

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Možnosti využití dálkového průzkumu porostů chmele pro
zjištění vitality porostu**

Diplomová práce

Bc. Jan Gregor

Pěstování rostlin – Rostlinná produkce

Ing. Pavel Procházka, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Možnosti využití dálkového průzkumu porostů chmele pro zjištění vitality porostu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.4.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Pavlu Procházkovi, Ph.D. za jeho ochotu a pomoc při tvorbě této práce. Děkuji také doc. Mgr. Jitce Kumhálové, Ph.D. za její cenné rady a zpracování podkladových dat pro tuto práci. V neposlední řadě chci poděkovat mé rodině za trpělivost a podporu během celého období studia.

Možnosti využití dálkového průzkumu porostů chmele pro zjištění vitality porostu

Souhrn

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit možnosti využití dálkového průzkumu porostů chmele, jako nástroje pro sledování vitality porostů a možnosti, jak predikovat produkční schopnosti porostů chmele. Pro sledování byly využity chmelnice v lokalitě Kněževés u Rakovníka odrůdy Premiant. Sledování probíhala v letech 2020, 2021 a 2022. V rámci sledování byla prováděna standardní vegetační pozorování, při nichž se hodnotily parametry jako počet chybějících rostlin, počet normálních štoků a počet štoků pouze s jednou révou. Zároveň byla tato sledování doplněna o stanovení výnosu suchého chmele jednotlivých pokusných variant.

Pro hodnocení bylo dále využito bezpilotního prostředku eBeeX a díky jeho vybavenosti bylo možné stanovit ze získaných dat vybrané vegetační indexy, v rámci sledování bylo využito vegetačních indexů NDVI, GREEN NDVI a Red edge chlorophyll indexu ($CI_{red\ edge}$)

Z našich výsledků vyplývá, že pokusné varianty s nižším množstvím normálních štoků a zároveň vyšší mezerovitosti, dosahují průměrně nižších hodnot všech námi sledovaných vegetačních indexů.

Dle našich zjištění byla stanovena nejvyšší závislost hodnoty indexu na dosaženém výnosu suchého chmele u indexu NDVI a sice přibližně 61 %, dále byla zjištěna nižší závislost u $CI_{red\ edge}$ a to zhruba 41,6 %, a nejmenší závislost pak byla zaznamenána u indexu GNDVI, který vykazoval závislost pouze cca 7,6 %. lze tedy říci, že dle našich zjištění, není index GNDVI vhodný pro hodnocení vitality porostu s ohledem na dosažený výnos.

Klíčová slova: vitalita porostu, chmel, vegetační index

Possibilities of using remote sensing of hop stands to determine the vitality of the stand

Summary

The aim of this diploma thesis was to evaluate the possibilities of using remote sensing of hop stands as a tool for monitoring the vitality of stands and the possibility of predicting the production capabilities of hop stands. Premiant variety hops were used for monitoring in the locality of Kněževy near Rakovník. The monitoring took place in 2020, 2021 and 2022. As part of the monitoring, standard vegetation observations were carried out, while parameters such as the number of missing plants, the number of stunted stems and the number of stems with only one vine were evaluated. At the same time, these observations were supplemented by the determination of the yield of dry hops of individual experimental variants.

The eBeeX unmanned vehicle was also used for the assessment, and thanks to its equipment, it was possible to determine selected vegetation indices from the obtained data, within the framework of monitoring the use of the vegetation indices NDVI, GREEN NDVI and Red edge chlorophyll index (CIred edge)

Our results show that experimental variants with a lower amount of normal stems and at the same time higher gaps achieve lower values on average for all monitored vegetation indices.

According to our findings, the highest dependence of the index value on the achieved yield of dry hops was determined for the NDVI index, i.e. approximately 61%, a lower dependence was also found for the CIred edge, approximately 41.6%, and the smallest dependence was recorded for the GNDVI index, which dependence only about 7.6%. It can therefore be said that according to our findings, the GNDVI index is not suitable for evaluating the vitality of the stand with regard to the yield achieved.

Keywords: plant vitality, hop, vegetation index

Obsah

1 Úvod	9
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	10
2.1 Cíl práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Současná situace pěstování chmele v ČR	11
3.1.1 Pěstitelské oblasti ČR	11
3.1.1.1 Žatecká oblast	11
3.1.1.2 Ústěcká oblast	12
3.1.1.3 Tršická oblast	13
3.2 Biologická stavba chmelové rostliny	13
3.2.1 Soustava podzemních částí rostliny a jejich funkce	14
3.2.1.1 Soustava podzemních lodyžních orgánů	14
3.2.1.2 Kořenová soustava chmelové rostliny	14
3.2.2 Soustava a funkce nadzemních orgánů	16
3.2.2.1 Soustava nadzemních vegetativních orgánů	16
3.2.2.2 Soustava nadzemních generativních orgánů	17
3.3 Odrůdy chmele v ČR	17
3.3.1 Žatecký poloraný červeňák	17
3.3.2 Sládek	18
3.3.3 Premiant	18
3.4 Zakládání nových porostů	19
3.4.1 Výběr pozemků vhodných pro výsadbu	19
3.4.2 Příprava pozemku před výsadbou	19
3.4.3 Spon výsadby	20
3.4.4 Typy chmelové sadby	20
3.4.4.1 Chmelová sáď	21
3.4.4.2 Prostokořený kořenáč	21
3.4.4.3 Baličkovaná sadba	21
3.4.5 Vlastní výsadba chmelových rostlin	21
3.4.5.1 Volba termínu výsadby	22
3.4.5.2 Vlastní způsob a provedení výsadby	22
3.4.6 Ošetřování porostů v prvním roce po výsadbě	23
3.5 Ošetřování produkčních porostů	24
3.5.1 Jarní agrotechnické operace prováděné v produkčních chmelnicích	24
3.5.1.1 Příprava pozemku pro řez	24
3.5.1.2 Řez chmele	24

3.5.1.3	Zavěšování chmelovodičů	25
3.5.1.4	Zavádění chmelových výhonů	25
3.5.2	Letní práce prováděné v produkčních chmelnicích	26
3.5.2.1	Letní kultivace meziřadí	26
3.5.2.2	Přiorávka.....	26
3.5.3	Ochrana chmele	27
3.5.3.1	Choroby chmele	27
3.5.3.2	Škůdci chmele	28
3.5.4	Sklizeň chmele	30
3.5.4.1	Česání chmelových hlávek	30
3.5.4.2	Sušení chmelových hlávek.....	30
3.5.4.3	Klimatizace usušeného chmele	31
3.5.4.4	Lisování a balení chmele	31
3.5.5	Podzimní práce na chmelnici.....	32
3.5.5.1	Úklid chmelnice	32
3.5.5.2	Podzimní vláčení	32
3.5.5.3	Podzimní orba	32
3.6	Výnosotvorné prvky chmele	32
3.7	Dálkový monitoring rostlin	33
3.7.1	Vegetační indexy.....	34
3.7.1.1	Normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI)	34
3.7.1.2	Green NDVI (GNDVI).....	35
3.7.1.3	Red edge chlorophyll index (CI _{red edge}).....	35
3.7.1.4	Triangular Greenness Index (TGI).....	35
4	Metodika	36
4.1	Pokusné stanoviště.....	36
4.1.1	Informace o pokusné lokalitě.....	36
4.1.1.1	Chmelnice A	36
4.1.1.2	Chmelnice B	36
4.1.2	Charakteristika pokusných porostů.....	37
4.1.2.1	Chmelnice A	37
4.1.2.2	Chmelnice B	37
4.1.3	Agrotechnika pokusných variant	38
4.1.4	Průběh pokusu.....	41
4.1.4.1	Pěstitelský rok 2020	41
4.1.4.2	Pěstitelský rok 2021	41
4.1.4.3	Pěstitelský rok 2022	41

4.1.5	Proces snímání porostů a následné zpracování dat.....	42
4.1.6	Úhrn a rozložení srážek v jednotlivých letech v rámci trvání pokusů	42
5	Výsledky	43
5.1	Inventarizace porostu	43
5.1.1	Vegetační pozorování v roce 2020.....	43
5.1.2	Vegetační pozorování v roce 2021.....	44
5.1.3	Vegetační pozorování v roce 2022.....	44
5.1.4	Statistické zhodnocení výnosu	45
5.2	Vypočtené hodnoty vegetačních indexů	46
5.2.1	Normalizovaný diferenční vegetační index	46
5.2.2	Green NDVI.....	47
5.2.3	Red edge Chlorophyll index	49
5.3	Statistické posouzení závislosti jednotlivých indexů na dosaženém výnosu	50
6	Diskuze	51
6.1	Zhodnocení vhodnosti vybraných vegetačních indexů pro stanovení produkčních schopností porostů chmele	51
7	Závěr a stanovisko k hypotézám	53
8	Literatura.....	54

1 Úvod

Chmel je plodinou, která se na našem území pěstuje již téměř tisíc let a naší snahou by mělo být nejen dosažení maximálního výnosu a odpovídající kvality hlávek, ale především znalostí chmelové rostliny, neboť pouze potom je možné dosáhnout kýžených výsledků. (Rybáček, 1991)

Kvalita českého chmele je známa nejen v Evropě ale v celém světě. Potvrzuje to i fakt, že Evropská unie udělila v roce 2007, na žádost Svazu pěstitelů chmele ČR, chráněnou známku (chráněné označení původu) „Žatecký chmel“. Toto chráněné označení se týká pouze odrůdy Žatecký poloraný červeňák z Žatecké chmelařské oblasti. Přičemž se jedná o vůbec první chráněné označení týkající se chmele. (Anonym (b), 2007)

Je třeba nepřestávat v poznávání a učení se, abychom mohli i v budoucnu dosahovat očekávaných výsledků naší práce. V této snaze nám mohou velmi dobře posloužit i moderní technologie, které si již v dnešním světě vydobily bezpochyby svoje místo. Jendou z možností je využití dálkového průzkumu, jedná se o způsob sledování porostů, který nám může posloužit jako vhodný nástroj při vytváření moderní strategie pěstování rostlin. (Domínguez, 2017)

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hypotézy:

1) Hodnocení vitality porostů chmele pomocí vegetačních indexů lze využít k predikci vitality porostu chmele ve vztahu k produkčním schopnostem.

2) Hodnocením vitality porostů chmele pomocí vegetačních indexů lze nahradit agrobiologickou kontrolu porostu z hlediska perspektivy produkčních schopností porostu.

2.1 Cíl práce

Cílem práce bude jednak vytvoření kvalitní literární rešerše a jednak vyhodnotit možnosti využití vegetačních indexů k zjištění vitality porostů chmele.

3 Literární rešerše

3.1 Současná situace pěstování chmele v ČR

Tradice českého chmelařství je velmi dlouhá a česká republika je zároveň i významným světovým producentem této plodiny, v rámci světového žebříčku produkce jemného aromatického chmele zaujímá česká republika po USA a Německu třetí místo. (Šrédl, 2020)

Výměra českého chmele dosahuje zhruba 7,9 % světových ploch, na pomyslném žebříčku pak zaujímá čtvrté místo Čína. Dle dat ÚKZÚZ dosáhla výměra sklizňových ploch v ČR celkem 4942,6 ha a je zde tedy patrný mírný pokles oproti roku 2021 a to zhruba o 0,6 %. Dominantně pěstovanou odrůdou stále zůstává Žatecký poloraný červeňák s celkovou výměrou 4135,6 ha, což představuje zhruba 83,7 % sklizňové plochy ČR, avšak meziročně byl zaznamenán pokles výměry této odrůdy, a to o 48 ha. Druhou nejpěstovanější odrůdou je hybridní odrůda Sládek s výměrou 397,4 ha jež zaznamenala v loňském roce významný nárůst ploch a to o 23,6 ha, stejně jako v roce 2021 pěstuje v roce 2022 chmel celkem 121 pěstitelů. (Altová, 2022)

Chmel se v České republice již tradičně pěstuje ve třech pěstitelských oblastech, a to v Žatecké, Ústěcké a Tršické. Největší výměry dosahují sklizňové plochy již tradičně v Žatecké oblasti s celkovou výměrou 3801 ha. (Altová, 2022)

3.1.1 Pěstitelské oblasti ČR

3.1.1.1 Žatecká oblast

Žatecká pěstitelská oblast je největší pěstitelskou oblastí co se rozlohy sklizňových ploch týče, dosáhla k 20. 08. 2022 výměry 3800,7 ha. (Altová, 2022)

Jak už bylo zmíněno, fakt že je Žatecko největší pěstitelskou oblastí znamená, že jako taková je velmi výrazně členitá. V severní části jsou chmelnice typicky umístěny v blízkosti řeky Ohře, zatímco směrem na jih v souvislosti s měnícím se terénem bývají chmelnice umístěny na různých exponovaných svazích, či údolních rovinách kolem potoků Hasina, či Kláštereckého a Pochvalovského potoka, většina ploch je pak soustředěna v jižní části oblasti Rakovnické plošiny, přičemž nadmořská výška dohauje 300-400 m.n.m. Na západě se chmelnice ponejvíce rozkládají v povodí Blšanky. (Horejsek, 1990)

Specifikem žatecké oblasti je fakt, že její půdní pokryv je složen ze dvou zcela odlišných celků, které se zároveň liší i svou genézí. V severní části oblasti, která je téměř bezlesá a jejími centry jsou města Žatec a Louny. Převažují zde černozemě vzniklé na spraších, popř. křídových slínech. Terén je převážně rovinný, průměrná nadmořská výška je zhruba 200 – 350 m.n.m. Páteřní tok pak v této části tvoří řeka Ohře. Půdní profily se zde vyznačují výrazným humusovým horizontem, který obsahuje značné množství kvalitního humusu. Dále se zde vyskytují hnědozemě, na kterých je chmel rovněž hojně pěstován. Na zvětralé opuce se převážně v severní části oblasti, na Lounsku a Slánsku, vyskytují rendziny, ty jsou pro Žateckou oblast rovněž typickým typem půd. Typické jsou plošiny, či horní části svahů které obsahují více, či méně úlomků opuky. (Krofta, 2010)

Jižní polovina oblasti má již oproti severní větší zastoupení lesních komplexů a členitější reliéf. Výrazné jsou zde hnědé půdy vzniklé na zvětralinách permokarbonských hornin, tzv.

permských červenek. V jejížnějším cípu oblasti je pak střídají půdy vzniklé na algonických břidlicích. Výskyt půd, vzniklých na zvětralinách permokarbonských hornin, je soustředěn do mírně teplého a mírně suchého regionu Rakovnicka s přílehlou Džbánskou vrchovinou a Kryrskou pahorkatinou. Charakteristický je výskyt červeného zabarvení půd daný poměrně vysokým zastoupením nesilikátového železa s převažující krystalickou složkou. Půdy jsou většinou poměrně hluboké a bezskeletovité a obsahují málo humusu. Půdní reakce těchto půd je zpravidla neutrální, či mírně kyselá. (Krofta, 2010)

Žatecko patří do mírně teplé, suché oblasti, typická je mírně teplá a suchá zima, přičemž průměrné lednové teploty dosahují -2 °C. Celá oblast Žatecka leží ve srážkovém stínu Krušných hor a Českého lesa. (Horejsek, 1990)

V žatecké oblasti byl v roce 2022 pěstován chmel na ploše zhruba 3801 ha. (Altová, 2022)

3.1.1.2 Úštěcká oblast

Úštěcko je u nás nejmenší pěstitelskou oblastí, k 20. 08. 2022 se chmel pěstoval na ploše 520,4 ha. (Altová, 2022)

Úštěcká oblast se rozkládá severovýchodně od žatecké oblasti. Většina úštěcké oblasti se rozkládá v okolních rovinách řek Labe a Ohře. Jádrem oblasti tvoří Polepská blata, ty se rozkládají na pravém břehu Labe. Na severu stoupá nadmořská výška až ke 300 m. n. m. a volně přechází v České středohoří. Jižní cíp oblasti se zasahuje ke Kralupům do údolí Vltavy. Na západě pak oblast končí v Košticích, kde se stýká a navazuje na oblast Žateckou. (Horejsek, 1990)

Převážně se oblast volně svažuje od severu k jihu. (Vent, 1963)

Většina půdního pokryvu v dané oblasti je tvořena černozeměmi, vyskytují se převážně v západní části po levém břehu Labe, zároveň se vyskytují i na Litoměřsku pod Českým středohořím. Typický reliéf je rovinatý, případně mírně zvlněný s převažující nadmořskou výškou 200-300 m.n.m. Typickým půdotvorným substrátem jsou vápnité, nebo částečně odvápněné spraše. Černozemě se vyznačují silnou humusovou vrstvou, s obsahem kvalitního humusu s převahou huminových kyselin. Vyznačují se dobrou vododržností, avšak zároveň i schopností vodu uvolňovat pro potřebu rostlin. (Krofta, 2010)

Dalším typem jsou šedozemě, ty jsou typické procesem ilimerizace, tedy přesunem jílovitých částic do větších hloubek, pod povrchem se tedy tvoří ochuzený horizont a pak hlouběji obohacený, avšak ztužený horizont. Tato skutečnost však vede ke zhoršení fyzikálních i agronomických charakteristik. (Krofta, 2010)

Významně zastoupeny jsou hnědozemě, velmi kvalitní a rozsáhle se vyskytující půdy. Vyskytují se většinou v oblasti na pravém břehu Labe. Půdotvorným substrátem jsou zde spraše a sprašové, či polygenetické hlíny. Jedná se povětšinou o hluboké, bezskeletovité půdy, které jsou středně těžké až těžké, obsah humusu je zhruba 1,5-2,2 %. (Horejsek, 1990)

V celé úštěcké oblasti se vyskytují převážně půdy s vysokou schopností infiltrace vody a dobrou propustností půdního profilu. V oblasti se vyskytují půdy lehké i těžké, lehčí půdy jsou typické pro okolí vodních toků, těžké jihozápadně a severovýchodně od Úštěka, jižně od Lovosic a jihozápadně od Mělníka. (Krofta, 2010)

Klimaticky je oblast zařazena jako mírně teplá, sušší s průměrem lednových teplot $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ s průměrným ročním úhrnem srážek 500-550 mm. Oblast se vyznačuje podobností s oblastí Žatecka, avšak ve vývoji bývá o 5 až 10 dní ranější. (Horejsek, 1990)

V úštěcké chmelařské oblasti byl chmel v roce 2022 pěstován na výměře cca 520,4 ha. (Altová, 2022)

3.1.1.3 Tršická oblast

Tršická oblast je třetí a poslední pěstitelskou oblastí, k 20. 08. 2022 se zde chmel pěstoval na ploše 621,4 ha. (Altová, 2022)

V Tršické oblasti jsou jádrem plochy kolem města Tršic v okrese Olomouc. Terén je zde mírně vertikálně, avšak značně horizontálně členěn. Celá oblast se svažuje od severovýchodu k západu, až jihozápadu. Oblast leží z jedné strany na rozhraní Hornomoravského úvalu a bečovské části Moravské brány. Z druhé strany pak oblast lemuje část Nízkého Jeseníku s názvem Oderská vrchovina, od ní se pak odlišuje tzv. „Tršický stupeň“ jež je právě přírodním jádrem celé oblasti. Většina chmelnic se nachází v nadmořské výšce 260-300 m. n. m. (Vent, 1963)

Ve většině oblasti se vyskytují půdy vhodné pro pěstování chmele, nevýhodou je zde poměrně značná otevřenost krajiny, která je dobře přístupná vanoucím větrům. (Krofta, 2010)

(Horejsek, 1990) uvádí, že půdy v této oblasti jsou automorní, hnědozemního typu a půdy mírně podzolované. Většinou to jsou hluboké, středně těžké hlinité půdy hnědozemního typu. Ty jsou dobře zpracovatelné a činné, zároveň se vyznačují schopností zadržování vody. Dále se vyskytují půdy jílovitohlinité až jílovité, hnědozemního a černozemního typu.

Tršická oblast je mírně teplá, mírně vlhká s často mírnou zimou a průměrnými lednovými teplotami $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Srážkové úhrny dosahují zhruba 600-650 mm. (Horejsek, 1990)

Na Tršicku byl chmel v roce 2022 pěstován na ploše zhruba 621,4 ha. (Altová, 2022)

3.2 Biologická stavba chmelové rostliny

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus L.*) je dvoudomou, vytrvalou a popínavou rostlinou. (Gu, 2020)

Chmel se řadí do čeledi konopovitých (*Cannabaceae*), a je pěstován především pro produkci chmelových hlávek. (Mérillon, 2018)

Chmelové hlávky nacházejí tradiční uplatnění v pivovarnictví, neboť pivo propůjčují charakteristickou vůni, hořkost a chuť. (Alonso-Esteban, 2019)

Zároveň jsou využívány jako léčivé přípravky, napomáhají zmírnit příznaky mírného duševního stresu a pozitivně ovlivňují i kvalitu spánku. (Mérillon, 2018)

Chmelové hlávky odrůd s nižším obsahem alfa hořkých kyselin se ve světě mohou uplatnit i ve směsi bylinných čajů, či jako doplněk krmné dávky pro hospodářská zvířata. (Teghtmeyer, 2018)

Chmelové hlávky obsahují řadu silic a pryskyřic, celkem obsahuje chmelová hlávka přes 200 cenných látek. (Altová, 2022)

V pivovarnictví jsou hlávky zvláště ceněny především díky sekundárním metabolitům, které obsahují. Jsou to např. terpeny, seskviterpeny, fenolické sloučeniny (typicky hořké

kyseliny, a to především z řady α -kyselin). Tyto metabolity pak prokazují určité vlastnosti, jako např., sedativní, antimikrobiální, či estrogenní. (Bocquet, 2018)

3.2.1 Soustava podzemních částí rostliny a jejich funkce.

V rámci podzemních částí chmelové rostliny rozlišujeme dvě orgánové soustavy, které se mezi sebou poměrně zásadně liší. Hovoříme zde konkrétně o soustavě podzemních lodyžních orgánů a vlastní kořenové soustavě. (Rybáček, 1980)

3.2.1.1 Soustava podzemních lodyžních orgánů

Soustava podzemních lodyžních orgánů neboli babka, má pro chmelovou rostlinu poměrně zásadní význam. Je to nejen kvůli její poloze, nachází se totiž mezi kořenovou soustavou a nadzemními orgány, ale především kvůli výskytu spících pupenů, ty jsou schopné života po dobu několika let a ty jsou tudíž základem dlouhověkosti chmelové rostliny. (Rybáček, 1991)

Zároveň se řízky vzniklé dělením podzemních lodyžních orgánů využívají k vegetativnímu množení chmelových rostlin. Chmelová babka v sobě zahrnuje veškeré podzemní lodyžní orgány, tedy ty, které vznikly přeměnou lodyhy pod povrchem půdy. (Rybáček, 1980)

Díky změně prostředí, ve kterém orgány vyrůstají se změnila i stavba orgánů, avšak základní morfologické a anatomické znaky vykazují podobné rysy, mění se v zásadě jen poměr jednotlivých pletiv. (Rybáček, 1991)

Podzemní pupeny rozlišujeme buď spící, nebo probuzené, pokud dojde k probuzení spících pupenů vyrůstají z nich posléze všechny nadzemní i podzemní orgány chmelové rostliny. Na tzv. mladém dřevě a mladých vlkách jsou vytvořeny pouze jednoleté spící pupeny, ty se velmi často probouzejí k životu ještě před dozráním hlávek. (Horejsek, 1990)

Již brzy po probuzení spících pupenů lze zjistit podle směru jejich růstu jejich funkci. Z vodorovně rostoucích pupenů vznikají tzv. vlky a posléze vlkové révy, z kolmo rostoucích pupenů pak vzniká tzv. mladé dřevo a následně všechny nadzemní orgány. (Rybáček, 1991)

Tzv. mladé dřevo je označení pro podzemní lodyžní orgány, které nejsou starší nežli jeden rok. (Horejsek, 1990)

Hlavní úlohou mladého dřeva je po přezimování obnovit růst nadzemních rév z probuzených pupenů. (Rybáček, 1980)

Dále vodorovné šlahouny tzv. vlky mají obdobné využití, avšak bývají většinou slabší a mají delší internodia. Vyznačují se však výraznou snahou růst, jsou tedy proto vhodné pro výrobu tzv. kořenáčů, tedy k vegetativnímu množení chmelových rostlin. U planých forem chmelu slouží primárně k rozmnožování chmelových rostlin. (Vent, 1963)

3.2.1.2 Kořenová soustava chmelové rostliny

Chmelová rostlina vytváří každoročně velké množství nadzemní biomasy, čemuž odpovídá i obdobně rozvinutý kořenový systém. Zpravidla vytváří dospělá chmelová rostlina 8-12 silných kořenových větví, přičemž ty jsou pokryty silnou korovou vrstvou. (Vent, 1963)

Kořenová soustava v sobě zahrnuje veškeré kořeny bez ohledu na to, z kterého podzemního orgánu vlastně vyrůstají. Od podzemních lodyžních orgánů se liší především tím, že nemají nody s pupeny. (Rybáček, 1991)

Rozdílné množství a struktura kořenového systému je v rámci půdního profilu rozložena v závislosti na způsobu kultivace prostoru chmelnice. (Miller, 1958)

To potvrzuje i (Neve, 1991), který konstatuje, že kořeny rostlin pěstovaných v systému kultivace meziřadí jsou v kolmém směru řádku značně omezeny, zatímco kořeny rostlin pěstovaných v systémech bez kultivace tyto prostory bez výrazných problémů prokořeňují.

(Brant, 2020) sledoval růst kořenů v systémech kultivace meziřadí a konstatuje, že postranní kořeny zasahují v hloubce 0-0,3m převážně do vzdálenosti 0,5-0,6m od středu chmelového řádu. Omezení kořenové soustavy pouze na tento prostor je bezpochyby způsobeno kultivací prováděnou během vegetačního období i mimo něj.

Hloubku a rozsah kořenového systému může do značné míry ovlivňovat i přítomnost závlahy, tak jak uvádí (Sobotik, 2018) kořenová soustava v zavlažovaných chmelnicích dosahuje průměrně hloubky 1,3 m, zatímco v porostech bez závlahy bylo zjištěno prokořenění do hloubky až 3,7 m.

Podle mohutnosti členíme kořenovou soustavu, či lépe kořeny na kosterní kořeny a koncové kořinky. (Horejsek, 1990)

Kosterní kořeny tvoří základ celé kořenové soustavy, řadí se mezi ně všechny druhotně ztlustlé kořeny mimo kořenových hlíz. Hlavní funkcí kosterních kořenů je jednak upevnění rostliny v zemi a druhá rozvádění živin, zároveň jsou kostrou, která na terminálech obrůstá koncovými kořinkami. (Rybáček, 1980)

Dle směru růstu kořenů se rozlišují kořeny vertikální, které rostou svisle, nebo šikmo a z nich pak rostoucí kořeny horizontální. Horizontální kořeny rostou ze všech orgánů babky, tedy jak ze starého, tak z mladého dřeva, z těchto horizontálních kořenů mohou rovněž vyrůst i vertikální kořeny, ty se někdy mohou nazývat kotevními kořeny. Vlivem stárnutí babky mohou některé kořeny odumírat, přičemž bývají nahrazeny novými a slouží k čerpání vody z hlubších vrstev půdy. (Horejsek, 1990)

Jak bylo výše zmíněno, na terminálech kosterních kořenů vyrůstají koncové kořinky, ty se také někdy označují jako aktivní, jejich hlavním cílem je čerpání živného roztoku z půdy. Tím rostlině zajišťují vodu a v ní rozpuštěné živiny. Jejich růstem se celkově zvětšuje kořenová soustava rostliny, současně s růstem kořinky tloustnou a přechází do skupiny druhotně ztlustlých kořenů. (Rybáček, 1991)

V mělké vrstvě půdy vyrůstají z lodych horizontálně rostoucí kořeny, tvoří se primárně po přiorávce, a tedy na její kvalitě a termínu závisí i množství, délka těchto kořenů, dále je ovlivňuje i půda a klima. Jejich hlavní funkcí je zásobování rostliny vodou a živinami. Často pro ně užíváme název tzv. letní kořeny. (Vent, 1963)

Posledním článkem kořenové soustavy jsou kořenové hlízy, ty plní v rostlině funkci zásobních orgánů. Kořenové hlízy se tvoří převážně na adventivních kořenech v hloubce 30-40 cm. Jejich tvar je většinou lahvovitý, přičemž jsou poměrně elastické, což napomáhá jejich přizpůsobení se půdnímu prostředí. Hlízy přirůstají neustále a rostou na mladých i starších kořenech. (Horejsek, 1990)

Hlavními zásobními látkami jsou povětšinou škrob a jiné cukry. Pokud dojde k vyčerpání zásob z hlízy, dochází většinou k jejímu odumření, přičemž nové hlízy většinou rostou na mladších vertikálních kořenech. (Rybáček, 1980)

3.2.2 Soustava a funkce nadzemních orgánů

Na nadzemní části chmelové rostliny rozlišujeme dva typy orgánových soustav, a to soustavu vegetativních a generativních orgánů. Jednotlivé soustavy se od sebe odlišují nejen funkcí, či strukturou, ale zároveň i návazností, neboť soustava generativních orgánů vzniká na vrcholových pupenech vegetativní soustavy, čímž je zastaven dlouhivý růst lodyh a větví a následný přechod do generativní fáze růstu. (Rybáček, 1980)

3.2.2.1 Soustava nadzemních vegetativních orgánů

Primární funkcí vegetativních orgánů je tvorba organických látek, a to formou fotosyntézy a na ní navazujících procesech. Soustava je tvořena pupeny, listy a stonky, přičemž primárně ve stoncích se dočasně ukládají produkty vzniklé při fotosyntéze. (Rybáček, 1991)

Nadzemní pupeny jsou první fází vegetativního růstu, tzv. vrcholový pupen je tvořen pod povrchem půdy na některém orgánu chmelové babky. Pupeny jsou kryty četnými obalovými listy bílé barvy. Následně prorůstají v klíče fialové barvy, které na povrchu zelenají. V úžlabí obalových listenů jsou založeny listy v podobě hrbolků a následně se z vegetačního vrcholu diferencují pletiva, jež jsou základem všech nadzemních orgánů. Dále se v úžlabí listů vytváří postranní pupeny, jež jsou tzv. spící a při porušení apikální dominance se probouzejí a nahrazují funkci vegetačního vrcholu. Z vrcholových pupenů plodných rév a jejich větví pak následně vznikají jednotlivé generativní orgány. (Horejsek, 1990)

Základ celé nadzemní soustavy tvoří lodyha, ta je ovíjivá a pravotočivá. Lodyha dorůstá výšky zpravidla 8 až 9 m. V momentě, kdy je ukončen dlouhivý růst, se pletiva révy trhají a vzniká dutý prostor, plný prázdnosti si rostlina zachovává pouze v nodech. Réva má šestihranný průřez, přičemž na hranách se tvoří trichomy, které po ztvrdnutí tvoří háčky, a to buď jednostranné, nebo oboustranné, pomocí nichž se réva přidržuje opory. (Rybáček, 1980)

Povrch révy je pokryt kožovitými buňkami, jež mají protáhlý tvar ve směru růstu révy, zároveň se mezi buňkami vyskytují i průduchy. U červeňáků má réva načervenalý nádech, ten vzniká díky výskytu antokyanů v buňkách primární kůry. (Vent, 1963)

Z lodyhy vyrůstají postranní pazochy, ty mají obdobnou funkci jako lodyha. Pazochy vyrůstají z pupenů v úžlabí listů od výšky zhruba 2 metry. Jejich úkolem je nést květenství a později plodenství a srdčité neboli pazochové listy. Pazochy odumírají dříve nežli vlastní lodyha. (Horejsek, 1990)

Z uzlin révy vyrůstají listy, a to vstřícně proti sobě po dvojicích. Podle toho odkud vyrůstají členíme listy na révové a pazochové, révové listy jsou povětšinou starší než listy pazochové. (Rybáček, 1980)

Révové listy jsou hrubší struktury a větší velikosti nežli listy pazochové. Žilnatina je viditelná především u starších listů, tvoří žebra s háčky, které způsobují zdrsňení listů. Oba typy listů jsou řapíkaté a podle stáří buďto srdčité, nebo tří až sedmilaločnaté. Na horní, lícové straně jsou listy tmavě zelené, na spodní, rubové straně jsou naopak světlejší. (Horejsek, 1990)

3.2.2.2 Soustava nadzemních generativních orgánů

U plodných chmelových rostlin nastává po dokončení vegetativní fáze přechod do fáze generativní, na vrcholových pupenech a pupenech postranních větví dochází ke tvorbě květenství, to u samičích rostlin přechází v plodenství, květenství je v chmelařském názvosloví označováno jako osýpka, plodenství pak jako hlávka a v oplozených kvítcích pak vznikají jednosemenné nažky zvané pecky. (Rybáček, 1991)

Chmel otáčivý je dvoudomou rostlinou, tedy striktně je možné rozlišit samčí a samičí jedince, přičemž oboupohlavnost je u chmelových rostlin poměrně vzácná. (Vent, 1963)

Květenství samičích rostlin tvoří bohatě větvená lata, drobné kvítky rozvinuté na krátkých stopkách obsahují pyl, který se dobře šíří větrem, a to na vzdálenosti až 20 km. Samčí rostliny bývají divoce rostoucí podél vodních toků, nebo mezi v blízkosti chmelnic, to je však nežádoucí a takové rostliny bývají záměrně likvidovány, neboť přítomnost pylu je v chmelových porostech nežádoucí. (Horejsek, 1990)

Samičí květenství je tvořeno 20 až 60 kvítky, které jsou hustě usazeny na mnohokrát zalomeném věténku, které je osou celého květenství. Na každém zalomení se zpravidla tvoří dvě dvojice kvítků krytých krycími listeny. Pokud dojde k výskytu i pravých listů, je to zpravidla pouze při tzv. prorůstání, jinak je tento list zakrnělý. Vlastní kvítek tvoří dvoukarpelový jednopouzdrý semeník, jenž obepíná pohárkovité okvětí, semeník obsahuje jedno obrácené vajíčko, je bez čnělky a jsou na něm přímo přisedlé dvě nitkovité blizny. (Rybáček, 1980)

Plodenství je z morfologického hlediska chmelová hlávka, ta vzniká z jehnědovitého květenství, je tvořena stopkou, mnohokrát zalomeným věténkem, palisty, listeny, pravými listeny, lupulinovými žlázkami, které jsou naplněny lupulinem, dále zaschlými zbytky semeníků, či neúplnými plody bez semen tzv. pecek. Lupulin je nejcennější součást chmelové hlávky, vytváří se na všech jejích částech, avšak nejvíce ho obsahují listeny. (Horejsek, 1990)

Jako plod je označována již výše zmíněná jednosemenná nažka tzv. pecka, která však zhoršuje pivovarskou hodnotu chmelových hlávek. (Rybáček, 1980)

3.3 Odrůdy chmele v ČR

3.3.1 Žatecký poloraný červeňák

Jedná se o odrůdu získanou pomocí klonové selekce z původních krajových chmelů pěstovaných v oblasti Žatecka a Úštěcka. V současnosti je odrůda pěstována v devíti klonech a sice Blato, Sířem, Lučan, Zlatan, Podlešák, Blšanka a Osvaldovy klony č. 31, 72 a 114. (Nesvadba, 2013)

Osvaldův klon č. 31 byl získán individuálním výběrem z rostlin „žateckého krajového“ na chmelnici v Rakovníku, jedná se o poloraný červeňák mohutného vzrůstu s načervenalou révou a pravou jemnou chmelovou vůní. Je poměrně náročný na půdní podmínky a hodí se do těžších půd v údolnicích našich chmelařských oblastí. (Rybáček, 1980)

Osvadlův klon č. 72 byl získán rovněž z populace „žateckého krajového“ a sice na chmelnici v Deštnici. Vůně je pravá chmelová a pro jeho vynikající kvalitu se hlávky považují za jakostní standard. Není příliš náročný na půdu a hodí se do otevřených poloh chmelařských

oblastí. Ve vlhkých půdách a teplejších oblastech má sklony k přerůstání a prorůstání hlávek oproti ostatním klonům. (Rybáček, 1980)

Osvaldův klon č. 114 byl získán ze stejných podmínek jako klon č. 72, tedy z porostu v Dešnici. Hodí se pro pěstování v tzv. polních polohách, obzvláště se pak osvědčil na opukových stanovištích Džbánské plošiny a na Rakovnicku. Nehodí se příliš do vlhkých poloh, neboť pak mají hlávky tendenci přerůstat a prorůstat a zároveň mohou být náchylnější k peronospoře chmelové. (Rybáček, 1980)

Obecně se jedná o rostliny mohutného vzrůstu, pravidelného válcovitého tvaru, jejichž réva má zelenočervenou barvu a sílu 9 až 11 mm. Plodonosné pazochy jsou krátké až střední, nízko nasazené. Hmotnost 100 hlávek je zhruba 12-14 g. Žatecký poloraný červeňák je středně raný, jeho vegetační doba je 122-128 dní dlouhá a řez se provádí ve druhé dekádě dubna, z rostliny vyrůstá průměrně 30-40 výhonů a intenzita růstu je od začátku dlouživého růstu velmi intenzivní. Sklizeň lze provádět po delší časové období, přičemž dobře snáší mechanizovanou sklizeň. Průměrné výnosy suchých hlávek jsou zhruba 0,8-1,5 t.ha⁻¹. (Nesvadba, 2013)

Vůně hlávek je jemná, chmelová a je charakterizována jako standard kvality. Jedná se o odrůdu vhodnou pro druhé až třetí chmelení, případně pro studené chmelení. (Nesvadba, 2013)

V České republice se Žatecký poloraný červeňák pěstoval v roce 2022 na ploše 4135,6 ha. (Altová, 2022)

3.3.2 Sládek

Odrůda Sládek byla získána výběrem z hybridního potomstva, v jehož základech jsou odrůdy Žatecký poloraný červeňák a Northern Brewer. Geneticky se odrůda řadí mezi aromatické odrůdy s původem právě v Northern Breweru, značně se podobá německým odrůdám Hallertauer Tradition a Perle. Sládek byl registrován v roce 1994, přičemž se jedná o rostliny mohutného válcovitého až kyjovitého tvaru se zelenou barvou révy o síle 11-13 mm. Pazochy jsou středně dlouhé až dlouhé a středně vysoko až vysoko nasazené. (Nesvadba, 2013)

Sládek je pozdní odrůda se 133-140 dní dlouhou vegetační dobou. Řez je prováděn časně v poslední dekádě března. Z rostliny raší 8-12 výhonů, které mají z počátku vegetace pomalejší růst. Rostliny vyžadují značné množství vody v průběhu celé vegetace. Sklizeň lze provádět v delším časovém období, avšak samotná česitelnost může být zhoršena vlivem velkého množství nasazených hlávek, jejich nestejně dorůstání pak může vést k horší sušitelnosti. (Nesvadba, 2013)

Vůně hlávek je jemná chmelová s převažující ovocnou, kořenitou a citronovou složkou. Sládek je odrůdou pro druhé chmelení, přičemž dosahuje v našich podmínkách výnosu suchých hlávek 1,8-2,5 t.ha⁻¹ s průměrnou hmotností 100 hlávek asi 13-16 g. (Nesvadba, 2013)

Odrůda Sládek je druhá nejvíce pěstovaná odrůda v ČR, v roce 2022 byl pěstován na výměře 397,4 ha. (Altová, 2022)

3.3.3 Premiant

Odrůda Premiant byla registrována v roce 1996, přičemž vznikla výběrem z hybridních potomstev vzniklých křížením z inzuchtních linií Žateckého poloraného červeňáku a dalších šlechtitelských materiálů. Geneticky se řadí mezi aromatické odrůdy s původem ve starých evropských chmelech a Northern Breweru, přičemž nejvíce se podobá slovinské odrůdě Buket. Původ názvu lze hledat v tradičním českém dvanáctistupňovém pivu „Premium“. Jedná se o

rostliny mohutného a válcovitého tvaru se zelenou révou o síle 12-15 mm. Pazochy jsou středně dlouhé až dlouhé a středně vysoko nasazené. Typické jsou pro Premiant pazochy druhého řádu, které vyrůstají z úžlabí révových listů a pazochů prvního řádu. Dalším typickým znakem jsou révové listy tmavě zelené barvy, přikloněné k révě. (Nesvadba, 2013)

Premiant je polopozdní odrůdou se 128-134 dní dlouhou vegetační dobou, přičemž řez je prováděn v první dekádě dubna. Z podzemní části vyrůstá 8-12 výhonů, které z počátku dlouhivého růstu rostou pomaleji. Rostliny jsou poměrně náročné na výživu dusíkem a jsou schopny snášet mírné nedostatky srážek. Sklizeň je třeba provádět v krátkém časovém období v optimální technologické zralosti, neboť odrůda má sklony k rozplevení hlávek. Výnosy dosahují 1,8-2,5 t.ha⁻¹ s průměrnou hmotností 100 hlávek 14-18 g. (Nesvadba, 2013)

Aroma hlávek je příjemně chmelové s vyšším podílem ovocité vůně. Premiant je hořkou odrůdou „dual purpose“ využívanou při druhém chmelení. (Nesvadba, 2013)

V roce 2022 byl Premiant pěstován v ČR na výměře 212,8 ha. (Altová, 2022)

3.4 Zakládání nových porostů

3.4.1 Výběr pozemků vhodných pro výsadbu

Při výběru vhodné lokality pro zakládání chmelnic je třeba sledovat nejen ekologické, ale i provozní podmínky, správná volba často rozhoduje o úrovni výnosů i kvality. Na vybraných honech, kde plánujeme výstavbu a výsadbu chmelnic, je vhodné zkoumat půdní podmínky pomocí půdních sond, a to asi 150 cm hlubokých v hustotě 1 sonda na 1 ha. Sleduje se především stav spodiny, mocnost humusového horizontu i úroveň hladiny spodní vody. Na základě těchto zjištění pak volíme vhodný způsob a hloubku zpracování půdy. (Kopecký, 2008a)

3.4.2 Příprava pozemku před výsadbou

Základním zpracováním půdy před výsadbou bývá buďto hluboká orba v rozmezí 30-40 cm, nebo rigolovací orba o hloubce 50-60 cm. Pozemek je vhodné již v dostatečném předstihu připravovat již biologicky, a to formou předplodin. (Kopecký, 2008a)

Většinou se jako předplodina využívá obilnina, přičemž hlavním cílem je zvýšit biologickou činnost půdy, obsah humusu v půdě, dále upravit vodní režim, či zlepšit fyzikální a chemické vlastnosti půdy. (Horejsek, 1990)

Důležité je vysazovat chmel na odplevelených pozemcích, zbavených hlavně vytrvalých plevelů, zejména pýru plazivého, jenž je hostitelem šedavky luční, která poškozují mladé dřevo chmelových rostlin a při přemnožení může způsobit fatální škody. Pokud vysazujeme chmel na místě, kde se již pěstoval, je vhodné využít alespoň dvouleté proluky. Starý porost lze likvidovat buďto mechanickými zásahy tedy rydly, či kultivátory, nebo kombinací mechanických a chemických zásahů, tedy kombinace ošetření herbicidem a následné využití rydel, či kultivátorů na vytažení zbytků rostlin. (Kopecký, 2008a)

Základem organického hnojení je chlévský hnůj, který je vhodné aplikovat a dobře zapravit do půdy, v dávce 100-120 t.ha⁻¹. Dále se doporučuje provést aplikaci meliorační dávky průmyslových hnojiv, či provést úpravu pH pomocí vápnění. Vhodnou formou zapravení je

střední orba v kombinaci s orbou rigolovací, případně pak kombinace orby a hloubkové kultivace s cílem dokonalého rozvrstvení hnojiv. (Kopecký, 2008a)

3.4.3 Spon výsadby

Sponem výsadby je myšlena plocha tedy prostor, který připadá na jednu rostlinu, spon vyjadřujeme vzdáleností jednotlivých rostlin v řádku a pak vzdálenost řádků mezi sebou. (Štranc, 2007)

Již zhruba v polovině 19. století se u nás chmel pěstoval ve sponech 90-125 cm x 90-140 cm. Konkrétní spon byl ovlivněn vlastností půdy, výrobními podmínkami, odrůdou, či místními zvyklostmi. Když vlivem času docházelo k většímu využití potahů, kultivačního náradí, či průmyslových hnojiv, docházelo k úpravě sponu, a to tak, že před II. světovou válkou byl spon výsadby většinou 130-140 cm mezi rostlinami. Po skončení II. světové války se již ve větší míře využívaly potahy, později i malotraktory, což si vyžádalo opět změnu sponu, který se ustálil na rozměrech 150 x 150 cm, přičemž se na jeden drát zaváděly dva výhony. (Štranc, 2007)

Spony 150 x 150 cm však s masivnějším rozvojem mechanizace a zvyšováním výkonosti traktorů nespĺňovaly požadavky na průjezdnost techniky, proto byly nahrazeny spony širšími. (Rybáček, 1980)

V rovinatějších polohách pak byl využíván již zmíněný spon 260 x 110 cm, ve svažitéjších se pak chmel vysazoval v širším sponu, a to převážně 280 x 100 cm. Vzhledem k využívání čím dál větší mechanizace bylo nutné pro zlepšení průjezdnosti porostů přistoupit opět ke zvětšení sponu na 300 x 100 cm. Tento spon získal posléze označení jako tzv. jednotný spon, avšak někteří pěstitelé stále vysazují chmel ve sponu 280 x 100 cm. (Štranc, 2007)

Pokud je při výsadbě využito ozdravených rostlin Žateckého poloraného červeňáku, či novějších hybridních odrůd, které se vyznačují mohutnějším habitem, se v praxi více osvědčily spony se vzdáleností rostlin mezi sebou 110-130 cm, případně až 140 cm. (Štranc, 2007)

(Kopecký, 2008a) doporučuje při pěstování hybridních odrůd, vyznačujících se velmi často mohutnějším vzrůstem, využívat spíše sponů širších a to 300 x 114 cm, tedy 7 rostlin ve sloupovém poli, či sponu 300 x 133 cm, tedy 6 rostlin ve sloupovém poli. Rozšíření sponu má pozitivní vliv na příjem živin rostlinou, a to zvětšením vyživovací plochy připadající na jednu rostlinu, což obdobně platí pro využití vody. Pozitivní přínos širšího sponu lze nalézt i ve zlepšení světelných podmínek rostlin a zároveň provzdušnění mikroklimatu porostu. Zlepšení světelných podmínek v porostu má pak příznivý vliv na kvetení a tvorbu hlávek. Zároveň však upozorňuje, že je třeba dosáhnout optimálního množství zavedených rév, a to 14 500 až 15 000 rév na hektar, je tedy nutno předpokládat při tomto sponu zavedení 5 až 6 rév z jedné rostliny na dva chmelovodiče.

3.4.4 Typy chmelové sadby

Ke vlastní výsadbě je vhodné využívat pouze uznanou a certifikovanou chmelovou sadbu. (Kopecký, 2008a)

V rámci technologie pěstování chmele rozlišujeme tři základní typy sadbového materiálu. (Štranc, 2007)

3.4.4.1 Chmelová sád'

Chmelovou sádí je myšlena upravená zdřevnatělá část lodyhy zvaná nové dřevo, která vyrůstá z podzemní vytrvalé části chmelové rostliny. Získává se po období řezu, kdy je právě tato část řezem oddělena od babky. (Rybáček, 1980)

Chmelové sádě se získávají z tzv. matečných chmelnic, které předtím prošly uznávacím řízením v rámci ÚKZÚZ. V současnosti je chmelových sádí využíváno především v tzv. kořenáčových školkách, tedy v podstatě jako mezistupeň v produkci sadbového materiálu. V menší míře se sádě využívají při vylepšování, či lépe řečeno dosadbě chybějících rostlin v plodných chmelnicích. A jen zcela výjimečně se sádě využívají pro vlastní výsadbu nových porostů. (Štranc, 2007)

3.4.4.2 Prostokořený kořenáč

Kořenáč je forma prostokořenné chmelové sadby. Jedná se o upravenou podzemní část jednoleté chmelové rostliny, která byla vypěstována v tzv. kořenáčové školce (Rybáček, 1980)

Kořenáče se pěstují především ze sádí, či řízků získaných rovněž z certifikovaných matečných porostů. Jedná se tedy o způsob vegetativního množení. Z půdy se kořenáče vybírají mechanicky, přičemž následně se třídí a upravují, zároveň je nutné je před distribucí k odběratelům označit příslušným certifikačním štítkem. (Štranc, 2007)

Využívá se jich nejen při výsadbě nových porostů, ale i při doplňování chybějících rostlin v plodných chmelnicích. (Rybáček, 1980)

Takovéto kořenáče dosahují oproti sádím, či balíčkované sadbě pochopitelně větší hmotnosti i většího kořenového systému. (Kopecký, 2008a)

3.4.4.3 Balíčkováná sadba

Balíčkovanou sadbou jsou myšleny jednoleté chmelové rostliny vypěstované a dodávané v tvarovacích nádobách. Jedná se tedy o typ kontejnerované, či lépe krytokořenné sadby, s jejím použitím při výsadbách bylo započato na přelomu 60. a 70. let 20. století, jedná se tedy o relativně mladý způsob výroby chmelové sadby. (Rybáček, 1991)

Samozřejmostí je nutnost pěstební obaly před vlastní výsadbou odstranit. Nejčastěji se k výsadbě do obalů využívají zelené řízky, či chmelové sádě. (Štranc, 2007)

(Kopecký, 2008a) uvádí, že tento typ sadby lze využívat po delší časové období, či např. k doplňování chybějících rostlin v plodných chmelnicích během vegetace.

3.4.5 Vlastní výsadba chmelových rostlin

Po provedení všech přípravných prací přichází na řadu vlastní výsadba. Úvodem je nutné říci, že hlavní snahou pěstitele je již při výsadbě vytvořit chmelovým rostlinám co nejvhodnější podmínky pro jejich zdárný růst, vývoj a dosažený výnos, nejen v prvním roce po výsadbě. (Kopecký, 2008a)

3.4.5.1 Volba termínu výsadby

Výsadba by měla být prováděna výhradně na podzim, jarní výsadba je spíše krajním řešením, pokud se nepodaří provést výsadbu na podzim. (Kopecký, 2008a)

Problémem jarního termínu výsadby je především nedostatek vláhy, přičemž zimní vláhu obvykle nestihne sadba v dostatečné míře zachytit a efektivně využít. Tento faktor sebou pak nese další obtíže, jako je menší vzcházivost, horší vyrovnanost rostlin, a celkově větší mezerovitost porostů. Dalším neopomenutelným faktorem je jarní pracovní špička, která sebou nese velké nároky na lidskou práci a čas. V případě nutnosti vysazovat chmel na jaře by měla být sadba vysázena v první polovině dubna, nejpozději začátkem května, ale zde může být již problém se zmíněným nedostatkem vláhy. Pozitivně na vývoj rostlin působí zavlažování porostů. (Rybáček, 1991)

Jarní výsadba by měla být bezpodmínečně ukončena v době kdy začnou chmelové rostliny rašit a hrozí ulomení rašících výhonů. (Kopecký, 2008a)

Z výše uvedených důvodů je patrné, že přednost by měla být dána podzimnímu termínu výsadby. Období výsadby je zpravidla od poloviny října do konce listopadu v závislosti na povětrnostních podmínkách až do prosince, případně až do zámrazu půdy. (Štranc, 2007)

Podzimní termín výsadby má pozitivní vliv na vzcházivost rostlin, neboť jsou schopny na jaře plně a efektivně využít zimní vláhy, což vede k lepšímu zapojení a vyrovnanosti vysázených porostů. Porosty vysazené na podzim vykazují menší mezerovitost a mohutnější vzrůst podzemní i nadzemní biomasy. Zároveň bylo pokusně zjištěno že porosty vysazené na podzim vykazují 3-6 krát vyšší výnosy v prvním roce po výsadbě oproti porostům vysázeným na jaře, avšak je zde patrná závislost na konkrétním typu použité sadby. Celkově lze říci, že výsadba probíhající v podzimním období bývá vzhledem k obtížnějším povětrnostním podmínkám náročnější, avšak celkově má pozitivní vliv na stav porostů i na dosahované výnosy. (Rybáček, 1980)

3.4.5.2 Vlastní způsob a provedení výsadby

Hlavním úkolem výsadby je zajistit a vytvořit požadovaný spon rostlin, je nutné dbát na dodržování vzdáleností mezi rostlinami, a to v obou směrech. Je nutné vyhnout se vybočování jednotlivých rostlin z řady, zároveň je třeba dbát na stejnou hloubku výsadby, která pak v následných letech ovlivňuje provedení mechanizovaného řezu. Zároveň musí výsadba zajistit vhodné podmínky pro vzcházení rostlin, tedy výsadbu do optimálně vlhké půdy a správné přitlačení půdy ke kořenům rostliny. (Rybáček, 1980)

Vlastní výsadbu je možné provádět třemi způsoby, výsadbou do předem vyvrtaných jamek, výsadbou do brázd, nebo kombinací obou způsobů, tedy ve sloupových řadách se sází do vyvrtaných jamek a ve středových řadách se sází do brázd. (Kopecký, 2008a)

Vzhledem k náročnosti provádění výsadby je snaha o zmechanizování celého procesu a vytvoření funkčního poloautomatického sazeče chmelové sadby. (Rybáček, 1980)

Ať už se jedná o výsadbu do brázd či jamek, jejich hloubka by měla být nejméně 40 cm, průměr jamek 25 cm a šíře brázdy pak 45 cm. Je možné se zde řídit zásadou, že čím je jamka či brázda hlubší, tím lepší podmínky pak mají vysazené rostliny pro zakořenění a růst. Hloubení jamek, či naorání brázd by mělo bezpodmínečně předcházet výsadbě, tak aby bylo v maximální

míře zamezeno vysychání půdy. Do jamek či brázd je vhodné přidávat před výsadbou kvalitní kompost, substrát, nebo uleželý hnůj, případně hnojivo s postupným uvolňováním živin. Vlastní kořenáče se vysazují tak aby jejich horní část byla zhruba 15 cm pod povrchem půdy. (Kopecký, 2008a)

3.4.6 Ošetřování porostů v prvním roce po výsadbě

V jarním období na počátku vegetace je hlavní snahou pěstitele udržet chmelnici v bezplevelném stavu, tedy zajistit chmelovým rostlinám jistou konkurenční výhodu, toto opatření se provádí především pomocí kultivačních zásahů, během nichž jsou zahrnuty, jinak poškozeny vzházející rostliny plevelů (Rybáček, 1980)

Dále je možné v případě nepřízně počasí provádět závlahu vysazených rostlin, a to většinou pomocí taženého fekálního vozu s upravenými systémy pro vedení vody, přičemž dva pracovníci dávají ke každé rostlině zhruba 5 litrů vody, dále je možné využít pro závlahu kapkové závlahy horem, té by mělo být však využito, až když rostliny chmele trochu odrostou, aby se zamezilo poškození rostlin vlivem padajících kapek. (Kopecký, 2008a)

V prvním roce po výsadbě se zpravidla zavěšuje jeden chmelovodič na rostlinu, přičemž na něj se postupně zavádějí všechny vyrůstající výhony. (Rybáček, 1980)

V případě výsadby hybridních odrůd se provádí standardní zavěšování dvou chmelovodičů na rostlinu tzv. V-systémem, přičemž se zavádí 2-3 výhony na chmelovodič. Vzhledem k tomu, že rostliny často nevzcházejí úplně vyrovnaně, je nutné provádět zavěšování opakovaně, a to za dooby, kdy rostliny dosáhnou alespoň 50 cm délky a získají schopnost ovíjení se kolem chmelovodiče. Zároveň standardně během vegetace dotáčet odkloněné výhony a zavěšovat spadlé štoky. (Kopecký, 2008a)

Základem operací v letním období je kultivace půdy a přiorávka, kultivace půdy se provádí v závislosti na potřebě, či růstu plevelů tak, aby se zajistil optimální fyzikální stav půdy a zamezilo se růstu maximálního množství plevelů. (Kopecký, 2008a)

Vhodné je také využít v případě nepříznivých klimatických podmínek závlahu, čímž podpoříme vzešlé rostliny. (Rybáček, 1980)

V průběhu vegetačního období je rovněž nutné dbát na správnou výživu rostlin, zde je vhodné vycházet z listových analýz. Obecně lze navrhnout dělenou aplikaci dusíkatých hnojiv v množství čistých živin dávkou dusíku cca 100 kg.ha⁻¹. (Kopecký, 2008a)

Pokud je porost v dobré kondici je možné ho sklízet standardní mechanizovanou technologií, přičemž při odstrižení je vhodné stříhat révy co nejvýše, abychom dali rostlině šanci stáhnout živiny ze zbytků rév do podzemní části. V případě slabších porostů se tyto nesklízejí, ale nechají se tzv. vystát. (Horejssek, 1990)

Podzimní práce, tedy úklid rév, chmelovodičů a kultivační zásahy probíhají obdobně jako v produkčních chmelnicích. (Rybáček, 1991)

Jelikož mezerovitost porostu má negativní dopad na dosažený výnos, je nutné již v prvním roce dbát na dosažení chybějících rostlin. Tak abychom do dalšího vegetačního období vstupovali s co nejnižším množstvím chybějících rostlin. (Kopecký, 2008a)

3.5 Ošetřování produkčních porostů

3.5.1 Jarní agrotechnické operace prováděné v produkčních chmelnicích

Termín zahájení jarních prací se může v průběhu let často měnit, práce se zahajují co nejdříve, jakmile to podmínky dovolí. (Horejsek, 1990)

Správným a ověřeným způsobem provedení jarních prací lze do značné míry ovlivnit a zabezpečit biologické předpoklady pro zdárný růst a vývoj chmelových porostů. (Kopecký, 2008b)

3.5.1.1 Příprava pozemku pro řez

Hlavním cílem této operace je vlastní urovnání povrchu chmelnice po podzimním kypření, či orbě tak, aby byla zajištěna následná co nejkvalitnější práce chmelových ořezávačů. Jelikož čím kvalitnější je urovnání povrchu meziřadí, tím snáze a lépe se ořezávač vede a seřizuje a výsledný řez je kvalitnější. (Kopecký, 2008b)

Pro urovnání se nejčastěji využívají nesené brány. (Horejsek, 1990)

Urovnání povrchu u hybridních odrůd se omezuje pouze na jízdu v podélném směru řadů a záběrem pouze jednoho meziřadí, tak abychom se vyhnuly zásahům do chmelových řadů. Na jaře je možné povrch urovnávat pérovým kultivátorem nebo grubberem. Začátek prací je vhodné směřovat do poloviny března, v závislosti na ročníku, a dbát na řádné provedení této operace. Aby bylo následně dosaženo co nejlépe provedeného řezu. (Kopecký, 2008b)

3.5.1.2 Řez chmele

Hlavním cílem této operace je odstranění mladého dřeva narostlého na vytrvalé babce, dále regulujeme dobu rašení, omezuje a formujeme růst babky a zároveň odstraňujeme postranní vlky vyrůstající z babky. Zároveň tímto zásahem formujeme babku a zamezujeme jejímu zestárnutí a zplanění. Do poloviny 60. let 20. století byl řez prováděn výhradně ručně a jednalo se o jednu z nejnámahavějších operací, následně se začalo využívat mechanizovaného řezu, přičemž jako řezné agregáty se po různých prototypch ustálily kotouče okružní pily. (Horejsek, 1990)

Řez chmele je jednou ze stěžejních operací každoročně prováděných ve chmelových porostech, má zásadní vliv na udržení stanoviště chmelové rostliny a zároveň se babka udržuje v potřebné hloubce. Řez má zároveň vliv i na roční ontogenezi chmelových rostlin tak, aby stěžejní fáze růstu probíhaly v optimálních světelných a povětrnostních podmínkách. V dnešní době je řez prováděn téměř vždy strojově, a to jízdou v podélném směru řadů a konstantní hloubce. Kvalita provedení strojového řezu je do značné míry ovlivněna především předcházející přípravou povrchu půdy, termínem řezu, typem chmelového ořezávače a jeho seřizením a v neposlední řadě i prací obsluhy. (Kopecký, 2008b)

Nejvhodnějším termínem řezu je pro Žatecký poloraný červeňák období mezi 5. a 20. dubnem. (Ježek, 2015)

U hybridních odrůd se termín řezu řídí často konkrétní odrůdou, nicméně na základě dlouhodobých sledování byl jako optimální označen termín od poloviny března do 10. dubna,

a to v návaznosti na konkrétní odrůdy. Provádění řezu po tomto termínu již zpravidla nebývá vhodné, neboť nepříznivě ovlivňuje růst a má negativní dopad na výnos chmelových hlávek. Příkladem mohou být odrůdy Sládek a Rubín, které se řezou v období 15. až 20. března, příkladem pozdějšího termínu mohou být odrůdy Bor a Premiant, jejichž termín řezu je mezi 20. a 30. březnem, přičemž zde využíváme ranosti dané odrůdy, tedy pozdější odrůdy řežeme dříve nežli ranější. Zároveň je třeba se při volbě termínu provedení řezu řídit i stářím dané chmelnice, v tom smyslu, že starší chmelnice řežeme dříve nežli mladší, a to kvůli jejich lepším růstovým schopnostem a dřívější fázi rašení. Dále sledujeme stav prostů v minulém období, pokud porosty rostly bujně, provádíme pozdější řez a naopak. Dále je třeba se řídit polohou konkrétní chmelnice a příslušným půdním druhem, neboť na výhřevných půdách s lehčí půdou lze uplatňovat pozdější řez, naopak u poloh chladnějších s těžší půdou je vhodné využívat dřívějšího termínu řezu. (Kopecký, 2008b)

Neméně důležité je správné seřízení chmelového ořezávače, v současnosti se k řezu využívají ořezávače se dvěma řeznými kotouči opatřenými zuby. (Kopecký, 2008b)

Do sloupových řad se vzhledem k přítomnosti sloupů osvědčila konstrukce hydraulicky ovládaných výkyvných ořezávačů tak, aby se bylo možné bez větších obtíží vyhnout chmelnicové konstrukci. (Rybáček, 1980)

Správné nastavení stroje je třeba pravidelně kontrolovat a provádět seřízení ideálně na každé chmelnici zvlášť v souvislosti s výše uvedenými poznatky. Je tedy patrné, že významnou a nezanedbatelnou roli zde hraje lidský faktor, tedy obsluha traktoru. Je třeba dodržovat optimální rychlost pojezdu, která je zpravidla 1,8-2,3 km.hod⁻¹. dále je nutné sledovat stav řezných kotoučů, resp. jejich otupení, jelikož tupé kotouče způsobují nadměrné poškození babky, to způsobuje i nadměrné zvýšení pojezdové rychlosti, které zároveň snižuje i schopnost rychle reagovat na náhlé změny. (Kopecký, 2008b)

3.5.1.3 Zavěšování chmelovodičů

Chmel je pravotočivou ovíjivou rostlinou, která ke svému růstu vyžaduje oporu, tu jí ve chmelnicích zajišťujeme pomocí zavěšeného ocelového drátku. Předem připravený drátek pracovníci na traktorem tažené a hydraulicky ovládané plošině uvazují ke konstrukci chmelnice, jedná se tedy o polomechanizovaný způsob zavěšování chmelovodičů. (Horejsek, 1990)

Podle zvoleného sponu se uvazují ke stropu chmelnicové konstrukce vždy dva dráty k jedné rostlině, přičemž se následně upevňují v půdě tzv. „V-systémem“. U hybridních odrůd je vzhledem k jejich vyšší hmotnosti vhodné využívat drátku o průměru alespoň 1,06 mm a k upevnění motouzu s odolností vůči slunečnímu záření. (Kopecký, 2008b)

3.5.1.4 Zavádění chmelových výhonů

Zavádění chmelových výhonů je doposud jednou z mála pracovních operací, kterou se nepodařilo nahradit mechanizací, není zde znám princip, který by umožňoval tuto ruční práci mechanizací nahradit. (Rybáček, 1980)

Jedná se o nejdůležitější operaci rozhodující o množství zavedených rév a tím i o výsledném výnosu. (Kopecký, 2008b)

Cílem této práce je vybrat nejvhodnější výhony z dané babky a ty bez poškození zavést na chmelovodič, dále zajistit výhony pro případné opravné zavedení. Dále je nutné odstranit ostatní výhony tak, abychom podpořili dlouhivý růst zavedených výhonů. Zavádíme výhony delší než 60 cm, neboť ty mají již schopnost ovíjet se, kratší výhony se z chmelovodiče odvíjejí. Na každý chmelovodič zavádíme 2 až 3 pokud možno stejně dlouhé výhony a ponecháme většinou ještě dva výhony rezervní, zbytek výhonů je odstraněn, buďto ručně vytrháním, nebo odříznutím. Důležité je dbát na napnutí chmelovodiče a řádné dotočení hlav, pokud nejsou řádně dotočeny, dochází brzy k jejich odklonění. Týden až čtrnáct dní po prvním zavádění většinou následuje tzv. opravné zavádění, kdy je výška rostlin zhruba 150 až 200 cm, dojde k dotočení odkloněných hlav a v případě poškození výhonů dojde k jejich nahrazení rezervními výhony ponechanými při prvním zavádění, následně se všechny zbylé výhony opět odstraní. Nejčastěji bývá zavádění prováděno v období od 5. do 20. května, přičemž někdy se může protáhnout i do začátku června. (Horejsek, 1990)

3.5.2 Letní práce prováděné v produkčních chmelnicích

3.5.2.1 Letní kultivace meziřadí

Letní kultivace, či plečkování, nebo lépe kypření plochy meziřadí, je operace prováděná dle potřeby zpravidla před zaváděním, po zavádění a mezi priorávkami. Cílem je udržet meziřadí v bezplevelném stavu, provzdušnění půdy, či zlepšení mikrobiální aktivity půdy. (Horejsek, 1990)

V případě využívání závlahy je vhodné provádět kultivace rovněž před zavlažováním, aby měla voda prostor pro dobré vsakování, na půdách náchylných ke slévání a tvorbě půdního škraloupu je vhodné provádět kultivaci i po zavlažování. (Rybáček, 1980)

Mechanické ošetření půdy poškozují letní kořeny vyrůstající z chmelové rostliny, a proto je třeba maximálně omezit, resp. úplně vyloučit kultivaci půdy v době květu chmele. Při akutní potřebě kypření, tj. při silném zaplevelení a při slitém a zhutnělém povrchu půdy lze kypření realizovat, avšak jen mělce, do hloubky asi 5 cm. Také v dalším období, při tvorbě hlávek, je vhodné omezit mechanickou kultivaci půdy a kypřit jen při jeho skutečné potřebě do hloubky 5 cm, popř. 8 cm. (Štranc, 2008)

(Rybáček, 1980) doporučuje v případě nutnosti provést kultivaci v období kvetení a tvorby hlávek maximálně do hloubky 8 cm, avšak doporučuje využít plečky s využitím šípovitých radliček, které pracují v menší hloubce.

3.5.2.2 Přiorávka

Cílem této operace je přihrnutí vrstvy zeminy ke chmelovým řadům z obou stran, po zahrnutí pak dochází k zaklopení zbytků révy, čímž dojde k zastavení toku živin do zahrnutých rév a zároveň k přeměně části révy na tzv. mladé dřevo. Také tím dochází k zaklopení rašících plevelů v prostoru chmelových řadů. (Horejsek, 1990)

S první priorávkou se začíná co nejdříve po zavádění, zpravidla v době 25.5. až 15.6. v závislosti na místních podmínkách. (Rybáček, 1980)

První priorávka bývá prováděna zpravidla v období, kdy révy dosahují délky 150 – 200 cm. Druhá priorávka je prováděna v období kdy révy dosahují výšky zhruba 500 cm.

Přiorávka se neprovádí v období, kdy je půda příliš vlhká, neboť dochází jednak ke tvorbě velkých brázd a druhak dochází ke tvorbě velkých skýv které mohou poškozovat révy, což má zároveň negativní dopad na množství zavedených rév, i na dosažený výnos. (Kopecký, 2008b)

Termín druhé přiorávky se může lišit v závislosti na době té první, zpravidla to však bývá 10.-15. července, je třeba brát ohled i na vzcházející plevely, ve smyslu přerušení jejich růstu. Přiorávka se provádí do větší hloubky, přičemž vrstva naorané zeminy může dosahovat až 200 mm, vhodným příslušenstvím pro tuto práci jsou diskové brány, nebo speciálně k tomu určený pluh. (Horejsek, 1990)

Ve chmelnicích, kde se nezískává sadba se zpravidla provádí přiorávka pouze jednou, v případě výskytu plevelů, či zisku sádky v matečných chmelnicích je možné přiorávku opakovat dvakrát, či třikrát, přičemž dojde k navrstvení 15 – 20 cm půdy nad temenem babky. (Rybáček, 1980)

3.5.3 Ochrana chmele

3.5.3.1 Choroby chmele

3.5.3.1.1 Peronospora chmelová (*Pseudoperonospora humuli*)

Peronosporu chmelovou řadíme do třídy *Oomycetes*, řád *Peronosporales*, čeleď *Peronosporaceae*, v Evropě je tato choroba známá již od roku 1920, přičemž v průběhu dalších několika let se rozšířila na celý kontinent a v současnosti se jedná o nejnebezpečnější onemocnění chmele. (Procházka, 2021)

Pseudoperonospora humuli je jedna z nejničivějších chorob při pěstování chmele. Tato choroba se vyskytuje ve všech chmelařských oblastech na severní polokouli a v Argentině. (Purayannur, 2021)

Tato choroba bývá také označována jako plíseň chmelová, výsledkem napadení chmelových rostlin peronosporou mohou být značné ztráty na výnosu i kvalitě sklizených chmelových hlávek. (Henning, 2015)

(COLEY-SMITH, 1962) uvádějí že v jejich experimentech docházelo k výnosové ztrátě v průměru o 27,7 %.

Peronospora je chorobou napadající výhradně rostliny chmele, a to jakékoliv rostlinné orgány. Zimní výtrusy se vytváří na infikovaných rostlinných pletivech a společně s rostlinnými zbytky se uvolňují do půdy, kde následně z jara napadají nově rašící výhony. Projevem probíhající infekce jsou v jarních měsících tzv. klasovité výhony, tedy výhony s nahloučenými internodií a nahloučenými listy často žluté barvy. (Holý, 2017)

Zároveň se na spodní straně napadených listů tvoří šedavé povlaky plodonošů a letních výtrusnic. (Procházka, 2021)

V průběhu vegetace dochází k infekci listů, květenství i hlávek. Na listech se choroba projevuje žlutozelenými skvrnami, které se při vhodných povětrnostních podmínkách zvětšují a později hnědnou až zasychají. Za vhodného počasí dochází k napadení pazochových listů, při větší infekci dochází ke tvorbě klasovitých pazochů a vegetačních vrcholů. Při infekci květenství dochází k jeho zaschnutí a následnému opadání. U mladých hlávek dochází k zastavení jejich růstu, u plně vyvinutých hlávek pak dochází ke hnědnutí krycích listenů, později pak i pravých listenů, následně může dojít až ke zhnědnutí celých hlávek. (Ježek, 2015)

Nezbytné je tedy provést včasné jarní ošetření porostů vhodným fungicidem. Ošetření se provádí optimálně po řezu chmele na počátku vzcházení. (Holý, 2017)

Dalším vhodným opatřením jsou správně volené a prováděné agrotechnické zásahy a také množství zavedených rév, neboť nadměrné množství rév v kombinaci s hustě zaplevelenými porosty tvoří vhodné podmínky pro výskyt patogena a zároveň negativně ovlivňují výnos a kvalitu sklizených hlávek. Zároveň je vhodné provádět pravidelné fungicidní ošetření porostů od začátku června až do období sklizně. (Ježek, 2015)

3.5.3.1.2 Padlí chmelové (*Sphaerotheca humuli*)

Jedná se o další onemocnění chmelových rostlin, často jej označujeme jako nejstarší houbovou chorobu chmele. Tuto chorobu řadíme do třídy *Ascomycetes*, řád *Erysiphales*, čeleď *Erysiphaceae* (Procházka, 2021)

(Holý, 2017) uvádí, že výskyt padlí v porostech není na rozdíl od peronospory závislý na konkrétním průběhu počasí.

(Henning, 2017) zmiňuje, že padlí je schopno napáchat na porostech chmele značné škody, a to nejen na celkovém dosaženém výnosu, ale i na kvalitativních parametrech chmelových hlávek.

V současnosti se padlí vyskytuje ve všech pěstitelských zemích Evropy. Jedná se o obligatorního parazitického houbového patogena, který je specifický pro konkrétní rod *Humulus spp.* To znamená, že tato choroba napadá zcela výhradně chmelové rostliny, nikoliv tedy ostatní druhy rostlin nebo plevelů, rostoucích ve chmelnici či jejím blízkém okolí. (Ježek, 2015)

Jako prvotní příznaky napadení chmelových rostlin se na mladých listech objevují puchýřky, na nichž se následně vytváří mycelium. Dále se v pozdějších fázích objevují příznaky ve formě deformovaných hlávek. V raných stádiích vývoje onemocnění jsou puchýřky na listech bílé barvy, následně vlivem tvorby plodnic přechází puchýřky do červené barvy a toto stádium bývá často označováno jako „červená plíseň“. Tvorbu bílého mycelia lze poměrně snadno zastavit vhodným chemickým ošetřením, u napadených hlávek pak bývá výsledkem zhoršení dosaženého výnosu. Základem celé ochrany chmele proti padlí je likvidace napadeného rostlinného materiálu a zároveň pravidelná kontrola porostů. Vhodnými přípravky proti padlí chmelovému jsou konvenčně užívané fungicidy. (Holý, 2017)

3.5.3.2 Škůdci chmele

3.5.3.2.1 Sviluška chmelová (*Tetranychus urticae*)

Sviluška chmelová je škůdcem, který napadá celou řadu hospodářsky významných plodin, ovocných stromů, či okrasných rostlin. (Venzon, 2020)

(Ježek, 2015) uvádí, že sviluška je polyfágním druhem, jehož okruh hostitelských rostlin čítá zhruba 270 botanických druhů.

S napadením chmelových rostlin sviluškou se setkáváme povětšinou v průběhu června, avšak v případě příznivých povětrnostních podmínek, jako je sucho a teplo, je možné vidět příznaky napadení již v průběhu května. Příznakem onemocnění bývají bílé krupičkové požerky na svrchní straně listů. Za příznivých podmínek dochází k rychlému rozvoji a skvrny na listech postupně splývají v jeden celek. (Ježek, 2015)

Jako příznaky napadení se uvádějí žlutavé listy, které mohou mít i oranžovohnědé zbarvení, přičemž při silném napadení dochází k jejich usychání. Zároveň se na napadených listech objevují pavučinky. (Holý, 2017)

Při napadení raných stádií hlávek dochází k zastavení jejich růstu a zbarvení do červenohněda, následně pak dochází k jejich zasychání. Růstově starší hlávky se po napadení zbarvují do cihlově červené barvy. Při poškození hlávek sviluškou se do značné míry snižuje kvalita hlávek, zároveň se silně napadené hlávky ani nesklízejí, což vede ke značným ekonomickým ztrátám. K ochraně se využívá aplikace akaricidních přípravků. Zároveň lze k ochraně přispět i vhodnými agrotechnickými zásahy. Chmelnice i jejich blízké okolí je nutné udržovat v bezpleveném stavu a zároveň včas odklízet i zbytky chmelových rostlin a plevelů, jako preventivní opatření proti přezimujícím sviluškám. (Ježek, 2015)

3.5.3.2.2 Mšice chmelová (*Phorodon humuli*)

Mšice patří mezi závažné škůdce chmele, jsou schopny způsobit značné škody v porostech chmele. Může docházet ke ztrátám nejen na výnosu, ale i ke zničení celého porostu. Již lehké zamoření sklizených rostlin pak může snížit jejich kvalitativní i ekonomickou hodnotu. (Barber, 2003)

Nejvyužívanější metodou ochrany chmele proti mšicím je využití vhodných insekticidů, u populací mšic to však vyvolalo vývoj geneticky rezistentních mšic, a to právě v oblastech pěstování chmele, kde se chmel pěstuje ve vyšších koncentracích na poměrně malé ploše. (Hrdý, 1986)

Mšice způsobuje škody na porostech sáním na listech i hlávkách, ty žloutnou a následně se deformují, celkově dochází i k oslabení růstu napadených rostlin. Sekundárně mšice škodí i produkcí medovice, která pak omezuje dýchání listů a podporuje i růst a vývoj černí. Ochrana je cíleně prováděna v době vrcholení náletu mšic, v případě extrémního tlaku je pak možné využít i druhé ošetření, vhodné je i spojení aplikace s přípravky na ochranu proti svilušce chmelové. (Holý, 2017)

3.5.3.2.3 Lalokonosec libečkový (*Otiorhynchus ligustici*)

Lalokonosec je nelétavý brouk černé barvy, jehož tělo je porostlé šedými šupinkami a chlupy. Přezimují dospělé samice, které vylézají na povrch půdy většinou na přelomu dubna a května, v době, kdy teplota půdy přesáhne v hloubce 50 cm 13 – 15 °C. V této době se také provádí ošetření vhodným insekticidem, čímž se rovněž zabrání i vykladení vajíček. (Ježek, 2015)

Lalokonosec škodí žírem v oblastech vegetačních vrcholů, rév nebo listů. Při silném napadení může docházet k zasychání takto napadených částí chmelové rostliny. Larvy, žijící pod povrchem půdy, škodí vykusováním otvorů na podzemních orgánech chmele, v extrémních případech může docházet k odumírání celé rostliny. Místa poškozená žírem jsou vstupní branou pro choroby. Ochrana se zaměřuje na dospělé v období před vykladením vajíček, hubení larev je dnešními prostředky poměrně problematické, nabízí se zde možnost využití dravých půdních hlístic z rodu *Heterorhabditis*. (Holý, 2017)

3.5.4 Sklizeň chmele

3.5.4.1 Česání chmelových hlávek

Období sklizně nastává v při optimální technologické zralosti chmelových hlávek, zpravidla to bývá v období od 20. srpna. Technologická zralost se projevuje pružností a pevností na stisk, zároveň jsou hlávky uzavřené a kvalitativní parametry odpovídají požadavkům. V naprosté většině případů je sklizeň prováděna mechanizovaně, a to ve dvou základních krocích. Prvním krokem je sklizeň na chmelnici, vlastní chmelové révy jsou pomocí strhávače uchyceného na traktoru ustříženy ve výšce 100 až 130 cm, přičemž následně jsou strženy a uloženy na speciální tažený chmelový návěs. (Anonym (a), 2013)

Ze zbylých částí rév, které nebyly při sklizni odštíženy jsou získané živiny stahovány do podzemních orgánů, aby byla vytvořena jejich zásoba, která je na jaře využita pro opětovný růst mladých výhonů. (Krottenthaler, EBlinger, 2009)

Ve druhém kroku sklizně jsou révy dopraveny na stacionární česací linku, jejímž úkolem je různými principy a způsoby oddělit ocesané chmelové hlávky od ostatní rostlinné biomasy. Tato odpadní biomasa je následně zpracovávána kompostováním. Je nutné dbát na to, aby doba mezi prvním a druhým krokem byla co nejkratší, neboť zvětšující se prodlevou dochází k rozplevelení hlávek, tedy ke znehodnocení sklizených hlávek. (Anonym (a), 2013)

Česací linka se zpravidla skládá z jedné zavěšovací dráhy, na níž jsou ručně zavěšovány chmelové révy, dále následuje česací stěna, v níž dojde k šetrnému ocesání. Nastavení česací stěny umožňuje přizpůsobit sklizeň různým odrůdám. Dočesávací zařízení zajistí dočesání zbylých částí révy, pomocí pneumatického čištění pak dochází ke spolehlivému vytrídění, poté následuje mechanické třídící ústrojí. (Ježek, 2015)

V rámci následného čištění chmelových hlávek od balastní biomasy se v rámci třídícího ústrojí využívá sestav za sebou jdoucích šikmých dopravníků, u nichž má obsluha možnost regulovat jejich sklon. Této skutečnosti je využíváno ke třídění, a to proto že chmelové hlávky je možno charakterizovat jako kulovité útvary, na rozdíl od ostatních příměsí, které povětšinou tento charakter nemají. Pohyb chmelových hlávek na dopravníku je dolu, proti směru otáčení dopravníku, zatímco ostatní nepohybující se nečistoty se pohybují po směru pohybu dopravníku, tedy nahoru. (Rybka, 2014)

Vytríděné zbytky révy, včetně vlastních ocesaných rév jsou pomocí řezačky rozřezány a následně kompostovány. (Ježek, 2015)

3.5.4.2 Sušení chmelových hlávek

Hlavním důvodem sušení hlávek je zachovat jejich požadovanou kvalitu a zároveň snížit množství obsažené vody v hlávkách, aby bylo možné je dále distribuovat. (Kořen, 2008)

V praxi se setkáváme nejběžněji se sušením horkým vzduchem, přičemž jeho teplota je zpravidla 55 °C. (Rybka, 2018)

Při sušení se využívá způsobu sušení tzv. na vřetenko, vlhkost usušených hlávek pohybuje zpravidla v hodnotách 5-7 %, přičemž samotné vřetenko musí být ze 3/4 až 4/5 suché tak, že se láme. Zbytek vřetenka je nedosušený a při tření mezi prsty je možné ho rozmáznout. Základní rozdělení sušáren je na sušárny komorové a pásové. (Horejsek, 1990)

3.5.4.2.1 Komorová sušárna

Komorovou sušárnu charakterizuje periodicky se opakující sušící cyklus, přičemž jednotlivé cykly jsou od sebe děleny časovými prodlevami, jelikož se sušící proces periodicky opakuje, řadíme tento typ sušáren mezi periodické. (Horejsek, 1990)

V prvním kroku dochází k plnění sušících komor. Čerstvě načesané chmelové hlávky jsou sypány do sušících komor na horní žaluziová pole, zde jsou rozhrnuty do stejnoměrné vrstvy, obvykle 25 až 50 cm. (Horejsek, 1990)

Ve druhém kroku dochází k vlastnímu sušení chmele, vrstva chmele prochází pomocí pohyblivých žaluzií jednotlivými patry sušárny z vrchu směrem dolů, přičemž je vhodné prohrabávat pomocí hrábí chmelovou vrstvu tak, aby došlo k co nejlepšímu odpaření vlhkosti ze chmelových hlávek. (Horejsek, 1990)

Posledním třetím krokem je vyprazdňování komor, to probíhá v okamžiku, kdy je chmel dostatečně vysušen. Pomocí vozíků se chmel distribuuje po sušárně, kde se uskladňuje nebo je dále lisován obdobně jako na pásové sušárně (Horejsek, 1990)

3.5.4.2.2 Pásová sušárna

Základním znakem, kterým se liší pásová sušárna od komorové, je vlastní průběh sušícího procesu, zatímco v komorové sušárně probíhá proces periodicky, v pásové sušárně se chmel suší kontinuálně, tedy vlastní pásová sušárna se skládá ze třech horizontálně uložených pásů, na nichž se sušený materiál kontinuálně pohybuje. Celý proces lze ovlivňovat pomocí rychlostí pohybu pásů. (Horejsek, 1990)

V konečné fázi sušení, tedy na konci posledního pásu sušárny, by měla vlhkost hlávek dosahovat asi 7-9 %. (Ježek, 2015)

3.5.4.3 Klimatizace usušeného chmele

Proces klimatizace chmele je jedna z velmi důležitých operací probíhajících v závěrečné fázi sklizně. Cílem klimatizování je zajistit stejnoměrnou vlhkost v celé chmelové hlávce tak, aby při následném lisování nedocházelo k rozpadání a rozplevelení chmelových hlávek. (Ježek, 2015)

Při klimatizování se využívá odpadního vzduchu nasávaného ze sušárny, ten je následně upraven tak, aby došlo k optimálnímu naklimatizování na požadovanou vlhkost. Upravený vzduch se vhání pod dva na sebe navazující drátěné pásy, přičemž chmel pohybující se na nich je díky jejich návaznosti přesypán tak, aby došlo k co nejvyrovnanějšímu naklimatizování všech hlávek. Za ideální vlhkost po projití klimatizací se považuje relativní vlhkost chmelových hlávek 10-12 %. (Horejsek, 1990)

Doba klimatizování závisí na několika faktorech, především na vlhkosti chmelových hlávek přicházejících ze sušárny, dále na stejnoměrném prosušení a v neposlední řadě na výšce chmelové vrstvy na pásech. (Ježek, 2015)

3.5.4.4 Lisování a balení chmele

Když se chmel úspěšně naklimatizuje, následuje bezprostředně potom jeho lisování do hranolů, jejichž hmotnost je obvykle 50-60 kg. Každý hranol je poté zvážen, označen specifickým štítkem. Ten je pěstiteli poskytnut ÚKZÚZ, obsahuje informace o místě původu,

odrudě a roku sklizně. Při následné expedici je vypracována průvodní dokumentace, tzv. prohlášení pěstitelů. Tímto je zajištěna přesná evidence každého hranolu. (Ježek, 2015)

3.5.5 Podzimní práce na chmelnici

3.5.5.1 Úklid chmelnice

Úklid chmelnice probíhá zpravidla koncem září či začátkem října, dochází zde k odstrižení zbylých částí révy, ve výšce přibližně 20-30 cm nad povrchem půdy a jejich následnému odstranění ze chmelnice. (Horejsek, 1990)

3.5.5.2 Podzimní vláčení

Cílem vláčení je hlavně odstranit posklizňové zbytky, dále částečně prokypřit a urovnat hřebenitý povrch chmelnice a umožnit tak provedení následujících zásahů, tj. hnojení, vápnění a zpracování půdy. (Štranc, 2008)

3.5.5.3 Podzimní orba

Podzimní orba je základním agrotechnickým opatřením, prováděným na podzim. Cílem orby je především zaklopit aplikovaná průmyslová hnojiva, chlévský hnůj, či vápno, dále zaklopit rostoucí plevele, které se mohou v některých letech bujně rozvíjet. V neposlední řadě je nutné orat tak, aby půda, jež byla během letní přiorávky navrstvena k řadu, byla vrácena zpět do mezířadí. Hloubka orby se provádí zpravidla do hloubky 15-20 cm. (Horejsek, 1990)

Šíře podřádku by měla být zachována v rozmezí 40-50 cm, tak aby odorávkou nedošlo k poškození podzemní části rostlin, větší šíře nám pak může na jaře způsobovat problémy s přípravou povrchu půdy a vlastním řezem. (Kopecký, 2008a)

(Horejsek, 1990) se také zmiňuje o možnosti nahradit podzimní orbu hlubokým kypřením, a to do hloubky 30-40 cm.

Tuto možnost zmiňuje i (Kopecký, 2008b), avšak konstatuje, že je vhodné toto kypření provádět každoročně, ale následně ho doplnit klasickou orbou.

3.6 Výnosotvorné prvky chmele

Vrozenou vlastností samičích chmelových rostlin je tvorba značného množství květenství, tedy následně i plodenství, tedy chmelových hlávek. Pro dosažení jakostních požadavků je nutné udržovat standartní hmotnost 100 hlávek, není tedy vhodné při tvorbě výnosu kompenzovat malý počet hlávek jejich větší hmotností. Je vhodné a mělo by být cílem agrotechnických zásahů, snažit se dosáhnout co největšího množství chmelových hlávek na každé zavedené révě. (Rybáček, 1980)

Základní pilíře pro dosažení maximálního výnosu jsou tvořeny postupně. Základem je počet rostlin na jednotku plochu, dále je to počet zavedených rév na jednu rostlinu a dále také průměrný počet plodných pazochů na jednu zavedenou révu. (Rybáček, 1991)

Základem pro stanovení počtu rostlin na jednotce plochy je zvolený spon výsadby. (Rybáček, 1980)

(Ciniburk, 2009) zmiňuje, že nejrozšířenějším sponem je v České republice spon 300 x 100 cm, který nám zajišťuje počet 3334 ks rostlin na jeden hektar.

(Kopecký, 2008a) doporučuje zvolit pro hybridní odrůdy spon výsadby 300 x 114 cm, případně 300 x 133 cm, a to vzhledem k mohutnějšímu habitu rostlin. Je zde však nutné snažit se dosáhnout co nejmenšího množství chybějících rostlin, aby bylo následně možné dosáhnout očekávaného výnosu.

Dalším prvkem je počet zavedených rév. Počet zavedených rév lze teoreticky spočítat podle počtu zavěšených chmelovodičů na chmelnicové konstrukci. (Rybáček, 1991)

Pro dosažení maximálního výnosu je třeba dosáhnout celkového počtu zavedených rév v rozmezí 14000 až 15000 ks plodících rév na jeden hektar. Takového množství se dosahuje při zavedení 5 – 6 výhonů z jedné rostliny, tedy zavedení 2 – 3 rév na jeden chmelovodič. (Kopecký, 2008a)

Jako další prvek lze hodnotit počet plodných pazochů, ten je do značné míry ovlivněn celkovou výškou chmelnicové konstrukce. (Rybáček, 1980)

Zároveň je třeba sledovat celkový habitus rostliny a také celkovou mohutnost nadzemní části chmelové rostliny. Ke vzniku největšího množství potenciálně plodných pupenů dochází při intenzivním větvevní středně dlouhých pazochů. Je třeba také sledovat i další faktory které se na tvorbě hlávek podílejí, mezi vnější ekologické faktory je třeba zařadit především intenzitu slunečního osvětlení daného pazochu, přičemž snížení intenzity také vede k redukci větvení daného pazochu. Snížení intenzity osvětlení vede zároveň ke zredukování množství květních pupenů a tím i ke snížení počtu hlávek. (Rybáček, 1980)

(Nesvadba, 1993) se při pozorování věnoval vybraným výnosotvorným prvkům a jako nejdůležitější označil věkovou strukturu porostů a také mezerovitost porostů, přičemž množství chybějících rostlin jasně kooperovalo se stářím porostu. Dále uvádí, že jednoznačný vliv na výnos má také počet zavedených a následně do výšky konstrukce dorostlých rév. Uvádí rovněž, že pro dosažení optimálního výnosu je třeba zavádět asi 14 000 rév na jeden hektar, proto je dle jeho názoru třeba zavádět 4 – 5 rév z jedné rostliny a následně zajistit takové podmínky aby tyto výhony dorostly do výšky chmelové konstrukce.

(Kopecký, 1988) ve svých pozorováních zjistil, že třírévvé vedení vede ke většímu odklánění vrcholů rév a tedy i k nižšímu množství rév dorostlých do stropu konstrukce oproti zavádění dvou rév na jeden chmelovodič.

3.7 Dálkový monitoring rostlin

Dálkový monitoring lze částečně využít jako náhradu běžné agrobiologické kontroly. Lze jím získat základní informace jako zapojení porostů, hustota porostů, či výskyt plevelů. Dále lze pomocí dálkového monitoringu sledovat výživový stav porostů, můžeme díky němu sledovat zralost porostů, či vliv různých stresových faktorů, které na daný porost působí. (Lukas, 2017)

Dálkový průzkum nám umožňuje získat informace o pěstované plodině, a to na základě měření intenzity elektromagnetického záření, které pletivo daného porostu odráží, nebo emituje. Optické senzory, které se v praxi pro snímání porostů využívají, jsou schopny zachytit

i část elektromagnetického spektra za hranou námi viditelných vlnových délek. Jestliže jsme schopni vyhodnotit odrazivost jednotlivých vlnových délek elektromagnetického spektra, můžeme na základě toho získat určitý „spektrální podpis“ snímané plodiny. Získaný „podpis“ je značně specifický a závisí na vlastnostech a na stavu snímané plodiny. Známy je fakt, že odrazivost půdního povrchu je poměrně odlišná od odrazivosti povrchu rostlin. Na základě této okolnosti jsme schopni poměrně přesně rozlišit půdní povrch od vlastní rostlinné vegetace. (Ahamed, 2011)

Povrch rostlin vykazuje velmi specifickou odrazivost v rámci jednotlivých pásem elektromagnetického záření. V rámci viditelného spektra dochází ve velké míře k pohlcování červené a modré oblasti elektromagnetického spektra. Zároveň dochází k odražené zelené části spektra, díky čemuž jsme schopni rostliny vnímat jako zelené. V rámci blízké infračervené části spektra, kterou nejsme schopni vidět, jsou zdravé rostliny schopny většinu tohoto záření odrážet. Zjednodušeně lze konstatovat, že pro hodnocení funkce fotosyntetického aparátu se hodí viditelná část elektromagnetického záření a pro hodnocení množství biomasy, či buněčné struktury je pak vhodné využít NIR, tedy blízké infračervené části vlnového spektra. Hodnocení odrazivosti, či pohlcování je vhodný nástroj pro sledování rozdílů porostu, či stresových projevů, avšak nelze většinou zjistit přesnou příčinu stresu. Pro vyjádření, tedy kvantifikaci parametrů daného porostu se v praxi využívá vegetačních indexů. (Lukas, 2017)

3.7.1 Vegetační indexy

3.7.1.1 Normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI)

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) je číselný index, který se používá k odhadu hustoty a zdravotního stavu vegetace na základě analýzy zpracovaných dat ze satelitů, nebo dalších senzorů. (Tucker, 1979)

Jedná se o nejrozšířenější vegetační index pro získávání biofyzikálních vlastností vegetačního pokryvu. (Jiang, 2006)

NDVI indexu se v praxi využívá k monitorování vývoje porostů, a to v lokálním i globálním měřítku. (Choubin, 2019)

NDVI index se stanovuje na základě odrazivosti infračervené (NIR) a červené (RED) části elektromagnetického záření. Stanoví se jako $(NIR-RED)/(NIR+RED)$, přičemž NIR a RED odpovídají hodnotám odrazivosti v červené a infračervené blízké části elektromagnetického spektra (Jackson, 1991)

Rostliny vykazují vysokou schopnost pohlcování v červené oblasti viditelné části barevného spektra a zároveň vysokou odrazivost v infračervené části spektra. Tato vlastnost vede k tomu, že rostlinná vegetace je schopna vykazovat poměrně vysoké hodnoty tohoto indexu, a to například v porovnání s holou půdou. (Myneni, 1995)

NDVI je bezrozměrnou veličinou a nabývá hodnot v rozsahu $<-1;1>$ a obecně platí, že vyšší hodnota indexu, zpravidla od 0,6 a výše vykazuje zdravá a dobře prospívající vegetace, naopak nižší hodnoty (0,3 – 0,6) pak mohou signalizovat buď řídkou, nebo poškozenou vegetaci. (Drisya, 2018)

3.7.1.2 Green NDVI (GNDVI)

(Gitelson, 1996) hovoří o faktu, že GNDVI se stanovuje na základě vztahu $GNDVI = (NIR - GREEN)/(NIR + GREEN)$, přičemž NIR značí blízkou infračervenou část spektra a GREEN představuje hodnotu ze zelené oblasti viditelné části spektra.

Jak už vyplývá ze samotného názvu indexu, systém jeho vyhodnocování se do značné míry podobá NDVI. Avšak na rozdíl od NDVI se při jeho vyhodnocování využívá nikoliv červené, ale zelené části barevného spektra. Této skutečnosti se využívá v souvislosti s podílem záření, jenž je absorbováno fotosynteticky aktivními částmi rostlin. (García Cárdenas, 2019) GNDVI citlivější při sledování koncentrace chlorofylu oproti NDVI a pohybuje se v rozmezí od 0 do 1,0. (Candiago, 2015)

3.7.1.3 Red edge chlorophyll index ($CI_{red\ edge}$)

(Li, 2014) ve své práci zmiňuje zjištění, že v oblasti red edge (odpovídající rozsahu vlnových délek 0,68 - 0,74 μm) vykazují rostliny značné změny v odrazivosti záření. Je to způsobeno především díky rozdílu absorpce záření pigmenty v červené části spektra a zároveň vysokou odrazivostí v NIR části spektra. Díky tomu je oblast red edge vysoce citlivá na obsah chlorofylů v listech dané plodiny a zároveň i na množství dusíku v rostlině.

(Nguy-Robertson, 2012) hovoří o faktu, že při pronikání záření listy je záření v oblasti red edge poměrně úspěšnější, protože nedochází na rozdíl od záření ve viditelné části spektra, k jeho pohlcování chlorofylem, a to zvláště v oblasti červené a modré oblasti. Lze tedy konstatovat, že citlivost absorpance v souvislosti s obsahem chlorofylu v listech je v oblasti red edge celkově výrazně vyšší, proto mohou spektrální indexy založené na sledování v oblasti red edge částečně překonat problémy spojené s tzv. efektem nasycení, jež mohou nastat např. u indexu NDVI.

3.7.1.4 Triangular Greenness Index (TGI)

TGI index je jedním z používaných indexů pro hodnocení stavu rostlinné biomasy. (Chen, 2014)

(Hunt, 2013) ve své práci zmiňuje, že tohoto indexu je využíváno zejména při sledování množství chlorofylu v rostlinných pletivech, jeho stanovení probíhá na základě výpočtu plochy trojúhelníku, který charakterizují tři body, které jsou specifikovány rysy chlorofylu a sice ve vlnových délkách 480 nm, 550 nm a 670 nm.

Vzorec pro výpočet tohoto indexu je následující: $TGI = R_{green} - 0.39 \times R_{red} - 0.61 \times R_{blue}$. Hodnota R pak označuje odrazivost v příslušné části vlnového spektra ($R_{blue} = 475\text{ nm}$, $R_{green} = 560\text{ nm}$ a $R_{red} = 668\text{ nm}$). (Hunt, 2013)

4 Metodika

4.1 Pokusné stanoviště

V rámci tříletého sledování byly pro naše účely zvoleny chmelnice, jež jsou obhospodařovány podnikem Družstvo Agrochmel Kněževs. Družstvo hospodaří na výměře 1199 ha, v obcích Kněževs u Rakovníka a Přílepy. Klasická rostlinná výroba je provozována na výměře 1060 ha, přičemž největší plochu zaujímá pšenice ozimá, ta je pěstována na ploše 351 ha. Další plodinou je řepka olejka s výměrou 198 ha, následně vojtěška setá (169 ha), kukuřice na siláž (139 ha), jarní pšenice (57 ha), ozimý ječmen (45 ha), jarní ječmen (38 ha), hrách setý (34 ha), LOS (23 ha), travní porosty (1 ha). Vzhledem k příhodné poloze a tradici pěstování chmele, pěstuje podnik chmel na celkové výměře 139 ha, konkrétně odrůdy Žatecký poloraný červeňák (132,18 ha), Premiant (6,82 ha) a Sládek (1,03 ha), v rámci podniku je provozováno i středisko živočišné výroby, v rámci střediska je chován Holštýnský skot v počtu 725 ks, přičemž hlavním smyslem chovu je produkce mléka.

4.1.1 Informace o pokusné lokalitě

Pro naše účely byly v rámci tříletého sledování vybrány dvě chmelnice, přičemž chmelnici A jsme využili pro první dva roky a pro třetí rok sledování byla zvolena chmelnice B, obě chmelnice se nachází ve vzájemné blízkosti, nachází se na území přiléhající k toku Hájovského potoka v rámci bloku chmelnic čítajících výměru přibližně 95 ha.

4.1.1.1 Chmelnice A

Pěstitelská oblast: Žatecko

Lokalita: Kněževs u Rakovníka (okres Rakovník)

Geomorfologické území: Rakovnická pahorkatina

Průměrná nadmořská výška: 365.97 m. n. m.

Směr výsadby chmelových řadů: severoseverovýchod × jihojihozápad

Poloha: rovina (sklonitost 0,82°)

Půdní typ: hnědozem

Půdní druh: střední

Klimatický region: mírně teplý, suchý

4.1.1.2 Chmelnice B

Pěstitelská oblast: Žatecko

Lokalita: Kněževs u Rakovníka (okres Rakovník)

Geomorfologické území: Rakovnická pahorkatina

Průměrná nadmořská výška: 368,12 m. n. m.

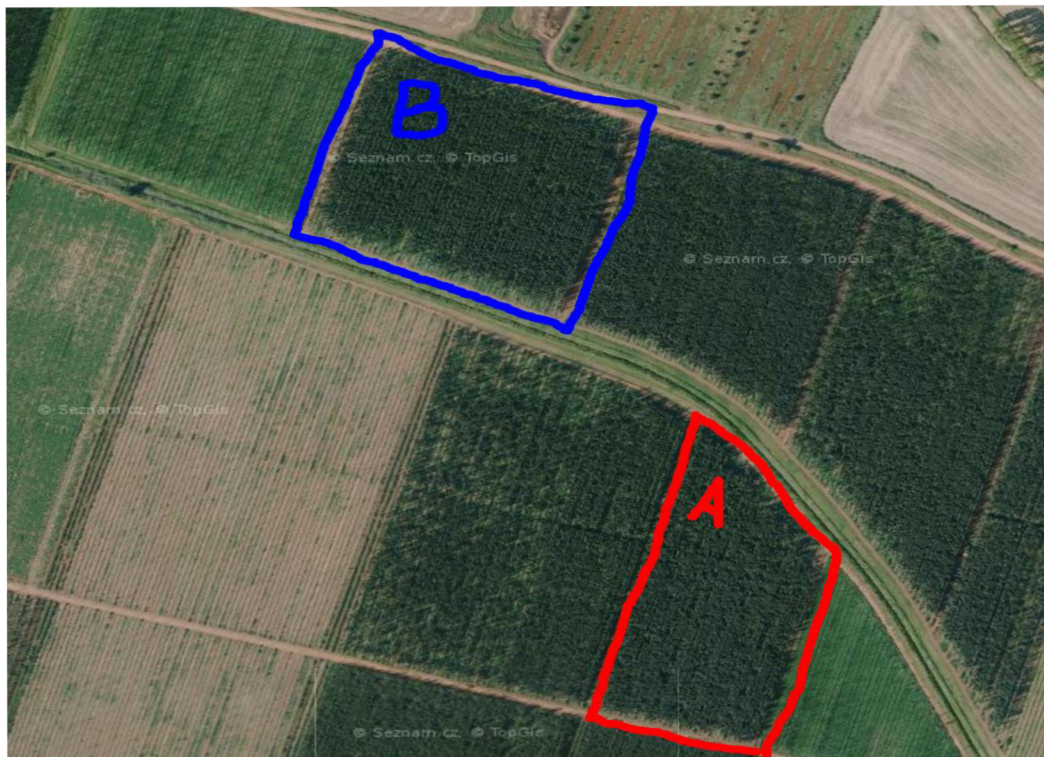
Směr výsadby chmelových řadů: severoseverovýchod × jihojihozápad

Poloha: rovina (sklonitost 1,06 °)

Půdní typ: hnědozem

Půdní druh: střední

Klimatický region: mírně teplý, suchý



Obrázek č.1 pokusné chmelnice vyznačené v mapě (Seznam.cz, a.s.; 2023)

4.1.2 Charakteristika pokusných porostů

4.1.2.1 Chmelnice A

V rámci našeho sledování byla chmelnice A využita při hodnocení v letech 2020 a 2021.

Odrůda: Premiant

Rok výsadby: 2006

Spon výsadby: 280 × 110 cm

Počet variant: 4

4.1.2.2 Chmelnice B

Tato chmelnice byla využita pro sledování v roce 2022.

Odrůda: Premiant

Rok výsadby: 2008

Spon výsadby: 280 × 110 cm

Počet variant: 4

4.1.3 Agrotechnika pokusných variant

Tabulka č. 1 Agrotechnická operace prováděné ve sledovaném porostu v roce 2020

22.03.2020	vláčení
01.04.2020	řez
25.04.2020	zavěšování chmelovodičů
03.05.2020	zapichování chmelovodičů
05.05.2020	Actara 25 WG (0,2 kg/ha)
08.05.2020	1. zavádění
15.05.2020	Profiler (2.25 kg/ha) + VEGAFLOR (2l/ha)
28.05.2020	2. zavádění
30.05.2020	ALIETE 80 WG (3 kg/ha) + Curzate K (3 kg/ha) + VEGAFLOR (3 l/ha) + ZINKOSOL forte (1 l/ha)
02.06.2020	1. hnojení LAD 27 % (330 kg/ha)
03.06.2020	kultivace
04.06.2020	1. přiorávka
07.06.2020	kultivace
14.06.2020	Bellis (2 kg/ha) + TEPPEKI (0,18 kg/ha) + VEGAFLOR (3 l/ha)
24.06.2020	Curzate K (3 l/ha) + KRISTA (4 kg/ha) + Calcinit (7,5 kg/ha)
28.06.2020	kultivace
07.07.2020	2. hnojení LAD 27% (330 kg/ha)
08.07.2020	Movento (1,5 l/ha)
10.07.2020	kultivace
12.07.2020	2. přiorávka
15.07.2020	kultivace
27.07.2020	REVUS (1,6 l/ha) + VEGAFLOR (4 l/ha)
červenec - srpen	zavěšování spadlých štoků + dotáčení vegetačních vrcholů
13.08.2020	ORTIVA (1 l/ha)
24.08.2020	Defender Dry (5 kg/ha)
08.09.2020	sklizeň
03.10.2020	stříhání a úklid prutů
20.10.2020	úklid chmelovodičů
25.10.2020	odorávka pomocí disků
03.11.2020	orba

Tabulka č. 2 Agrotechnické operace prováděné ve sledovaném porostu v roce 2021

22.03.2021	močovina (46 %) (100 kg/ha)
24.03.2021	vláčení
01.04.2021	řez
30.04.2021	zavěšování chmelovodičů
02.05.2021	zapichování chmelovodičů
09.05.2021	Actara 25 WG (0,2 kg/ha)
15.05.2021	1. zavádění
20.05.2021	Profler (2,25 kg/ha) + VEGAFLOR (2l/ha)
31.05.2021	2. hnojení LAD 27 (200kg/ha)
01.06.2021	2. zavádění
08.06.2021	ALIETE 80 WG (3 kg/ha) + Curzate K (2,5 kg/ha) + VEGAFLOR (3 l/ha) + ZINKOSOL forte (1 l/ha)
08.06.2021	kultivace
12.06.2021	1. priorávka
13.06.2021	kultivace
28.06.2021	NISORUN 10 WP (1,5 kg/ha)
06.07.2021	Bellis (2 kg/ha) + VEGAFLOR (3 l/ha)
11.07.2021	Movento 100 SC (1,5 kg/ha)
17.07.2021	kultivace
19.07.2021	3. hnojení LAD 27% (200 kg/ha)
20.07.2021	2. priorávka
22.07.2021	kultivace
07.08.2021	REVUS (1,6 l/ha) + VEGAFLOR (4 l/ha)
červenec - srpen	zavěšování spadlých štoků + dotáčení vegetačních vrcholů
15.08.2021	ORTIVA (1,6 l/ha)
21.08.2021	Defender Dry (5,1 kg/ha)
09.09.2021	sklizeň
06.10.2021	stříhání a úklid prutů
23.10.2021	úklid chmelovodičů
29.10.2021	zrušení porostu
29.10.2021	hloubkové kypření

Tabulka č. 3 agrotechnické operace prováděné ve sledovaném porostu v roce 2022

24.03.2022	vláčení
30.03.2022	řez
21.04.2022	zavěšování chmelovodičů
01.05.2022	zapichování chmelovodičů
18.05.2022	1. zavádění
21.05.2022	Profler (2.25 kg/ha) + VEGAFLOR (2l/ha)
29.05.2022	1. hnojení LAD 27 (200kg/ha)
01.06.2022	2. zavádění
08.06.2022	ALIETE 80 WG (3 kg/ha) + VEGAFLOR (3 l/ha) + ZINKOSOL forte (1 l/ha)
10.06.2022	kultivace
14.06.2022	1. přiorávka
16.06.2022	kultivace
28.06.2022	NISORUN 10 WP (1,5 kg/ha)
06.07.2022	Bellis (2 kg/ha) + VEGAFLOR (3 l/ha)
11.07.2022	Movento 100 SC (1,5 kg/ha)
17.07.2022	kultivace
19.07.2022	2. hnojení LAD 27% (200 kg/ha)
23.07.2022	2. přiorávka
25.07.2022	kultivace
07.08.2022	REVUS (1,6 l/ha) + VEGAFLOR (4 l/ha)
červenec - srpen	zavěšování spadlých štoků + dotáčení vegetačních vrcholů
21.08.2022	Defender Dry (5,1 kg/ha)
03.09.2022	sklizeň
06.10.2022	stříhání a úklid prutů
10.10.2022	odorávka pomocí disků
27.10.2022	úklid chmelovodičů
29.10.2022	hloubkové kypření

4.1.4 Průběh pokusu

4.1.4.1 Pěstitelský rok 2020

Pro rok 2020 byly vytipovány 4 chmelové řady které představovaly pokusné varianty A – D. Záměrně byly pro pokus vybrány dva chmelové řady s viditelně větším množstvím chybějících rostlin a sice varianty A a B a dále dva řady s viditelně menším počtem chybějících rostlin (varianta C a D).

21. 8. 2020 pak bylo provedeno standartní vegetační pozorování, jednalo se o fyzickou prohlídku vybrané části porostu, kde byly hodnoceny následující parametry, jednak počet plně dorostlých štoků, dále počet štoků pouze s jednou révou, počet rostlin, resp. počet chybějících rostlin. U každé rostliny došlo k začlenění do příslušné kategorie a následně k sečtení počtu rostlin v daných kategoriích dané varianty.

Ke sklizni došlo 8. 9. 2020, strhávání rév bylo provedeno pomocí traktoru s návěsem a čtyřmi pracovníky, kteří ručně strhávali na návěs jednotlivé chmelové štoky. Po strhání celé varianty byl pak návěs převezen ke stacionární česací lince, kde byly strhané révy očesány standartním způsobem. Očesané hlávky byly odebrány do chmelových žočků a zváženy, následně pak byl přepočtem stanoven výnos suchého chmele na jeden hektar.

Před těmito kroky bylo provedeno 1. 7. 2020 kolem 15.00 hod snímkování porostu. Snímkování bylo realizováno pomocí bezpilotního prostředku eBeeX (RTK/PPK)

4.1.4.2 Pěstitelský rok 2021

V roce 2021 bylo provedeno vegetační pozorování dle stejného principu, avšak dne 2. 9. 2021. opět byly vytipovány 4 chmelové řady představující 4 pokusné varianty. Pokus byl realizován na stejné chmelnici, avšak byly vybrány 4 odlišné chmelové řady.

Vlastní sklizeň pak proběhla 9. 9. 2021 stejným způsobem jako v roce 2020.

Snímkování porostu proběhlo dne 7. 7. 2021 rovněž kolem 15. 00 hod, a to stejným bezpilotním prostředkem eBeeX (RTK/PPK).

4.1.4.3 Pěstitelský rok 2022

Vzhledem ke skutečnosti, že porost, na němž byla prováděna naše sledování v letech 2020 a 2021 byl zrušen, sledování byla přesunuta chmelnici v blízkosti chmelnice původní. Opět byl zachován princip z předchozích let, tedy byly vytipovány 4 chmelové řady představující 4 pokusné varianty, přičemž dva byly subjektivně vyhodnoceny jako mezerovitější a dva jako vyrovnanější.

Vegetační pozorování spojené s inventarizací porostu bylo provedeno dne 26. 8. 2022

Ke sklizni porostu bylo přistoupeno dne 3. 9. 2022 stejným způsobem jako v letech 2020 a 2021.

Snímkování porostu bezpilotním prostředkem bylo provedeno 9. 7. 2022 kolem 12. 00 hod.

4.1.5 Proces snímání porostů a následné zpracování dat

Snímání bylo realizováno pomocí bezpilotního prostředku eBeeX (RTK/PPK), jež byl osazen kamerou MicaSense RedEdge MX, což je kamera disponující možností snímat v pěti pásmech (RGB + RedEdge + NIR). Překryv jednotlivých snímků byl dle doporučení výrobce zařízení nastaven na letovém plánu podélně i příčně 75 %.

Snímky byly následně předzpracovány pomocí SW eMotion, čímž bylo dosaženo zpřesnění geopozice snímků s výslednou chybou vůči reálnému povrchu průměrně 4,5 cm.

Další zpracování spočívalo v odvození ortofota a vegetačních indexů NDVI, GNDVI, CIred edge a TGI v SW Pix4D.

Dalším krokem bylo zpracování dat v SW ENVI (odvození binárního modelu) a SW QGIS, který byl využit pro pokročilou analýzu obrazu a výpočet zonální statistiky.

Jednotlivé kroky zpracování se skládají z odvození binárního modelu pomocí Otsu metody z TGI indexu a dále následné extrakci vektorové vrstvy, která ohraničuje zelenou plochu porostu, a to tak, že hodnota 0 označuje zelenou plochu rostlin a hodnota 1 pak povrch holé půdy.

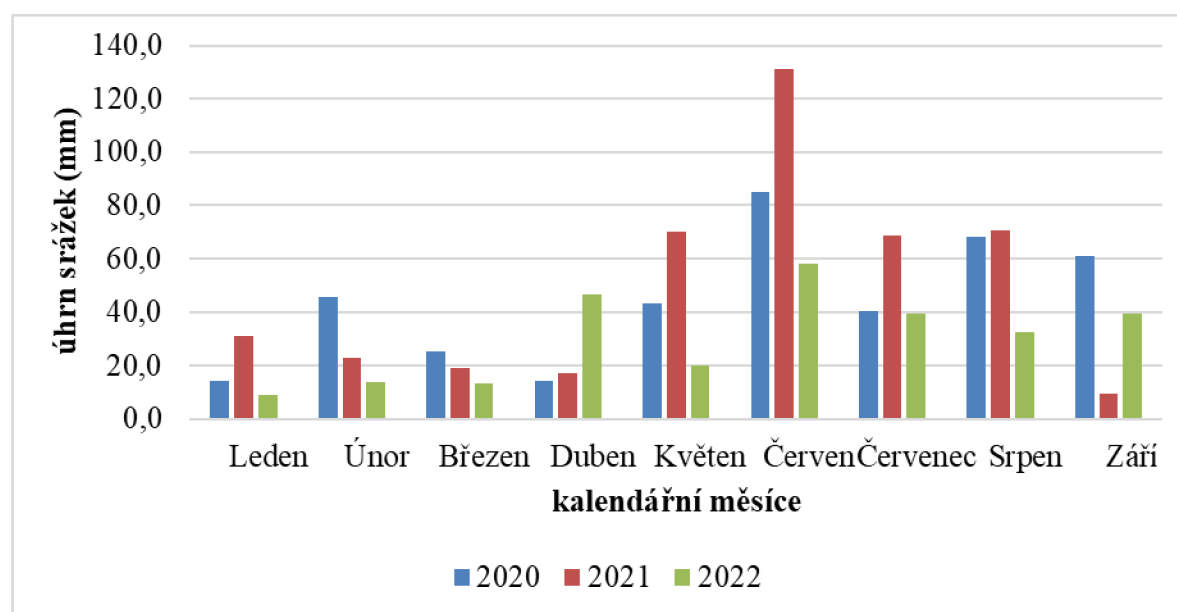
Pomocí nástroje Síto (v SW QGIS) pak došlo ke shlazení rastru a odstranění izolovaných pixelů (při nastavení „value“ 10).

V SW QGIS byl pak binární rastrový model převeden pomocí funkce Vectorising grid classes na vektor. Dále bylo nutné provést ořez indexů jednotlivými manuálně navolenými řadami pomocí nástroje Extract by Mask. Výsledný vektor byl pak oříznut vektorem plochy zelených rostlin odvozených z binárního rastru.

Následoval výpočet zonální statistiky pomocí nástroje Zonální statistiky (Rastrová analýza), přičemž je plocha rastrové vrstvy ohraničena zvolenou vektorovou vrstvou, z čehož se následně vypočítávají hodnoty popisné statistiky ze všech pixelů v ohraničené oblasti.

Posledním krokem zpracování byl výpočet zelené plochy pomocí nástroje Překryvová analýza a Clip (geoprocessing tools) po jednotlivých variantách (chmelových řadách).

4.1.6 Úhrn a rozložení srážek v jednotlivých letech v rámci trvání pokusů



5 Výsledky

5.1 Inventarizace porostu

V rámci tříletého sledování bylo provedeno standartní vegetační pozorování doprovázené inventarizací porostu na pokusných variantách, přičemž během sledování byly vždy sečteny a zaznamenány počty rostlin v jednotlivých kategoriích v rámci pokusných variant. V následujících tabulkách jsou zaznamenány počty jednotlivých kategorií rostlin, případně počty chybějících rostlin, v rámci jednotlivých let sledování, zároveň jsou tato data doprovázena i procentuálním zhodnocením zastoupení jednotlivých kategorií rostlin v rámci pokusné varianty. Zároveň je zde zaznamenán i výsledný výnos dosažený na jednotlivých pokusných variantách.

5.1.1 Vegetační pozorování v roce 2020

Tabulka č. 4 Výsledky inventarizace porostu

varianty	normální štoky	štoky pouze s jednou révou	chybějící rostliny	celkem rostlin	výnos (kg)	přepočtený výnos (t/ha)
A – slabší	137	23	35	115	203,9	0,759
B – slabší	126	20	44	117	149,7	0,541
C – plnější	201	17	13	122	241	0,862
D – plnější	179	37	17	125	231,5	0,808

Tabulka č. 5 Procentuální zastoupení jednotlivých kategorií rostlin v rámci jednotlivých variant

varianty	normální štoky (%)	štoky pouze s jednou révou (%)	Mezerovitost (%)	celkem rostlin (ks)
A – slabší	59,57	10,00	30,43	115
B – slabší	53,85	8,55	37,61	117
C – plnější	82,38	6,97	10,66	122
D – plnější	71,60	14,80	13,60	125

5.1.2 Vegetační pozorování v roce 2021

Tabulka č. 6 Výsledky inventarizace porostu

varianty	normální štoky	štoky pouze s jednou révou	chybějící rostliny	celkem rostlin	výnos (kg)	přepočtený výnos (t/ha)
A – slabší	78	145	43	155	61,5	0,353
B – slabší	104	134	27	146	71	0,408
C – plnější	115	127	33	154	164	0,888
D – plnější	117	78	39	137	143,5	0,776

Tabulka č. 7 Procentuální zastoupení jednotlivých kategorií rostlin v rámci jednotlivých variant

varianty	normální štoky (%)	štoky pouze s jednou révou (%)	Mezerovitost (%)	celkem rostlin (ks)
A – slabší	50,32	93,55	27,74	155
B – slabší	71,23	91,78	18,49	146
C – plnější	74,68	82,47	21,43	154
D – plnější	85,40	56,93	28,47	137

5.1.3 Vegetační pozorování v roce 2022

Tabulka č. 8 Výsledky inventarizace porostu

varianty	normální štoky	štoky pouze s jednou révou	chybějící rostliny	celkem rostlin	výnos (kg)	přepočtený výnos (t/ha)
A – slabší	44	34	63	102	81	0,685
B – slabší	78	83	29	110	135,5	1,158
C – plnější	131	49	14	104	193,5	1,619
D – plnější	122	64	13	106	218,5	1,776

Tabulka č. 9 Procentuální zastoupení jednotlivých kategorií rostlin v rámci jednotlivých variant

varianty	normální štoky (%)	štoky pouze s jednou révou (%)	Mezerovitost (%)	celkem rostlin (ks)
A – slabší	43,14	33,33	61,76	102
B – slabší	70,91	75,45	26,36	110
C – plnější	125,96	47,12	13,46	104
D – plnější	115,09	60,38	12,26	106

5.1.4 Statistické zhodnocení výnosu

V tabulce č. 10 jsou zachyceny průměrné hodnoty výnosu pokusných variant v rámci tříletého sledování, hodnoty představují průměrný výnos pokusných variant v rámci členění na slabší a plnější. Zároveň bylo provedeno statistické zhodnocení rozdílů mezi jednotlivými hodnotami a sice Anovou a Tukeyovým HSD testem, mezi variantami se stejným písmenem neexistují statisticky významné rozdíly. Je tedy patrné, že v rámci tříletého sledování byly zaznamenány statistické rozdíly pouze mezi slabší a plnější variantou v roce 2022, mezi ostatními variantami nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly.

Tabulka č. 10 Statistické zhodnocení rozdílů mezi průměrnými výnosy pokusných variant

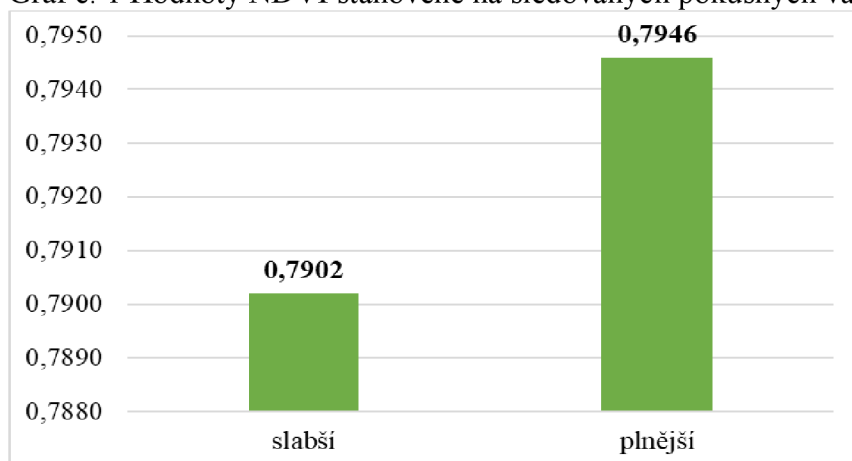
Varianta	2020	2021	2022
slabší	0,65	0,381	0,921
	a	a	a
plnější	0,835	0,832	1,697
	a	a	b

5.2 Vypočtené hodnoty vegetačních indexů

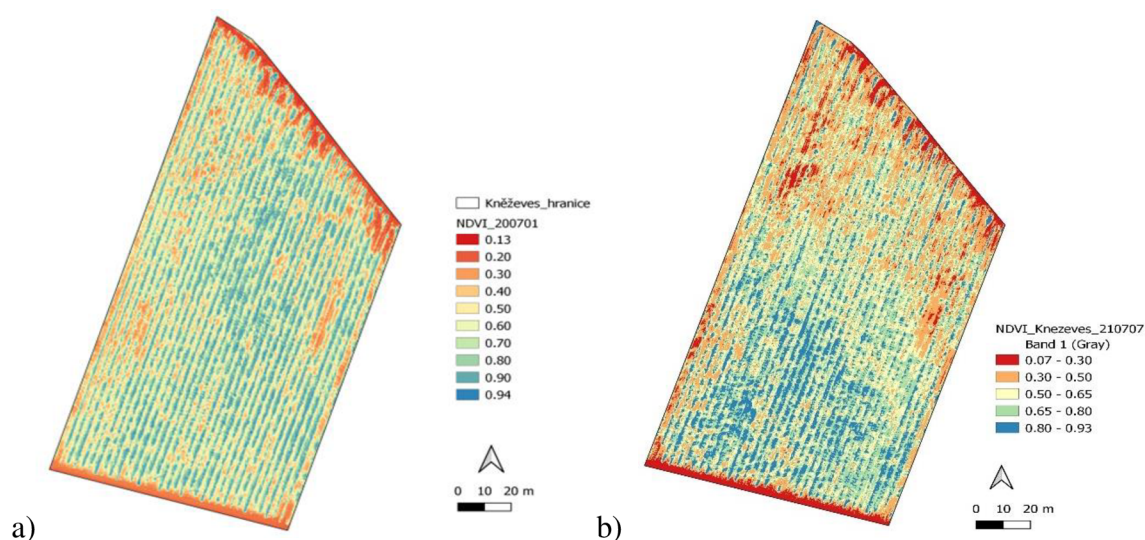
5.2.1 Normalizovaný diferenční vegetační index

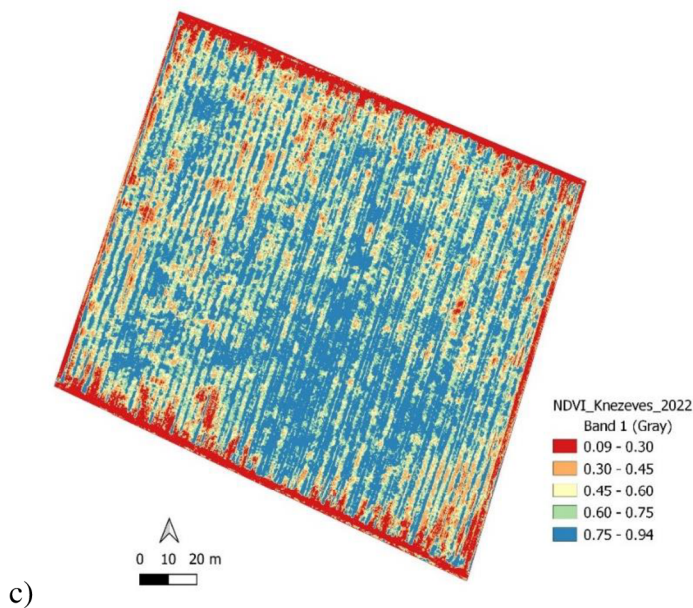
V grafu č. 1 jsou zachyceny průměrné hodnoty zjištěných indexů na sledovaných pokusných variantách. Hodnoty indexu představují průměr tří let sledování v rámci variant slabších porostů a pak variant plnějších porostů. Z následujícího grafu vyplývá, že vyšší průměrné hodnoty indexu (0,7946) dosáhly porosty plnější, naopak nižší hodnoty pak porosty slabší (0,7902).

Graf č. 1 Hodnoty NDVI stanovené na sledovaných pokusných variantách, průměr tří let



Obrázek č. 2 snímek chmelnice převedený na NDVI, pokusné porosty v letech 2020 (a), 2021 (b), 2022 (c) (SW Pix4D, 2022)

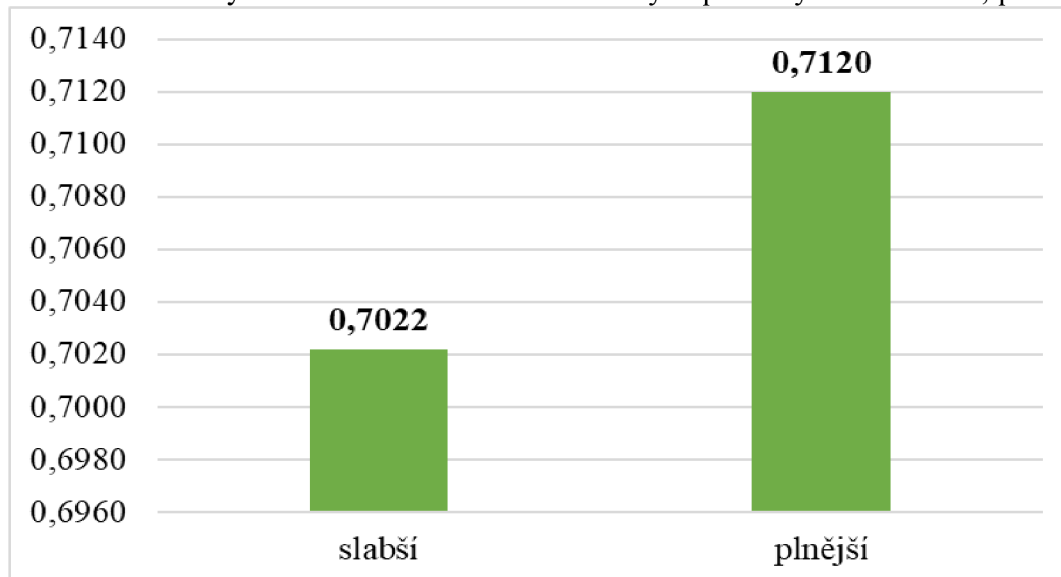




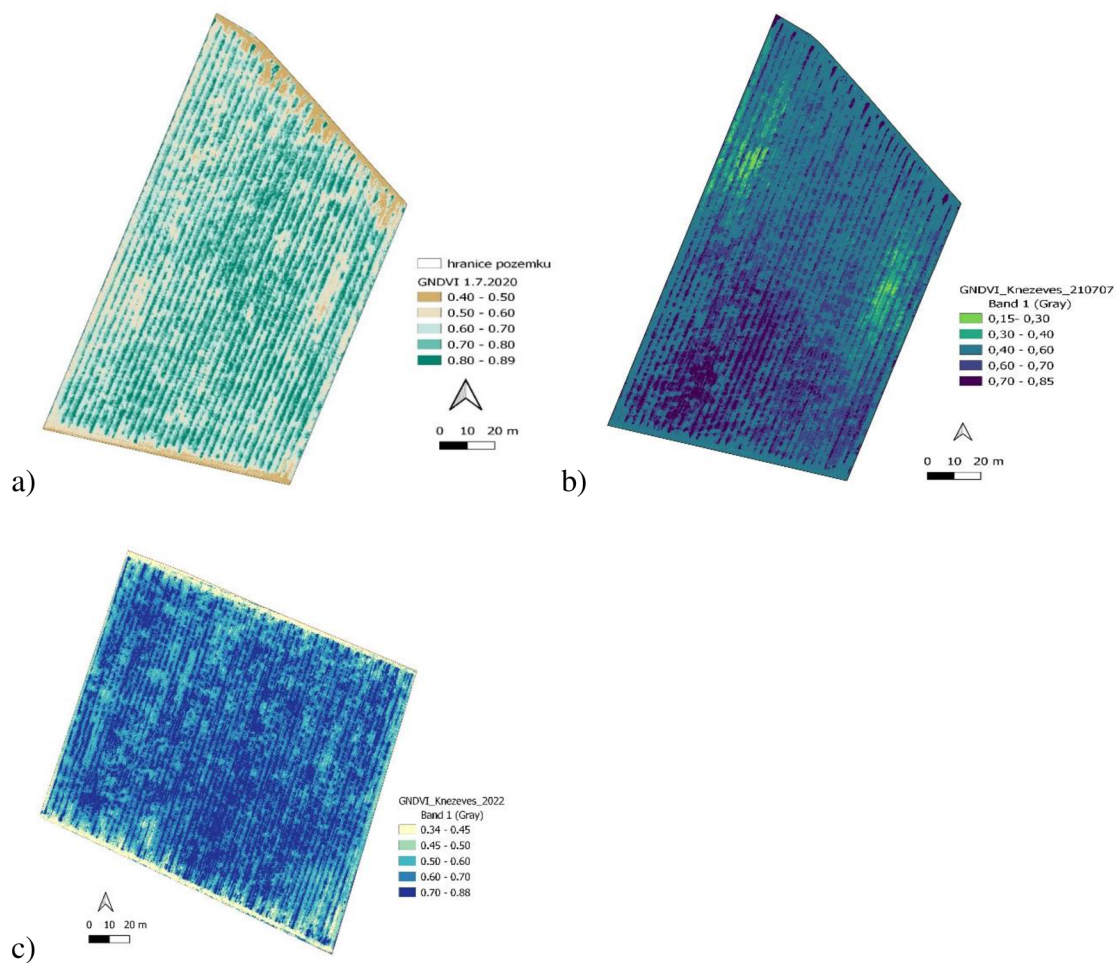
5.2.2 Green NDVI

Graf č. 2 znázorňuje průměrné hodnoty indexu GNDVI v rámci tříletého sledování, hodnoty jsou stanoveny jako průměry hodnot dosažených indexů v rámci tříletého sledování na pokusných variantách označených jako slabší a plnější. Z grafu je patrné, že lepších hodnot dosáhly varianty plnější (0,7120) a nižší hodnoty pak porosty slabší (0,7022)

Graf č. 2 Hodnoty GNDVI stanovené na sledovaných pokusných variantách, průměr tři let



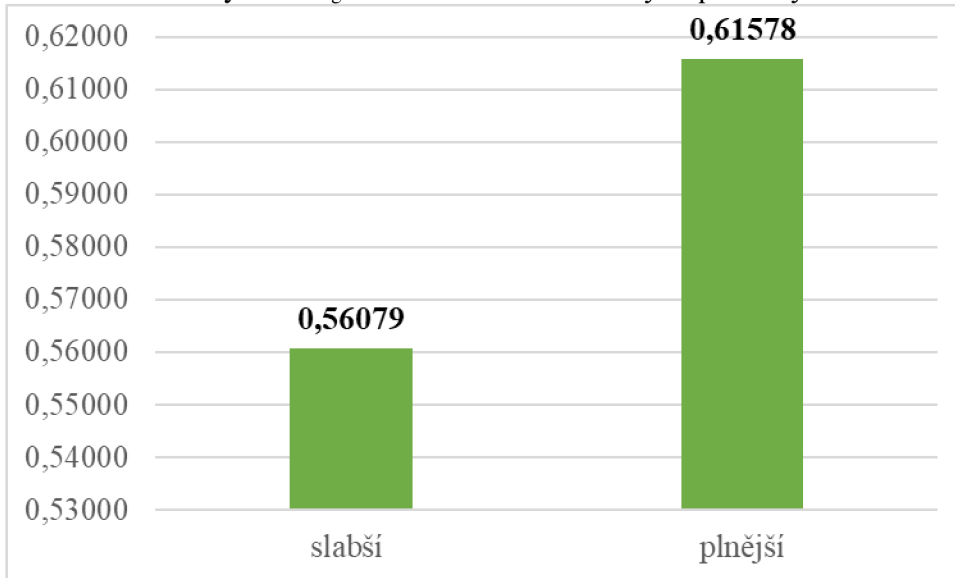
Obrázek č. 2 snímek chmelnice převedený na NDVI, pokusné porosty v letech 2020 (a), 2021 (b), 2022 (c) (SW Pix4D, 2022)



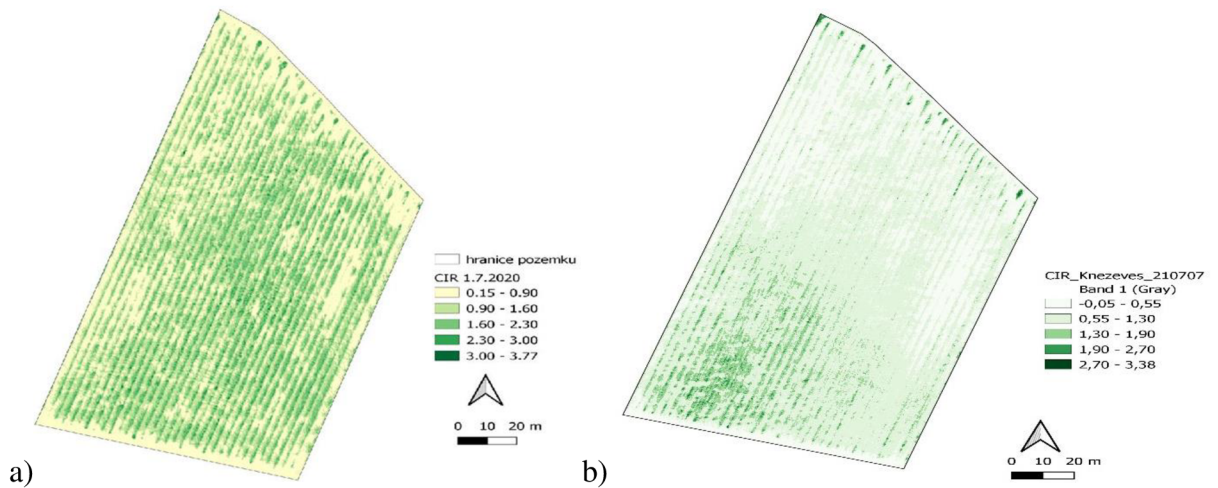
5.2.3 Red edge Chlorophyll index

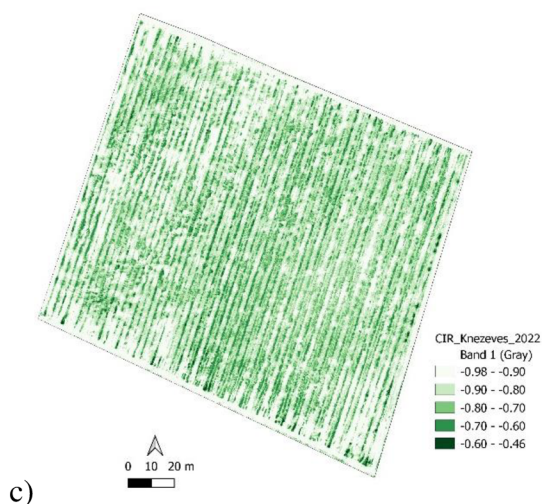
V grafu č. 3 jsou zaznamenány hodnoty indexu $CI_{red\ edge}$ stanovené jako průměry tříletého sledování v rámci pokusných variant označených jako slabší a plnější. Z grafu vyplývá obdobný trend jako v grafech předchozích a sice že lepších hodnot dosáhly varianty plnější (0,61578) a horší pak varianty slabší (0,56079).

Graf č. 3 Hodnoty $CI_{red\ edge}$ stanovené na sledovaných pokusných variantách, průměr tří let



Obrázek č. 3 snímek chmelnice převedený na $CI_{red\ edge}$, pokusné porosty v letech 2020 (a), 2021 (b), 2022 (c) (SW Pix4D, 2022)





5.3 Statistické posouzení závislosti jednotlivých indexů na dosaženém výnosu

V rámci tabulky č. 11 byla hodnocena závislost vegetačního indexu na dosaženém výnosu v rámci tříletého sledování. Je zde patrné, že silnou závislost vykazuje vegetační index NDVI, přičemž hodnota indexu je z cca 61,4 % závislá na dosaženém výnosu. Naopak slabé závislosti dosáhl vegetační index GNDVI, přičemž daný index je pouze z cca 7,6 % závislý na dosaženém výnosu, mezi těmito indexy se pak pohybuje třetí index CIR ($CI_{red\ edge}$) u něhož bylo zjištěno, že z cca 41,6 % závisí na dosaženém výnosu.

Tabulka č. 11 Statistické zhodnocení závislosti vegetačních indexů na dosaženém výnosu suchého chmele

Vegetační index	koefficient korelace	koefficient determinace (R ²)
NDVI	0,783844	0,61441071
GNDVI	0,275178	0,07572276
CIR	0,644827	0,41580159

6 Diskuze

6.1 Zhodnocení vhodnosti vybraných vegetačních indexů pro stanovení produkčních schopností porostů chmele

Jedním z cílů této práce bylo zhodnotit, zda-li je možné užít vegetačního indexu pro predikci vitality porostů chmele.

Je třeba zmínit, že využití dálkového průzkumu v porostech chmele je poměrně neprobádanou oblastí, bezpochyby je to způsobenou značně omezenou možností snímání porostů, a to vzhledem k habitu chmelové rostliny, případně i charakterem pěstování. (Starý, 2020)

(Matese, 2015) hovoří o tom, že v moderní zemědělské praxi představuje využití prostředků dálkového průzkumu vhodný nástroj pro správný management porostů, a to díky dobrému rozlišení snímků, tedy získání kvalitních dat a zároveň i přijatelné nákladové efektivitě.

Obecně platí, že mapy zachycující snímky porostu ve formě vegetačního indexu se dají využít pro nalezení, či specifikaci oblasti porostu s určitým problémem, tento problém může představovat výskyt škodlivého činitele, výživového problému, špatné půdy, zkrátka horšího stavu vegetace. Tyto oblasti mohou být patrné i na běžném RGB snímku, avšak použití indexu nám umožňuje nalézt problémová místa snadněji. (McKinnon, 2017)

V našem případě se rovněž ukázalo, že pokusné varianty označené jako „slabší“ vykazovaly nižší hodnoty všech sledovaných indexů, přičemž toto bylo pravděpodobně způsobeno vyšší mezerovitostí, či nižším počtem normálních štoků. Toto tvrzení potvrzuje i průměrný výnos suchého chmele stanovený na pokusných variantách, kde opět varianty označené jako slabší vykazovaly ve sledovaných letech nižší výnos suchého chmele na hektar, oproti variantám označeným jako „plnější“.

V rámci porovnání indexu NDVI a pokročilejšího GNDVI došli (Mangewa, 2022) ve své studii k závěru, že oba zmiňované indexy vykazují silně pozitivní korelace se stavem vegetace, ačkoliv vzájemně vykazují statisticky významné rozdíly.

Toto tvrzení se v našem případě nepotvrdilo, jelikož indexy NDVI a GNDVI vykazovaly značné rozdíly v síle závislosti. Index NDVI vykazuje v našem případě závislost přibližně 61,5 %, zatímco index GNDVI pouze zhruba 7,5 %.

(Seidlová et al., 2022) se ve své práci zaměřili na vliv ročníku, resp. meteorologických vlivů na vývoj a stav rostlin v rozdílných podmínkách a letech, porosty chmele sledovali ve dvou po sobě jdoucích letech a sice 2020 a 2021, přičemž pro hodnocení porostů využili mmj. i indexy NDVI a GNDVI. Došli k závěrům, že na hodnoty indexu může mít vliv i tzv. ročníkový efekt, tedy že průběhem daného ročníku se mohou hodnoty indexu lišit.

(Khan, 2018) hovoří ve své práci o tom, že NDVI je jedním z nečastěji využívaných indexů pro hodnocení stavu vegetace.

To v zásadě potvrzuje i (Pádua, 2019), který se ve své práci zaměřil na celoroční monitoring porostů vinic, a to s cílem vytvoření mapy vitality porostu, k čemuž využil právě index NDVI.

V rámci této práce byl však k monitoringu porostů využit nejen index NDVI, který jak již bylo zmíněno, se často využívá pro celkové hodnocení stavu vegetace, ale i indexy GNDVI a ($CI_{red\ edge}$).

(Candiago, 2015) zmiňuje rovněž, že index GNDVI je v praxi spíše využíván jako jistá forma indikátoru fotosyntetické aktivity porostů, neboť je oproti NDVI více citlivější na obsah chlorofylu v listech a lze ho lépe využít při hodnocení a monitoringu vegetace buďto přestárlé, či do určité míry stresované.

(Gitelson, 1996) ve své práci zmiňuje, že index GNDVI je v jistých aspektech až pětikrát citlivější k obsahu chlorofylu v listech rostlin, oproti NDVI.

Obdobně je tomu i u Red edge Chlorophyll indexu ($CI_{red\ edge}$), který jak zmiňuje (Hunt, 2011), je velmi výrazně vnímavý k obsahu chlorofylu v listech.

(Li, 2014) rovněž konstatuje, že tento index pracuje v oblasti red edge, která je velmi citlivá na stav a obsah chlorofylu v listech, proto jsou tyto indexy pro sledování chlorofylu v listech vhodné, zároveň hovoří o vhodnosti využití tohoto indexu pro sledování zásobenosti rostlin dusíkem.

(Hunt, 2011) zároveň zmiňuje že tento index je obecně vhodné využívat pro monitoring porostů v první polovině vegetace.

Tímto tvrzením lze částečně vysvětlit důvody, proč index $CI_{red\ edge}$ nebyl tak vhodný pro hodnocení vitality porostu s ohledem na dosažený výnos, neboť snímkování porostů probíhalo v našem případě vždy v první polovině července. Připomeňme, že $CI_{red\ edge}$ dosáhl v našem sledování závislosti hodnot indexu na dosaženém výnosu chmele přibližně 41,6 % oproti indexu NDVI který dosáhl hodnoty cca 61 %. Avšak nutno zmínit, že závislost 41,6 % je stále poměrně výrazně vyšší oproti závislosti GNDVI, u kterého dosáhla závislost indexu na dosaženém výnosu suchého chmele pouze cca 7,6 %.

(Candiago, 2015) ve své práci zmiňuje fakt, že oblasti s obecně lepším stavem porostu vykazují vyšší hodnoty indexů NDVI i GNDVI.

Tento fakt se v podstatě shoduje i s námi získanými výsledky, tedy že slabší porosty vykazují nižší hodnoty sledovaných indexů (0,7902 resp. 0,7022) a plnější dosahují naopak vyšších hodnot (0,7946 resp. 0,7120).

(Kumhálová et al., 2021) se ve své práci zaměřili na vývoj hodnoty vegetačního indexu NDVI během celého vegetačního období, zaměříme-li se tedy na jejich výsledky ve shodném období s našim snímkováním, zjistíme že jimi stanovená hodnota NDVI dosahovala zhruba 0,74.

Zde lze tedy konstatovat, že námi sledované varianty dosáhly v průměrném hodnocení tří let vyšší hodnoty NDVI oproti zmíněné práci, námi sledované varianty dosáhly průměrné hodnoty 0,7902 resp. 0,7946.

Obdobně je tomu v práci (Losada, 2019), který se rovněž zabýval využitím vegetačních indexů při pěstování chmele, na dvou pokusných lokalitách sledoval vývoj vegetačních indexů během vegetačního období a pokud i zde vybereme termín začátku července, zjistíme že jím sledovaný index NDVI vykazuje v tomto období hodnoty přibližně od 0,55 do 0,65, i zde lze tedy říci, že námi sledované varianty vykazovaly v době sledování v průměru vyšší hodnoty indexu NDVI oproti zmíněné práci a to i ve „slabších“ variantách.

7 Závěr a stanovisko k hypotézám

- K hypotéze č. 1 lze shrnout, že vybrané vegetační indexy jsou do jisté míry schopny predikovat produkční schopnosti porostu, ve smyslu, že porosty s nižšími hodnotami dosahují i nižších produkčních schopností. Lze tedy říci, že tato hypotéza se částečně potvrdila, neboť vybrané vegetační indexy mohou do jisté míry predikovat produkční schopnosti daného porostu.
- K hypotéze č. 2 lze říci, že zatím jen velmi obtížně mohou vegetační indexy zcela nahradit běžnou agrobiologickou kontrolu porostů. Proto lze konstatovat že tato hypotéza se nepotvrdila.

Jedním z cílů této práce bylo zhodnotit možnosti využití vegetačních indexů k zjištění vitality porostů chmele, v rámci práce bylo provedeno tříleté snímkování porostů s následným stanovením vybraných vegetačních indexů. V našem případě jsme dospěli k výsledkům, že průměrné hodnoty vegetačních indexů na pokusných variantách označených jako „slabší“ vykazovali nižší hodnoty příslušných indexů oproti variantám označeným jako „plnější“, tedy těm s nižším množstvím chybějících rostlin, dále byla hodnocena závislost hodnot vegetačního indexu na dosaženém výnosu suchého chmele, zde dosáhl nejvyšší závislosti vegetační index NDVI a sice přibližně 61 %, nižší závislosti dosáhl vegetační index $CI_{red\ edge}$ (41,6 %) a nejnižší závislost vykázal index GNDVI (cca 7,6 %). Lze tedy shrnout, že index GNDVI zřejmě nebude vhodný pro využití při hodnocení produkčních schopností chmelnic, a naopak NDVI může být při hodnocení porostů vhodný, je zde však na místě zmínit, že vegetačních indexů existuje mnoho, a proto by bylo vhodné v následujících letech ověřit možnosti využití dalších vegetačních indexů, třeba ve vztahu k NDVI.

8 Literatura

AHAMED, T., L. TIAN, Y. ZHANG a K.C. TING, 2011. A review of remote sensing methods for biomass feedstock production. *Biomass and Bioenergy* [online]. 35(7), 2455-2469 [cit. 2021-03-16]. ISSN 09619534. Dostupné z: doi:10.1016/j.biombioe.2011.02.028

ALONSO-ESTEBAN, José Ignacio, José PINELA, Lillian BARROS, et al., 2019. Phenolic composition and antioxidant, antimicrobial and cytotoxic properties of hop (*Humulus lupulus* L.) Seeds. *Industrial Crops and Products* [online]. 134, 154-159 [cit. 2023-01-20]. ISSN 09266690. Dostupné z: doi:10.1016/j.indcrop.2019.04.001

ALTOVÁ, Markéta, 2022. *SITUAČNÍ A VÝHLEDOVÁ ZPRÁVA CHMEL, PIVO*. 1. Praha: Ministerstvo zemědělství, Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1. ISBN 978-80-7434-678-1.

ANONYM, (a), 2013. Proces pěstování a sklizeň chmele. Emil Bureš HOPSERIS s.r.o. [online]. 2013 [cit. 2021-02-08]. Dostupné z: <http://www.hopservis.cz/process.html>

ANONYM (B), 2007. ŽATECKÝ CHMEL získal zeměpisnou ochrannou známku Evropské unie - chráněné označení původu. *Eagri* [online]. Praha [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/rostlinna-vyroba/rostlinne-komodity/chmel/zatecky-chmel-ziskal-zemepisnou.html>

BARBER, A, C A M CAMPBELL, H CRANE, P DARBY a R LILLEY, 2003. Cost-benefits of reduced aphicide usage on dwarf hops susceptible and partially resistant to damson-hop aphid. *Annals of Applied Biology* [online]. 143(1), 35-44 [cit. 2021-04-04]. ISSN 0003-4746. Dostupné z: doi:10.1111/j.1744-7348.2003.tb00266.x

BOCQUET, L., S. SAHPAZ, J. L. HILBERT, C. RAMBAUD a C. RIVIÈRE, 2018. *Humulus lupulus* L., a very popular beer ingredient and medicinal plant: overview of its phytochemistry, its bioactivity, and its biotechnology. *Phytochemistry Reviews* [online]. 17(5), 1047-1090 [cit. 2023-01-14]. ISSN 1568-7767. Dostupné z: doi:10.1007/s11101-018-9584-y

BRANT, Václav, Karel KROFTA, Milan KROULÍK, Petr ZÁBRANSKÝ, Pavel PROCHÁZKA a Jaroslav POKORNÝ, 2020. Distribution of root system of hop plants in hop gardens with regular rows cultivation. *Plant Soil Environ.* [online]. 66(7), 317-326 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: doi:10.17221/672/2019-PSE

CANDIAGO, Sebastian, Fabio REMONDINO, Michaela DE GIGLIO, Marco DUBBINI a Mario GATTELLI, 2015. Evaluating Multispectral Images and Vegetation Indices for Precision Farming Applications from UAV Images. *Remote Sensing* [online]. 7(4), 4026-4047 [cit. 2023-04-07]. ISSN 2072-4292. Dostupné z: doi:10.3390/rs70404026

CINIBURK, Václav, Martina ELIÁŠOVÁ, Jiří GREGORIK, Jiří KOŘEN a Tomáš VRANÝ, 2009. Navrhování lanových chmelnicových konstrukcí. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-873-57-01-9.

COLEY-SMITH, J.R., 1962. Overwintering of hop downy mildew *Pseudoperonospora humuli* (Miy. and Tak.) Wilson. *Annals of Applied Biology* [online]. 50(2), 235-243 [cit. 2023-01-30]. ISSN 0003-4746. Dostupné z: doi:10.1111/j.1744-7348.1962.tb06006.x

DOMÍNGUEZ, J. A., J. KUMHÁLOVÁ a P. NOVÁK, 2017. Assessment of the relationship between spectral indices from satellite remote sensing and winter oilseed rape yield. *Agronomy Research*. 15(1), 55-68.

DRISYA, Jayakumar, Sathish Kumar D a Thendiyath ROSHNI, 2018. Spatiotemporal Variability of Soil Moisture and Drought Estimation Using a Distributed Hydrological Model. In: *Integrating Disaster Science and Management* [online]. Elsevier, 2018, s. 451-460 [cit. 2021-03-15]. ISBN 9780128120569. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-812056-9.00027-0

GARCÍA CÁRDENAS, Diego Alejandro, Jacipt Alexander RAMÓN VALENCIA, Diego Fernando ALZATE VELÁSQUEZ a Jordi Rafael PALACIOS GONZALEZ, 2019. Dynamics of the Indices NDVI and GNDVI in a Rice Growing in Its Reproduction Phase from Multi-spectral Aerial Images Taken by Drones. *CORRALES, Juan Carlos, Plamen ANGELOV a José Antonio IGLESIAS, ed. Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate Change II*. Cham: Springer International Publishing, 2019-11-21, 106-119. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. ISBN 978-3-030-04446-6. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-04447-3_7

GITELSON, Anatoly A., Yoram J. KAUFMAN a Mark N. MERZLYAK, 1996. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment* [online]. 58(3), 289-298 [cit. 2021-03-16]. ISSN 00344257. Dostupné z: doi:10.1016/S0034-4257(96)00072-7

GU, Wenjie a Yumei LIU, 2020. Characterization and stability of beta-acids/hydroxypropyl- β -cyclodextrin inclusion complex. *Journal of Molecular Structure* [online]. 1201(1201) [cit. 2023-01-14]. ISSN 00222860. Dostupné z: doi:10.1016/j.molstruc.2019.127159

HENNING, J. A., D. H. GENT, M. S. TOWNSEND, J. L. WOODS, S. T. HILL a D. HENDRIX, 2017. QTL analysis of resistance to powdery mildew in hop (*Humulus lupulus* L.). *Euphytica* [online]. 213(4) [cit. 2021-04-03]. ISSN 0014-2336. Dostupné z: doi:10.1007/s10681-017-1849-9

HENNING, J. A., D. H. GENT, M. C. TWOMEY, M. S. TOWNSEND, N. J. PITRA a P. D. MATTHEWS, 2015. Precision QTL mapping of downy mildew resistance in hop (*Humulus lupulus* L.). *Euphytica* [online]. 202(3), 487-498 [cit. 2021-04-03]. ISSN 0014-2336. Dostupné z: doi:10.1007/s10681-015-1356-9

HOLÝ, Kamil, Pavel PROCHÁZKA, Jaroslav ŠTRANC, Daniel ŠTRANC a Přemysl ŠTRANC, 2017. Integrovaná ochrana chmele. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Drnovská 507, 16106 Praha 6 - Ruzyně. ISBN 978-80-7427-265-3.

HOREJSEK, Jan a Miroslav ZICH, 1990. Chmelařství: učebnice pro SZeŠ studijního oboru Pěstitelství a SOU učebního oboru 45-60-2 Pěstitel(ka) se zaměřením pro chmelařství. Praha: SZN. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství). ISBN 80-209-0125-6.

HRDÝ, I, H. T KREMHELLER, J KULDOVÁ, W LUDERS a J ULA, 1986. Insektizidresistenz der Hopfenblattlaus, *Phorodon humuli*, in böhmischen, bayerischen und baden-württembergischen Hopfenanbaugebieten. Acta entomol. bohemoslov. 83, 1-9.

HUNT, E. Raymond, C. S. T. DAUGHTRY, Jan U. H. EITEL a Dan S. LONG, 2011. Remote Sensing Leaf Chlorophyll Content Using a Visible Band Index. Agronomy Journal [online]. 103(4), 1090-1099 [cit. 2023-04-07]. ISSN 0002-1962. Dostupné z: doi:10.2134/agronj2010.0395

HUNT, E. Raymond, Paul C. DORAISWAMY, James E. MCMURTREY, Craig S.T. DAUGHTRY, Eileen M. PERRY a Bakhyt AKHMEDOV, 2013. A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation [online]. 21, 103-112 [cit. 2021-03-21]. ISSN 03032434. Dostupné z: doi:10.1016/j.jag.2012.07.020

CHEN, Jing M., 2014. Evaluation of Vegetation Indices and a Modified Simple Ratio for Boreal Applications. Canadian Journal of Remote Sensing [online]. 22(3), 229-242 [cit. 2023-03-26]. ISSN 0703-8992. Dostupné z: doi:10.1080/07038992.1996.10855178

CHOUBIN, Bahram, Freidoon SOLEIMANI, Abdollah PIRNIA, et al., 2019. Effects of drought on vegetative cover changes: Investigating spatiotemporal patterns. In: Extreme Hydrology and Climate Variability [online]. Elsevier, 2019, s. 213-222 [cit. 2021-03-15]. ISBN 9780128159989. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-815998-9.00017-8

JACKSON, Ray D. a Alfredo R. HUETE, 1991. Interpreting vegetation indices. Preventive Veterinary Medicine [online]. 11(3-4), 185-200 [cit. 2021-03-15]. ISSN 01675877. Dostupné z: doi:10.1016/S0167-5877(05)80004-2

JEŽEK, Josef, Ivo KLAPAL, Karel KROFTA, et al., 2015. CHMEL 2015: Příručka pro pěstitele chmele. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-98-0.

JIANG, Zhangyan, Alfredo R. HUETE, Jin CHEN, Yunhao CHEN, Jing LI, Guangjian YAN a Xiaoyu ZHANG, 2006. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. Remote Sensing of Environment [online]. 101(3), 366-378 [cit. 2023-02-13]. ISSN 00344257. Dostupné z: doi:10.1016/j.rse.2006.01.003

KHAN, Zohaib, Vahid RAHIMI-EICHI, Stephan HAEFELE, Trevor GARNETT a Stanley J. MIKLAVCIC, 2018. Estimation of vegetation indices for high-throughput phenotyping of wheat using aerial imaging. *Plant Methods* [online]. 14(1) [cit. 2023-04-07]. ISSN 1746-4811. Dostupné z: doi:10.1186/s13007-018-0287-6

KOPECKÝ, Jiří, 1988. Vliv sponu výsadby a třířevového zavádění na výnosy chmele. *Rostlinná výroba*. 34(7), 741.

KOPECKÝ, Jiří, Miroslav BRYNDA, Václav CINIBURK, et al., 2008a. Zakládání chmelnic hybridními odrůdami. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-30-0.

KOPECKÝ, Jiří, Miroslav BRYNDA, Václav CINIBURK, et al., 2008b. Pěstování hybridních odrůd chmele v podmínkách chmelařských oblastí ČR: Metodika pro praxi 2/2008. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-24-9.

KROFTA, Karel, Miroslav BRYNDA a Vladimír NESVADBA, 2010. RAJONIZACE ČESKÝCH ODRŮD CHMELE: metodika pro praxi 4/2010. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-873-57-04-0.

KROTTENTHALER, Martin, ESSLINGER, Hans Michael, ed., 2009. Handbook of Brewing Processes, Technology, Markets. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. ISBN 978-3-527-31674-8.

KUMHÁLOVÁ, Jitka, Jan CHYBA, Karel KROFTA, Karel STARÝ a Václav BRANT, 2021. Evaluation of UAV and Sentinel 2 images to estimate condition of hop (*Humulus lupulus* L.) plants. 5th International Humulus Symposium, 9-11 March 2021 [online]. [cit. 2021-04-29].

LI, Fei, Yuxin MIAO, Guohui FENG, et al., 2014. Improving estimation of summer maize nitrogen status with red edge-based spectral vegetation indices. *Field Crops Research* [online]. 157, 111-123 [cit. 2021-03-16]. ISSN 03784290. Dostupné z: doi:10.1016/j.fcr.2013.12.018

LOSADA, R., X.P. GONZÁLEZ, E. CORRAL a J.J. CANCELA, 2019. Satellital multispectral images for the management of hop plantations. In: Proceedings of the Scientific-Technical Commission. Bischoffsheim: International Hop Growers' Convention, s. 59-62. ISSN 1814-2206. Dostupné také z: https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ipz/dateien/proceedings_stc_2019_monitor.pdf#page=63

LUKAS, Vojtěch, Lubomír NEUDERT a Jan KŘEN, 2017. Využití dálkového průzkumu pro lokálně cílenou agrotechniku. *Mechanizace zemědělství* [online]. Praha: Profi Press [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/vyuziti-dalkoveho-pruzkumu-pro-lokalne-cilenou-agrotechniku/>

MANGEWA, Lazaro J., Patrick A. NDAKIDEMI, Richard D. ALWARD, Hamza K. KIJA, John K. BUKOMBE, Emmanuel R. NASOLWA a Linus K. MUNISHI, 2022. Comparative

Assessment of UAV and Sentinel-2 NDVI and GNDVI for Preliminary Diagnosis of Habitat Conditions in Burunge Wildlife Management Area, Tanzania. *Earth* [online]. 3(3), 769-787 [cit. 2023-04-07]. ISSN 2673-4834. Dostupné z: doi:10.3390/earth3030044

MATESE, Alessandro, Piero TOSCANO, Salvatore DI GENNARO, et al., 2015. Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture. *Remote Sensing* [online]. 7(3), 2971-2990 [cit. 2023-04-03]. ISSN 2072-4292. Dostupné z: doi:10.3390/rs70302971

MCKINNON, Tom a Paul HOFF, 2017. Comparing RGB-Based Vegetation Indices With NDVI For Drone Based Agricultural Sensing. *Agribotix*. 2017(5).

MÉRILLON, Jean-Michel a Céline RIVIERE, ed., 2018. *Natural Antimicrobial Agents* [online]. 1. Cham: Springer International Publishing [cit. 2023-01-14]. Sustainable Development and Biodiversity. ISBN 978-3-319-67043-0. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-67045-4_2?source=https://www.tuppu.fi

MILLER, Robert H., 1958. MORPHOLOGY OF HUMULUS LUPULUS. I. DEVELOPMENTAL ANATOMY OF THE PRIMARY ROOT. *American Journal of Botany* [online]. 45(5), 418-431 [cit. 2021-04-14]. ISSN 00029122. Dostupné z: doi:10.1002/j.1537-2197.1958.tb13146.x

MYNENI, R.B., F.G. HALL, P.J. SELLERS a A.L. MARSHAK, 1995. The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* [online]. 33(2), 481-486 [cit. 2021-03-15]. ISSN 01962892. Dostupné z: doi:10.1109/36.377948

NESVADBA, Vladimír, 1993. Vliv vybraných výnosotvorných prvků na výnos chmele. *Chmelařství*. 1993(3), 12.

NESVADBA, Vladimír, Miroslav BRYNDA, Alena HENYCHOVÁ, et al., 2013. *Vývoj a tradice českých odrůd chmele*. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-87357-11-8.

NEVE, R. A., 1991. *Hops* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands. ISBN 978-94-010-5375-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-94-011-3106-3

NGUY-ROBERTSON, Anthony, Anatoly GITELSON, Yi PENG, Andrés VIÑA, Timothy ARKEBAUER a Donald RUNDQUIST, 2012. Green Leaf Area Index Estimation in Maize and Soybean: Combining Vegetation Indices to Achieve Maximal Sensitivity. *Agronomy Journal* [online]. 104(5), 1336-1347 [cit. 2021-03-16]. ISSN 00021962. Dostupné z: doi:10.2134/agronj2012.0065

PÁDUA, Luís, Pedro MARQUES, Telmo ADÃO, Nathalie GUIMARÃES, António SOUSA, Emanuel PERES a Joaquim João SOUSA, 2019. Vineyard Variability Analysis through UAV-Based Vigour Maps to Assess Climate Change Impacts. *Agronomy* [online]. 9(10) [cit. 2023-04-07]. ISSN 2073-4395. Dostupné z: doi:10.3390/agronomy9100581

PROCHÁZKA, Pavel, Adéla FRAŇKOVÁ, Jan ŘEHOŘ, Jan VOSTŘEL a Jan TAUCHEN, 2021. Použití chmelového extraktu a tymiánové silice v ochraně chmele proti plísni chmelové. 1. Praha: Kurent. ISBN 978-80-87111-89-5.

PURAYANNUR, Savithri, David H. GENT, Timothy D. MILES, Sebastjan RADIŠEK a Lina M. QUESADA-OCAMPO, 2021. The hop downy mildew pathogen *Pseudoperonospora humuli*. *Molecular Plant Pathology* [online]. 22(7), 755-768 [cit. 2023-01-30]. ISSN 1464-6722. Dostupné z: doi:10.1111/mpp.13063

RYBÁČEK, Václav, ed., 1991. Hop production. Praha: státní zemědělské nakladatelství. Developments in crop science. ISBN 0-444-98770-3.

RYBÁČEK, Václav, 1980. Chmelařství. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).

RYBKA, A., P. HEŘMÁNEK, I. HONZÍK, B. JOŠT, J. PODSEDNÍK a L. VENT, 2014. The effect of work of inclined belt conveyors on the quality of hop separation in hop picking line. *Plant Soil Environ.* 60(4), 184-190. Dostupné z: doi:10.17221/69/2014-PSE

RYBKA, Adolf, Karel KROFTA, Petr HEŘMÁNEK, Ivo HONZÍK a Jaroslav POKORNÝ, 2018. Effect of drying temperature on the content and composition of hop oils. *Plant Soil Environ.* 64(10), 512-516. Dostupné z: doi:10.17221/482/2018-PSE

SEIDLOVÁ, Jana, Pavel PROCHÁZKA a Jitka KUMHÁLOVÁ, 2022. SPECTRAL INDICES AS A TOOL FOR HOP GROWTH EVALUATION. In: 8 th TAE 2022 [online]. Praha [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://2022.tae-conference.cz/proceeding/TAE2022-57-Jana-SEIDLOVA.pdf>

SOBOTIK, Monika, Tobias GRAF, Margarita HIMMELBAUER, Gernot BODNER, Andreas BOHNER a Willibald LOISKANDL, 2018. In-situ Beschreibung des Wurzelsystems von Hopfen und Mais über Freilegung am Bodenprofil. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment* [online]. 69(2), 121-130 [cit. 2021-04-14]. ISSN 0006-5471. Dostupné z: doi:10.2478/boku-2018-0011

STARÝ, K., Z. JELÍNEK, J. KUMHÁLOVÁ, J. CHYBA a K. BALÁŽOVÁ, 2020. Comparing RGB - based vegetation indices from UAV imageries to estimate hops canopy area. *Agronomy Research.* 18(4), 2592-2601. Dostupné z: doi:10.15159/AR.20.169

ŠRÉDL, Karel, Marie PRÁŠILOVÁ, Roman SVOBODA a Lucie SEVEROVÁ, 2020. Hop production in the Czech Republic and its international aspects. *Heliyon* [online]. 6(7) [cit. 2021-03-22]. ISSN 24058440. Dostupné z: doi:10.1016/j.heliyon.2020.e04371

ŠTRANC, Přemysl, 2008. Zpracování půdy ve chmelnicích. 1. Praha [i.e. České Budějovice]: Kurent. ISBN 978-80-87111-11-6.

ŠTRANC, Přemysl, Jaroslav ŠTRANC, Jaroslav JURČÁK, Daniel ŠTRANC a Bohumil PÁZLER, 2007. Výsadba chmele. Praha: Pro katedru rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze vydalo vydavatelství Kurent. ISBN 978-80-87111-02-4.

TEGHTMEYER, Suzi, 2018. Hops. *Journal of Agricultural & Food Information* [online]. 19(1), 9-20 [cit. 2023-01-19]. ISSN 1049-6505. Dostupné z: doi:10.1080/10496505.2018.1403248

TUCKER, Compton J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment* [online]. 8(2), 127-150 [cit. 2023-03-26]. ISSN 00344257. Dostupné z: doi:10.1016/0034-4257(79)90013-0

VENT, Lubomír, 1963. Chmelařství: organizace a technologie velkovýroby. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).

VENZON, Madelaine, Pedro H.B. TOGNI, André L. PEREZ a Juliana M. OLIVEIRA, 2020. Control of two-spotted spider mites with neem-based products on a leafy vegetable. *Crop Protection* [online]. 128 [cit. 2021-04-04]. ISSN 02612194. Dostupné z: doi:10.1016/j.cropro.2019.105006

