých letech je problém u hnojení pevnými minerálními hnojivy na půdu v jejich rozkládání a příjmu rostlinou. Jak popsali Čeh et. al. (2013) na jejich pokusech v roce 2012 s hnojivem KAN, u nás známého jako LAV, což je dusičnan amonný s jemně mletým vápencem, které se bylo schopno dostat do půdy, ale již nikoliv do půdního roztoku čímž se nedostal k rostlinám a ty jej nevyužily. Dusík se z tohoto hnojiva dostal do půdy, ale byl vyplaven po velmi deštivém podzimu. Něco podobného se stalo v roce 2022, kdy po předchozím roce byla půda vyčerpaná a rok byl rekordně suchý. Díky tomu se minerální hnojiva nezasakovala do země a spolu s vysokou cenou dusíkatých hnojiv se to podepsalo na výnosech sklizně daného roku. U planých chmelových rostlin byla pozorována mykorhyza, která zlepšuje jeho dusíkatou bilanci (Rybáček et al., 1980), zajímavé by bylo vědeckou metodou zjistit, zda by něco podobného nebylo možné vyvolat i u kulturních chmelových rostlin, což by pomohlo ekologii pěstování chmele, jelikož by se poté nemuselo tolik hnojit a vodní toky v okolí chmelnic by poté nemusely být v riziku znečištění anorganickými dusíkatými hnojivy, jelikož se chybějící zásoba dusíkatých aniontů doplňuje mimokořenovou

výživou. Důležité by bylo také zjistit, zda jde o druhově specifickou, nebo nespecifickou mykorrhizu. Jak uvádí Rodolfi et. al. (2021) dosáhl nejvyššího obsahu alfa hořkých kyselin při optimalizaci hnojení kombinace různých organických hnojiv, kdy poprvé hnojily čistě dusíkem a následně mikroelementy, které způsobily vyšší produktivitu. Dusík byl dodán v době, kdy rostliny byly ještě ve vegetativní fázi, a ještě nezačaly tvořit hlávky. Tyto údaje nebyly v souladu se studií Iskré et. al. (2019), kteří pozorovali snížení obsahu alfa kyselin s nárůstem dusíku. Jejich údaje lze vysvětlit tím, že v jejich studii byl N dodáván přímo do půdy prostřednictvím závlahy čtyřikrát během vegetačního období, čímž bylo získáno nadbytečné množství dusíku, které způsobilo snížení syntézy alfa kyselin, pravděpodobně ve prospěch vegetativního růstu a růstu šištic. Díky tomu se jenom potvrzuje, potřeba precizního hospodaření na chmelnicích.

3.2.2 Fosfor

Fosfor má pro rostliny významné postavení v biochemických reakcích a v přenosu energie. Jedna z významných organických sloučenin zapojujících se v energetických biochemických procesech je adenosin trifosfát, který je hlavním přenašečem v rostlinném těle. Kromě toho je nezbytnou součástí mnoha dalších organických sloučenin v rostlinných buňkách, jako jsou například nukleové kyseliny, fosfolipidy a fytin. Fosfor v některých částech fenologického vývoje působí protichůdně než dusík. Podporuje totiž vývoj generativních orgánů, a to tím způsobem, že zvyšuje množství osýpky, zabraňuje jejich přerůstání a prorůstání. Kromě toho u chmelových hlávek podporuje tvorbu měkkých pryskyřic, dodává jim zelenou barvu a zvyšuje jejich těžkost. Dalším efektem je vyrovnanost a jemná stavba generativních orgánů, které jsou bohaté na lupulin. Chmelové hlávky obsahují 37 procent všeho fosforu obsaženého v chmelové rostlině. Fosfor je chmelovou rostlinou přijímán aktivně pomocí štěpení molekul adenosin trifosfátu enzymem ATPasou ve formě aniontů dihydrogenfosforečnanu a hydrogenfosforečnanu. Nedostatek fosforu se projevuje pozastavením růst nadzemních částí chmelových rostlin, a oddálením dozrávání. Naopak kořenová soustava zvyšuje intenzitu růstu. Kolem kořenů se začínají vylučovat a aktivovat fosfatasy, jejichž činností je zpřístupňovat rostlinám fosfor, který byl do té doby nepřístupný. Zastavení růstu nadzemních částí chmelových rostlin je způsobeno omezením a bržděním přeměny cukrů v organické kyseliny, které jsou akceptory aminoskupin, což způsobuje následné brždění tvorby dusíkatých látek nezbytných pro růst chmelových rostlin. Dalším důsledkem nedostatku přístupného fosforu je malá tvorba osýpky u chmelových rostlin. Chmelových hlávek je také méně, špatně se vyvíjejí, jsou drobné, mají horší jakost a v technické zralosti se zcela neuzavírají, což způsobuje ztráty lupulinu a rozpadání chmelových hlávek. Nedostatek fosforu může být vyvolán při přebytku dusíku, nedostatku manganu či nedostatku mědi. Nadbytek fosforu způsobuje předčasné zakvétání chmelových rostlin, což způsobuje urychlené dozrávání chmelových hlávek a zapříčiňuje celkové zkracování vegetační doby. (Rybáček et al., 1980; Stevenson, 1986; Krofta et al., 2012; Vavera et al., 2017)

Přístupnost fosforu chmelovým rostlinám je výrazně ovlivňována půdní reakcí, která má optimální hodnotu kolem 6 pH. Při vyšším pH se fosforečné ionty stávají nerozpustitelnými, protože začínají tvořit sloučeniny oktaalkaliumfosfát a hydroxylapatit, které vznikají tím,

že na sebe fosforečné ionty navazují ionty vápníku (Balík et al., 2003). Půdní reakce udržovaná ve chmelnicích se však pohybuje na hranici slabě kyselé až neutrální hodnoty, což je pH od 5,6 do 7,2 bodů. Proto na většině chmelničných půd nebývá problém s množstvím fosforu, ale s množstvím jeho přijatelných forem. Jelikož je fosfor vázaný na půdní organické sloučeniny, jako jsou komplexy huminových kyselin a fluvokyselin, kterých ve chmelničných půdách za posledních 35 let ubylo na velmi nízkou hranici (Mařátka et. al., 2005). V tomto směru je potom mimořádně významný efekt žížal, které mají ve svém trusu, díky enzymatickému rozkladu organické hmoty při průchodu trávicím traktem zhruba pětkrát až desetkrát více fosforu v pro chmelovou rostlinu přijatelných formách než okolní půda (Krofta et al., 2012). Dle výzkumu Gingrich et. al. (2000) mají chmelové rostliny malou potřebu fosforu, zvláště pokud ho porovnáme s potřebou dusíku, nebo draslíku. Navíc chmelové rostliny obecně nereagují na aplikaci hnojiv s obsahem fosforu. Absence významného vztahu mezi hodnotami fosforu v půdě a tkáních naznačuje, že P v půdě je nad kritickou úrovní pro produkci chmele. Tyto závěry byly udělány na základě hodnocení, kdy Gingrich et. al. uvádí, že přes 60 ppm fosforu v půdě je příliš velké množství. V porovnání s výsledky z půdních rozborů provedených ZOL Postoloprty je 81 ppm půdního fosforu velmi nízké množství pro chmelniční půdu. Vzhledem k tomu, že fosfor je klíčovým prvkem v akumulaci chemické energie v rostlinách, jeho sloučeniny jsou strategické z hlediska celkového vývoje rostlin i tvorby zásobních látek a příjem fosforu je závislý na zásobách energie v rostlinných tkáních, může jeho nedostatek nastat i pokud nemají dostatek energie na jeho transport (Balík et. al., 2003)

Fosfor ve svých formách má schopnost blokovat ostatní živiny. Při nedostatku snižuje schopnost přijmout dusík. To je způsobeno porušením rovnováhy v rostlině, která by přijatý dusík nebyla schopna nakonec využít. Nadbytek fosforu však může blokovat zinek. Nadbytek fosforu se projevuje porušením poměru mezi zinkem a fosforem, který se může porušit buď velkým množstvím přístupného fosforu, nebo krátkodobého poklesu přijatelných forem zinku. To poté vyvolává nedostatek. Podle Mařátka et. al. (2003) se při přehnojení dusíkem v nitrátové formě musí zvýšit i hnojení přijatelným fosforem, jelikož bylo potvrzeno že nitrátové formy dusíku brzdí příjem fosforu, čímž se může snížit příjem i ostatních živin, které nejsou v nedostatku nebo nějakým způsobem blokovány. Chmelová rostlina je schopna odčerpát přibližně jen třicet procent zapracovaného fosforu o chmelniční půdy.

3.2.3 Síra

Podobně jako fosfor je síra v chmelových rostlinách součástí některých bílkovin, popřípadě aminokyselin, například cystin, cystein a methionin. Dokonce rostliny obsahují stejné množství síry jako fosforu, což jsou 0,2 až 0,5 procenta sušiny. Síra je také součástí enzymů, vitamínů, silic a mnoha dalších látek. U rostlin chmele významně ovlivňuje tvorbu silic a pryskyřic ve chmelových hlávkách, které obsahují 44 procent celkového obsahu síry v chmelových rostlinách (Verhoeven et. al., 2021). Na chmelové rostliny působí zhoubně anorganické sloučeniny a formy síry, zejména pak oxid siřičitý a sirovodík, které se mohou ještě nacházet v půdách poblíž průmyslových aglomerací. Naštěstí však ve většině půd na českém území převyšuje obsah organických sloučenin nad množstvím sloučenin anorganických. Síra má i fyto-sanitární účinky a napomáhá tak vyšší odolnosti chmelových

rostlin proti přírodním tak i antropologickým negativním vlivům. Pro mimokořenové hnojení sírou jsou nevhodnější sírany oproti tomu k hnojení v rhizosféře chmelových rostlin jsou vhodnější sulfáty. Obsah síry by neměl klesnout pod 30 mg na kg půdy, jelikož poté se začínají objevovat projevy nedostatku síry. Morfologické příznaky nedostatku síry jsou podobné jako u nedostatku dusíku. Listy jsou bledě zelené a rychleji odumírají. Navíc oproti těmto příznakům má nedostatek síry vliv na kvalitu chmelových hlávek.

Dle údajů z pozorování publikovaných Maťátkem et. al. (2017) se díky odsíření elektráren emise oxidu siřičitého snížily jenom od roku 1994 na rok 1999 o 64 kilogramů síry na hektar a rok. Díky tomu se zvedla potřeba hnojení chmelnic sírou, která, mimo předem zmíněných vlastností, zvyšuje odolnost chmelových rostlin proti rostlinným patogenům a pesticidům. Tento údaj doplňuje pozorování ZOL Postoloprty prezentovaných Malým et. al. (2017), kdy v roce 2016 bylo nedostatečně zásobených rostlin po první listové analýze 70 procent a k druhé listové analýze toto množství kleslo na 93 procent testovaných vzorků, které byly nedostatečně vyživené sírou. Dostatečné množství síry, které jak uvádí Vavera et. al. (2017) by mělo být vyšší než 30 ppm. To znamená, že je potřeba pro správnou produkci chmele přibližně 120 kilogramů síry na hektar v rostlinou přijatelných formách.

3.2.4 Draslík

Draslík se v chmelových rostlinách výrazně uplatňuje v energetickém a látkovém metabolismu. Příkladem může být metabolismus glycidů, aminokyselin, bílkovin a fosforu. Dále se pak uplatňuje i v aktivaci některých enzymů. Také silně ovlivňuje aktivitu koloidů v plazmě. Zvyšuje pevnost rostlinných pletiv a jejich odolnost proti poškození škůdci a chorobami, čímž přispívá ke zlepšení zdravotního stavu chmelových rostlin. Působí příznivě na dozrávání chmelových hlávek, na bohatou tvorbu lupulinu a obsah chmelových pryskyřic a silic. K tomu u nich podporuje trvale zelenou barvu i po sklizni. Draslík je nesmírně důležitý pro vodní režim rostlin, neboť ovlivňuje osmotický tlak v rostlinném těle. Jde o živinu ve chmelové rostlině dobře pohyblivou. Nedostatek draslíku se projevuje na starých listech, protože mladé listy po určitou dobu využívají draslík přesunutý ze starších rostlinných orgánů, ale je u nich porušena apikální dominance. Staré listy blednou od okrajů a později se na nich objevují hnědé skvrny ohraničené žilnatinou. Tyto skvrny se postupně rozšiřují, listy bronzově žloutnou, přecházejí až do popelavě šedého zbarvení a opadávají. Nadbytek draslíku negativně ovlivňuje příjem jiných iontů, zejména pak hořčík, a zhoršuje jakost chmelových hlávek, které obsahují méně lupulinu, a tím i obsahu alfa hořkých kyselin, a chmelových pryskyřic (Maťátko et. al., 2003). Draslík je dobře pohyblivý, takže když je s ním hnojeno s rozumem, nemusí nastávat problémy. Draslík může právě při velkém množství působit fytotoxicky, avšak toxicita draslíku neexistuje sama o sobě. Nadměrné množství draslíku však může způsobit antagonismy, které vedou k nedostatku jiných živin, jako je hořčík a vápník. Pokud k tomu dojde, je nejlepší otestovat pěstební médium a rostlinnou tkáň na obsah živin a upravit oplodňovací program, nebo aplikační rychlost (E. Bloodnick, 2023). Díky tomu, že většina chmelniční půdy obsahuje poměrně vysoké množství přijatelného draslíku, kolem 500 ppm (Krofta et. al., 2012), se více než nedostatek blíží riziko nadbytku draslíku.

3.2.5 Vápník

Vápník se v rostlinných buňkách chmele nachází ve voděrozpustné, nebo kyselinorozpustné formě. Vytváří soli s minerálními a organickými kyselinami. Příkladem takovýchto kyselin je například kyselina uhličitá, sírová, fosforečná, pektinová a oxalacetonová. Voděrozpustné formy vápenatých solí se nachází v protoplazmě, kde se vážou na kyselinové skupiny bílkovinných látek a jsou pohyblivé. Kyselinorozpustné se formy se ukládají ve vakuolách a na rozdíl od vodorozpustných forem jsou nepohyblivé. Vápník má důležitou úlohu při tvorbě buněčné blány. V ní je vápník částečně v obsažen v obou formách, ve kterých se v rostlinných buňkách nachází. Kromě toho je vápník součástí mnoha buněčných organel. Jeho přítomnost je nutná v procesech dělení a prodlužování rostlinných buněk. Jelikož je vápník v rostlinném těle málo pohyblivý a rostlina jej není schopna využít znovu, je nezbytně nutné zabezpečit, aby byl pro chmelové rostliny trvale přístupný po dobu celé vegetace. Při nedostatku vápníku buněčné blány slizovatěji a pletiva dřívě dřevnatí tím, že se jim do buněčných stěn ukládá lignin. Nedostatek se morfologicky nejprve projevuje na nejmladších částech rostlin a později až na starších, což zapříčiňuje poškození mladých orgánů, listů a vegetačního vrcholu, který žloutne a umírá. Vrcholové listy jsou vyduté se světlým okrajem a drobné. Později se na těchto listech objevují hnědé nekrotické skvrny a listy nakonec odumírají. Kromě toho nedostatek vápníku v půdě snižuje dostupnost fosforu, bóru a molybdenu. Nadbytek vápníku snižuje příjem ostatních živin, zejména pak kationty hořčíku, draslíku a železa. Toto snižování příjmu kationtů může způsobovat chlorózy. Na chmelových hlávkách se nadbytek vápníku projevuje jejich zhrubnutím a předčasným žloutnutím (Rybáček et al., 1980). Kromě důležitosti pro rostlinu jako takovou, je vápník důležitý i pro ovlivňování půdní reakce. To se provádí vápněním, které se doporučuje jednou za 4 roky na základě půdní reakce. Byly provedeny pokusy s dusíkatým vápnem, jehož chemický název je kyanamid vápenatý (CaCN_2), které ukázaly, že použití vápeného dusíku vede k větší retenci výměnného vápníku ve srovnání s jinými zahrnutými hnojivy. Vzniká tak přirozené stimulační prostředí pro činnost a rozvoj prospěšných mikroorganismů, které potlačují, nebo omezují činnost škodlivých organismů (Čeh et. al., 2020). Především jde o rozvoj obohacující půdní úrodnost. Z mikroorganismů, které potlačují, nebo omezují rozvoj nežádoucích škodlivých organismů, se autoři zmiňují o houbách rodu *Aspergillus* a plísních rodu *Penicillium*. Ostatní porovnávaná hnojiva ve studii pak byla dusičnan amonný, síran amonný, dusičnan vápenatý, močovina a nehnojený povrch.

3.2.6 Hořčík

Hořčík je prvkem nesmírně důležitým pro správné fungování rostlin, jelikož má zásadní vliv na fotosyntézu. V chmelových rostlinách se nachází volně, v organických solích, vázaný protoplazmou, či v molekule chlorofylu, nebo ve vakuole. Z celkového množství hořčíku v chmelové rostlině je jen přibližně 10 procent vázáno v chlorofylu, kde má hořčík specifickou funkci při průběhu fotosyntézy. Kromě této funkce hořčík výrazně ovlivňuje tvorbu, přeměnu a přenos glycidů a také syntézu proteinů a lipidů. U chmelových rostlin má hořčík pozitivní vliv na tvorbu generativních orgánů, přesněji ovlivňuje množství a kvalitu chmelových hlávek. Zvyšuje u nich totiž množství lupulinu a působí pozitivně na zelenou barvu chmelových hlávek,

kterou si poté lépe udrží. Hořčík je v rostlině pohyblivý a schopný reutilizace, proto je schopen se při nedostatku přesunout z listů do generativních orgánů rostlin. Díky tomu se nedostatek hořčíku projevuje chlorózami starých spodních listů, jenž nejdříve blednou, poté mezi žilnatinou žloutnou, přičemž jsou žilky lemovány zelenějším pruhem. Později se na chlorózou postižených rostlinných částech objevují šedě až hnědočerveně zbarvené nekrózy a listy předčasně odpadávají. Nadbytek hořčíku se objevuje jen vzácně. Chmelniční půdy patří však mezi půdy, které mají dobrou zásobenost půdy hořčíkem. Je důležité hlídat množství hořčíku nejen kvůli obsahu pro rostliny, ale také aby byl hořčík přítomen ve chmelových produktech tak, aby zajistil, že například ve 12° pivu bude jeho obsah 9,6 miligramu na 100 gramů piva (Baierová, 2004). Dále se uvádí, že ideální pro výživu chmelových rostlin je vhodné použít listovou výživu, která dodává hořčík efektivněji, a to roztokem hořké soli, která se rozmíchává v poměru 1:100 s vodou.

3.2.7 Zinek

Zinek se v nadzemních částech chmelových rostlin nejvíce soustřeďuje v nejmladších orgánech, zejména v mladých listech, a ve vzrostných vrcholech, jelikož je součástí chloroplastů a fotosyntézy. Zinek je poměrně dobře pohyblivý, protože se při stárnutí přesouvá ze starých listů do těch nejmladších, kde dochází k jeho reutilizaci. Zinek je také součástí metabolismu nukleových kyselin, kdy má vliv na ribonukleázy v rostlinných pletivech a ribonukleové kyseliny (Mařátka et. al., 2011), bílkovin, fytohormonů a glycidů, kde zinek aktivuje podobnou sadu enzymů, která je aktivována hořčíkem a v některých případech jej může i nahrazovat (Mařátka et. al., 2005). Nedostatek zinku způsobuje u chmelových rostlin onemocnění zvané kadeřavost chmele a inhibici všech metabolismů, ve kterých je zinek přítomen. Nedostatek zinku v chmelové rostlině může být způsoben i jeho vyblokováním. To může nastat při vysokém množství organického dusíku, jelikož příjem zinku mimo jiné závisí i na organických látkách. Kromě toho může ještě nepřímo zavinit nedostatek přístupných forem zinku v půdním roztoku i vápník, díky své schopnosti ovlivňovat půdní reakci. Problémy s množstvím přístupného zinku nastávají při pH přes 6 bodů stupnice. Naproti tomu železo zvyšuje příjem zinku chmelovou rostlinou. Minimální hodnota přístupného zinku v půdě je podle Mařátka et. al. (2005) 15 kilogramů zinku na jednu tunu půdy, pak nastávají projevy nedostatku.

Kadeřavost chmele je vedena jako choroba, protože se dlouho věřilo, že se jedná o problém způsobovaný virovým onemocněním rostlin. Příznaky jsou v jednotlivých letech značně variabilní a kolísají dle daného obsahu přístupného zinku v půdním roztoku. Projevy nedostatku se projevují od latentních projevů kadeřavosti chmele až po zasychání a hynutí celých rostlin. Příznaky lehké kadeřavosti chmele jsou rostliny s dlouhými pazochy, které mají drobné listy a řídké nasazenými květenstvími. Listy jsou prohnuté, na čepeli hluboce dělené s ostrým zoubkováním. Příznaky se začínají většinou objevovat koncem června a v červenci. Příznaky těžké kadeřavosti rostlin a vysokého nedostatku zinku způsobují zakrslý vzrůst chmelových rostlin, které mají žlutozelenou barvu, a jejich pazochy jsou krátké, přitisklé šikmo vzhůru směrem ke chmelové révě. Listy nacházející se na chmelové révě jsou mezi žilkami pokryté světlými až skelně žlutými chlorózami. Čepel těchto listů postupně v dlouhých pruzích zasychá. Listy, které jsou jak na chmelové révě, tak i na pazochách, mají křehkou strukturu,

díky čemuž se snadno lámou a rostlina při pohybu ve větru vydává charakteristický chrastivý šelest. Chmelové hlávky jsou u rostlin s nedostatkem zinku malé, neuzavírají se a jejich kvalita je podřadná. Nyní se však příznaky silného nedostatku zinku neobjevují tak často.

3.2.8 Bór

Chmelové rostliny mají na bór vysoké nároky, protože bór je v rostlinách součástí metabolismu nukleových kyselin, metabolismu oxidace, energetického metabolismu, a to i v závislosti na oxidační fosforilaci. Kromě těchto funkcí spolu s cukry a pektinovými látkami má vliv na diferenciaci buněčných blan. Mimo tyto funkce obsah bóru zvyšuje obsah měkkých pryskyřic v chmelových hlávkách, zvláště pak obsah alfa hořkých kyselin. (Mařátka et. al., 2005). Bór má u chmelových rostlin vliv na pevnost kořenového systému, ale také na jeho správnou funkci. Potřeba bóru se v teplých a suchých letech zvyšuje, díky tomu má bór sezónní výskyt. Ovšem zvýšený obsah bóru je dán i tím že se stává pro rostliny nepřijatelným. To může být způsobeno silnou závislostí uvolnitelnosti bóru na hodnotě pH. Dalším nepříznivým vlivem počasí na obsah bóru v půdě jsou velké srážky, které způsobují vyplavování bóru z půdy. Míru vyplavení snižuje navázání bóru na volné huminové komplexy, které jsou stabilní v kyselém prostředí a nevyplavují se, avšak jsou přístupné chmelovým rostlinám. Díky tomu většina bóru uvolňujícího se v půdě pochází z mateční horniny nebo půdní organické hmoty. Limitující je u bóru především silně kyselá půdní reakce, protože se při ní tvoří nerozpustné stabilní sloučeniny. Problematická však může být i vysoká alkalita, jelikož tam se bór zapojuje do stabilních vodorozpustných sloučenin. Nedostatek bóru může vyvolat vápník svým vlivem na půdní reakci. To může při silném vápnění způsobit vznik sloučenin bóru a sesquioxidy hliníku a železa, které jsou nepřístupné pro chmelové rostliny. Proto je třeba po silném vápnění doplnit bór do půdy. Problém nastává i při nadbytku draslíku a dusíku, jelikož dochází k omezování schopnosti rostlin přijímat bór. Tento jev je viditelný zvláště při zvýšené hodnotě pH v chmelniční půdě. Nedostatek bóru u chmelových rostlin se projevuje zpomaleným a slabým růstem, abnormálně ztloustlými, tuhými a málo olistěnými výhony, na nichž se nachází krátká internodia. Následně vegetační orgány hnědnou a umírají. Na kořenech se nedostatek bóru projevuje snížením schopnosti přijímat živiny zmenšením aktivní plochy kořenového systému chmelové rostliny pak i nedostatkem energie na aktivní příjem živin z půdního roztoku. Dalšími příznaky je chloróza mladých listů, protože bór se usazuje v listech a není schopen být přeskupen a znovu využit chmelovou rostlinou, a poruchami metabolických drah, ve kterých se bór zapojuje. Na chmelových hlávkách nebyly pozorovány příznaky nedostatku bóru. Přehnojení bórem se projevuje na chmelových rostlinách kroucením listů, na kterých se podél žilnatiny objevují hnědá místa a světlé okraje. Ovšem díky velkým nárokům chmelových rostlin na obsah bóru v půdě se nejsilnější vizuální příznaky projevovali až u velmi toxických koncentrací od dávky 10 kilogramů na hektar bóru. Doporučené je však hnojit bórem mezi 1 a 3 kilogramy na hektar jednou za 3 roky v závislosti na výsledcích rozborů půdy a listových analýz.

3.2.9 Železo

Železo se ze 80 procent kumuluje v chloroplastech a zbývajících 20 procent železa obsaženého v chmelových rostlinách se nachází v listech. Železo je proto velmi úzce spjato se systémem chlorofylu, jehož však není součástí (Rybáček et al. 1980) Mimo to je v dýchacím řetězci jako přenašeč elektronů. Nedostatek železa se projevuje zprvu na mladých listech chmelové rostliny typickou chlorózou, která se projevuje žloutnutím až zbledáním nejmladších vegetačních částí chmelových rostlin. To může vést až k zastavení růstu. To se dá však zvrátit aplikací kapalného hnojiva, které po použití donutí obnovit růst a chmelová rostlina se znovu zazelená. Z toho je zřejmé, že železo není schopné být opětovně rostlinou využito. Železo může být vyblokováno při přebytku iontů zinku, mědi, manganu, fosforu a vápníku v půdním substrátu, což následně způsobuje jeho nedostatek (Mařátko et. al., 2005). Nedostatek železa může být způsoben i stoupající hodnotou pH, která mění pro rostlinu přijatelné formy železa na formy pro chmelovou rostlinu nepřijatelné. Železo není proto v zásadě problém na kyselejších půdách.

3.3 Metody určování stavu chmelařských půd

Jednou z hlavních metod zjišťování stavu zásobenosti živin ve chmelničných půdách a jejich schopnost odčerpání chmelovými rostlinami se hodnotí na základě listových analýz, které byly již zmíněny, a na základě agrochemického zkoušení půd, které se provádí jednou za 3 roky. To však neplatí pro pěstitele chmele, jež jsou zapojeni v integrovaném systému pěstování, který má povinnost provádět kontrolu stavu zásobenosti půdy alespoň každý druhý rok. To je dáno zvýšenou apelací na uzavírání koloběhů živin, který není pro zemědělský podnik, pěstující chmel, povinný. Největší laboratoří, která se zabývá zpracováváním listových a půdních analýz pro chmelové rostliny a chmelnice je Zemědělská oblastní laboratoř Postoloprty, která se nachází v žatecké chmelařské oblasti.

Půdní analýzy jsou zpracovávány podle standartních pravidel AZZP. Půda se odebírá z několika chmelničných půd. Dle metodiky MP 01/AZZP Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského se AZZP ve chmelnicích provádí: jeden průměrný vzorek se odebírá z plochy 3 ha. U samostatných, na sebe nenavazujících chmelnic se odebírá jeden vzorek z každé chmelnice bez ohledu na její výměru. Hloubka odběru činí 40 cm, přičemž se odstraňuje vrchní 10 cm vrstva zeminy. Vzorky se odebírají v řadách rostlin, a to uprostřed mezi jednotlivými rostlinami. (Smatanová, 2022) Hodnocení probíhá pomocí metody Melich III, který je účinným extrakčním činidlem na ukazování přítomnosti živin. Přístupné živiny ve chmelničných půdách dle výsledků AZZP z let 2012 až 2017 publikovaných ÚKZUZ jsou uvedeny v tabulce 1.. Na hodnotách v ní uvedených je zobrazeno, že většina přístupných živin je v chmelničných půdách obsažena ve vysokém množství. Podle výstupu ÚKZUZ mají průměrně chmelnice nedostatečnou zásobenost živin vyšší než deset procent jen u síry (40 %) a bóru (15,77 %).

Tabulka 1. Výsledky AZZP 2012-2017 chmelnic (průměry)

	fosfor	draslík	hořčík	vápník	síra	bor	měď	zinek	mangan	Železo
mg/kg	310	480	312	5689	31,7	1,4	44,8	351	139	16,5

Melich III je silným extrakčním činidlem, který může při analýze živin z celého půdního roztoku zobrazovat na výsledném protokolu o analýze i živiny, které jsou v nepřístupných formách. Tento problém se dá řešit méně účinným extrakčním činidlem nebo určením nasycenosti sorpčního komplexu, který je reprezentován hodnotou kationtové výměnné kapacity. Mnou sledovaný podnik si v daném roce nechal udělat tento rozbor na hodnotu pH a poměru draslíku s hořčíkem a obsah živin v půdě, kterými byly fosfor, draslík, vápník, hořčík a minerální dusík. Jak bylo dříve zmíněno nejnestálejší živinou v půdě je dusík, který se snadno vyplavuje.

Druhou používanou metodou je listová analýza, kterou pěstitelé sice nemusí dělat se zákona, ale často jí dělají pro potvrzení domněnek, které vyzorovali u fyziologických změn porostu, aby mohli vyřešit problémy s nedostatky, které chmelové rostliny mají v daném období. Jedná se zde hlavně o nedostatky spojené s aplikací mikroprvků, které se špatně aplikují do půdy a při jejich zvýšené koncentraci se mohou chmelové rostliny spálit, či otrávit. Listové analýzy se provádí dvakrát až třikrát ročně.

4 Metodika

Pokus byl proveden na bidlové chmelničce, která má plochu dvaceti pěti celých dvou metru čtverečných. Na ní se nacházelo šedesát rostlin ve sponu přibližně čtyřicet na osmdesát centimetrů. Chmelové rostliny byly, v době pokusu, 5 let od výsadby. Půda pod chmelničkou je jílnatá, středně hluboká, do šedesáti centimetrů, protože chmelnička byla vysazena na navážce suti, která byla zasypána zeminou. Pro chmelové rostliny se však jedná o mělčí půdní horizont, neboť kořenová soustava chmele je hluboko kořenící. Na kůly se zaváděla pouze jedna chmelová réva, aby byla schopna se udržet. Chmelové rostliny byly odrůdy žateckého poloraného červeňáku, přesněji Osvaldova klonu 72. Chmelová sadba byla vytvořena ze starší neozdravené chmelnice.

4.1 Hnojení pokusné chmelničky během vegetace

Hnojení probíhalo u všech bloků stejně až do posledního experimentálního hnojení, které bude popsáno samostatně. Chmelnice byla hnojena na očekávaný výnos, který měl mít hmotnost jedné a půl tuny chmelových hlávek s obsahem alfa hořkých kyselin alespoň tři procenta. Na základě tohoto byla používána hnojiva i množství na hektar taková, jaká používali daný rok v podniku, ve kterém mi byla zapůjčena chmelnice a který odpovídal hnojení z roku 2020 a shodoval se i s rokem 2023. Bylo však nutno převést množství hnojiva z kilogramu na hektar na plochu pokusné chmelničky, která měla plochu dvaceti pěti celých dvou metru čtverečných. Převod byl počítán pomocí vzorce, který vychází z trojčlenky a převodu jednotek a vypadá následovně:
$$\frac{\text{hmotnost hnojiva na hektar} \times \text{plocha chmelničky}}{10}$$
. Dělení deseti byl převod jednoho hektaru na metry čtvereční, které bylo v jmenovateli a kterým bylo kráceno tisícem, který byl čitateli a převáděl nám kilogramy na gramy. Díky tomu bylo možno navázat požadované množství hnojiva a následně bylo rozházeno na pokusnou chmelnici.

Pevná hnojiva byla vážena na kuchyňské váze, která vážila pouze na jedno desetinné místo a která byla pro všechny vážení stejná, aby byla snížena chyba měření. Jako odměřovací nádoba byla použita plastová miska, která byla vždy vytárována a po použití hnojiva byla vymetena. Navážené hnojivo bylo následně přesypáno do rozsívky, ze které bylo sypáno k babkám chmelových rostlin jednotlivé granule hnojiva nebo bylo sypáno pomocí lopatky. Chmelnička byla zalévána na základě srážek nejméně jednou týdně, tedy pokud nenapadlo dvacet milimetrů srážek najednou, po dobu přibližně pěti minut na jednu rostlinu, tak aby byla půda vlhká kolem babky do deseti centimetrů.

Samotné hnojení

Systém a aplikace hnojení je zobrazen na tabulce 2. Všechny hodnoty hnojení a hodnoty hnojiv jsou převedeny již na jednotlivé varianty a nejsou tudíž v množstvích pro plochu 75,6 metru čtverečních, ale pro plochu 25,2 metru čtverečních. Hnojení bylo započato již 17. ledna, díky poměrně dobrým podmínkám. Po celé ploše chmelničky byla rozházena draselná sůl o hmotnosti 1008 gramů na 25,2 metru čtverečních, který je ekvivalentem dávky hnojiva o hmotnosti 400 kilogramů na hektar. Díky tomu bylo do půdy dodáno přibližně 605 gramů oxidu draselného, který byl ponechán volně na povrchu. O dva měsíce později,

16. března, bylo hnojeno 756 gramy síranu amonného, který byl převodem z 300 kilogramů na hektar. Síran byl poté lehce přihnut zeminou pomocí motyčky. Týden po hnojení síranem amonným bylo hnojeno stejným množstvím, tj. 756 gramy na plochu chmelničky, amofosem 12-52, který byl taktéž lehce přihnut zeminou pomocí motyčky. Následné hnojení bylo uskutečněno hnojivem kieserit 3. dubna, dávkou 630 gramů na plochu chmelničky, po převodu z 250 kilogramů na hektar. Všechna výše uvedená hnojení proběhla před řezem chmele a umístění chmelovodných bidel. Následovalo jedno hnojení v období po zavádění, které na pokusné chmelničce probíhalo 21. května. Hnojeno bylo 504 gramy močoviny s 46procentním obsahem dusíku. Dané množství močoviny by odpovídalo 200 kilogramům močoviny na hektar.

Tabulka 2. Hnojiva dodané na chmelničku

datum	hnojivo	kg/25,2 m ²	kg/ha
17.01.2023	Draselná sůl (Chlorid draselný)	1008,00	400
16.03.2023	Síran amonný	756,00	300
23.03.2023	Amofos 12-52	756,00	300
03.04.2023	Kieserit	630,00	250
21.05.2023	Močovina 46% N	504,00	200
14.06.2023	KRISTA MgS	15,12	6
24.06.2023	KRISTA MgS	17,64	7
07.07.2023	KRISTA MgS	17,64	7
20.07.2023	KRISTA MgS	25,20	10

Po hnojení pevnými hnojivy bylo hnojeno tank mixy, které byly skládány z prostředků na ochranu chmelových rostlin a voděrozpuštěného hnojiva Krista MgS. Toto hnojivo bylo aplikováno čtyřikrát v různých koncentracích na základě listových analýz, nebo fyziologických projevů nedostatku na produkčních chmelnicích. Hnojivo bylo aplikováno postřikovačem za traktorem, který přejel kolem chmelnice a dávku dodal po celé výšce rostlin, jelikož množství, ve kterém by měli být rozpuštěny přípravky na ochranu rostlin, bych nebyl schopen namíchat v menším objemu nádoby ručního postřikovače. Postřikovač však nebyl schopen projet do chmelničky, a tak postřiková jácha vždy musela být puštěna z jedné strany chmelnice. Pro relativní rovnost byly strany měněny. Hnojeno postřikovačem bylo 14. června dávkou 6 kilogramů na hektar, takže na pokusnou chmelničku mělo dopadnout 15 gramů hnojiva. Následně bylo hnojeno 24. června a 7. července stejnou dávkou z postřikovače, která byla 7 kilogramů na hektar u každé. Díky tomu mělo spadnout na chmelové listy 18 gramů hnojiva. Poslední stejné hnojení bylo učiněno 23. července, kdy byla dávka hnojiva 10 kilogramů na hektar, z přepočtu poté vyplývalo, že na chmelničky by mělo dopadnout přibližně 25 gramů hnojiva. Objem měřených živin, který byl dodán na celou plochu pokusné chmelničky je uveden v tabulce 3.. Hodnoty živin byly získány z obsahu ve směsi, který je uveden výrobce. Při zaokrouhlení na celé kilogramy bylo dodáno 190 kilogramů na hektar dusíku, 156 kilogramů na hektar oxidu fosforečného, 240 kilogramů na hektar oxidu draselného, 67 kilogramů na hektar oxidu hořečnatého a 117 kilogramů na hektar síry.

Tabulka 3. Živiny dodané chmelničce před přihnojením

Živiny	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S
g/25,2 m ²	478	393	605	170	0	296
kg/ha	190	156	240	67	0	117

4.2 Pokusné hnojení

V období bylo prováděno přihnojování na kvalitu hlávek. Přihnojení bylo provedeno 19. července 2023. V chmelařském podniku, kterým mi byla chmelnice zapůjčena bylo v té době hnojeno LOVOFERTem LAV 27, což je dusičnan amonný s jemně mletým vápencem, který obsahuje 27procentní podíl dusíku, v množství 150 kilogramů na hektar. V mém pokusu bylo tedy nutné převést poměr hnojiva na plochu, aby odpovídala velikosti mé pokusné chmelnice. Ta musela být zredukována, jelikož již nebylo hnojeno šest řad bydel o ploše 75,6 metru čtverečních, nýbrž byla zredukována na plochu 25,2 metru čtverečních. Plochu pro každé dvě řady byla zjištěna pomocí pásového metru, blok měl rozměry o délce 11,2 metrů a šířce 2,25 metrů. Výsledná hnojná dávka byla získána pomocí trojčlenky. Výsledná dávka pro variantu byla převedena na hnojnou dávku na rostlinu tak že byla vydělena celková dávka hnojiva počtem rostlin v bloku, jenž čítal dvacet kusů. Varianty byly označeny podle dávek, které vycházely před výpočty a zaokrouhlováním. Varianta, které dostala největší množství dusíku byla pojmenována jako N150, varianta poloviční N075 a varianta nepřihnojená N000.

Vázení probíhalo odebráním jedné lopaty s dusičnanem amonným s jemně mletým vápencem, který byl v té době čerstvě dovezen a uskladněn na valníku. Vážilo se na kuchyňské váze, která vážila pouze na jedno desetinné místo. Po navážení množství, které bylo zjištěno předchozím výpočtem, bylo po zkušebním navážení dávky pro každou rostlinu, aby byla vizuální představa kolik kuliček hnojiva bylo třeba dodat ke každé rostlině. Nejdříve byla hnojena varianta N150 a poté byla hnojena varianta N075, s tím, že každá hnojná dávka byla navážena zvlášť. Hnojení probíhalo rukou, proto byla potřeba vědět, jak vypadá hnojná dávka pro jednu rostlinu, z rozsívky. Po hnojení byl ledek přihrnut zeminou nakupenou na hrůbek z meziřádku, který byl před tím zpracován pomocí kypřiče přidělanému k malotraktoru značky Terra, ručně pomocí srdcové motyky, kdy bylo nahrnuto na hrůbek s chmelovou rostlinou přibližně pět centimetrů zeminy. Následně po přihrnutí všech tří bloků, jak dvou hnojených, tak i třetího nehnojeného, byly všechny tři bloky, jenž čítají dohromady šedesát chmelových rostlin, zalaty studniční vodou, která na ně byla nalita ze zahradní hadice.

Po všech výpočtech bylo variantě N150 dodáno 380 gramů na chmelničku, což odpovídá 90 gramům na rostlinu. Díky zaokrouhlení na celé gramy bylo navýšeno množství hnojiva na 150,79 kilogramů na hektar LAV 27. U varianty N075 byla, díky tomu samému zaokrouhlování, výsledná hnojná dávka navýšena na 79,37 kilogramů na hektar LAV 27. Toto množství odpovídá deseti gramům na rostlinu a 200 gramům na pokusnou chmelničku. S dusíkem bylo v hnojivu, jak je ukázáno v tabulce 4., dodáno i určité množství oxidu hořečnatého a vápenatého. Ve variantě N150 bylo dodáno 17,1 kilogramu na hektar oxidu hořečnatého a 22,8 kilogramu na hektar oxidu vápenatého. Varianta N075 obsahovala

9 kilogramů oxidu hořečnatého na hektar a 12 kilogramů oxidu vápenatého na hektar. Celkové dodané dávky všech živin jsou v tabulce 5.. Na základě této tabulky a teoretického výnosu z jednotlivých variant bude určeno kolik živin rostliny v daném bloku spotřebovaly.

Tabulka 4. Živiny dodané chmelnice při přihnojení

	g/rostlinu	g/25,2 m ²	kg/ha	N kg/ha	MgO kg/ha	CaO kg/ha
N000	0	0	0	0	0	0
N075	10	200	79,37	54,0	9,0	12,0
N150	19	380	150,79	102,6	17,1	22,8

Tabulka 5. Dodané živiny na chmelnici po dobu vegetace

			N	P2O5	K2O	MgO	CaO	S
N000	Σ	g/25,2 m ²	478	393	605	170	0	296
		kg/ha	190	156	240	67	0	117
N075	Σ	g/25,2 m ²	532	393	605	179	12	296
		kg/ha	211	156	240	71	5	117
N150	Σ	g/25,2 m ²	581	393	605	187	23	296
		kg/ha	231	156	240	74	9	117

4.3 Agrotechnické hodnocení stavu porostu

Kontrola zásobenosti pokusné chmelnice byla hodnocena pouze pomocí fyziologických projevů nedostatku. Ke kontrole byl jako manuál použit výpis projevů nedostatku a přebytku spolu s fotografiemi v Chmelářství od Rybáčka et. al. (1980). Zhodnocení provedeno sedmého srpna v období mezi pokusným hnojením a sklizní chmelových rostlin. Hodnoceno bylo pouze, zda projevy byly, či nikoliv, neboť k jejich řešení nebyly prostředky.

4.4 Sklizeň

Sklizeň byla prováděna ručně, jelikož do bidlové chmelnice neexistuje mechanizace a traktor by se nevešel do sponu přibližně čtyřicet na osmdesát centimetrů. Ruční česání bylo provedeno dle metodiky Rybáčka et al. (1980) a podle paměti starších pracovníků podniku. Jednotlivé chmelové rostliny byly ustřiženy ve výšce dvaceti centimetrů od země. Po odstrižení bylo od chmelové rostliny třeba uvolnit chmelovodné bidlo, což bylo prováděno vyvikláním bidla do stran. Po uvolnění bylo bidlo nadzvednuto a opatrně položeno na zem. Po položení byli odřezány provázky, jimiž byly drženy chmelové rostliny ve výšce, do které se vyšplhal. Po odřezání všech provázků byla chmelová rostlina velmi opatrně stažena z bidla, aby nebyly poškozeny révy jednotlivých rostlin. Stažení révy bylo prováděno odmotáním vrchního a spodního metru chmelové révy a následného stažením na užším konci. Chmelové révy byly nakládány na dvoukolový valník s dvěma bočnicemi, které byly hydraulicky otvíratelné.

Po naložení jednoho bloku, jež čítal dvacet chmelových rostlin, byla fůra zvážená na certifikované přejezdové váze. Následně byla fůra ocesána v mechanizované česačce chmele (přílohy 1-8), která byla používána i na ostatní chmelové rostliny, avšak pro validní výsledky byla celá česací linka vyprázdněna od zbylých hlávek. Chmelové hlávky byly poté zachyceny do žoku, který byl následně zvážen. Poté bylo ze smíchaného chmele, z jednoho bloku, odebráno dvě stě padesát gramů hlávek vzorkovacích pytlíků, které byly usušeny v pásové sušárně chmele. Z každé varianty byly vytvořeny dva vzorkové pytlíky, které byly zavěšeny na posledním třetím pase sušárny chmele, a to na druhém a třetím okénku ve směru pasu (příloha 9). Sušení bylo prováděno po dobu osmi hodin za kontroly každou hodinu. Při kontrole byl hodnocen její stav a pytlíky byly otáčeny, aby nedošlo ke spálení chmelových hlávek. Při kontrole stavu sušení hlávek byl přítomen vyškolený a zkušený pracovník. Chmelové hlávky všech variant byly sušeny na vlhkost 10,5 procenta.

4.5 Chmelové rostliny

4.5.1 Délka chmelových rostlin

Rostliny byly měřeny po stažení z chmelovodného bidla. Měřeno bylo pásmovým metrem. Rostliny byly nataženy do maximální délky, které dorostly a následně byly změřeny. Měřeny byly všechny rostliny a pro vyhodnocování statistických parametrů, nebyly žádné vyřazeny. Všechny výpočty spojené s variabilitou porostu, byly počítány v programu Microsoft Excel. Nejde tedy o výšku, jaké byly schopny chmelové rostliny dosáhnout, jelikož ta se změřit nedá díky absenci techniky, která by dosáhla dostatečné výšky a vešla se do pokusné chmelničky.

4.5.2 Hmotnost chmelových rostlin

Hmotnost chmelových rostlin byla vyhodnocována po naložení chmelových rostlin na valník se sklopnými bočnicemi. Váženo bylo na certifikované přejezdové váze, která zaokrouhlovala na deset kilogramů. Váha byla tárována jedním přejezdem s prázdným valníkem, který byl zapřažen za traktor. Získaná váha byla následně ručně odečítána od váhy naměřené společně s chmelovými rostlinami.

4.6 Chmelové hlávky

U chmelových hlávek byl hodnocen podíl vody, který byl odpařen z chmelových hlávek, během sušení na požadovanou vlhkost, obsahu alfa hořkých kyselin a teoretický výnos na hektar.

4.6.1 Obsah vody ve hlávkách

Opařená voda z chmelových hlávek byla hodnocena na základě rozdílu hmotností vzorkovacích pytlíků, před a po usušení. Tento rozdíl byl poté převeden na procenta, pomocí výpočtu trojčlenkou. Vážení pytlíků probíhalo, před i po usušení stejně. Na kuchyňskou váhu, která byla použita již při vážení hnojiv, se položila mísa, na kterou byla váha vytárována.

Do mísy byly postupně vloženy vzorkovací pytlíky ze všech variant, které byly následně zváženy. Samostatné vzorkovací pytlíky byly po konci sklizně zváženy a jejich hmotnost byla odečtena od hmotnosti vzorkovacích pytlíků s chmelovými hlávkami.

4.6.2 Teoretický výnos chmelových hlávek

Pro lepší představu byl vypočítán teoretický výnos suchých chmelových hlávek, kdyby bylo pokusné hnojení použito na hektar chmelnic. Výnos byl počítán z průměrného množství mokrých chmelových hlávek na jednu rostlinu. Tento údaj byl získán po vydělení naváženého množství chmelových hlávek v žoku množstvím rostlin, ze kterého byl sklizen, což bylo dvacet chmelových rostlin. Žok s mokřými chmelovými hlávkami byl navážen, hned po očesání na mechanizované česače chmele na váze, která zaokrouhlovala na půl kilogramu. Použité žoky byly zváženy a jejich hmotnost byla od navážené váhy odečtena. Průměrné množství chmelových hlávek bylo zaokrouhleno na celé gramy a vynásobeno počtem rostlin na jednom hektaru chmelnice. Počet jedinců byl určen na základě odrůdy a stáří na tři 3573 chmelových rostlin. Toto množství jedinců bylo získáno podle metodiky Rybáčka et. al. (1980), který jako jeden z možných sponů uvádí spon jednoho metru na 2,8 metru, který se pro takto staré odrůdy používal. Získaný teoretický výnos neusušených chmelových hlávek byl následně vynásoben procenty hmotnosti, které zbyly po odpaření vody. Výsledek byl ještě vynásoben dvěma, jelikož na produkčních chmelnicích se zavádějí na chmelovodný drátek dvě chmelové révy, ale na bidlových chmelnicích je zaváděn jenom jeden. Výpočty matematických a statistických veličin byli prováděny v programu Microsoft Excel.

4.6.3 Obsah alfa hořkých kyselin

Měření se provádělo na reprezentativních vzorcích, které jsem odebral do sáčků označených podle variant. Z každého sáčku bylo odebráno dvacet gramů chmelových hlávek, které byly zabaleny do mikrotenových pytlíků, byly označeny a poslány k analýze, kterou provádí Zemědělská oblastní laboratoř Postoloprty. Bohužel jsem nemohl být přímo u zjišťování obsahu alfa hořkých kyselin a nepodařilo zjistit způsob analýzy, takže ji tu nemohu popsat, jak byla prováděna přímo v dané laboratoři a jakou metodou. Nicméně jsem na webových stránkách Zemědělské oblastní laboratoře Postoloprty našel, že pro určení kvality chmelových produktů a hlávek se používá norma ČSN 462520-15 (462520) z roku 1997 se skládá z 21 částí. Její patnáctá část určuje postup při stanovení konduktometrické hodnoty chmele, tj. obsahu hořkých látek rozpustných v toluenu, které se sráží ionty dvojmocného olova. ČSN 46 2520-15 se skládá z deseti kapitol. Podstata zkoušky podle kapitoly 3: Konduktometrickou titrací se zjišťuje obsah alfa hořkých kyselin a dalších látek reagujících s ionty Pb^{2+} . Výsledek se vyjadřuje v přepočtu na sušinu v hmotnostních procentech (m/m) (Normservis s.r.o.). Chmelařům se však posílá jen výstup z analýzy obsahu alfa hořkých kyselin, protože fyziologický stav hlávek, který představuje například rozplevelení, obsah nečistot a semen, se hodnotí u překupníků a zpracovatelů suchého chmele na chmelové produkty, kterým je například Chmelařské družstvo Žatec.

O tomto píší Krofta et. al. (2017), kdy uvádí jako nejpoužívanější metody pro stanovení obsahu hořkých kyselin EBC 7.4, ČSN 462520-15 a EBC 7.5. Jedná se o metody, které se v praxi používají nejčastěji. První dvě používají jako extrakční rozpouštědlo toluen,

v metodě EBC 7.5 se používá diethylether. Postup konduktometrických metod pro stanovení alfa hořkých kyselin, které používají jako extrakční činidlo toluen, kdy je vlastní zkouška velmi jednoduchá. Navážka 5 až 10 gramů vzorku se přelije 50 až 100 mililitry toluenu a po protřepání se provede extrakce. Ta se provádí buď v laboratorní třepačce po dobu 90 minut (metoda ČSN 46 2520-15), nebo v laboratorním extraktoru (metoda EBC 7.3.2.). V tomto případě je doba extrakce několik minut při frekvenci rotoru míchadla 6000 až 8000 otáček za minutu. Po skončení extrakce se alikvotní podíl extraktu titruje roztokem octanu olovnatého. Standardizovanou HPLC metodou je v analytice EBC metoda s označením EBC 7.4.1. alfa a beta hořké kyseliny jsou z mletého hlávkového, nebo granulovaného chmele extrahovány směsí diethyleter-methanol + 0.1 M kyselina chlorovodíková. Příprava vzorku je shodná s postupem uvedeným v metodě EBC 7.3.4., kdy se po vytřepání definovaný objem etherové fáze odpaří do sucha. Získaný odparek se rozpustí v methanolu a podchlazením roztoku se ze systému odstraní vosky. V takto získaném základním roztoku se vedle vážkového stanovení celkových a měkkých pryskyřic stanoví obsah alfa hořkých kyselin konduktometrickou titrací roztokem octanu olovnatého. Stanovení se provádí přímo v etherové fázi z primárního výluhu, aniž se odstraňují vosky, které stanovení neruší. Chmelové pryskyřice se stanovují spektrofotometricky při vlnové délce 314 nanometrů. Mobilní fáze se skládá ze směsi methanol-voda-kyselina fosforečná. Analýza spočívající v extrakci vzorku mletého chmele trvá přibližně 20 až 30 minut (Krofta et. al., 1997).

Všechny tyto výše uvedené metody a jejich přepisy by se měly používat ve všech certifikovaných laboratořích a pracovištích poskytující tyto služby.

5 Výsledky

5.1 Pozorování hnojení chmelařského podniku

Mnou pozorované jsou roky 2020, jehož výnos byl průměrný s výnosem 1,19 tuny na hektar chmelnic, rok 2021, který měl rekordně vysokou sklizeň chmelových hlávek, jež byla kolem jedné 1,67 tuny z jednoho hektaru chmelnic, a rok 2022, který byl zase rekordně nízkým a nedosahoval ani jedné tuny s výnosem 0,9 tuny chmelových hlávek na hektar. Ze záznamů hnojení, listových analýz a agrotechnického zkoušení zemědělských půd, které mi dal zemědělský podnik k dispozici. V potaz bude kromě samotného hnojení a zásobenosti živinami také v malé míře brán ohled na průběh počasí daného roku, jelikož podle literatury použité v literární rešerši, jde o prvek, který ovlivňuje schopnost chmelových rostlin přijímat živiny a vývoj fenologických fází rostliny. Ovšem při pokusu převést data z hydrometeorologického ústavu nešla po otevření použít. Podnik, který jsem se rozhodl pozorovat se nachází v ústecké chmelařské oblasti, kousek od Roudnice nad Labem v Ústeckém kraji. Hospodaří převážně na fluvozemních půdách, které, díky působícímu srážkovému stínu Krušných hor, musí být v období růstu chmelových rostlin zavlažovány. K tomu podniku slouží na polovině výměry kapkové závlahy umístěné na vrcholu chmelové konstrukce. Ostatní části výměry jsou zavlažovány postřikem pomocí cívkových zavlažovacích systémů zakončených „kačenou“. Většina výměry chmelnic je tvořena, odhadem okolo devadesáti procent, jemně aromatickým Žateckým poloraným červeňákem, který je i nejpěstovanějším typem chmele v České republice. Ten tvoří různá skladba odrůd, kdy nejzastoupenější odrůdou je Oswaldův klon 72. Chmelnice jsou různého stáří od 40 po 5 let, takže jsou zde chmelnice s ozdravenými i neozdravenými chmelovými rostlinami. Zbytek výměry kromě Žateckého poloraného červeňáku tvoří aromatický hybridní chmel Sládek, který oproti žateckému poloranému červeňáku má vyšší výnosy i obsah alfa hořkých kyselin. Nemá však tak jemné aroma, díky kterému jsou české chmelové hlávky a produkty vývozním zbožím. Sládek byl vyšlechtěn z Žateckého poloraného červeňáku a Northern Brewer, který byl vyšlechtěn v Anglii v roce 1934 a jedná se o hořko-aromatickou chmelovou odrůdu.

V roce 2020 bylo hnojeno na 1,5 tuny chmelových hlávek Žateckého poloraného červeňáku. Toto množství živin bylo dodáno na všechny chmelnice stejně (tabulka 6.), podle normativu na odběr živin. To může způsobit přebytky nebo nedostatky u chmelových rostlin hybridních odrůd, které mají jiné potřeby. Nenašel jsem však, kde by byl nějaký normativ pro hybridní odrůdy chmele, nýbrž v podniku, ve kterém jsem měl pokus, mi bylo řečeno, že normativ pro jednu tunu chmelových hlávek navyšují o polovinu oproti Žateckému poloranému červeňáku. Hnojeno bylo pouze minerálními hnojivy v pevných a voděrozpuštěných formách, které byly aplikovány v tank mixu spolu s prostředky na ochranu rostlin. Živiny, které se dodávaly byl dusík, draslík, fosfor a hořčík. K tomu bylo dodáno ze sloučenin ještě malé množství síry a vápníku. Mikroživiny, které jsou také potřeba, nebyly do půdy nebo rostlin dodány vůbec. V listových analýzách se hodnotil obsahu draslíku, dusíku, fosforu, vápníku, hořčíku, síry, bóru a zinku. Listové analýzy si nechal podnik udělat na konci června. Jednotlivé živiny pak byly popsány jako procentuální podíl obsahu, kromě mikroelementů, které byly uvedeny v miligramech na kilogram. Hodnocení množství živin bylo převzato ze zprávy, kterou obdržel chmelařský podnik spolu s obsahem živin ve vzorcích.

Obsahy jsou zobrazeny v tabulce 7. a byly zprůměrovány dva vzorky. Kromě dusíku, který byl obsažen ve správném množství v testovaných listech reprezentativního vzorku, a draslíku, byly všechny živiny na pokraji nedostatku, nebo již v nedostatku. Na základě výnosu, normativů pro jednotlivé živiny na jednu tunu chmelových hlávek a doporučených středních dávek hnojení pro chmelnice mi vyšlo, že u většiny živin nebylo dodáno do půdy to, co zni bylo odebráno chmelovými rostlinami. Jediné dvě živiny, které z porovnání výše zmíněných parametrů vyšly jako dostatečné byly dusík, který byl dodán o osmadvacet procent více, než bylo potřeba a které se neuloží do příští sezóny, a draslík, kterého bylo dodáno o dvanáct procent více, než by mělo být využito v daném roce a který zůstal v půdě do dalších let. Ostatní živiny pak byly vybrány ze zásob, které v té době poskytovala půdní úrodnost. Proto museli chmelové rostliny ochudit půdu o její půdní úrodnost, nebo vybrat co bylo nevyužito v půdě z předchozích let.

Tabulka 6. Obsahy živin dodané chmelovým rostlinám na základě záznamu hnojení 2020

název	Množství (kg/ha)	N [kg/ha]	P ₂ O ₅ [kg/ha]	K ₂ O [kg/ha]	MgO [kg/ha]	CaO [kg/ha]	S [kg/ha]
Draselná sůl	400	0,0	0,0	240,0	0,0	0,0	0,0
Síran amonný	300	61,8	0,0	0,0	0,0	0,0	69,0
Amofos 12-52	300	36,0	156,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kieserit	250	0,0	0,0	0,0	62,5	0,0	45,5
Močovina 46 % N	200	92,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LAD, 27 % N	200	54,0	0,0	0,0	9,0	12,0	0,0
KRISTA MgS	30	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0	3,9
suma	-	243,8	156,0	240,0	76,3	12,0	118,4

Tabulka 7. Obsahy živin v chmelových rostlinách na základě listových analýz 2020

N [%]	P [%]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	S [%]	B [mg/kg]	Zn [mg/kg]
4,58	0,35	3,07	2,54	0,46	0,26	19,20	18,10
norma	nedostatek	norma	nedostatek	nedostatek	nedostatek	nedostatek	Velmi silný nedostatek

V roce 2021 podnik hnožil v zimě a na jaře stejně jako rok předchozí. Jediným rozdílem bylo snížení hnojné dávky u hnojení fosforem. To ukazuje na určitou bezohlednost vůči stavu půdy a její zásobenosti živinami, neboť nebyl vůbec brán v potaz odběr živin a jejich odvezení z chmelnice v posklizňových zbytcích. V polovině března, před jarními a po zimních hnojeních, byl zpracován rozbor půdy na obsah minerálního dusíku, jejíž výsledky jsou uvedeny v tabulce 8., kde hodnocení vychází přímo z hodnocení laboratoře. Bylo zjištěno, že v půdě je u většiny vzorků jeho vysoký nedostatek. To mohlo být dáno dobou, ve které se analýza prováděla, nebo precizním hnojením dusíkem, kdy nezbyl žádný k mineralizaci, nebo se vyplavil. Po těchto hnojeních už nebylo žádné další hnojení pevnými hnojivy. Všechny živiny se aplikovali listovou výživou v tank mixu s prostředky na ochranu rostlin. Hnojilo se hnojivy bohatými na mikroprvky, které v předchozím roce působily jako limitační faktor,

jelikož dle listové analýzy propukla u rostlin kadeřavost chmele. V roce 2021 podnik toto hnojení nepodcenil a mohutně hnožil hnojivý se zinkem už před první listovou analýzou. K těmto hnojivům potom přidal i hnojení hořčíkem a sírou. Na základě takto masivního hnojení zinkem lze vyvozovat, že už od zavádění nesly rostliny projevy kadeřavosti chmele, neboť v půdě už skoro žádný být nemohl. V tabulce 9. jsou uvedena hnojiva, kterými bylo daný rok hnojeno i s živinami, které byly uváděny při listových analýzách. Na první listové analýze bylo odhaleno, že i přes výrazné hnojení zinkem byl u většiny vzorků odhalen nedostatek o různém stupni, jen u dvou z jedenácti vzorků byl obsah zinku v normálu. V tabulce 10. jsou uvedeny průměrné výsledky první listové analýzy, který byl učiněn z 11 vzorků. Hodnocení vychází přímo z hodnocení laboratoře. Toto potvrzuje teorii o nedostatečné zásobě zinku v půdě. Další testované živiny v listech obsažené nedostatečně byl fosfor a síra. Vápník s hořčíkem měli vyrovnaný počet vzorků, které jsou v normálním obsahu a v určitém stavu nedostatku. U hořčíku lze vyvodit, že byl jen minimálně dostupný z půdy, jelikož byl intenzivně aplikován na porost chmelových rostlin, na rozdíl od vápníku, který měl stejný podíl vzorků s nedostatkem jako hořčík. Draslík byl většinou normálně obsažen v chmelových rostlinách, stejně tak dusík. V době mezi listovými analýzami, které trvalo měsíc, proběhla dvě listové hnojení. V hnojivech byl dohromady dodán dusík, fosfor, draslík, hořčík a mikroživiny (železo, mangan, bór, zinek, měď, molybden). K tomu bylo dodáno malé množství síry. Na druhých listových analýzách (tabulka 11.) se projevilo nevelké hnojení dusíkem, neboť většina z testovaných vzorků měla nedostatečný obsah této živiny v listech. K zvýšení procentuálního objemu živiny ve vzorcích proběhlo u draslíku a vápníku, který se zvýšil i přesto, že se jím nehnojilo. To může být zlepšením zdravotního stavu rostliny a odblokováním kationtů vápníku na rostlině přijatelné formy, takže chmelové rostliny byly schopny čerpat vápník, který byl v půdních rezervoárech.

Tabulka 8. Obsah minerálního dusíku v chmelničných půdách, březnová analýza

vzorky	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Obsah N-an. (mg/kg)	22,3	9	15,8	15,1	52,5	9,9
hodnocení	Nízký	Velmi nízký	Velmi nízký	Velmi nízký	Dobrý	Velmi nízký

Tabulka 9. Obsahy živin dodané chmelovým rostlinám na základě záznamu hnojení 2021

hnojiva	kg/ha l/ha	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	MgO kg/ha	CaO kg/ha	S kg/ha	B g/ha	Zn g/ha
Draselná sůl	400	0,00	0,00	240,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amofos 12-52	200	24,00	104,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kieserit	200	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00	36,40	0,00	0,00
Síran amonný	300	61,80	0,00	0,00	0,00	0,00	69,00	0,00	0,00
YaraVita Zintrac 700	1,2	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	853,20
KRISTA MgS	21	0,00	0,00	0,00	3,36	0,00	2,73	0,00	0,00
ZINKOSOL Forte	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	220,00
KRISTALON TM Special	18	3,24	3,24	3,24	0,54	0,00	0,36	4,50	4,50
suma	-	89,06	107,24	243,24	53,90	0,00	108,63	4,50	1077,70

Tabulka 10. Obsahy živin v chmelových rostlinách na základě listových analýz, 1. odběr 2021

N [%]	P [%]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	S [%]	B [mg/kg]	Zn [mg/kg]
4,4	0,3	2,9	3,2	0,5	0,4	34,3	35,5
norma	nedostatek	norma	norma	nedostatek	nedostatek	norma	Nedostatek

Tabulka 11. Obsahy živin v chmelových rostlinách na základě listových analýz, 2. odběr 2021

N [%]	P [%]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	S [%]	B [mg/kg]	Zn [mg/kg]
3,1	0,2	2,2	3,1	0,5	0,2	32,5	29,2
nedostatek	nedostatek	norma	norma	norma	nedostatek	norma	nedostatek

Po sklizni chmelových hlávek si nechal podnik na konci října zpracovat půdní rozbory na obsah živin (tabulka 12.) a minerálního dusíku v půdě (tabulka 12.). Na tabulce jsou průměry výsledků uvedených k testovaným vzorkům. Od rozborů minerálního dusíku na začátku jara se obsah minerálního dusíku v půdě zvýšil. To by být nemělo, jelikož hnojl méně než rok předchozí a zároveň měl i větší sklizeň. Všechny živiny byly v půdě zásobeny středně až velmi vysoce. Díky tomu byla průměrná půdní reakce v chmelniční půdě sedm s nejčastější hodnotou půdní reakce sedm celých tři bodu. To může vysvětlovat nízký obsah některých živin v chmelových rostlinách, které byly blokovány příliš zásaditou reakcí půdy. Díky tomu můžeme odůvodnit dobrou až vysokou zásobenost půdy fosforem, který však nebyl v přijatelných formách.

Tabulka 12. Obsah minerálního dusíku a dalších živin v chmelničních půdách

středně těžká půda	P ₂ O ₅ [kg/ha]	K ₂ O [kg/ha]	MgO [kg/ha]	CaO [t/ha]	N anorg. [mg/kg]	pH	K/Mg
průměr hodnot	90,0	59,9	43,8	0,1	44,4	7,1	2,0
medián hodnot	60,0	49,0	40,0	0,0	46,3	7,3	1,7
Průměr hodnocení	dobrý obsah	dobrý obsah	dobrý obsah	Vysoký obsah	Střední obsah	Neutrální půdní reakce	Vyhovující

V roce 2022 sledovaný podnik na základě rozborů půdy vynechal hnojení draslíkem a síranem amonným. Dalším důvodem pro vynechání určitých hnojení byl i prudký nárůst cen hnojiv a ostatních vstupů. Díky tomu podnik dodal do půdy fosfor a hořčík, jež byly problematické v předchozích letech. Podnik nehnojl až do prvních listových analýz (tabulka 13.), které byly provedeny na porostech, u nichž byl zastaven růst z důvodu nedostatku srážek a vysokým květnovým teplotám, které dosahovaly až třiceti stupňů celsia. Díky nedostatku vláhy i přes závlahu se nemohly živiny dostat skrze půdní roztok do rostlinných těl, jelikož ho nebylo dost. Spodní vody se vyčerpaly na předchozích letech sucha a závlaha, měla sníženou funkčnost jednak kvůli výparu vody, ale i kvůli utužení půdy a rozstříku kapkové závlahy mimo chmelovou babku. Díky těmto faktorům vyšly všechny živiny, kromě dusíku, jež byl normálně obsažen ve vzorcích, alespoň u šedesáti procent testovaných vzorků v nedostatku. Mezi listovými analýzami podnik hnojl chmelový porost tank mixem listových hnojiv, které dodali dohromady dusík, fosfor, draslík, hořčík, zinek a mikroživiny (železo, mangan, bór, měď, molybden). Veškeré hnojení je sumarizováno v tabulce 14..K tomu bylo dodáno malé množství síry. V daném období také vzrůstala teplota ke třiceti stupňům celsia, která byla na tři dny přerušena mohutným deštěm a snížením teploty. To vyvolalo u chmelových rostlin reakci, která vyvrcholila dvojí zralostí chmelových hlávek. Druhá listová analýza (tabulka 15.)

byla dělána na konci června. V jejím výstupu se zmenšil obsah draslíku v rostlinách, ale díky hnojení se zvýšily bor a hořčík. Na základě doplnění živin, se zlepšilo i přijímání vápníku, tedy na základě zvýšení jeho procentuálního podílu v rostlinách.

Tabulka 13. Obsahy živin v chmelových rostlinách na základě listových analýz, 1. odběr 2022

N [%]	P [%]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	S [%]	B [mg/kg]	Zn [mg/kg]
5,0	0,4	2,9	1,9	0,4	0,2	19,1	17,2
norma	nedostatek						Velmi silný nedostatek

Tabulka 14. Obsahy živin dodané chmelovým rostlinám na základě záznamu hnojení 2022

hnojiva	kg/ha l/ha	N kg/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	MgO kg/ha	CaO kg/ha	S kg/ha	B g/ha	Zn g/ha
Amofos 12-52	200,0	24,0	104,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kieserit	300,0	0,0	0,0	0,0	75,0	0,0	54,6	0,0	0,0
KRISTA MgS	22,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	2,9	0,0	0,0
ZINKOSOL Forte	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	220,0
KRISTALON TM Special	10,0	1,8	1,8	1,8	0,3	0,0	0,2	2,5	2,5
suma	-	25,8	105,8	1,8	78,8	0,0	57,8	2,5	222,5

Tabulka 15. Obsahy živin v chmelových rostlinách na základě listových analýz, 2. odběr 2022

N [%]	P [%]	K [%]	Ca [%]	Mg [%]	S [%]	B [mg/kg]	Zn [mg/kg]
3,7	0,2	2,0	3,3	0,5	0,2	35,9	30,4
norma	nedostatek	nedostatek	norma	nedostatek	nedostatek	norma	nedostatek

5.2 Agrotechnické hodnocení stavu porostu

7. srpna, dva týdny před sklizní hlávek a téměř měsíc po hnojení pokusné chmelnice LAV 27, nebyly na hlávkách viditelné žádné průkazné rozdíly, ale na chmelových rostlinách byly odlišnosti patrné. U většiny chmelových rostlin varianty N000, byla spodní část porostu méně hustá než u ostatních variant hnojení (obr. 1., obr. 2).



Obrázek 1.



Obrázek 2.

Na variantě N075 listy byly, ale byly lehce světlejší a jejich počet se zmenšil. Chmelové rostliny z varianty N150 měly tmavě zelené zbarvení a velké množství listů. U obou dusíkem

hnojených variant, tj. N150 a N075, byly na některých listech fyziologické projevy nedostatku draslíku, nebo hořčíku, neboť jsou si symptomy podobné. Nedostatek obou těchto živin se projevuje chlorózou na okraji starších nižších listů. To je dobře vidět na obrázku 5 a hůře na obrázku 6. Obrázky z varianty N075 mají číslo 3 a 4. Varianta N150 je zobrazena na obrázcích 5 a 6.



Obrázek 3.



Obrázek 4.



Obrázek 5.



Obrázek 6.



Obrázek 7.



Obrázek 8.



Obrázek 9.

V době sklizně měly všechny tři bloky již plně vyvinuté chmelové hlávky a různily se. Chmelové hlávky byly poškozeny zasycháním na spodní části (obr. 7.). To mohlo být způsobeno suchem, nebo dřepčikem chmelovým. Na chmelových rostlinách ze všech pokusných bloků byly neseny fyziologické projevy nedostatku draslíku nebo hořčíku, které se projevují chlorózou okrajů listů a občasnou nekrotizací také na okraji listů, které jsou vidět

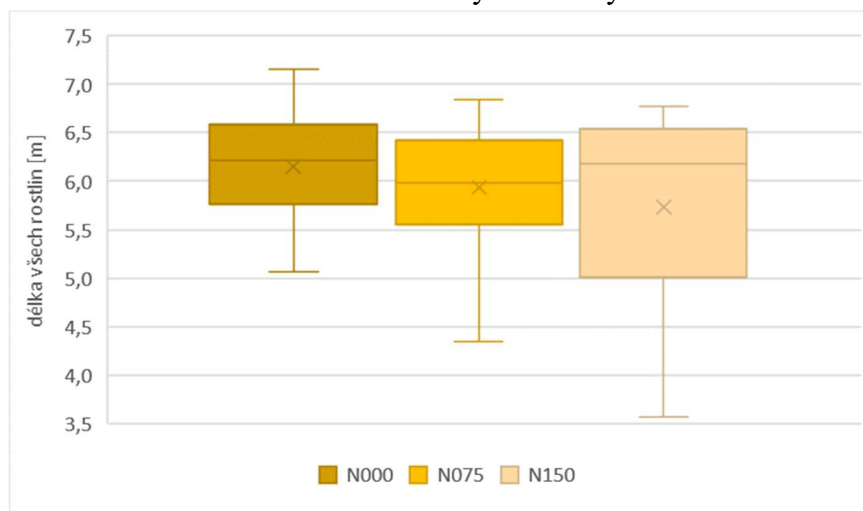
na obrázcích sedm, osm a devět. Na devátém obrázku bylo zaznamenáno poškození listů škůdci, kterými byly vykousány do listů díry.

5.3 Chmelové rostliny

5.3.1 Délka chmelových rostlin

Veškerá variabilita je zobrazena na grafu číslo jedna. Na něm je vidět, že nejvyšší délky dorostly chmelové rostliny z varianty N000, která byla naměřena na 7,15 metru. Přihnojené varianty poté dorostly podobné nejvyšší délky, která byla pro variantu N150 délka 6,77 metru a pro variantu N075 to byla délka 6,86 metr. Nejmenší rostliny měla naopak varianta N150 s délkou 3,57 metru. Následovala varianta N075 s druhou nejmenší délkou 4,34 metru a varianta N000 jejíž nejmenší délkou bylo 5,06 metru. Průměry délek vyšly tak, že největší byla u varianty N000 s délkou 6,15 metru, následován průměrem varianty N075, který 5,93 metru. Nejmenší průměr měla varianta N150, s délkou 5,70 metru. Medián jednotlivých výšek chmelových rostlin byl u varianty N000 délka 6,22 metru, varianta N150 6,18 metru a u varianty N075 byl nejmenší, a to 5,98 metru. Rozptyl délek rév chmelových rostlin byl největší u varianty N150 s hodnotou 0,99. Druhý největší rozptyl měla varianta N075, která dosáhla hodnoty 0,41. Nejmenší rozptyl délek poté měla varianta N000, která měla o jedenáct setin méně, než rozptyl varianty N075, a to 0,30. Všechny hodnoty rozptylu byly zaokrouhleny. Chmelové révy byly náchylnější k rozptylu délky, jelikož kůly, které chmelové rostliny omotávaly nebyly totožné ať už tloušťkou či osekáním postranních větví.

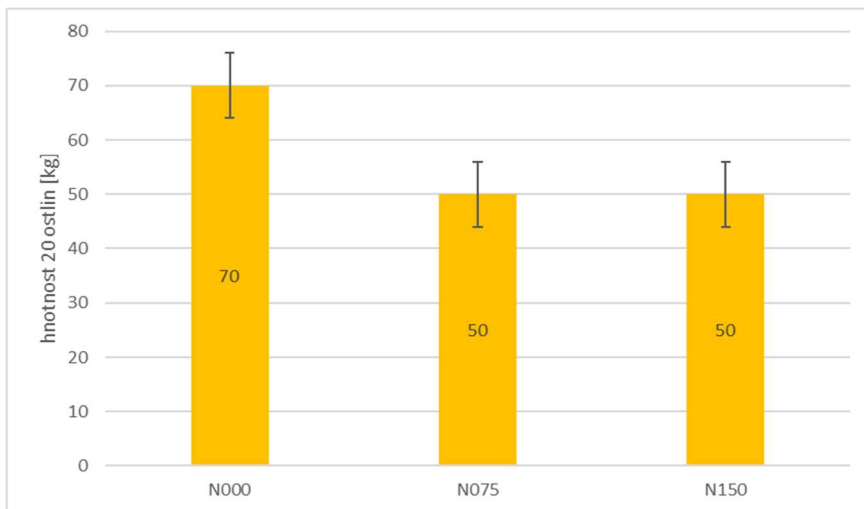
Graf č. 1 Variabilita délky chmelových rostlin



5.3.2 Hmotnost chmelových rostlin

Váhy chmelových rostlin byly naváženy jako stejné u variant N150 a varianty N075, kterým byla oběma navážena hmotnost 50 kilogramů. U varianty N000 bylo poté naváženo 70 kilogramů, jak je zobrazeno na grafu číslo dva. Výsledky mají velkou odchylku, díky použité váze, která byla použita na vážení, jelikož zaokrouhlovala na deset kilogramů. Větší hmotnost nehnojené varianty je pravděpodobně způsobena větším množstvím vody, který do sebe rostlina byla schopná přijmout.

Graf č. 2 Hmotnost všech chmelových rostlin dle variant

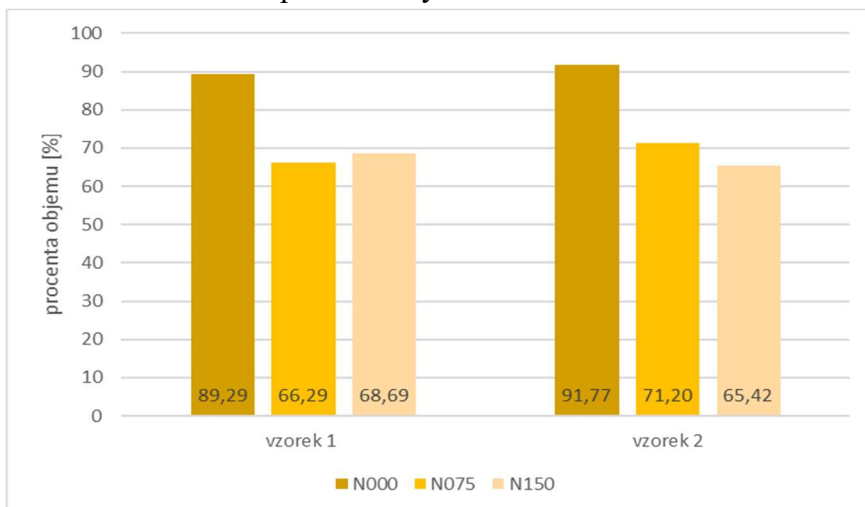


5.4 Chmelové hlávky

5.4.1 Obsah vody ve hlávkách

Sklizené chmelové hlávky měly u jednotlivých variant i vzorků různou ztrátu vody během sušení na vlhkost chmelových hlávek 10,5 procenta. Jednotlivé procentuální podíly jsou uvedeny v grafu číslo tři. U varianty N000 bylo odpařeno průměrně 91 procent původní hmotnosti, zaokrouhlo na celá procenta. Varianty přihnojené měly menší ztrátu hmotnosti odpařením vody. U varianty N075 bylo průměrně odpařeno 69 procent původní hmotnosti a u varianty N150 to bylo o dvě procenta méně, 67 procent. Přímou váhu jednotlivých vzorků po sušení byla u varianty N000 pro vzorek jedna 27 gramů a pro vzorek dva 21 gramů. Hmotnosti usušených vzorků varianty N075 byla pro vzorek jedna 84 gramů a pro vzorek dva 72 gramů. U varianty N150 byly hmotnosti usušených vzorků 78 a 86 gramů.

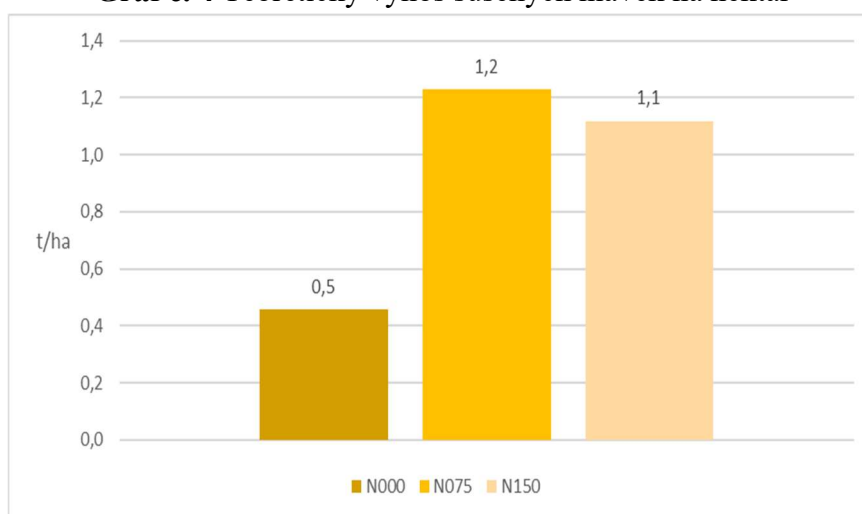
Graf č. 3 Podíl odpařené vody na hmotnosti hlávek ze vzorků



5.4.2 Teoretický výnos chmelových hlávek

Teoretický výnos vychází z navážených mokřých hlávek přímo z česačky. Hmotnosti vlhkých hlávek byly u jednotlivých variant různé. Pro variantu N000 to byla hmotnost 13,5 kilogramu, pro variantu N075 to byla hmotnost 11 kilogramů a pro variantu N150 to byla hmotnost 9,5 kilogramu. To při převodu uvedeného v metodice určilo teoretický výnos jednotlivých variant, které jsou zobrazeny v grafu číslo čtyři. Ten vyšel jako nejmenší u varianty N000 s teoretickým výnosem 0,5 tuny na hektar. S velkým odskokem byl poté teoretický výnos varianty N150, který byl určen jako 1,1 tuny na hektar. Nejlepší teoretický výnos byl poté vypočítán u varianty N075 jako 1,2 tuny na hektar. Všechny teoretické výnosy byly zaokrouhleny na desetinu tuny.

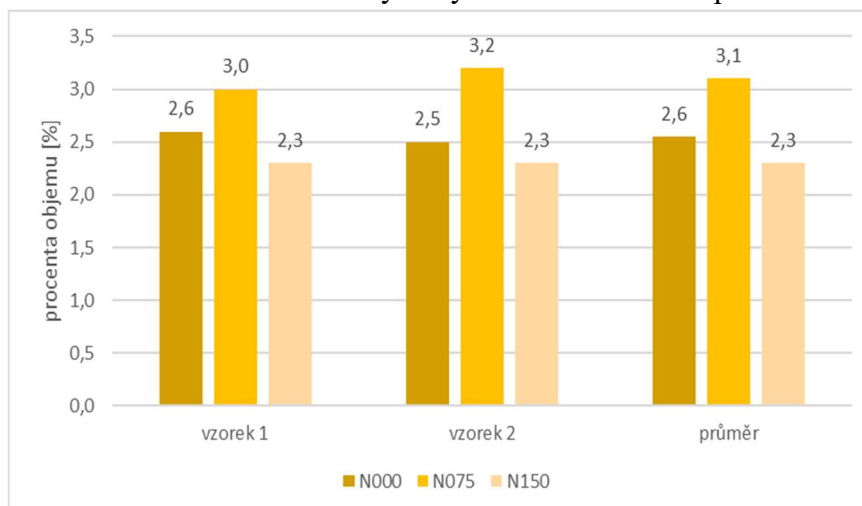
Graf č. 4 Teoretický výnos sušených hlávek na hektar



5.4.3 Obsah alfa hořkých kyselin

Obsah alfa hořkých kyselin v jednotlivých blocích byl dle očekávání rozdílný, jak je patrné na grafu číslo pět.

Graf č. 5 Obsah alfa hořkých kyselin ve vzorcích a průměrně



Nejnižší obsah alfa hořkých kyselin měly hlávky varianty N150. Obsah alfa hořkých kyselin byl určen u obou vzorků stejně na 2,3 procenta. Tyto hlávky proto byly shledány jako hraniční k prodeji, kvůli velmi nízkému obsahu alfa hořkých kyselin. V hodnotách kvality poté následovaly chmelové hlávky z varianty N000, ve kterém byl obsah alfa hořkých kyselin ze dvou analýz u vzorku jedna na 2,6 a u vzorku dva na 2,5 procenta. Nejlepší kvalita byla určena u chmelových hlávek varianty N075, kde byl obsah alfa hořkých kyselin ve chmelových hlávkách byl u vzorku jedna 3 a u vzorku dva 3,2 procenta, který je považován za ideální.

6 Diskuze

Hnojení ve sledovaném podniku se neřídí množstvím živin v půdě, ale používá jednu a tutéž normu pro všechny roky a odrůdy. To dělá hnojení neefektivní, jelikož se v půdě prohlubuje nedostatek i přebytek živin. V určitém stupni této nerovnosti se rozpadne celá půdní úrodnost, například přesycením sorpčního komplexu půdy, která má za následek omezení nebo úplné znemožnění příjmu některých živin, jako je například hořčík, železo a bór. Díky této bezohlednosti vůči půdě a jejímu fungování se nelze spoléhat na schopnost rostlin odebrat živiny z půdy. U tohoto podniku část živin, především pak mikroprvky, je v půdě, na základě listových analýz, obsažena v menším množství, než by bylo třeba. To je způsobeno aplikací pevných hnojiv bez aplikace správně udělaných hnojiv organických, jakým je například chlévský hnůj. To bylo omezeno díky úpadku živočišné výroby v České republice. Používaná pevná hnojiva do chmele v současné době neobsahují žádné mikroelementy (Mařátko et. al., 2011). Proto jsou veškeré mikroelementy aplikovány listovými hnojivy. V podniku se ovšem začíná hnojit mikroelementy při fyziologických projevech nedostatku, kdy už může být na jakékoliv korekce pozdě, protože chmelové rostliny mohou být již v hlubokém nedostatku.

Nedostatek živin, který se projevil na listech pokusné chmelnice a který byl určen jako nedostatek draslíku nebo hořčíku, mohl být způsoben nadbytkem vápníku ve chmelniční půdě. To dle Rybáčka et. al. (1980) může být způsobeno nadbytkem vápníku, který zhoršuje příjem draslíku, hořčíku a železa. Kdyby se jednalo o nedostatek draslíku je jediným důvodem, který připadá v úvahu pro tuto chmelničku, neschopnost přijmout draslík na základě stavu půdy, neboť byla hnojena přesným množstvím draslíku. Díky tomu přichází v úvahu nedostatek hořčíku, se kterým chmelaři mají problém dlouhodobě. Na problém bylo upozorněno již v roce 2004 Baierovou, která popisovala významný nedostatek hořčíku u chmelových rostlin. K tomuto se přidávají výsledky listových analýz ze 3 let, ve kterých byl obsah hořčíku stejný a nedostatečný, a to díky dostatečné zásobě v půdě, která je však rostlinám nepřístupná, jak dokládá agrochemické zkoušení půd. Proto je nedostatek hořčíku ve chmelových rostlinách, který je pravděpodobnější než nedostatek draslíku, způsoben vysokým obsahem vápníku v chmelničných půdách a nedostatečné množství hořčíku, které je dodáváno rostlinám v listových hnojivech.

Při pozorování hospodaření se živinami v podniku zaměřující se na pěstování chmele bylo vyzorováno, že chmelařský podnik má nízkou půdní úrodnost, jelikož ze záznamu 3 let hnojení nebylo ani jednou zaznamenáno hnojení organickou hmotou. To bylo vidět i v určité blokaci všech živin obsažených půdě, neboť na půdních rozborech bylo zjištěno, že jsou některé obsaženy v dobrých až vysokých koncentracích, ale v listových analýzách ty samé živiny byly v nedostatku, pokud nebyly daný rok dodány v hnojení, jako například draslík. Z pozorování provedených v podniku, zaměřující se na pěstování chmele, a z provedeného pokusu je vidět, že obsah živin, které jsou dodávány v mimokořenové výživě chmelových rostlin, je přenášen do chmelových rostlin lépe, neboť nejsou závislé na půdním roztoku, který může být omezován schopností efektivně zavlažit chmelniční půdu, která, jak bylo několikrát psáno mnohými autory, například Brantem et. al. a Mařátkem et. al., je velmi utužená bez možnosti nápravy pouze mechanickou cestou, na což poukazuje Takle et. al. (2017). Některé živiny jsou však

pro mimokořenovou výživu nevhodné, jelikož ovlivňují hlavně půdní úrodnost, jako je vápník, nebo jsou v rostlinách a půdě málo pohyblivé, jako je fosfor, a jejich aplikace na list by rostlině příliš nepomohla. To je dáno tím, že rostliny nejsou přizpůsobeny pro příjem živin přes listovou plochu, a proto je lepší mít správně zásobenou půdu, než doplňovat veškerou zásobu živin mimokořenovou výživou. Podnik však díky nepoužívání organických hnojiv, nebo použití nějakého ze způsobů zeleného hnojení vyčerpává půdní úrodnost. Díky tomu se výživa stává neefektivní, jelikož se blokuje živiny, které v půdě jsou, jako je například hořčík s draslíkem, a zvyšují deficity živin, které v půdě chybí, jakými je většina mikroprvků a síra. Ovšem je nutné podotknout, že možnosti organického hnojení jsou značně omezené.

Chmelové rostliny

Chmelové rostliny měly různé délky rév i přesto, že zásobní a startovací hnojení dusíkem bylo stejné. Díky tomuto zjištění může být řečeno, že část dusíku bylo spotřebována i na růst rostlin. Díky tomu nehnojená varianta měla nejjednodušší porost chmelových rostlin, který měl zároveň i největší hmotnost chmelových rév a největší dosaženou délku chmelové révy s rozměrem přesahujícím sedm metrů. Rostliny varianty N000 díky tomu byly průměrně vyšší než ostatní dvě varianty. To může být způsobeno, tím že se u této varianty stal dusík limitní živinou. Díky tomu mohly být ostatní živiny využity v maximální míře, což se projevilo poměrně dobrým obsahem alfa hořkých kyselin a schopností rostlin akumulovat vodu. Jak se tedy projeví hnojené varianty? Nepřihnojení u varianty N000 způsobilo menší množství hlávek, které se projevilo až na sušených hlávkách, které měly poloviční objem než varianty zbývající. To je způsobeno zmenšením listové plochy v důsledku relokace dusíku ze starších listů do mladších částí rostliny. Největší rozptyl chmelových rostlin měla varianta N150. Její rozptyl je způsoben větším množstvím rostlin, které mají pod šest metrů, kdy 2 mají i pod 4 metry. Tato velikost nemohla být ovlivněna přihnojením, jelikož podle Gringicha et. al. (2000) je v období provedení přihnojení odběr i růst dokončován. Díky tomu takto velký rozptyl mohl být způsoben chybou v agrotechnice. Tou mohla být nejpravděpodobněji špatná úprava chmelovodného kůlu, špatné přivázání rostlin k nim nebo chyba při závlaze. Medián chmelových varianty N150 a varianty N000 se liší pouze o 4 centimetry. Oproti tomu varianta N075 měla vyrovnanější porost než druhá přihnojená varianta N150, ale nejmenší medián, který byl nižší o 20 centimetrů. Z tohoto můžeme vyvodit, že zvýšené množství dusíku negativně ovlivnilo dlouhivý růst rostlin. K toxicitě amoniaku dochází, je-li k dispozici příliš mnoho amoniaku přístupného pro rostliny v rostoucím médiu. Typicky se nejedná o problém, pokud je rostoucí médium teplé, protože nitrifikační bakterie, které se přirozeně vyskytují v pěstebních médiích, přemění amonium na dusičnan (T. Buechel, 2023). Výskyt nitrifikačních bakterií je však omezen, díky ztrátě půdní organické hmoty, které jsou součástí.

Největší hmotnost všech chmelových rostlin z jedné varianty měla varianta N000, jejíž hmotnost byla 70 kilogramů s přesností na desítky. Zbývající varianty pak měly zjištěnou hmotnost stejnou, která byla 50 kilogramů. Vzhledem k chybě která je způsobena zaokrouhlováním váhy může být rozdíl mezi variantami až 8 kilogramů. Vyšší hmotnost chmelových rostlin byla dána největším průměrem délek rostlin ze všech variant. Kromě toho také, s největší pravděpodobností, byly schopné akumulovat více vody v rostlinných tělech než přihnojené varianty N075 a N150.

Chmelové hlávky

Velký rozdíl hmotnosti chmelových hlávek v neusušeném stavu a ve stavu usušeném u chmelových rostlin z varianty N000, je způsoben větší akumulací vody do hlávek. Ukázalo se, že chmelové hlávky z této varianty, měly o 20 procent více vody v mokřích hlávkách než ostatní varianty i přesto, že všechny rostliny byly na povrchu suché a byly sbírány v poledne. Navíc všechny vzorky byly sušeny na stejnou výslednou vlhkost. Tento rozdíl byl s největší pravděpodobností způsoben menší transpirací, která byla způsobena menší listovou plochou. Proto se do hlávek mohlo dostat větší množství vody, které bylo chmelovým rostlinám k dispozici. Menší množství hlávek, které se projevilo na suchých chmelových hlávkách, bylo také způsobeno nepřihnojením dusíkem. Jeho menší obsah pravděpodobně způsobil menší růst pazochů, na kterých jsou generativní orgány, čímž se zmenšila plocha, na které se mohou chmelové hlávky vytvářet. Gringich et. al. (2000) tvrdí, že jedna třetina až jedna polovina dusíku se nachází ve chmelových hlávkách. Tím, že neproběhlo u jedné varianty přihnojení, nemohly hlávky a pazochy dostatečně narůst a tím se zmenšil jejich výnos.

Teoretický výnos hlávek byl ovlivněn přihnojením jinak, než bylo očekáváno, protože nejlepší hodnotu teoretického výnosu měla varianta N075. To může být způsobeno lepším poměrem živin při menším obsahu dusíku, nebo malou délkou chmelových rostlin varianty N150. Ta díky nejmenší průměrné délce mohla nést méně pazochů na, kterých se vyvíjí květenství chmelových rostlin. Na základě tohoto lze předpokládat, že výnos by byl větší.

Ovšem dávka hnojiva, která byla použita u varianty N150 a která by měla zvýšit výnos, však dodala dusíku tolik, že negativně ovlivnil kvalitu hlávek. Ta byla nejmenší ze všech variant. Snížena byla nedostatkem ostatních živin, které jsou třeba pro tvorbu pivovarsky cenných látek, jako je třeba síra. Pravděpodobně by se při lepší agrotechnice s větší délkou chmelových rostlin varianty N150 snížila kvalita chmelových hlávek, neboť by bylo ještě méně kvalitu určujících živin na jednu chmelovou hlávku. Nejlepší poměr kvalitu určujících živin a dusíku, měla varianta N075. Díky dusíku, který byl chmelovým rostlinám dodán se mohli rozrůst pazochy i chmelové hlávky a zároveň byla plně využita zásoba živin, která byla v půdě díky předchozím hnojením.

Hypotézy

Obě mnou zvolené hypotézy, které byly prověřeny se špatně prověřují díky chybě v průběhu vegetace, která snížila délku u chmelových rostlin varianty N150. Díky této chybě se staly výsledky pro porovnání neprůkazné, neboť došlo ke snížení délky, takže nelze hypotézy objektivně, na základě dat, potvrdit či vyvrátit. Na základě informací z literární rešerše měly mít výsledky hnojení lineární charakteru znaků jakými jsou teoretický výnos, nebo délka rostlin. U délky lze však předpokládat, že ta by byla nejmenší i při dalším opakování, neboť i přes chybu je vidět určitá souvislost mezi hodnotami délek a množstvím hnojiva dodaného v druhém přihnojení. Pro potvrzení či vyvrácení hypotéz by bylo potřeba, alespoň ještě jednou pokus opakovat, aby se rozlišil vliv roku a agrotechnických chyb.

7 Závěr

- Nepřihnojené rostliny varianty N000 měly největší délku a celkovou váhu chmelových rostlin. Obsahovaly však největší množství vody. Varianty N075 a N150 si byly v tomto velmi podobné.
- Nejlepší obsah alfa hořkých kyselin měla varianta N075, která měla i nejvyšší teoretický výnos. Nejmenší obsah alfa hořkých kyselin měla varianta N150. Nejmenší teoretický výnos měla varianta N000.
- Při pozorování hnojení podniku bylo vypořádováno, že nedostatek organické hmoty v půdě zamezuje přijatelnost živin i v dobře zásobených půdách.
- Hypotéza předpokládající pokles výnosu chmelových hlávek se nepotvrdila, neboť nejlepší varianta měla snížený objem dusíku při přihnojení.
- Hypotéza předpokládající zvýšení kvality při snížení výnosu se potvrdila u porovnání varianty N150 a N000, ale výsledek zneprůkazňuje varianta N075
- Hypotéza předpokládající kladnou korelaci mezi dávkou živin v hnojivech a obsahem živin v rostlině se potvrdila zvýšením obsahu živin v rostlině mezi dvěma listovými analýzami po aplikaci hnojiv.
- Předpoklad, že obsah živin v půdě bude ovlivňovat obsah živin v rostlinách se potvrdil, jak pokusem na experimentální chmelniče, tak i pozorováním hospodaření podniku. Pomocí pokusu byl potvrzen tento předpoklad díky různým hodnotám, které měly jednotlivé varianty po přihnojení dusíkatým hnojivem. Pozorování potvrdilo chybějící živiny a nedostatky projevující se na chmelových rostlinách a listových analýzách v průběhu vegetace.

8 Literatura

- AFONSO, S., M. ARROBAS a M. Â. RODRIGUES. Response of Hops to Algae-Based and Nutrient-Rich Foliar Sprays. *Agriculture* [online]. 2021, **2021**(11), 15 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/8/798>
- AFONSO, S., M. ARROBAS, J. SÁ MORAIS a M. Â. RODRIGUES. Hop dry matter yield and cone quality responses to amino acid and potassium-rich foliar spray applications. *Journal of Plant Nutrition* [online]. 2021, **2021**(44), 16 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01904167.2021.1889597>
- BAIEROVÁ, V. Teoretické aspekty výživy hořčíkem. In: *Sborník přednášek seminář Výživa a závlaha chmele 2004*. Žatec: Časopis chmelařství, 2004, s. 3. ISBN 80-86836-03-7.
- BALÍK, J., P. TLUSTOŠ a D. PAVLÍNKOVÁ. Formy fosforu v půdě a příjem fosforu. In: *Sborník přednášek seminář Závlaha a hnojení chmele 2003*. Žatec: Časopis chmelařství, 2003, s. 5. ISBN 80-903057-7-6.
- BERNARZ, C.W., N.W. HOPPER a M.G. HICKEY. Effects of foliar fertilization of texas southern high plains cotton: Leaf phosphorus, potassium, zinc, iron, manganese, boron, calcium, and yield distribution. *Journal of Plant Nutrition* [online]. 1999, **2008**(22), 13 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904169909365678>
- BLOODNICK, E. *Role of Potassium in Plant Culture*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.pthorticulture.com/en/training-center/role-of-potassium-in-plant-culture/>. [cit. 2024-04-16].
- BRANT, V. *Agrotechnika chmele ve vztahu k rozmístění kořenového systému*. Praha: Agrární komora České republiky, 2021. ISBN 978-80-88351-21-4.
- BRANT, V., K. KROFTA, M. KROULÍK, P. ZÁBRANSKÝ, P. PROCHÁZKA a J. POKORNÝ. Distribution of root system of hop plants in hop gardens with regular rows cultivation. *Plant, Soil and Environment* [online]. 2020, **2020**(66), 10 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.17221/672/2019-PSE>
- BUECHEL, T. *Ammonium Toxicity*. Online. 2023. Dostupné z: <https://www.pthorticulture.com/en/training-center/ammonium-toxicity/>. [cit. 2024-04-16].
- ČEH, B. a B. ČREMOŽNIK. NITROGEN IN THE HOP FIELD SOIL IN A DRY YEAR. In: *International Hop Grower's Convention: PROCEEDINGS OF THE SCIENTIFIC COMMISSION*. Gerneny: Bavarian State Research Center for Agriculture, 2013, s. 1. ISSN 1814-2206.
- ČEH, B., L. LUSKAR, A. HLADNIK, Ž. TROŠT, J. POLANŠEK a B. NAGLIČ. The Quantity and Composition of Leachate from Hop Plant Biomass during Composting Process. *Applied sciences* [online]. 2022, **2022**(12), 16 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/5/2375>

- ČEH, B., S. RADIŠEK, B. ČREMOŽNIK a A. ŠUŠEK. VPLIV APNENEGA DUŠIKA NA RAST IN RAZVOJ HMELJA, REAKCIJO TAL IN TALNO MIKROFLORO. *Hmeljarski bilten / Hop Bulletin* [online]. 2020, **2020**(27), 17 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-GZ56MUTJ/d4a4f8d8-0c83-406a-a3fe-148f4fea343d/PDF>
- ČEH, B., Ž. TROŠT a A. KARNIČNIK KLANIČNIK. PRIMERJAVA GNOJENJA SVEŽO HMELJEVINO V PRIMERJAVI Z ZRELIM KOMPOSTOM IZ HMELJEVINE – LONČNI POSKUS. *Hmeljarski bilten / Hop Bulletin* [online]. 2022, **2022**(29), 8 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-9UWA33PL/aa567c84-39bc-41ad-ad97-c7d609da88f8/PDF>
- DONNER, P. a J. JEŽEK. POSKUS FERIGACIJE HMELJA NA SORTI SAAZ V LETIH 2017 DO 2019. *Hmeljarski bilten / Hop Bulletin* [online]. 2019, **2019**(26), 8 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.ihps.si/wp-content/uploads/2016/09/Hmeljarski-bilten-201926-FINAL-2.pdf>
- Gabrielyan, G., Marsh, T. L., McCluskey, J. J., Ross, C. F. (2018). Hoppiness is happiness? Under-fertilized hop treatments and consumers' willingness to pay for beer. *Journal of Wine Economics*, 13(2), 160-181.
- GINGRICH, C., J. HART a N. CHRISTENSEN. Hops. *Fertilizer Guide* [online]. 2000, **2000**(79), 5 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/fg79.pdf>
- HADAS, A. Soil tith-the desired soil structural state obtained through proper soil fragmentation and reorientation processes. *Soil & Tillage Research* [online]. 1997, **1997**(43), 34 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198797000330>
- HASLBECK, K., S. JEREBIC a M. ZARNKOW. Characterization of the Unfertilized and Fertilized Hop Varieties Progress and Hallertauer Tradition – Analysis of Free and Glycosidic-Bound Flavor Compounds and β -Glucosidase Activity. *BrewingScience* [online]. 2017, **2017**(70), 11 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/323748794>
- HOSSEINI, M., A. ASHOURI, A. ENKEGAARD, S. H. GOLDANSAZ, M. N. MAHALATI a V. HOSSEININAVEH. Performance and population growth rate of the cotton aphid, and associated yield losses in cucumber, under different nitrogen fertilization regimes. *International Journal of Pest Management* [online]. 2010, **2010**(56), 9 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/loi/ttprm20>
<https://eshop.normservis.cz/norma/csn-462520-15-1.11.1997.html>
- ISKRA, A. E., S. R. LAFONTAINE, K. M. TRIPPE, S. T. MASSIE, C. L. PHILLIPS, M. C. TWOMEY, T. H. SHELLHAMMER a D. H. GENT. Influence of Nitrogen Fertility Practices on Hop Cone Quality. *Journal of the American Society of Brewing Chemists: The Science of Beer* [online]. 2019, **2019**(77), 11 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/03610470.2019.1616276>

- JANÍK, P. Yara – systém výživy chmele. In: *Sborník přednášek seminář k agrotechnice chmele 2017*. Žatec: Chmelařský institut, 2017. ISBN 978-80-86836-92-8.
- KROFTA, K. AND TICHÁ, J. K problematice analytického stanovení obsahu α -hořkých kyselin ve chmelu. *Kvasny Prum.*, 1997, vol. 43, iss. 7-8, p. 196-199. Dostupné z: <https://doi.org/10.18832/kp1997014>.
- KROFTA, K. *Integrovaný systém pěstování chmele*. [Žatec]: Petr Svoboda, 2012. Metodika (Chmelařský institut). ISBN 978-80-86836-82-9.
- KROFTA, K., MIKYŠKA, A., JURKOVÁ, M., MRAVCOVÁ, L. AND VONDRÁČKOVÁ, P. Stanovení hořkých látek v chmelu - vliv ročníku a stáří chmele. *Kvasny Prum.*, 2017, vol. 63, iss. 5, p. 241-247.43/43. Dostupné z: <https://doi.org/DOI: 10.18832/kp201725>.
- LIPECKI, J. a S. BERBEC. Soil management in perennial crops: orchards and hop gardens. *Soil & Tillage Research* [online]. 1997, **1997**(43), 16 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198797000391>
- MALICKI, L., J. NOWICKI a Z. SZWEJKOWSKI. Soil and crop responses to soil tillage systems: a Polish perspective. *Soil & Tillage Research* [online]. 1997, **1997**(43), 16 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198797000354?via%3Dihub>
- MALÝ, J. Pohyb dusíku během vegetace a zásoba chmelových půd sírou. In: *Sborník přednášek seminář Výživa a závlaha chmele 2004*. Žatec: Časopis chmelařství, 2004, s. 4. ISBN 80-86836-03-7.
- MALÝ, J., J. VAŇOUSEK a O. VRÁBÍK. Stav zásobenosti chmelových půd a výsledky listových analýz se zaměřením na síru v roce 2016. In: *Sborník přednášek seminář k agrotechnice chmele 2017*. Žatec: Chmelařský institut, 2017, s. 4. ISBN 978-80-86836-92-8.
- MAŤÁTKO, J. a J. ČEŠKA. Fosfor a draslík ve výživě chmele. In: *Sborník přednášek seminář Závlaha a hnojení chmele 2003*. Žatec: Časopis chmelařství, 2003, s. 3. ISBN 80-903057-7-6.
- MAŤÁTKO, J. a J. ČEŠKA. Mikroelementy ve výživě. In: *Sborník přednášek seminář Nízké konstrukce a výživa chmele 2011*. Žatec: Časopis chmelařství, 2011, s. 5. ISBN 978-80-86836-43-0.
- MAŤÁTKO, J. a J. ČEŠKA. Půdní úrodnost ve chmelnicích. In: *Sborník přednášek seminář k agrotechnice chmele 2016*. Žatec: Časopis chmelařství, 2016, s. 5. ISBN 978-80-86836-71-3.
- MAŤÁTKO, J. a J. ČEŠKA. Síra a zinek ve výživě chmele. In: *Sborník přednášek seminář k agrotechnice chmele 2017*. Žatec: Chmelařský institut, 2017, s. 5. ISBN 978-80-86836-92-8.
- MAŤÁTKO, J. a J. ČEŠKA. Úloha mikroelementů ve výživě chmele. In: *Sborník přednášek seminář integrovaný systém pěstování chmele 2013*. Žatec: Časopis chmelařství, 2013, s. 4. ISBN 978-80-86836-85-0.

- MAŤÁTKO, J. a J. ČEŠKA. Význam mikroelementů ve výživě chmele. In: *Sborník přednášek seminář Výživa a závlaha chmele 2005*. Žatec: Časopis chmelařství, 2005, s. 6. ISBN 80-86836-05-03.
- MOZNY, M., R. TOLASZ, J. NEKOVAR, T. SPARKS, M. TRNKA a Z. ZALUD. The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology* [online]. 2009, **2009**(149), 7 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/222703873>
- RODOLFI, M., L. BARBANTI, C. GIORDANO, et al. The Effect of Different Organic Foliar Fertilization on Physiological and Chemical Characters in Hop (*Humulus lupulus* L., cv Cascade) Leaves and Cones. *Applied sciences* [online]. 2021, **2021**(11), 19 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/15/6778>
- RYBÁČEK, V. *Chmelařství*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1980. ISBN 07-068-80.
- SOLARSKA, E., M. MARZEC a E. POTOCKA. FERTILIZATION OF ORGANIC HOPS. In: *International Hop Grower's Convention: PROCEEDINGS OF THE SCIENTIFIC COMMISSION*. Germany: Bavarian State Research Center for Agriculture, 2013, s. 4. ISSN 1814-2206.
- SREČEC, S., I. KVATERNJAK, D. KAIČIĆ a V. MARIĆ. Dynamics of Hop Growth and Accumulation of α -acids in Normal and Extreme Climatic Conditions. *Agriculturae Conspectus Scientificus* [online]. 2004, **2004**(69), 4 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/26483677_Dynamics_of_Hop_Growth_and_Accumulation_of_a-acids_in_Normal_and_Extreme_Climatic_Conditions
- STEVENSON, F. J. *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. New York: Wiley, c1986. ISBN 0471822183.
- STOKHOLM, A., K. VAN SIMAEYS, A. GALLAGHER, G. WEAVER a T. H. SHELLHAMMER. Investigating the Effect of Farm Management, Soil, and Climate on Hop Diastatic Potential. *Journal of the American Society of Brewing Chemists: The Science of Beer* [online]. 2022, **2022**(80), 12 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/03610470.2021.1977902>
- ŠTRANC, P. *Zpracování půdy ve chmelnicích*. Praha [i.e. České Budějovice]: Kurent, 2008. ISBN 978-80-87111-11-6.
- TAJNŠEK, A., B. CEH, L. TAJNŠEK a M. CVETKOV. Mechanical resistance of wheat to stem breakage in the late growth period considering mineral nitrogen and organic fertilisation. *Archives of Agronomy and Soil Science* [online]. 2010, **2010**(56), 9 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/03650340903512561>
- TAKLE, B. a D. COCHRAN. Evaluating the Effects of Nitrogen Fertilization on Hop Yield. *Iowa State University, Horticulture Research Station* [online]. 2017, **2017**(ISRF16-36), 3 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://dr.lib.iastate.edu/server/api/core/bitstreams/563fe8a6-eb71-48b0-817d-301d1618b5ea/content>

- ÚSTŘEDNÍ KONTROLNÍ A ZKUŠEBNÍ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÝ. MP 01/AZZP, *Metodický pokyn č. 01/AZZP*. 3., Smatanová M., 2022
- VAVERA, R., J. KŘIVÁNEK a M. PECHOVÁ. *Výživa a hnojení produkčních chmelnic*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2017. ISBN 978-80-7427-268-4.
- VERHOEVEN, E., A. MOORE a D. GENT. *ASSESSING NUTRIENT UPTAKE AND ACCUMULATION IN HOP PRODUCTION* [online]. 2020, **2020**, 7 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.westernnutrientmanagement.org/proceedings/?action=download&item=7776>
- WAMPLE, ROBERT L. a STEVEN L. FARRAR. YIELD AND QUALITY OF FURROW AND TRICKLE IRRIGATED HOP (*HUMULUS LUPULUS L.*) IN WASHINGTON STATE. *Agricultural Water Management* [online]. 1983, **1983**(7), 14 [cit. 2023-08-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0378377483900343>

9 Samostatné přílohy



Příloha 1 válečková trať



Příloha 2 dočesávač



Příloha 3 řetězy dočesávače



Příloha 4 česací linka PT 15



Příloha 5 vzduchové čištění



Příloha 6 česací stěna se separátorem



Příloha 7 česací stěna – vstup



Příloha 8 česací stěna - chobot



Příloha 9 pásová sušárna