

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Vliv vyrovnanosti porostu chmele na produkční parametry

Bakalářská práce

Jan Gregor

Pěstování rostlin (ATZR)

Vedoucí práce Ing. Pavel Procházka, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 2. 5. 2021

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 dat pro tuto práci. V neposlední řadě chci poděkovat celé mé rodině za trpělivost a podporu během celého studia.

Vliv vyrovnanosti porostu chmele na produkční parametry

Souhrn

Cílem této bakalářské práce bylo jednak zhodnotit vyrovnanost, resp. mezerovitost porostu. Za tímto účelem bylo provedeno standartní vegetační pozorování, při němž byly zhodnoceny a následně zaznamenány počty jednotlivých kategorií rostlin. Pokus probíhal v pěstitelském roce 2020 v lokalitě Kněževy u Rakovníka na odrůdě Premiant. Byla sledována především mezerovitost porostu, tedy množství chybějících rostlin, dále množství plně dorostlých štoků a také počet štoků pouze s jednou révou.

Jako další sledovaný parametr byl zvolen výnos suchého chmele pro jednotlivé varianty pokusu. V tomto ohledu se jasně prokázalo, že porost s nejnižším počtem chybějících rostlin a zároveň i největším počtem normálně dorostlých štoků dosahoval nejvyššího výnosu.

Cílem této práce bylo také srovnání, zda je možné pomocí normalizovaného diferenčního vegetačního indexu (NDVI) odhadnout produkční schopnost chmelnice. K tomuto účelu bylo využito bezpilotního prostředku se snímacím zařízením. Vzhledem k vybavenosti bezpilotního prostředku byl stanoven nejen NDVI, ale i další vegetační indexy, jako GREEN NDVI, Red edge chlorophyll index ($CI_{red\ edge}$) a také Triangular Greenness Index (TGI) pomocí něhož byla následně i vypočtena plocha, kterou zabírají zelené rostliny jednotlivých variant.

Z vypočtených vegetačních indexů vyplývá, že lepších, tedy vyšších hodnot dosahovaly ty varianty pokusů, které vykazovaly nižší množství chybějících rostlin a zároveň i větší množství dorostlých štoků. Projevila se tedy souvislost mezi výsledky vegetačního pozorování a hodnotami vegetačních indexů, což pak mělo pozitivní efekt na výsledný výnos suchého chmele.

Klíčová slova: chmel, produkční parametry, kvantifikace porostu

Influence of hop stand balanced on production parameters

Summary

The aim of this bachelor thesis was to evaluate the balance, respectively the vegetation interstitiality. For this purpose, a standard vegetation observation was performed, during which the numbers of individual plant categories were evaluated and subsequently recorded. The experiment took place in the growing year 2020 in the location of Kněževy u Rakovníka on the Premiant variety. The subject of monitoring was the interstitiality of the stand, ie the number of missing plants, as well as the number of normally grown stalks and also the number of stalks with only one vine.

Another monitored parameter was the yield of dry hops for individual variants of the experiment. In this respect, it was clearly shown that the stand with the lowest number of missing plants and at the same time the largest number of normally grown stalks achieved the highest yield.

The aim of this work was also to find out whether it is possible to estimate the production capacity of hop gardens using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). An unmanned aerial vehicle with a scanning device was used for this purpose. Owing to the equipment of the unmanned aerial vehicle, not only NDVI was determined, but also other vegetation indices, such as GREEN NDVI, Red edge chlorophyll index ($CI_{red\ edge}$) and also Triangular Greenness Index (TGI), which was then used to calculate the area occupied by green plants of individual variants.

The calculated vegetation indices show that better, ie higher values were achieved by those variants of experiments which showed a lower number of missing plants and at the same time a larger number of grown stalks. The relationship between the results of vegetation observation and the values of vegetation indices was manifested, which then had a positive effect on the resulting yield of dry hops.

Keywords: hops, production parameters, stand quantification

Obsah

1 Úvod	9
2 Cíl práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Současnost pěstování chmele v ČR	11
3.1.1 Pěstitelské oblasti v České republice	11
3.1.1.1 Žatecká oblast	11
3.1.1.2 Úštěcká oblast	12
3.1.1.3 Tršická oblast	12
3.2 Biologická stavba chmelové rostliny	13
3.2.1 Stavba a funkce podzemní části	13
3.2.1.1 Soustava podzemních lodyžních orgánů	13
3.2.1.2 Kořenová soustava	14
3.2.2 Soustava nadzemních orgánů	15
3.2.2.1 Soustava nadzemních vegetativních orgánů	15
3.2.2.2 Soustava generativních orgánů	16
3.3 Odrůdy chmele	16
3.3.1 Žatecký poloraný červeňák	16
3.3.2 Sládek	17
3.3.3 Premiant	17
3.3.4 Agnus	18
3.3.5 Saaz Late	18
3.3.6 Kazbek	19
3.4 Zakládání nových porostů	19
3.4.1 Příprava pozemku před výsadbou	19
3.4.2 Spon výsadby	20
3.4.3 Typy chmelové sadby	20
3.4.3.1 Chmelová sáď	20
3.4.3.2 Klasický prostokořenný kořenáč	21
3.4.3.3 Obalený kořenáč	21
3.4.4 Výsadba chmelových rostlin	21
3.4.4.1 Termín výsadby	21
3.4.4.2 Vlastní výsadba	22
3.4.5 Ošetřování porostů v prvním roce	22
3.5 Ošetřování produkčních porostů	23
3.5.1 Jarní agrotechnické zásahy v produkčních porostech	23

3.5.1.1	Příprava pozemku pro řez	23
3.5.1.2	Řez chmele	24
3.5.1.3	Zavěšování chmelovodičů.....	25
3.5.1.4	Zavádění rév	25
3.5.2	Letní kultivace	25
3.5.2.1	Přiorávka	25
3.5.2.2	Plečkování	26
3.5.3	Ochrana chmele	26
3.5.3.1	Choroby chmele	26
3.5.3.2	Škůdci chmele	27
3.5.4	Sklizeň chmele	29
3.5.4.1	Česání.....	29
3.5.4.2	Sušení chmele.....	29
3.5.4.3	Klimatizace chmele	30
3.5.4.4	Lisování a balení chmele.....	31
3.5.5	Podzimní práce	31
3.5.5.1	Úklid chmelnice	31
3.5.5.2	Podzimní vláčení.....	31
3.5.5.3	Podzimní orba	31
3.6	Výnosotvorné prvky chmele.....	31
3.7	Dálkový monitoring porostů	33
3.7.1	Vegetační indexy	33
3.7.1.1	Normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI)	33
3.7.1.2	Green NDVI (GNDVI).....	34
3.7.1.3	Red edge chlorophyll index ($CI_{red\ edge}$)	34
3.7.1.4	Triangular Greenness Index (TGI).....	34
4	Metodika	36
4.1	Popis pokusného pracoviště	36
5	Výsledky.....	41
5.1	Vegetační pozorování (inventarizace porostu)	41
5.2	Výnos suchého chmele	42
5.3	Normalizovaný diferenční vegetační index	43
5.4	Green NDVI.....	44
5.5	Red edge chlorophyll index ($CI_{red\ edge}$)	45
5.6	Výpočet zelené plochy	46
6	Diskuze.....	47
6.1	Vyrovnanost porostu.....	47

6.2	Srovnání s vegetačními indexy.....	47
7	Závěr.....	49
8	Literatura.....	50

1 Úvod

Pěstování chmele na území České republiky je provozováno již téměř tisíc let. Základem pro dosažení maximálního výnosu, kvalitních hlávek a zároveň i odpovídající tržní kvality pro pivovarnický průmysl, je znalost růstu a morfologie chmelových rostlin. (Rybáček, 1991)

Kvalita českého chmele je tak významná, 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. Jedná se o první chráněné označení týkající se chmele. (Anonym (b), 2007)

Snahou zajistit dostatečnou kvalitu a výnosovou stabilitu chmele, by se měl zabývat každý pěstitel. Jedním z významných faktorů, který může tyto parametry ovlivňovat je nepochybně věková struktura porostů. Optimální dobou pro obměnu porostů je 10 – 12 let. V ČR bylo v roce 2020 v optimálním produkčním věku tj. 5 – 14 let celkem 51,2 % z celkové plochy chmele. (Altová, 2020)

Ve snaze získávat nové poznatky o rostlinách nám bezpochyby mohou pomoci i moderní technologie. Jednou z moderních technologií, které mohou umožnit kontrolu a hodnocení porostu je dálkový průzkum. Dálkový průzkum je nedestruktivní metoda a její využití je vhodným nástrojem pro moderní strategii pěstování rostlin. (Domínguez, 2017)

2 Cíl práce

Cílem práce bude jednak vytvoření kvalitní literární rešerše a jednak zhodnocení vlivu vyrovnanosti (respektive mezerovitosti) porostu chmele na jeho produkční parametry. Dalším cílem práce bude srovnání, zda je možno odhadnout produkční schopnosti chmelnice na základě normalizovaného diferenčního vegetačního indexu.

3 Literární rešerše

3.1 Současnost pěstování chmele v ČR

Chmel je plodinou, která má v České republice dlouhou pěstitelskou tradici. Česká republika je významným světovým producentem aromatického chmele. V žebříčku producentů zaujímá po USA a Německu třetí místo. (Šréd, 2020)

Naše země dosahuje 8,1 % výměry světových ploch určených k produkci chmele. Čtvrté místo na žebříčku producentů pak zaujímá Čína s 3,7 %. Sklizňová plocha dosahuje dle dat ÚKZÚZ zjištěných ke dni 20. 8. 2020 výměry 4966 ha, přičemž je zde patrný mírný meziroční pokles o asi 0,73 %. Dominantní odrůdou je stále Žatecký poloraný červeňák, který zaujímá plochu 4216,1 ha, což představuje zhruba 84,9 % celkové výměry, v rámci hybridních odrůd je pak nejvíce zastoupena odrůda Sládek s plochou 365 ha. (Altová, 2020)

Chmel se v současné době pěstuje ve třech pěstitelských oblastech, a to sice v Žatecké, Ústěcké a Tršické. Největší pěstitelskou oblastí je Žatecká oblast, ta svojí rozlohou 3837 ha, zaujímá 77 % celkové výměry chmele. (Altová, 2020)

3.1.1 Pěstitelské oblasti v České republice

3.1.1.1 Žatecká oblast

Žatecká oblast je typická výraznými výškovými rozdíly a také značnou členitostí. Severní části je oblast formována údolím řeky Ohře, podél níž jsou soustředěny plochy chmelnic. Směrem na jih se zvyšuje nadmořská výška, Chmelnice jsou situovány především v údolích a nižších terasách potoka Hasiny, Kláštereckého a Pochválovského potoka. Větší část plochy chmelnic se nachází na jižní straně oblasti, která je tvořena Rakovnickou plošinou s převládající nadmořskou výškou 300-400 m.n.m. Je formována říčkou Blšankou a je také dosti členitá. (Horejsek, 1990)

Půdní podmínky Žatecké oblasti se rozdělují na dva odlišné celky, severní polovina s centry Žatec a Louny je typická převážně rovinným a bezlesým terénem s dominujícím výskytem černozemí, které se vytvořily na spraších, nebo křídových slínech. Toto je typické pro celky vyskytující se na sever i jih od údolí řeky Ohře. Půdní profily černozemí jsou typické především mocnými humusovými horizonty, jež obsahují vysoké množství kvalitního humusu. Jižní polovina oblasti je typická větší členitostí a zastoupením větších lesních celků. Hnědozemě vyskytující se na vápnatých sprašových hlínách, popř. smíšených substrátech, nebo polygenetických hlínách jsou soustředěny do vlhčích oblastí Rakovnicka ve výškách do 500 m. n. m. Nejčastěji se zde vyskytují půdy vytvořené na bezkarbonátových substrátech. Agronomicky nejvíce významné jsou zde hnědé půdy vytvořené na zvětralinách permokarbonských hornin (permské červenky), v nejj jižnější části této oblasti jsou tyto půdy vystřídány půdami vzniklými na algonkických břidlicích. Mezi nejrozšířenější typy půdy se zde řadí hnědé půdy. Nejdůležitější význam zde pro zemědělskou produkci mají půdy vytvořené na zvětralinách permokarbonských hornin. Vyskytují se zejména v teplém a mírně suchém regionu Džbánské vrchoviny s podhůřím Rakovnické plošiny a také Kryrské pahorkatiny. Pro tyto půdy je typický nízký obsah humusu půdním horizontu, půdní reakce je slabě kyselá, nebo neutrální.

Z dalších půdních forem je důležité zmínit hnědé půdy vzniklé na opukových zvětralinách, pískovcích a šterkopiscích. Velmi kvalitní a vhodné pro pěstování chmele jsou hnědozemě, které se vytvořily na odvápněných sprašových hlínách, případně na sedimentech typu smíšených svahovin. Specifickým je pro tuto část chmelařské oblasti výskyt illimerizovaných a oglejených půd. Pro síť zde poměrně hustě protkaných drobných vodních toků a pro jejich nivy bývají typické často červeně zbarvené náplavy, z nichž se vytvořily nivní půdy s vyšším stupněm zamokření. Tato oblast zahrnuje půdy středního až lehčího zrnitostního rázu, bezskeletovité až středně skeletovité. Infiltrace a propustnost vody půdním profilem dosahuje v Žatecké oblasti středních až vysokých hodnot. (Krofta et al., 2010)

V roce 2020 se v Žatecké chmelařské oblasti, která je tradičně největší chmelařskou oblastí v České republice, pěstoval chmel na ploše 3837 ha. (Altová, 2020)

3.1.1.2 Úštěcká oblast

Úštěcko je typické nižší nadmořskou výškou než-li Žatecko, oblast je z větší části tvořena především rovinami v okolí řek Labe a Ohře. Jádrem oblasti jsou, na pravém břehu Labe ležící, Polepská blata. Směrem k severu stoupá nadmořská výška oblasti a zároveň přechází do Českého středohoří. Na jihu oblast zasahuje až po Kralupy do údolí řeky Vltavy. Na západě oblast končí v Košticích, kde navazuje na Žateckou oblast. (Horejsek, 1990)

Napříč celou oblastí se vyskytují automorfní půdy hnědozemního typu, které jsou místy oglejené. Jen místy se vyskytují černozemní půdy a degradované černozemě. Oblast mezi Úštěkem a Litoměřicemi je tvořena půdami, jež vznikly na křídových slínech a slinitých jílech, tyto půdy mají dobrý obsah živin a jsou pro vodu málo propustné. Dále je tvořena půdami lužního typu a jejich spodní vrstvy jsou často ovlivňovány vyšší hladinou spodní vody, ta v některých místech dosahuje pod 1 metr. Přirozená úrodnost těchto půd je příznivě ovlivňována vodními poměry a dobrým obsahem humusu. Rendziny, jež vznikly na vápencových horninách a slínech, jsou typické pro okolí Roudnice. V okolí Litoměřic se vyskytují půdy drnového typu na vátých píscích. (Horejsek, 1990)

Půdy v této oblasti se vyznačují převážně vysokou schopností infiltrace vody a dobrou propustností půdního profilu. Úštěcká oblast se vyznačuje půdami zrnitostně lehkými až těžkými, lehké půdy jsou typické pro okolí vodních toků, naopak těžké pak v regionech jihozápadně a severovýchodně od Úštěku, jižně od Lovosic a jihozápadně od Mělníka, tyto půdy mají horší hodnoty infiltrace a propustnosti vody, převažují zde půdy bezskeletovité až slabě skeletovité. (Krofta et al., 2010)

V roce 2020 se v Úštěcké chmelařské oblasti pěstoval chmel na ploše 504 ha. (Altová, 2020)

3.1.1.3 Tršická oblast

Tršická chmelařská oblast je svými geologickými půdotvornými podmínkami daleko jednodušší, než je tomu v českých oblastech. S naprostou většinou se zde vyskytují půdotvorné substráty, které jsou vhodné pro pěstování chmele. Většina území je kryta silnými čtvrtohorními sedimenty, jako jsou spraše, sprašové hlíny a aluviální náplavy, z nichž vznikly půdy, které plně vyhovují potřebám chmele. (Krofta et al., 2010)

Automorfní půdy hnědozemního typu a půdy mírně podzolované, většinou jsou to hluboké, středně těžké půdy, které jsou dobře zpracovatelné a činné. Dále se zde vyskytují půdy jílovitohlinité až jílovité, které jsou těžší až těžké, typově se řadí mezi hnědozemě a černozemě. (Horejsek, 1990)

Úroveň infiltrace a propustnost vody půdním profilem dosahuje v této oblasti středních hodnot. Půdy jsou často bezskeletovité, a dosahují středního zrnitostního rázu. (Krofta et al., 2010)

V roce 2020 zaujímal sklizňová plocha v této oblasti 626 ha. (Altová, 2020)

3.2 Biologická stavba chmelové rostliny

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus L.*) je vytrvalá rostlina, která je schopna setrvat na jednom stanovišti i více než 20 let. Řadí se do řádu kopřivovité (*Urticales*), čeleď konopovité (*Cannabinaceae*). (Zima, 2017)

Chmel je mnohaletou popínavou bylinou, u níž přežívají pouze vyspělé podzemní orgány, všechny nadzemní orgány každoročně odumírají. (Briggs, 2004)

Odumírají zároveň i nevyspělé koncové kořínky, které mají jednoduchou stavbu. Přežívají tedy pouze kořeny s druhotnou stavbou. Klíčem k víceletosti je fakt, že spící podzemní pupeny jsou schopny přetrvávat v životaschopném stavu do stáří čtyř let. Pupeny probuzené, či spící, které jsou starší čtyř let, odumírají a každoročně je nahrazují nově vytvořené spící pupeny. Toto doplňování je zárukou dlouhověkosti chmelových rostlin. (Rybáček, 1991)

V rámci chmelové rostliny se rozlišují čtyři orgánové soustavy, podzemní část se rozlišuje na soustavu kořenovou a soustavu lodyžních orgánů (babku). Nadzemní část se pak dělí na soustavu vegetativních a generativních orgánů. (Horejsek, 1990)

3.2.1 Stavba a funkce podzemní části

Podzemní část v sobě zahrnuje dvě soustavy, které se od sebe liší, nejen svou stavbou, ale i svojí hlavní funkcí. (Rybáček, 1980)

3.2.1.1 Soustava podzemních lodyžních orgánů

Tzv. babka má u chmelové rostliny velmi zásadní postavení, a to především klíčovou funkcí jejích spících pupenů, které jsou základem dlouhověkého života, ale také polohou, která ji řadí mezi kořenovou a nadzemní soustavu. (Rybáček, 1991)

Tato soustava v sobě shrnuje veškeré podzemní orgány, které vznikly modifikací lodyhy (stonku) pod povrchem půdy. Změna funkce a prostředí, ve kterém se vyskytují, vedla ke změně jejich stavby oproti nadzemní části rostliny. Základní morfologické znaky a anatomická stavba mají prakticky shodné rysy, rozdíl je pouze v proporcích a přítomnosti jednotlivých pletiv. (Rybáček, 1980)

Podzemní pupeny rozlišujeme na spící a probuzené, po probuzení spících pupenů z nich pak vznikají veškeré nadzemní i podzemní orgány. (Horejsek, 1990)

Tzv. mladé dřevo v sobě zahrnuje podzemní lodyžní orgány, které však nejsou starší jednoho roku, také se nazývá réví a slouží především k obnově nadzemní lodyhy v následujícím

vegetačním období. Po odříznutí od mateřské rostliny se tyto části mohou využívat k výrobě sádí. (Horejsek, 1990)

U dvou a víceletých rostlin vyrůstají z babky každoročně postranní horizontálně rostoucí oddenky, které se nazývají vlky, jsou to v podstatě přeměněné lodyhy, které se morfologicky dají přirovnat k oddenkům. Mají často menší počet pupenů a menší tloušťku než sádě, jejich životaschopnost je však velmi výrazná. Vyvíjejí se na úkor rezervních látek podzemní části rostliny, právě proto se při řezu chmele odstraňují. V praxi jich bývá často používáno při pěstování tzv. kořenáčů. Z vlků může vzniknout normální nadzemní rostlina, mívá však mohutnější vzrůst než rostlina vyrostlá z pupenů babky, plané či zplanělé formy chmele se pomocí vlků vegetativně rozmnožují. (Vent et al., 1963)

Mají obdobné použití, ale bývají většinou slabší s delšími internodii. Mladé dřevo vyrůstá kolmo na povrch půdy ze starého dřeva a jeho internodia jsou krátká a ztlustlá, nody jsou nahloučené blízko u sebe i s pupeny toto je patrné zejména v bazální části. Podpořit tvorbu mladého dřeva je možné priorávkou. (Horejsek, 1990)

3.2.1.2 Kořenová soustava

Chmel jakožto víceletá rostlina, která každoročně vytvoří značné množství nadzemní hmoty, má úměrně tomu mohutně rozvinutý kořenový systém. Dospělá rostlina vytváří 8 až 12 silně rozvětvených hlavních kořenů, tyto kořeny jsou pak pokryty silnou korovou vrstvou. (Vent, 1963)

Celý kořenový systém a jeho rozložení v půdním profilu je do značné míry ovlivněno způsobem kultivačních prací prováděných ve chmelnici. (Miller, 1958)

Hlavní kulové kořeny rostou až do spodních vrstev půdy, v propustných půdách často dosahují hloubky až 6 m. Tyto kořeny se také větví, čímž vzniká velmi mohutný kořenový systém. (Vent, 1963)

Postranní kořeny, které mohou vyrůstat přímo z babky, mohou řadu let fungovat podobně jako hlavní kořeny, rozvětvují se až na nejjemnější kořínky a ty jsou zakončeny kořenovou špičkou, která průběžně přirůstá. Přijímání vody a živin zajišťuje nasávací zóna, ta se nachází krátce za kořenovou špičkou a vzniká jako vychlípenina pokožkových buněk, ty mají tenké blány a jejich povrch není kryt kutikulou, označujeme je jako kořenové vlásky. (Vent, 1963)

(Sobotik, 2018) zmiňuje, že kořeny chmelových rostlin v zavlažovaných oblastech dosahovali průměrné hloubky 1,3 metru, zatímco v oblastech, kde nebyly chmelové rostliny zavlažovány, byla zaznamenána hloubka kořenů 3,7 m.

V mělké vrstvě půdy se nachází horizontálně rostoucí kořeny, které vyrůstají z podzemní části jednoletých lodyh. Nejdůležitější úkol těchto kořenů je příjem živin a vody především z vrchních vrstev půdy, jejich množství a mohutnost je závislé na klimatu, půdě, termínu a výšce priorávky. Tyto kořeny bývají často označovány jako tzv. letní kořeny. Při řezu a odorávce dochází k odstranění těchto kořenů, proto lze říci, že fungují jen jedno vegetační období. (Vent, 1963)

(Neve, 1991) uvádí, že v systémech pěstování, kde se provádí kultivace meziřadí je vývoj kořenové soustavy v kolmém směru k ose chmelových řádku do značné míry omezen. V systémech bez kultivace je naopak tento prostor prokořeňován bez větších rozdílů.

(Brant, 2020) uvádí, že na základě jejich analýz, byl zjištěn výskyt postranních kořenů nejčastěji ve vzdálenosti 0,5 – 0,6 m od středu chmelového řadu ve hloubce 0 – 0,3 m. Důvodem je zcela zjevně kultivace meziřadí prováděná v období podzimu do hloubky 0,3 – 0,6 m podle konkrétních půdních podmínek. Zároveň bývá během vegetačního období prováděna mělká kultivace meziřadí, za účelem potlačení plevelů, což má za následek omezení růstu laterálních kořenů na prostor chmelového řadu.

Hlavním zásobním orgánem jsou kořenové hlízy, které se vytvářejí na vertikálních kořenových větvích v hloubce 30 až 40 cm, vyznačují se lahvovitým tvarem, jejich značná elasticita jim umožňuje větší přizpůsobení se půdnímu prostředí. Hlavními zásobními látkami jsou nejvíce škrob a cukry. K odumírání kořenových hlíz dochází po vyčerpání zásob, tímto končí jejich hlavní funkce v rámci daného roku. Nové hlízy se později většinou tvoří na mladších vertikálních kořenových větvích. (Rybáček, 1980)

3.2.2 Soustava nadzemních orgánů

3.2.2.1 Soustava nadzemních vegetativních orgánů

Součástí této soustavy jsou listy a stonky, jejichž hlavní funkcí je tvorba organických látek během fotosyntézy, současně se zejména ve stoncích dočasně ukládají tyto látky v zásobních pletivech. (Rybáček, 1980)

Pod povrchem půdy vzniká vrcholový pupen, který je kryt listeny bílé barvy, později fialové. Na povrchu půdy tyto listeny zelenají. V úžlabí těchto listenů jsou již vytvořeny základy listu v podobě hrbolků. (Horejsek, 1990)

Všechna pletiva nadzemních orgánů se postupně diferencují z vegetačního vrcholu, tato pletiva jsou již přizpůsobena k jejich trvalým funkcím. (Vent, 1963)

Postranní pupeny jsou založeny v úžlabí listů a projevují se jako pupeny spící, v každém úžlabí listu se zpravidla vytvářejí tři spící pupeny, pokud se projeví zeslabení nebo potlačení apikální dominance, probudí se po té prostřední pupen, jenž potlačuje oba krajní. V nodu je tím vytvořen základ postranních větví postavených proti sobě, tyto větvičky (pazochy) se později mírně větví. Pokud dojde k poškození prostředního pupene, tak zahájí svůj růst oba krajní pupeny. Z větví a vrcholových pupenů plodných pazochů se dále vytváří květenství, případně tyto pupeny zakrní a odumírají. (Horejsek, 1990)

Základem nadzemní části rostliny je lodyha, ta je pravotočivá a ovíjivá, může dorůst do výšky 8 až 9 m. V rámci lodyhy dochází k prodlužování pouze 3 až 4 vrcholových článků, starší internodia v růstu do délky ustávají. Vrcholová internodia, která rostou, jsou plná i v nódech. Po dokončení růstu daného článku dochází k trhání vnitřního dřevního pletiva a réva se stává dutou. (Horejsek, 1990)

Povrch révy je pokryt pokožkovým pletivem, jehož buňky jsou protáhlé ve směru osy révy a mezi nimi jsou vklíněny průduchy. U červeňáků jsou patrné odstíny červeného zbarvení na révě, toto zbarvení je způsobeno antokyany, které jsou obsaženy v buňkách primární kůry. (Vent, 1963)

Navenek působí réva jako šestihránná a v hranách se seskupují 3 až 4 cévní svazky, tím pádem má lodyha 18 až 24 cévních svazků. Na hranách révy se vytvářejí trichomy, které po jejich vyvržení a ztvrdnutí slouží k přidržování se opory, jejich tvar lze přirovnat k jednostranným či oboustranným háčkům. (Horejsek, 1990)

Pazochy jsou postranní větévky, které vyrůstají z pupenů založených v úžlabí révových listů. Jejich uspořádání, tvar, či délka mohou být důležitým odrůdovým znakem, ovlivňují je však stanovištní poměry i výživa. Nejintenzivnějším obdobím růstu je konec června a začátek července, a to především kvůli faktu, že na pazochách vznikají květenství a hlávky, proto je hustota a množství nasazených pazochů důležitým znakem výnosnosti dané rostliny. (Vent, 1963)

Z uzlin révy a pazochů vyrůstají vstřícně proti sobě listy, podle místa jejich růstu je rozlišujeme na révové a pazochové. Révové listy mají oproti pazochovým hrubší stavbu, jsou větší a starší. Žilnatina vyniká zejména u starších listů, tvoří žebra s háčky, které povrch listů zdrsňují, oboje listy jsou řapíkaté a podle stáří mohou být srdčité, tří až sedmilaločnaté. Na lícové straně jsou listy tmně zelené, na rubu naopak světlejší. (Horejsek, 1990)

Mezi našimi kulturními rostlinami vyniká chmel největší listovou plochou, počet listů činí na konci června asi 450 kusů, v době sklizně se množství pohybuje kolem 600 listů. (Vent, 1963)

3.2.2.2 Soustava generativních orgánů

Chmel jakožto rostlina dvoudomá má rozlišený jedince, kteří jsou výlučně samčího, či samičího pohlaví, velmi výjimečně se vyskytují jedinci obojího pohlaví. (Vent, 1963)

Samčí květenství tvoří značně rozvětvenou latu a průměrná velikost květu je 6-10 mm. Pyl se je schopen větrem šířit na vzdálenost až 20 km. Jelikož je přítomnost pylu nežádoucí, tyto rostliny se odstraňují. (Horejsek, 1990)

Na samičích rostlinách se u báze pazochových internodií tvoří pupeny květonosných větévek, tyto větévky spolu s květními pupeny nazývanými paličky tvoří základ budoucího květenství tzv. osýpky. Květenství je tvořeno vícekrát zalomeným věténkem, z něhož vyrůstá 20 až 60 kvítků. Kvítek je tvořen dvoukarpelovým jednopouzdrým semeníkem, jenž je obepínán poharkovitým okvětím, semeník obsahuje jedno obrácené vajíčko, je bez čnělky a jsou na něm přímo přisedlé dvě nitkovité blizny. (Horejsek, 1990)

Jako plodenství se označuje chmelová hlávka, která vzniká z jehnědovitého květenství, je tvořena stopkou, věténkem, palisty a listeny, dále obsahuje lupulinové žlázy, které jsou naplněny lupulinem. Lupulin je nejcennější součástí chmelové hlávky, vytváří se na všech jejích částech, avšak nejvíce ho obsahují listeny. (Horejsek, 1990)

Samotným plodem chmele je jednosemenná nažka, která se v praxi označuje jako pecka, avšak její přítomnost zhoršuje pivovarskou hodnotu hlávek. (Horejsek, 1990)

3.3 Odrůdy chmele

3.3.1 Žatecký poloraný červeňák

Původ Žateckého poloraného červeňáku se datuje od roku 1952. Tato odrůda byla získána klonovou selekcí prováděnou v původních porostech žatecké a úštěcké oblasti. Odrůda se pěstuje v devíti klonech, a to: Osvaldův klon 31, 72, 114, dále pak Sirem, Lučan, Blato, Zlatan, Podlešák a Blišanka. Registrace jednotlivých klonů probíhala od roku 1952 do roku 1993. Rostlina se vyznačuje středně mohutným vzrůstem a pravidelně válcovitým tvarem,

příčemž barva révy je zeleno-červená, pazochy dosahují krátké až střední délky a jsou nízko nasazené. (Nesvadba, 2013)

Žatecký poloraný červeňák se svou vegetační dobou 122 až 128 dní, řadí mezi středně rané odrůdy, řez se provádí v druhé dekádě dubna, což tuto práci kvalifikuje do závěrečného období řezu. Sklizeň je možné realizovat po delší časové období a s velmi dobrou česatelností hlávek. Výnos této odrůdy se pohybuje od 0,8 do 1,5 t/ha. (Nesvadba, 2013)

Aroma chmelových hlávek se hodnotí jako standard kvality, To znamená, že se jedná o pravou jemnou chmelovou vůni, ve které je bylinný charakter převážen kořeněnou a citronovou složkou. Hustě nasazené hlávky jsou střední až dlouze vejčité, přičemž průměrná hmotnost sta hlávek dosahuje 12-14 g. Žatecký poloraný červeňák je, jakožto jemná aromatická odrůda, vhodný pro druhé a třetí chmelení, lze ho případně využít pro studené chmelení. (Nesvadba, 2013)

Plocha produkčních chmelnic této odrůdy dosahovala v roce 2020 velikosti 4216,1 ha. (Altová, 2020)

3.3.2 Sládek

Odrůda Sládek byla vyšlechtěna selekcí z hybridního potomstva, v jehož základech jsou odrůdy Northern brewer a Žatecký poloraný červeňák. Poprvé byl registrován v roce 1987 jako VÚCH 71 a jakožto odrůda Sládek byl registrován v roce 1994. Tvar rostliny je válcovitý až kyjovitý, se zelenou barvou révy. Pazochy jsou středně až vysoko nasazené a jejich délka je středně dlouhá až dlouhá. (Nesvadba, 2013)

Sládek je pozdní odrůdou, jehož vegetační doba dosahuje 133 až 140 dní, z čehož vyplývá, že řez je časný a provádí se v třetí dekádě března. Z podzemní části rostliny vyrůstá nízký počet výhonu. Rostlina vyniká vysokými nároky na dostatek vody v celém průběhu vegetace. V důsledku hustého nasazení hlávek je jejich česatelnost částečně omezená a jejich nestejněmorné dorůstání může způsobovat zvýšené nároky na sušení. Průměrně dosahuje hmotnost 100 hlávek 13-16 g. Výnos se pohybuje v rozmezí od 1,8 do 2,5 t/ha. Sládek je odrůda s jemnou chmelovou vůní, ve které je dominantní ovocná, kořenitá a citronová složka. V pivovarském použití se Sládek přidává v druhém chmelení a obsah alfa kyselin je 4,5-8 %. (Nesvadba, 2013)

Sklizňová plocha dosáhla v roce 2020 velikosti 365 ha. (Altová, 2020)

3.3.3 Premiant

Původ odrůdy Premiant lze hledat v hybridním potomstvu, získaném křížením inzuchtní linie žateckého poloraného červeňáku a dalšího šlechtitelského materiálu. Odrůda byla registrována v roce 1996 a její název je odvozen od tradičního českého dvanáctistupňového piva "Premium". (Nesvadba, 2013)

Premiant se vyznačuje válcovitým tvarem a mohutným vzrůstem se zelenou barvou révy. Horizontálně rostoucí, středně dlouhé až dlouhé pazochy jsou středně vysoko nasazené. Typickým znakem je tvorba pazochů druhého řádu, ty vyrůstají z úžlabí révových listů a také plodonosného pazochu prvního řádu a dalším znakem jsou k révě nakloněné, tmavě zelené révové listy. (Nesvadba, 2013)

Premiant je polopozdní odrůdou s vegetační dobou 128 až 134 dní a řez je prováděn v první dekádě dubna. Tato odrůda se vyznačuje zvýšenými nároky na hnojení dusíkem a také tolerantnost k nedostatku vody během vegetace. Náchylnost k rozplevení hlávek značí, že sklizeň se musí provádět v době technologické zralosti, a to v kratším časovém období. Česatelnost je dobrá a výnos je v rozmezí od 1,8 do 2,5 t/ha. Tvar hlávek je dlouze vejčitý a průměrná hmotnost 100 hlávek dosahuje 14-18 g. (Nesvadba, 2013)

Příjemné chmelové aroma je typické vyšším podílem ovocné vůně a nižším podílem bylinné vůně. Obsah alfa kyselin se pohybuje v rozmezí 7-10 %. (Nesvadba, 2013)

V roce 2020 se odrůda Premiant pěstovala na ploše 195,6 ha. (Altová, 2020)

3.3.4 Agnus

Odrůda Agnus byla registrována v roce 2001. Jedná se o odrůdu vyšlechtěnou selekcí z hybridního potomstva, jehož původ lze hledat v odrůdách Sládek, Bor, Žatecký poloraný červeňák, Northern brewer, Fuggle a dalším šlechtitelském materiálu. Agnus se geneticky řadí mezi vysokoobsažné odrůdy, jejichž původ lze hledat v Brewers goldu. (Nesvadba, 2013)

Vyznačuje se pravidelným válcovitým tvarem a středně mohutným vzrůstem, réva je zelenočervené až červené barvy se silou 9-13 mm, středně vysoko nasazené pazochy jsou středně dlouhé až dlouhé. Jedná se o polopozdní odrůdu, jejíž vegetační doba trvá 132-138 dnů. Řez je prováděn v první dekádě dubna a je tedy pozdní. Odrůda je typická zvýšenými nároky na hnojení dusíkem a také na dostatek vody během celé vegetace. Mechanizovanou sklizeň je možné provádět s velmi dobrými výsledky, a to i během delšího časového období, přičemž výnos je přibližně 1,5-2 t/ha. Typickým znakem Agnusu je jeho vysoká těžkost, hmotnost 100 hlávek je průměrně 18,5-24 g. (Nesvadba, 2013)

Hlávky se vyznačují velmi intenzivním chmelovým až kořenitým aroma, s vyšším podílem citronové a velmi nízkým podílem bylinné vůně. Agnus je, jakožto hořká odrůda, vhodný pro první a druhé chmelení, přičemž obsah alfa kyselin je přibližně 9-12 %. (Nesvadba, 2013)

Odrůda Agnus byla v roce 2020 pěstována na celkové výměře 52,8 ha. (Altová, 2020)

3.3.5 Saaz Late

Saaz Late je geneticky řazena mezi aromatické odrůdy a největší podobnost vykazuje s německou odrůdou Spalter Select, byla registrovaná v roce 2010 a její původ lze hledat ve šlechtitelském materiálu s původem v Žateckém poloraném červeňáku. Rostlina je typická svým velmi mohutným vzrůstem a nepravidelným válcovitým tvarem. Réva dosahuje síly 12-15 mm a je fialové barvy. Vzhledem k velmi mohutnému vzrůstu je odrůda velice citlivá na zastínění a je proto dobré ji vysazovat do větších sponů. Polopřevísle postavení pazochů a husté nasazení hlávek značí náchylnost k jejich vylamování. (Nesvadba, 2013)

Saaz Late je polopozdní odrůdou, jejíž vegetační doba trvá 128-135 dnů. Vhodným obdobím pro řez je první dekáda dubna. Vzhledem k hustému nasazení hlávek je částečně omezena jejich česatelnost, avšak sklizeň lze provádět po delší časové období. Výnos bývá zpravidla 2-2,6 t/ha a hmotnost 100 hlávek se pohybuje kolem 10-13,5 g. Tato odrůda je vhodná pro druhé a třetí chmelení, přičemž aroma je jemně chmelové s převažující kořeněnou a citronovou složkou. Obsah alfa kyselin je 3,5-6 %. (Nesvadba, 2013)

V roce 2020 dosáhla sklizňová plocha velikosti 44,1 ha. (Altová, 2020)

3.3.6 Kazbek

Kazbek je odrůdou registrovanou v roce 2008 a její kořeny lze hledat v ruském planém chmelu, typickými vlastnostmi jsou robustnost a stabilita. Kazbek se řadí mezi vysokoobsažné odrůdy, přičemž největší podobnost vykazuje s anglickou odrůdou Brewers Gold. (Nesvadba, 2013)

Jedná se o robustní odrůdu mohutného vzrůstu, s válcovitým až kyjovitým tvarem. Červenozelená réva dosahuje průměru 12 až 15 mm a vyrůstají na ní velmi dlouhé plodonosné pazochy, které jsou nízko až středně vysoko nasazené. Kazbek je pozdní odrůda jejíž vegetační doba trvá 134-141 dní a řez je vhodné provádět časně, tedy ve třetí dekádě března. Ke sklizni lze přistoupit v delším časovém horizontu, přičemž mechanizovaná sklizeň vykazuje dobrou česatelnost. Výnos se pohybuje v rozmezí 2,1 až 3 t/ha a hmotnost 100 hlávek je většinou 13-16,5 g. Výrazným specifikem je aroma, které se vyznačuje intenzivní citronovou vůní, výrazně se lišící od vůně chmelové. Její využití je zpravidla pro druhé, případně pro studené chmelení. (Nesvadba, 2013)

Kazbek se v roce 2020 pěstoval na celkové výměře 26,4 ha. (Altová, 2020)

3.4 Zakládání nových porostů

3.4.1 Příprava pozemku před výsadbou

Pokud zakládáme porost chmele na novém stanovišti, je základním a velice důležitým předpokladem pro kvalitní kulturu, samotná volba vhodného pozemku. Na nově vytipovaných lokalitách je vhodné využít půdních sond ke zjištění půdních podmínek, doporučuje se hustota asi 1 sonda na 1 ha. Podle těchto výsledků pak volíme vhodný způsob zpracování půdy, a to především hloubku samotného zpracování. Vhodná je hluboká orba do hloubky 30 - 40 cm, případně rigolovací orba do hloubky 50 - 60 cm. Samotný pozemek bývá pro výsadbu připravován již biologicky, a to především využitím vhodného osevního postupu, který tak přispívá ke zlepšení půdních vlastností. Tento osevní postup by měl trvat minimálně pět let. Před samotnou výsadbou je velmi důležité, aby byl pozemek důkladně odplevelen, a to zvláště pak zbaven pýru plazivého, jelikož ten je hostitelem škůdce šedavky luční. (Kopecký, 2008b)

Při obnově porostu je vhodné provádět výsadbu nového porostu minimálně dva roky po likvidaci starého porostu. Likvidovat starý porost lze dvěma cestami, a to kultivačními cestami, nebo kombinací herbicidů a kultivačních metod. Pokud se rozhodneme využít k likvidaci pouze kultivační metody, pak tyto spočívají ve vyorání podzemních částí rostlin a následném vytažení ze chmelnice pomocí rydel, či kultivátoru. V případě, že volíme použití herbicidů, pak nejčastěji využijeme systémových přípravků na bázi glyphosatu. Po uplynutí doby až 4 až 6 týdnů je doporučeno pozemek pohnojit a střední hloubkou orby zorat. Před vlastní výsadbou je pak nutné provést provrchovou desinfekci půdy, nejčastěji dusíkatým vápnem tak, aby se zamezilo rozvoji houbových chorob, především fuzárií. Doporučená dávka je 200-300 kg/ha. (Kopecký, 2008b)

3.4.2 Spon výsadby

Jako spon se označuje rozmístění rostlin na pozemku, tedy plocha, která připadá na jednu rostlinu. Vyjadřuje se jako vzdálenost rostlin v řádku a zároveň i vzdálenost řádků mezi sebou. Nejvhodnějším sponem pro chmel je čtvercový, při němž na má každá rostlina vyčleněn vlastně kruhový prostor, který pozitivně působí na její rozvoj, mikroklima porostu a zároveň i rovnoměrnější ozáření jednotlivých rostlin. (Štranc, 2007)

Zhruba od poloviny 19. století byl u nás chmel vysazován ve sponech 90-125 cm x 90-140 cm. Konkrétní vzdálenosti odrážely vlastnosti půdy, podmínky výroby, odrůdu, místní zvyklosti a také zkušenosti konkrétních pěstitelů. V souvislosti s větším využitím potahů, lepšího nářadí a také větším používáním průmyslových hnojiv, došlo ke zvětšení sponů tak, že před II. světovou válkou se u nás povětšinou pěstoval chmel ve vzdálenostech jednotlivých rostlin 130-140 cm a na jeden chmelovodič se zavedly dvě révy. Po skončení II. světové války bylo již možné daleko více využívat potah, ale i malotraktory, proto se většina chmelnic vysazovala ve sponu 150 x 150 cm. Další významné zproduktivnění výroby a zmenšení potřeby lidské práce bylo možné pouze díky využití klasických kolových traktorů. Na konci 50. let 20. století se, díky příznivým výsledkům ve výzkumu, začaly v praxi využívat široké spony. V rovinatějších polohách se využíval spon 260 x 110 cm a ve svažitéjších byl chmel vysazován ve sponu 280 x 100 cm. Kvůli zlepšení průjezdnosti a tím i lepšímu využití mechanizace, byl již v menší míře využíván spon 300 x 100 cm. Po roce 1976 se začal u nás uplatňovat tzv. jednotný spon 300 x 100 cm, přičemž někteří pěstitelé v praxi stále využívají spon 280 x 100 cm. (Štranc, 2007)

Díky výsledkům z praxe bylo zjištěno, že pro výsadbu klasického (neozdraveného) Žateckého poloraného červeňáku, v méně produktivních oblastech, je vzdálenost rostlin v řádku 100 cm zcela vyhovující, naopak v produktivnějších oblastech, zvláště pak při výsadbě ozdraveného Žateckého poloraného červeňáku a také nových hybridních odrůd, typických mohutnějším vzrůstem, se velmi osvědčilo prodloužit vzdálenost rostlin v řádku na 110-130 cm, případně i na 140 cm. (Štranc, 2007)

V souvislosti s novými hybridními odrůdami (Kopecký, 2008b) uvádí, že je dobré vysazovat tyto odrůdy ve sponech 300 x 114 cm, to odpovídá počtu 7 rostlin ve sloupovém poli, nebo využít pro výsadbu spon 300 x 133 cm, tomu odpovídá počet 6 rostlin ve sloupovém poli. Tyto spony pak pozitivně působí na výnos a kvalitu, a zároveň dochází i ke zlepšení světelných podmínek v porostu. Upozorňuje ale na fakt, že k dosažení očekávaného výnosu je nutné dodržet počet plodích rév v rozmezí 14 500 až 15 000 rév na 1 hektar. Tohoto počtu dosáhneme zavedením 5-ti až 6-ti výhonů z jedné rostliny.

3.4.3 Typy chmelové sadby

Pro výsadbu chmele, ať už při výsadbě nových ploch, nebo při dosadbě stávajících porostů, využíváme tři základní typy sadby. (Štranc, 2007)

3.4.3.1 Chmelová sád'

Jako sád' označujeme dřevnatělou část rostliny, tzv. mladé dřevo, které každoročně vyrůstá z vytrvalé podzemní části rostliny. Získává se při jarním řezu z tzv. matečných

chmelnic, které předtím prošly uznávacím řízením v rámci ÚKZUZ. V současné době jsou sádky využívány především jako sadbový materiál do kořenáčových školek, méně často při dosadbě v produkčních chmelnicích, a jen velmi zřídka jako sadbový materiál pro výsadbu nových ploch. (Štranc, 2007)

3.4.3.2 Klasický prostokořenný kořenáč

Jak už název napovídá, jedná se o prostokořennou sazenici chmele, která je vegetativního původu. Kořenáče jsou jednoleté rostliny vypěstované typicky v kořenáčové školce ze sádí, případně řízků. Tento materiál byl získán z uznaných matečných porostů. Z půdy se tyto sazenice vybírají mechanicky, dále se upravují, a do půdy se sází jako prostokořenná sadba. (Štranc, 2007)

Takovýto kořenáč má pochopitelně vyšší hmotnost než balíčková sadba, má také mohutnější kořenový systém a celkově větší množství mladého dřeva. Větší biologická hodnota se projevuje lepší vzcháživostí a dosažením úrody již v prvním vegetačním roce po výsadbě. (Kopecký, 2008b)

3.4.3.3 Obalený kořenáč

Jak už z názvu vyplývá, jedná se o kontejnerovanou, tedy krytokořennou sadbu, na rozdíl od prostokořenných kořenáčů se tento druh sadby dodává v různých velikých pěstebních obalech, naplněných substrátem. Tyto obaly je nutno před vlastní výsadbou odstranit. Nejčastěji se pro založení využívají zakořenělé zelené řízky, méně častěji pak sádky. (Štranc, 2007)

Balíčková sadba má oproti prostokořenným kořenáčům menší hmotnost a také menší podíl mladého dřeva a skeletových kořenů, její hlavní výhodou je možnost delšího skladování před vlastní výsadbou, umožňuje nám tedy vysazovat nové porosty v pozdějších termínech. Velmi vhodné je využívat tento typ sadby při vylepšování, tedy při dosadbě během vegetace. (Kopecký, 2008b)

3.4.4 Výsadba chmelových rostlin

Základní snahou pěstitele je již při samotné výsadbě snaha, vytvořit rostlině již od počátku, co nejpríznivější podmínky k tomu, aby dobře zakořenila a dobře rostla již během prvního roku vegetace. (Kopecký, 2008b)

3.4.4.1 Termín výsadby

Vlastní výsadbu je možné provádět ve dvou obdobích, na podzim a na jaře, avšak doporučuje se provádět výsadbu především na podzim. (Kopecký, 2008b)

Výsadba se provádí do již vystavěné chmelové konstrukce, a to především z důvodu přesného rozměření jednotlivých rostlin. (Štranc, 2007)

Výhoda podzimního termínu výsadby spočívá především ve vhodnějším vodním režimu půdy, přičemž rostliny mohou již na jaře zachytit zásoby půdní vláhy ke kvalitnímu růstu. Podzimní výsadba také vykazuje větší množství vzešlých rostlin, a zároveň rostliny vysazené na podzim vykazují větší vzrůst a také mohutněji vyvinutý kořenový systém. (Kopecký, 2008b)

Výsadba se zpravidla provádí v době od poloviny října do konce listopadu, pokud to podmínky dovolí je možné provádět výsadbu až do zámrazu půdy. (Štranc, 2007)

Jarní výsadba je pouze krajním řešením a je nutno ji provést co nejdříve na jaře, hned jak to podmínky dovolí. Je bezpodmínečně nutné výsadbu dokončit do doby, než začnou rostliny tvořit dlouhé výhony, jež by se při výsadbě ulamovaly. (Kopecký, 2008b)

3.4.4.2 Vlastní výsadba

Samotnou výsadbu lze provádět zpravidla třemi způsoby. Prvním je výsadba do předem připravených jamek, druhou možností je výsadba do předem připravených brázd, a třetí možností je kombinace obou způsobů ve smyslu výsadby do brázd ve vnitřních řadách a do jamek ve sloupových řadách. Jamky i brázdy vytváříme zpravidla do hloubky alespoň 40 cm, průměr jamek by měl být 25 cm, brázdy by pak měly mít šířku 45 cm. Brázdy i jamky se snažíme tvořit, co nejtěsněji před vlastní výsadbou, zamezíme tím jejich zbytečnému vysychání. Vhodné je vyplnit je kvalitním substrátem, nebo dobře proleženým kompostem, při zahrnování kořenáčů potom využijeme směs substrátu a místní zeminy. Při výsadbě je zcela nutné dodržet hloubku vysazených rostlin a rozteč jednotlivých řadů a to z důvodu provádění následujících mechanizačních operací. Vlastní kořenáče vysazujeme tak, aby horní hrana kořenáče byla zhruba 15 cm pod úrovní okolního pozemku. Jamku ponecháme částečně nezahrnutou, zpravidla asi 5 cm pod úrovní roviny pozemku. Při výsadbě do brázd se snažíme brázdy nezahrnout zcela a opět ponechat menší prohlubeň. Její vytvoření má za následek lepší vsakování zimní vláhy, případně nám to umožňuje lépe provádět ruční zálivku. Tyto prohlubně během vegetace postupně zahrneme pomocí kultivačních prací, zároveň tím dojde i k zaklopení plevelů, které mohou růst v řadách mezi vysazenými rostlinami. (Kopecký, 2008b)

3.4.5 Ošetřování porostů v prvním roce

V jarním období, by mělo být hlavní snahou pěstitele udržovat chmelnici v nezapleveleném stavu, jelikož plevel se v porostech snadno šíří. Při likvidaci plevelů by měl pěstitel preferovat spíše kultivační metody, tedy především různé formy kypření, je zde však možnost využít i herbicidní ochranu. (Rybáček, 1991)

Vzcházející rostliny se zavádějí na zavěšené chmelovodiče. V příhodných podmínkách zavěšujeme ke každé rostlině dva chmelovodiče, přičemž na každý je možno zavést 2 až 3 výhony, dále je možné využít i způsob zavěšování jednoho chmelovodiče na rostlinu, pak na něj zavádíme postupně všechny vzešlé výhony, zavádění je nutné opakovat v období za 14 až 21 dní, jelikož rostliny vzcházejí nerovnoměrně, a tak i výhony mohou vyrůst postupně. (Rybáček, 1980)

Další prací je priorávka, tu provádíme po zavádění a je vhodné využívat při ní talířových pluhů, pomocí nich dojde nejen k zaklopení plevelů, ale i k nakypření půdy v meziřadí. Vhodné je také využít v případě nepříznivých klimatických podmínek závlahu, na jaře tím podpoříme vzešlé rostliny a v letním období poskytujeme podporu pro rozvoj rostlin jakožto i pro nasazení chmelových hlávek. (Rybáček, 1991)

V případě dobrého stavu porostu je možné provádět sklizeň běžným způsobem, avšak termín bychom měli volit co nejpozději v době technologické zralosti hlávek. Při sklizni volíme odstřížení rév v co nejvyšším bodě tak, aby měla rostlina možnost ze zbylé části stáhnout živiny

v co největší míře. Pokud je porost horšího vzrůstu, nesklízíme ho a necháme ho vystát, dosáhneme tím stažení živin do podzemní části rostliny. (Kopecký, 2008b)

Dokonalé vystání porostu má pozitivní vliv na sklizeň v dalších letech. (Rybáček, 1980)

Po období sklizně by měl následovat úklid chmelnice, provádíme odstrižení rév a jejich následné vyvláčení z porostu, vláčením dochází k urovnání povrchu chmelnice, omezení výparu a také nám usnadňuje provádění dalších prací. (Kopecký, 2008b)

Zásahy probíhající po úklidu chmelnice jsou již obdobné jako v produkčních porostech (Rybáček, 1980)

Vzhledem k tomu, že jedním ze základních prvků výnosu je množství rostlin na jednotce plochy, je nutné dbát již v prvním roce na dosažení chybějících rostlin. Nové kořenáče dosazujeme do předem vytvořených jamek, a to obdobně jako při výsadbě celého nového porostu, dbáme však na to, aby hloubka dosazených kořenáčů byla stejná jako u okolních rostlin, nebo trochu hlubší, zamezíme tím případnému poškození rostlin při mělkém řezu v následujícím vegetačním období. (Kopecký, 2008b)

3.5 Ošetřování produkčních porostů

3.5.1 Jarní agrotechnické zásahy v produkčních porostech

Jarní práce je vhodné zahájit tehdy, když to půdní podmínky dovolí. (Horejsek, 1990)

Správným pořadím operací lze vytvořit ve chmelnici vhodné biologické předpoklady, které zabezpečují optimální růst a vývoj porostů. (Kopecký, 2008a)

3.5.1.1 Příprava pozemku pro řez

Pokud chceme, aby práce ořezávače byla co nejlépe a nejkvalitněji provedena, je téměř bezpodmínečně nutné správně urovnat povrch chmelnice tak, aby usnadňoval vedení traktoru a vlastní řez. (Kopecký, 2008)

Tato práce slouží nejen k urovnání povrchu, ale také k přerušování kapilární vztlakovosti a zároveň i zavláčení průmyslových hnojiv. Pro vláčení se využívají nesené brány a provádí se dvěma směry, a to podélně a napříč. (Horejsek, 1990)

U hybridních odrůd se výrazně nedoporučuje využívat k urovnání povrchu příčný směr jízdy, doporučuje se úprava povrchu pouze v podélném směru, tedy ve směru chmelových řadů. Na jaře je možné povrch urovnávat pérovým kultivátorem nebo grubberem, pro finální urovnání je vhodné použít tzv. kruhovou bránu o pracovním záběru 2,4 m. Tuto operaci je vhodné provádět minimálně dvakrát až třikrát. Brána musí být dobře seřízena tak, aby se otáčela a tím rozhrnovala zeminu, pokud k tomu nedojde, dochází pouze k hnutí a tato práce neplní svou funkci. Při nedostatečně upraveném povrchu chmelnice dochází ke kolísání hloubky řezu a tím i k mechanickému poškození případně zničení celé podzemní části chmelové rostliny, navíc rozdílná hloubka řezu může způsobit nevyrovnanost porostu, což je pak patrné v průběhu celé vegetace. (Kopecký, 2008a)

3.5.1.2 Řez chmele

Řez chmele je jednou z nejdůležitějších jarních operací, pomocí řezu se odstraní od chmelové babky narostlé mladé dřevo. Do 60. až 70. let 20. století byl řez prováděn ručně, později byl tento způsob nahrazen mechanizovaným řezem, při němž se používá kotouče okružní pily. (Horejsek, 1990)

Řez chmele má za úkol nejen odstranit mladé dřevo, ale zároveň i regulovat dobu rašení, posléze pak dobu zavádění. Zároveň působí i na roční ontogenezi chmele tak, aby důležité fáze růstu přicházely ve správný časový termín s optimálními podmínkami pro co nejlepší výsledky. Kvalitu provedení strojového řezu ovlivňují především správná příprava a urovnání povrchu půdy, dále je neméně důležitým faktorem správná doba načasování řezu, svou roli zde hraje také použitý ořezávač a zároveň i jeho správné a dobře provedené seřízení. Naprosto nezanedbatelným faktorem, který ovlivňuje kvalitu řezu, je i vlastní práce obsluhy traktoru. (Kopecký, 2008a)

Správná doba řezu se určuje podle několika faktorů. Vhodný termín řezu musíme volit podle pěstované odrůdy, a to tak že, nejranější řez provádíme u odrůd s nejdelší vegetační dobou, jako příklad můžeme využít odrůdu Sládek, kdy termín řezu vychází v období mezi 15. a 20. březnem. (Kopecký, 2008a)

Pro Žatecký poloraný červeňák je nejvhodnější dobou řezu období od 5. do 20. dubna. (Ježek, 2015)

Dalším ukazatelem pro stanovení správné doby řezu je také stáří dané chmelnice, u starších chmelnic aplikujeme spíše ranější řez, naopak u mladých posunujeme řez do pozdějšího termínu. Nesmíme také zapomínat na celkový stav porostu v minulém období, u porostu slabšího vzrůstu se provádí ranější řez, tak aby bylo umožněno jeho zesílení, naopak u bujně rostoucího porostu se pozdějším řezem dosáhne částečného zpoždění růstu. Důležitým faktorem jsou také místní podmínky, a to především poloha dané chmelnice a zároveň její půdní druh. Výhřevné polohy na lehčích půdách umožňují využít pozdější datum řezu, ve studených polohách na těžších půdách využijeme naopak ranějšího termínu řezu, čímž umožníme dřívější dobu rašení. Správná funkce a seřízení ořezávače je zcela nezanedbatelnou operací, kterou nelze při řezu podcenit. Tak aby ořezávač dobře fungoval, je důležité ho správně seřídit. Po vlastním připojení stroje se seřizuje podélný sklon stroje, dále zahloubení postranních pracovních orgánů, seřizuje se vlastní hloubka řezu a také množství navrstvené zeminy na již seříznutý řad. (Kopecký, 2008a)

Hloubka řezu se určuje především podle stáří dané chmelnice a také jejich růstových schopností. U mladých, případně prvně řezaných chmelnic se provádí takzvaný nadsazený řez, při němž se ponechávají zhruba 2 až 3 cm nového dřeva nad úroveň temene babky. V následujících letech pak dochází ke srovnání úrovně řezu tak, aby byl vrchol podzemní části přibližně ve stejné rovině. V produkčních letech pak provádíme řez těsně nad temenem babky, přičemž u starších chmelnic s klesající produktivností můžeme hloubku řezu zmenšovat. Zcela zásadní chybou je řezem zasahovat do starého dřeva babky. (Ježek, 2015)

Nastavenou hloubku řezu je nutné během probíhajícího řezu často kontrolovat, seřízení hloubky řezu je pak vhodné provádět na každé chmelnici zvlášť, a to v duchu výše popsanych kritérií. Jak je zřejmé patrné, tak kvalitu provedeného řezu významně ovlivňuje i lidský faktor, tedy práce obsluhy. Pokud je stroj správně seřízen, pak je tímto faktorem ovlivňujícím kvalitu

práce pojezdová rychlost, ta ovlivňuje hladkost provedeného řezu. Za optimální rychlost se považuje hodnota 1,8-2,3 km/hod. Dalším faktorem, který může obsluha stroje ovlivnit, je výměna řezného kotouče, ta se provádí v závislosti na opotřebení. V případě, že nedojde k včasné výměně kotouče, dochází pak k nadměrnému poškození pletiv rostliny. (Kopecký, 2008a)

3.5.1.3 Zavěšování chmelovodičů

V současnosti je nejvíce používanou technologií pro zavěšování chmelovodičů tzv. mechanizované zavěšování z plošin. Jak vyplývá z názvu pro zavěšování se používá hydraulicky ovládaná plošina tažená za traktorem. (Horejsek, 1990)

Podle počtu a hustoty výsadby zavěšujeme množství chmelovodičů tak, aby na každou rostlinu vycházely dva chmelovodiče. Ty se zavěšují na podélné dráty konstrukce chmelnice a do půdy se upevňují tak, aby vytvářely pomyslné V. (Kopecký, 2008a)

3.5.1.4 Zavádění rév

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, 2008a)

Snahou je zvolit nejvhodnější výhony a zavést je na drátek, vybíráme proto výhony rostoucí ideálně ze středu babky, ne kratší než 60 cm a ne delší než 1 m. Zavádí se zpravidla 2 až 3 výhony na jeden chmelovodič, čili z každé babky se zavede 4 až 6 výhonů a další dva se ponechávají jako rezervní, zbytek je nutno odstranit (nejčastěji vytrháním). Po prvním základním zavádění dochází k tzv. druhému opravnému zavádění, to se provádí při délce výhonů asi 150 cm. Hlavní snahou je dotočit zde hlavy, které se odklonily v době po prvním zavedení, dále je vhodné vyměnit poškozené či jinak nevyhovující výhony za rezervní. Poté už se již odstraňují veškeré nepotřebné výhony.

Nejvhodnější dobou pro zavádění bývá zpravidla období od 5. do 15. května, opravné zavádění se pak provádí většinou o týden později. (Horejsek, 1990)

3.5.2 Letní kultivace

3.5.2.1 Přiorávka

Hlavním úkolem přiorávky je navrstvit zeminu k rostoucím rostlinám tak, aby tím byly zahrnuty jednak rašící plevle a také tím podpoříme tvorbu aktivního jednoletého kořání. (Kopecký, 2008a)

Zahrnutím zbytkových částí chmelových rostlin dojde k zastavení jejich růstu a současně s tím, k intenzivnímu podpoření růstu zavedených výhonů. Zároveň se v zahrnuté části tvoří tzv. mladé dřevo, z kterého právě vyrůstá značné množství jednoletých kořínků. Přiorávka se provádí ve dvou fázích, první přiorávka probíhá co nejdříve po opravném zavádění. Šetří se tím půdní vláha a také dochází k likvidaci vzcházejících plevelů v řadách. Správné období pro přiorávku je zpravidla 15.-20. června, doba se však může lišit podle

místních podmínek. 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 plevele, ve smyslu přerušování 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)

3.5.2.2 Plečkování

Plečkování, či jinak řečeno kypření, se provádí již před prvním zaváděním následně pak mezi přiorávkami a posléze dle potřeby. Hlavním úkolem této operace je udržení porostu v bezplevelném stavu, a zároveň provzdušnění povrchové vrstvy půdy. (Horejsek, 1990)

Kultivace také zlepšuje fyzikální vlastnosti půdy. Kypření se také může provádět před závlahou, čímž se zlepší vstřebávání vody. V období kvetení a tvorby hlávek je zcela nutné omezit kultivaci, a to především z důvodu narušení vlásečnicových kořínků, čímž by docházelo k negativnímu ovlivnění tvorby pivovarsky cenných látek. Je-li to nutné, může se kultivace provádět, avšak je bezpodmínečně nutné dodržovat maximální hloubku 50 mm. (Kopecký, 2008a)

3.5.3 Ochrana chmele

3.5.3.1 Choroby chmele

3.5.3.1.1 Peronospora chmelová (*Pseudoperonospora humuli*)

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

Peronospora je choroba vyskytující se výhradně na chmelu, může napadat veškeré rostlinné orgány. Zimní výtrusy, které se vytvářejí v napadených pletivech rostlin se společně s rostlinnými zbytky uvolňují do půdy, kde posléze napadají nově vyrůstající výhonky. Během primární infekce v jarních měsících se choroba projevuje tvorbou tzv. klasových výhonů, ty jsou patrně zkrácenými internodii a nahloučenými listy, často žluté barvy. (Holý, 2017)

Na spodní straně napadených listů se objevují šedé 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)

Nezbytným zákrokem je včasné provedení jarního ošetření porostu. Optimální je provádět ho po řezu na počátku vzcházení. (Holý, 2017)

Vhodným opatřením při ochraně porostů proti peronospoře chmelové je vhodná agrotechnika 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. Účinným prostředkem k ochraně porostů jsou nejen vhodná agrotechnická opatření, ale především pravidelně prováděné fungicidní ošetření od začátku června až do období sklizně. (Ježek, 2015)

3.5.3.1.2 Padlí chmelové (*Sphaerotheca humuli*)

Padlí bývá označováno jako nejstarší houbová choroba chmele. Tuto chorobu řadíme do třídy *Ascomycetes*, řád *Erysiphales*, čeleď *Erysiphaceae* (Procházka, 2021)

Tato choroba je schopna napáchat značné škody na porostu chmele. Způsobuje nejen pokles výnosu, ale i celkové kvality chmelových hlávek. (Henning, 2017)

Jedná se o nejdéle známou houbovou chorobou chmele. Jeho výskyt není na rozdíl od peronospor chmelové závislý na klimatických a povětrnostních podmínkách. (Holý, 2017)

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)

Mezi první příznaky napadení rostlin padlím jsou puchýřky, tvořící se na mladých listech, později porostlé myceliem. Při výskytu na hlávkách v raném stádiu vývoje dochází k zastavení růstu hlávky, v pozdější fázi pak k růstovým deformacím. Rané stádium infekce se vyznačuje tvorbou bílých puchýřků, a to kvůli vyrůstajícím konidiím z mycelia. V další fázi dochází na místě mycelií k růstu plodnic, dochází tedy ke zbarvení napadených hlávek do červena, toto stádium napadení bývá často označováno jako „červená plíseň“. Tvorbu bílého mycelia lze poměrně snadno odstranit použitím vhodného chemického přípravku. 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)

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

S prvními příznaky napadení se setkáváme většinou v červnu, avšak při příznivých podmínkách za suchého a teplého počasí je možné nalézt první symptomy již během května. Prvním příznakem 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)

Při napadení listů se zbarvují do žluta, následně do rezavohněda, případně při silném napadení mohou listy zasychat. Dalším znakem jsou také bílé pavučinky v oblasti napadení. (Holý, 2017)

Napadení raných stádií hlávek způsobuje 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 kvalitativním i kvantitativním ztrátám na výnosu. 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 je závažným škůdcem chmele, který je schopen napáchat značné škody v porostech. Může způsobit nejen ztráty na výnosu, ale i zničení celého porostu. Již lehké zamoření sklizených rostlin pak může snížit jejich kvalitativní i ekonomickou hodnotu. (Barber, 2003)

Nejčastější metodou ochrany rostlin 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*)

Jedná se o nelétavého brouka černé barvy, porostlého šedými šupinkami a chlupy. Přezimující dospělé samice 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. Poškozená místa se stávají 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

Sklizeň chmele probíhá zpravidla v období od 20. srpna v době, kdy chmelové hlávky dosahují optimální technologické zralosti, jsou uzavřené, na stisk pružné a mají správné kvalitativní parametry. Většinou bývá sklizeň prováděna mechanizovaně, a to ve dvou fázích. První fáze sklizně probíhá na chmelnici. Jednotlivé révy jsou pomocí strhávače umístěného na traktoru odštíženy ve výšce kolem 100-130 cm a následně strhnuty a ukládány na chmelové návěsy. (Anonym (a), 2013)

Z neodštížených zbytků rév dochází ke stažení živin do podzemních orgánů, přičemž tato zásoba je na jaře využita pro růst mladých výhonů. (Krottenthaler, Eßlinger, 2009)

Při sklizni je nutné dbát na to, aby doba mezi strhnutím a očesáním byla co nejkratší, jelikož časovou prodlevou může docházet k rozplevení hlávek a tím i k jejich znehodnocení. Ve druhé fázi jsou révy dopraveny ke stacionární česací lince, kde se od rév různými procesy oddělují ocesané hlávky od zbytku révy. Tyto rostlinné zbytky jsou potom odváženy ke kompostování. (Anonym (a), 2013)

První česací linka byla v tehdejší československu zprovozněna v roce 1954, vzhledem k nevyhovujícím výsledkům se přistoupilo k vývoji vlastní sklizňové linky, první byla označena jako ČCH 1, ta byla uvedena do provozu v roce 1959. Tento vývoj však neustal a následovala řada dalších typů česacích linek. (Ježek, 2015)

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 očesání. Nastavení česací stěny umožňuje přizpůsobit sklizeň různým odrudám. Dočesávací zařízení zajistí dočesání zbylých částí révy, pomocí pneumatického čištění pak dochází ke spolehlivému vytrídění, poté následuje mechanické třídící ústrojí. (Ježek, 2015)

V rámci třídícího ústrojí se využívají sestavy za sebou jdoucích šikmých dopravníků, u kterých je možno regulovat sklon. Jelikož chmelové hlávky je možno charakterizovat jako kulovité útvary, na rozdíl od ostatních příměsí, které povětšinou tento charakter nemají. Chmelové hlávky se po dopravníku pohybují směrem dolů, zatímco ostatní nečistoty se pohybují nahoru, tímto jsme schopni velmi efektivně separovat hlávky od ostatních příměsí. (Rybka, 2014)

Vytríděné zbytky révy, včetně vlastních ocesaných rév jsou pomocí řezačky rozřezány a následně je vhodné je kompostovat, po 3-4 letech je možné je využít jako organické hnojivo a navrátit je zpět do chmelnice. (Ježek, 2015)

3.5.4.2 Sušení chmele

Hlavním cílem při sušení chmele je dosáhnout požadované vlhkosti a zároveň zachovat požadovanou kvalitu hlávek. Zároveň je také kladen důraz na celkovou ekonomiku provozu, možnost automatizace a průběžnou kontrolu během procesu sušení. (Kořen, 2008)

S technologií umělého sušení chmele se začalo v Anglii již na konci 19. století. Od této doby nabralo umělé sušení značného rozměru, a to především díky technologickému rozvoji. Při sušení tzv. na vřeténko se vlhkost usušených hlávek pohybuje zpravidla v hodnotách 5-7 %, přičemž samotné vřeténko musí být ze 3/4 až 4/5 suché tak, že se láme. Zbytek vřeténka je

nedosušený a při tření mezi prsty je možné ho rozmáznout. Základní rozdělení sušáren je na sušárny komorové a pásové. (Horejsek, 1990)

Nejběžněji se v praxi při sušení chmele využívá teplota vzduchu asi 55 °C. (Rybka, 2018)

3.5.4.2.1 Komorová sušárna

Tento typ sušárny se řadí mezi periodické, jelikož celkový technologický postup probíhá přerušovaně a periodicky se opakuje. (Horejsek, 1990)

První etapou je plnění komor, kdy je čerstvý zelený chmel většinou ručně vysypán do komor na horní žaluziová pole a následně je hráběmi rozhrnut na celkovou vrstvu asi 25-30 cm. (Horejsek, 1990)

Druhou etapou je pak vlastní sušení, které probíhá pravidelně v intervalu 1,5-2 hod. Chmel je postupně pomocí pohyblivých žaluzií sesypán zhora směrem dolů, přičemž je důležité horní vrstvu pravidelně prohrabávat tak, aby došlo k co nejlepšímu odpaření vlhkosti. (Horejsek, 1990)

Třetí etapa je vyprazdňování komor. To probíhá v okamžiku, kdy je chmel dostatečně vysušen. Vozíky jsou z jednotlivých komor postupně vytahovány a zavěšují se na kolejové dráhy, pomocí nichž jsou dopraveny na místo vysypání, chmel se vysypává na nízké hromady, na nichž pozvolna vychládá, později je možné ho pomocí otvorů v podlaze uskladňovat na nižší patra sušárny. (Horejsek, 1990)

3.5.4.2.2 Pásová sušárna

Nejdůležitějším rozdílem mezi komorovou a pásovou sušárnou je fakt, že pásově sušárny se řadí mezi kontinuální, z čehož plyne, že proces sušení probíhá kontinuálně. Sušárna je horizontálně uzpůsobená a sušený materiál se v ní plynule pohybuje, celý proces pak lze regulovat rychlostí pohybu pásů a také výškou sušené vrstvy chmele. Teplý vzduch je přiváděn do sušárny ze 2/3 pod spodní pás, 1/3 pak pod zbylé dva pásy. Odvod se pak zajišťuje pomocí ventilátoru, přičemž je vzduch z části opětovně využíván při klimatizaci a z části je pak uvolňován do ovzduší. (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 chmele

Klimatizace chmele je jedna z velice důležitých operací probíhajících v závěrečné fázi sklizně. Úkolem klimatizace je zajistit stejnoměrnou vlhkost v celé chmelové hlávce tak, aby při následném lisování nedošlo k jejich rozplevení. (Ježek, 2015)

Pro klimatizování je využíván vzduch odcházející ze sušárny, ten se následně upravuje tak, aby došlo k optimálnímu naklimatizování chmele. Vzduch je vháněn pod dva na sebe navazující drátěné pásy, na nichž se pohybuje chmel, jeho přesypáním dochází k promíchání vrstvy, což napomáhá k vyrovnanému naklimatizování. Jako optimální se označuje vlhkost chmelových hlávek v hodnotách 10-12 %. (Horejsek, 1990)

Délka klimatizování je závislá na několika faktorech, především na vlhkosti chmelových hlávek, stejnoměrném prosušení a výšce vrstvy na pásech. (Ježek, 2015)

3.5.4.4 Lisování a balení chmele

Takto finálně upravený chmel je lisován do hranolů, přičemž následná hmotnost dosahuje 50-60 kg. Každý hranol je následně zvážen a označen, k tomu určeným štítkem. Ten poskytuje pěstiteli ÚKZUZ a obsahuje informace o místě původu, odrůdě a roku sklizně. Pro následnou expedici je dále vypracována průvodní dokumentace tzv. Prohlášení pěstitele, čímž je zajištěná přesná evidence každého hranolu. (Ježek, 2015)

3.5.5 Podzimní práce

3.5.5.1 Úklid chmelnice

Úklid chmelnice probíhá zpravidla koncem září či začátkem října, tato operace spočívá v odstrižení zbylých částí révy, ve výšce přibližně 20-30 cm nad půdním povrchem. Tyto odstrižené části se ručně sbírají a ukládají na vozy, přičemž následně dochází k jejich pálení, poté je možné zbylý drátek prodávat do sběrných surovin. (Horejsek, 1990)

3.5.5.2 Podzimní vláčení

Vláčení se provádí zejména za účelem urovnání terénu, ničení rostoucích plevelů a doklizení chmelnice, tedy vytažení zbylých drátků, případně zbylých ustřižených částí rév. Vláčení se provádí dvakrát, a to podélně a napříč (Horejsek, 1990)

(Rybáček, 1980) uvádí, že je vhodné vláčet chmelnici také dvakrát, avšak nikoliv podélně a napříč, ale na koso. Vláčení může sloužit mimo jiné i k zapravení průmyslových hnojiv aplikovaných před podzimní orbou.

3.5.5.3 Podzimní orba

Podzimní orba je základním agrotechnickým opatřením, prováděným na podzim. Úkolem orby je především zaklopit aplikovaná průmyslová hnojiva, chlěvský hnůj, či vápno, dále zaklopit rostoucí plevely, které se mohou v některých letech bujně rozvíjet. V neposlední řadě je nutné orat tak, aby půda, jenž 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 orbou hlubokým kypřením, a to do hloubky 30 – 40 cm.

Tuto možnost zmiňuje i (Kopecký, 2008a), přičemž ale říká, že je vhodné toto kypření provádět každoročně, avšak následně ho ještě doplnit o klasickou orbou.

3.6 Výnosotvorné prvky chmele

Samičí chmelové rostliny mají vrozenou vlastnost tvořit velké množství květenství a z nich poté plodenství, tedy chmelové hlávky. Pro dobrou jakost chmelových hlávek je třeba dosahovat při hmotnosti 100 hlávek standartní hmotnosti, není tedy vůbec vhodné využívat

kompenzace menšího množství hlávek vyšší hmotností, ale mělo by být snahou každého pěstitelů dosahovat pomocí agrotechnických opatření co nejvyššího počtu hlávek na každé zavedené révě. (Rybáček, 1980)

Předpoklady pro tvorbu maximálního množství hlávek vznikají postupně, jedná se především o počet rostlin na jednotku plochy, dále počet zavedených rév a také průměrný počet plodných pazochů na jedné chmelové révě. (Rybáček, 1980)

Teoreticky lze počet rostlin na jednotku plochy určit, a to pomocí zvoleného sponu výsadby. (Rybáček, 1991)

Jako nejrozšířenější spon výsadby se v České republice využívá spon 300×100 cm, přičemž takovýto spon nám zajišťuje počet 3334 ks chmelových rostlin na 1 ha plochy. (Ciniburk, 2009)

U hybridních odrůd se doporučuje využívat sponu výsadby 300×114 cm, nebo 300×133 cm, vzhledem k mohutnějšímu habitu rostlin zajišťují tyto spony dobré předpoklady pro vyšší výnos, je však bezpodmínečně nutné, snažit se udržet porost bez chybějících rostlin. (Kopecký, 2008b)

Počet zavedených rév se určuje podle množství chmelovodů ve chmelnicové konstrukci. (Rybáček, 1980)

(Kopecký, 2008b) také uvádí, že pro dosažení vyššího výnosu je nutné dosáhnout v rámci chmelnice požadovaného počtu plodících rév, ten se pohybuje v rozmezí 14000 – 15000 ks plodících rév na 1 ha. Takového počtu lze dosáhnout tak, že zavedeme 5 – 6 výhonů z každé rostliny, přičemž zavádíme na 2 chmelovodiče, takže na každý chmelovodič připadají 2 – 3 révy.

Průměrný počet plodných pazochů je ponejvíce ovlivněn celkovou výškou chmelnicové konstrukce. (Rybáček, 1980)

Tyto předpoklady jsou ještě následně doplněny o celkový habitus chmelové rostliny a také mohutnost nadzemní části chmelové rostliny. Pokud bychom hodnotili rostliny, které jsou mohutností i celkovým habitem srovnatelné, pak bychom zjistili, že potenciální počet hlávek je ovlivněn hlavně průměrnou délkou a intenzitou větvení plodných pazochů. Bylo zjištěno, že pokud je délka pazochu větší, pak dochází k menšímu větvení daného pazochu, takže mezi těmito dvěma sledovanými znaky je negativní korelace. Ke vzniku největšího množství potenciálně plodných pupenů dochází při intenzivním větvení středně dlouhých pazochů. Hustotu nasazení hlávek lze hodnotit jako znak intenzity větvení, jako takový je ovlivněn vnitřními i vnějšími faktory. Jako vnitřní faktor lze chápat biologický věk daného pazochu, čím je daný pazoch starší, tím je jeho ochota se větvit a zároveň i nasazení osýpky a posléze hlávek menší. 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 rovněž věnoval vybraným výnosotvorným prvkům, a zjistil, že jedním z důležitých znaků, které mají vliv na výnos, je stáří, tedy věková struktura porostů a zároveň i množství chybějících rostlin, tedy mezerovitost porostu. Počet chybějících rostlin jednoznačně kooperoval se stářím dané chmelnice. Uvádí, že u chmelnic se stářím nad 20 let je mezerovitost nejvyšší, chybí tedy nejvíce rostlin. Dále také uvádí, že jednoznačný vliv na výnos má také počet zavedených a následně do výšky konstrukce dorostlých rév. Zjistil, že

mezi těmito faktory panovala značná disproporce, která vznikla pravděpodobně chybným zaváděním a následně nedostatečně provedeným dotáčením odkloněných vrcholů rév. Píše, že pro dosažení teoretického výnosu $1,55 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ je nutné dosáhnout asi 14 000 dorostlých rév na jednom hektaru, proto doporučuje pro dosažení této hranice zavádět nejlépe 4 – 5 výhonů z jedné chmelové rostliny, a snažit se o to, aby tyto výhony dorostly do výšky konstrukce.

(Kopecký, 1988) se ve svých pokusech také mimo jiné věnoval vlivu různého sponu výsadby třířevového vedení na jednom chmelovodiči z rostliny oproti tradičnímu sponu $300 \times 100 \text{ cm}$ se způsobem zavádění čtyř rév na dva chmelovodiče z jedné rostliny a zjistil, že u třířevového vedení docházelo v průběhu vegetace k většímu množství odkloněných vrcholů, a to především kvůli nestejně intenzitě růstu jednotlivých rév. To mělo za následek nižší množství rév, které dorostly do stropu konstrukce.

3.7 Dálkový monitoring porostů

Dálkového monitorování lze využívat i jako částečné náhrady klasické agrobiologické kontroly, umožňuje nám získat informace o celkovém stavu porostu, jeho zapojení, zaplevelení pozemků, o výživovém stavu rostlin, dále jsme schopni zjišťovat zralost porostů, případně jejich polehnutí, stresové faktory, které porost ovlivňují, atp. (Lukas, 2017)

Dálkový průzkum nám poskytuje možnost získat informace o námi pěstované plodině na základě měření intenzity elektromagnetického záření, které pletivo daného porostu odráží, nebo emituje. Běžně používané optické senzory jsou schopny zachytit i část elektromagnetického spektra za hranou námi viditelných vlnových délek. Pokud vyhodnotíme odrazivost jednotlivých vlnových délek elektromagnetického spektra, jsme na základě toho schopni získat určitý „spektrální podpis“ dané plodiny, ten je značně závislý na vlastnostech a stavu této plodiny. Jelikož víme, že půdní odrazivost je do značné míry odlišná od odrazivosti rostlin, jsme díky tomu schopni rozlišit rostlinou vegetaci od okolního půdního pozadí. (Ahamed, 2011)

Rostliny vykazují velmi specifickou odrazivost jednotlivých pásem elektromagnetického záření, v rámci viditelného spektra je ve velké míře pohlcována část elektromagnetického spektra v červené a modré oblasti, naopak část zeleného spektra je rostlinou do určité míry odrážena, což vysvětluje fakt, že vnímáme rostliny jako zelené. Pokud se podíváme do blízké infračervené části spektra, která je pro nás neviditelná, zjistíme, že zdravé rostliny většinu tohoto záření odrážejí. Zjednodušeně lze tedy říci, že pro hodnocení fotosyntetického aparátu rostlin se hodí viditelná část elektromagnetického záření a pro hodnocení množství biomasy a buněčné struktury je pak vhodná NIR, tedy blízké infračervená část spektra. Spektrální měření, tedy hodnocení odrazivosti, případně pohlcování, je velmi dobře schopné zjistit rozdíly porostu a stresové projevy, většinou však není schopné indikovat přesnou příčinu stresu. Jako vyjádření, tedy kvantifikaci parametrů daného porostu se využívají vegetační indexy. (Lukas, 2017)

3.7.1 Vegetační indexy

3.7.1.1 Normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI)

Tento index je jedním z nejběžnějších vegetačních indexů využívaných pro monitorování vývoje vegetace, a to v lokálním i globálním měřítku. (Choubin, 2019)

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

Zelená vegetace vykazuje vysokou schopnost absorpce v červené oblasti viditelné části barevného spektra a zároveň vysokou odrazivost v infračervené části spektra. Tato vlastnost vede k faktu, že rostliny mohou vykazovat poměrně vysoké hodnoty tohoto indexu, například v porovnání s holou půdou (Myneni, 1995)

NDVI je bezrozměrná veličina a nabývá hodnot v rozsahu $<-1;1>$, přičemž obecně lze říci, že vyšší hodnota indexu, zpravidla od 0,6 a výše ukazuje na zdravou a dobře prospívající vegetaci, naopak nižší hodnoty (0,3 – 0,6) pak mohou signalizovat buď řídkou, nebo poškozenou vegetaci. (Drisya, 2018)

3.7.1.2 Green NDVI (GNDVI)

Hodnota GNDVI se vyvozuje ze vztahu $GNDVI = (NIR-GREEN)/(NIR+GREEN)$, přičemž NIR označuje infračervenou blízkou část elektromagnetického spektra a GREEN pak zelenou oblast viditelné části spektra. (Gitelson, 1996)

Tento index se vyhodnocuje podobným systémem jako NDVI, avšak na rozdíl od něj se v rámci stanovení využívá nikoliv červeného pásma, ale pásma zeleného. Této skutečnosti se využívá v souvislosti s podílem záření, jenž je absorbováno fotosynteticky aktivními částmi rostlin. Proto je na stanovení koncentrace chlorofylu v rostlinách vhodnější využít právě tohoto vegetačního indexu. Lze o něm říci, že je citlivější než-li NDVI. Nabývá hodnot od 0 do 1. (García Cárdenas, 2019)

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

Bylo zjištěno, že oblast red edge (odpovídající rozsahu vlnových délek 0,68 - 0,74 μm) vykazuje vysoké změny v odrazivosti záření, a to zejména kvůli rozdílu absorpce záření pigmenty v červené části spektra a zároveň vysokou odrazivostí v NIR části spektra, čímž se stává red edge oblast vysoce citlivou na obsah chlorofylů v listech dané plodiny a zároveň i na množství dusíku v rostlině. (Li, 2014)

(Nguy-Robertson, 2012) uvádí, že záření v oblasti red edge je v průniku listy daleko úspěšnější, jelikož nedochází k jeho pohlcení chlorofylem na rozdíl od viditelné části spektra, zejména pak v modré a červené části. Lze tedy říci, že citlivost absorbance v souvislosti s obsahem chlorofylu v listech je v oblasti red edge celkově výrazně vyšší. Díky tomu 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)

Tohoto vegetačního indexu se využívá především pro odhad množství chlorofylu v rostlinách, odvozuje se na základě výpočtu plochy trojúhelníku, přičemž tento je stanoven třemi body, které charakterizují spektrální rysy chlorofylu, a to v hodnotách vlnových délek 480 nm, 550 nm a 670 nm. (Hunt, 2013)

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 Popis pokusného pracoviště

Chmelnice, která byla zvolena jako pokusná, je obhospodařována podnikem Družstvo Agrochmel Kněžves. Družstvo hospodaří na výměře 1193 ha, v obcích Kněžves u Rakovníka a Přílepy. Klasická rostlinná výroba je provozována na výměře 1054 ha, přičemž největší plochu zaujímá pšenice ozimá, ta je pěstována na ploše 350 ha. Další plodinou je řepka olejka s výměrou 196 ha, následně vojtěška setá (169 ha), kukuřice na siláž (139 ha), jarní pšenice (57 ha), ozimý ječmen (43 ha), jarní ječmen (38 ha), hrách setý (34 ha), LOS (23 ha), travní porosty (5 ha). Vzhledem k příhodné poloze a tradici pěstování chmele, pěstuje podnik chmel na celkové výměře 139 ha, konkrétně dvě odrůdy Žatecký poloraný červeňák (132,18 ha) a Premiant (6,82 ha), dále provozuje vlastní kořenáčovou školku o výměře 1 ha za účelem produkce chmelové sadby pro vlastní potřebu. Zároveň disponuje družstvo střediskem živočišné výroby, ve kterém je chováno celkem 699 ks převážně holštýnského skotu.

4.1.1 Základní informace o pokusné lokalitě

Pěstitelská oblast: Žatecko

Lokalita: Kněžves u Rakovníka (okres Rakovník)

Geomorfologické území: Rakovnická pahorkatina

Průměrná nadmořská výška: 365.97 m. n. m.

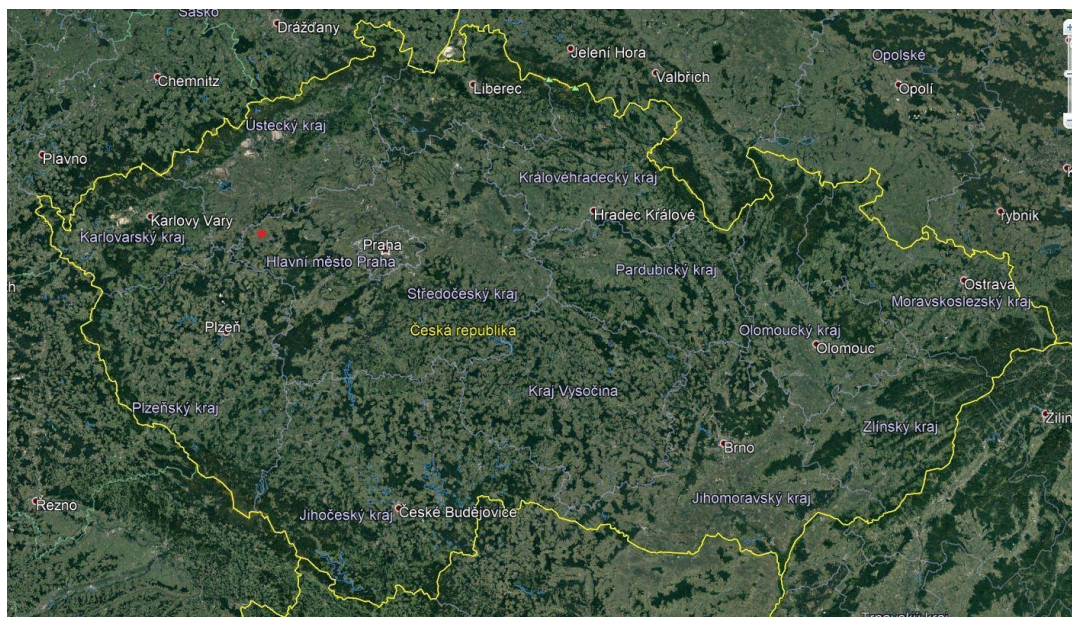
Směr výsadby chmelových řadů: severoseverovýchod × jihojihozápad

Poloha: rovina (sklonitost 0,82°)

Půdní typ: hnědozem

Půdní druh: střední

Klimatický region: mírně teplý, suchý



Obrázek č. 1 Místo pokusu znázorněné na satelitní mapě ČR (Google Earth Pro, 2020)

4.1.2 Základní informace o pokusném porostu

Odrůda: Premiant

Rok výsadby: 2006

Spon výsadby: 280 × 110 cm

Počet variant: 4



Obrázek č. 2 Snímek části jedné z variant pokusu (Autor, 2020)

4.1.3 Agrotechnika pokusného porostu

Tabulka č. 1 Agrotechnická opatření pokusného 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	Profler (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

4.2 Průběh pokusu

4.2.1 Výběr pokusných variant

V rámci pokusu byly ve vybrané chmelnici vytipovány čtyři chmelové řady odpovídající čtyřem variantám. Záměrně byly pro pokus vybrány dva chmelové řady s viditelně větším množstvím chybějících rostlin, tak jak je patrné z obrázku 1. a dále dva řady s viditelně menším počtem chybějících rostlin.

Varianty A – slabší a B – slabší představují chmelové řady s výraznou mezerovitostí, a to i souvislého charakteru, což bylo pravděpodobně zapříčiněno vyšší hladinou podzemní vody, případně zaplavením vodou po delší časové období, způsobené přívalovými srážkami.

Varianty C – plnější a D – plnější představují cíleně vybrané chmelové řady s co nejnižším počtem chybějících rév, tak aby byl patrný rozdíl mezi variantami. Tyto chmelové řady mají rovinný, resp. mírně svažité reliéf, kde na rozdíl od předchozích variant není prostor pro zaplavení řadů přívalovými srážkami.

4.2.2 Vegetační pozorování (inventarizace porostu)

21. 8. 2020 bylo provedeno standardní vegetační pozorování, to odpovídalo fyzické prohlídce 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.

4.2.3 Stanovení výnosu suchého chmele

V rámci pokusu byl také zjišťován i výnos suchého chmele každé z pokusných variant. Sklizeň proběhla 8. 9. 2020, strhávání rév bylo provedeno pomocí traktoru s návěsem a čtyřmi pracovníky, kteří ručně strhávali na návěs jednotlivé chmelové šotky. Po strhání celé varianty byl pak návěs převezen ke stacionární česací lince, kde byly strhané révy očesány standardním způsobem. Očesané hlávky byly odebrány do chmelových žočků a zváženy, následně pak byl přepočtem stanoven výnos suchého chmele na jeden hektar.

4.2.4 Snímkování porostu

Pokusný pozemek byl skenován 1. 7. 2020 kolem 15.00 hod. Snímkování 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).

5 Výsledky

5.1 Vegetační pozorování (inventarizace porostu)

21. 8. 2020 bylo provedeno standardní vegetační pozorování, při němž byly hodnoceny a následně sečteny jednotlivé rostliny v rámci jednotlivých variant. Z tabulky č. 3 je patrné že největšího zastoupení v rámci kategorie „normální štoky“ dosáhly rostliny z varianty C (82,38 %). Zároveň bylo ve variantě C nejméně jednoprutových štoků (6,97 %) a také dosáhla tato varianta nejnižší mezerovitosti (10,66 %).

Naopak nejhorších výsledků dosáhla varianta B, kdy relativní zastoupení normálních štoků dosáhlo hodnoty pouze 53,85 %, avšak v kategorii jednoprutových štoků bylo zastoupeno 8,55 % rostlin, což je druhý nejlepší výsledek, nicméně mezerovitost porostu dosáhla u této varianty opět nejhoršího výsledku, tedy 37,61 % rostlin. U varianty D pak bylo zjištěno nejvyšší množství jednoprutových štoků (14,80 %), ale i nízké množství chybějících rostlin (13,60 %).

Tabulka č. 2 Výsledky inventarizace porostu

varianty	normální štoky (ks)	štoky pouze s jednou révou (ks)	chybějící rostliny (ks)	celkem rostlin (ks)
A – slabší	137	23	35	115
B – slabší	126	20	44	117
C – plnější	201	17	13	122
D – plnější	179	37	17	125

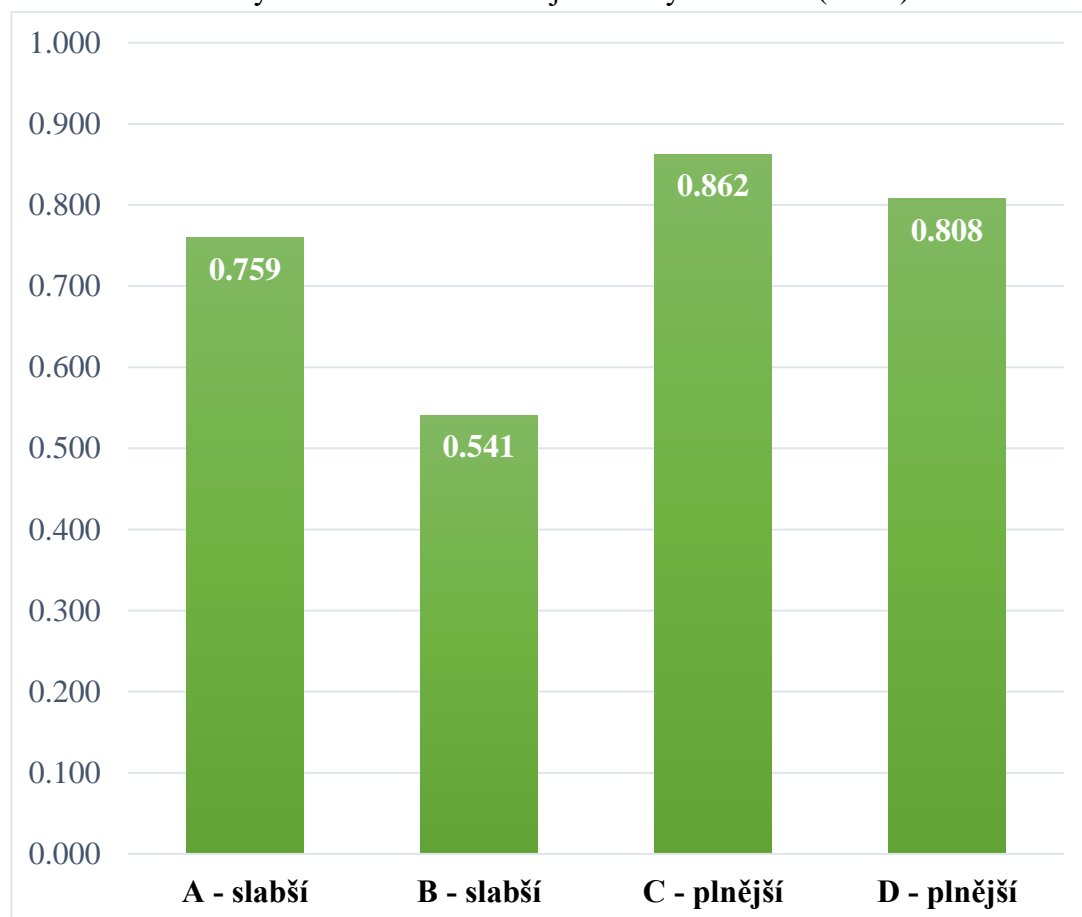
Tabulka č. 3 Procentuální zastoupení jednotlivých kategorií rostlin v rámci jednotlivých variant

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

5.2 Výnos suchého chmele

Sklizeň všech pokusných variant proběhla 8. 9. 2020. Z následujícího grafu vyplývá, že nejvyšší výnos byl zaznamenán u varianty C (0,862 t/ha), což potvrzuje i předchozí sčítání, tedy že varianta s největším počtem normálně dorostlých štoků dosáhla nejvyššího výnosu. Nejnižší výnos byl zaznamenán u variety B (0,541 t/ha), to podtrhuje i fakt, že tato varianta vykazovala nejen nižší procento normálních štoků, ale také největší mezerovitost porostu.

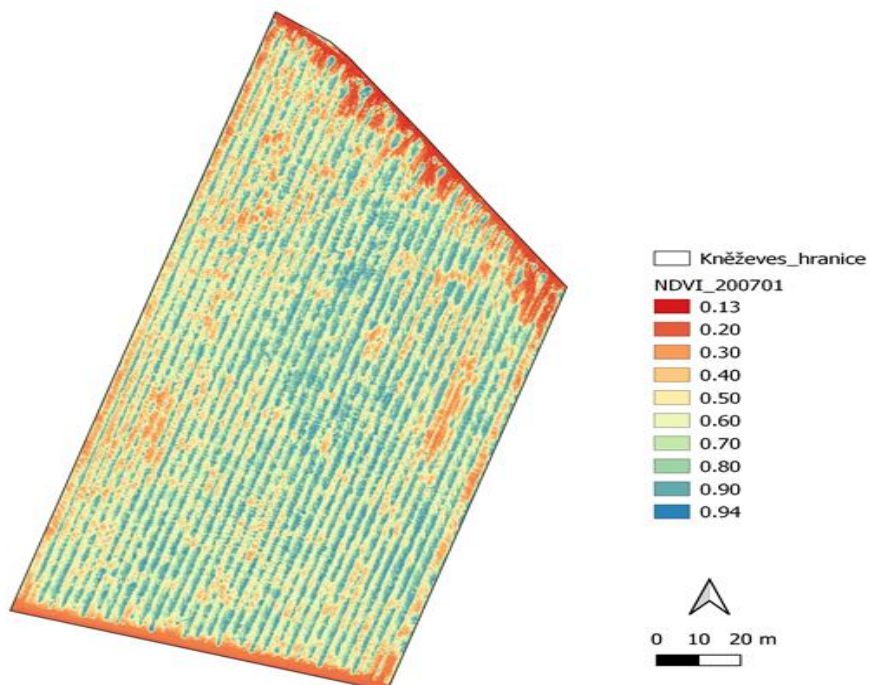
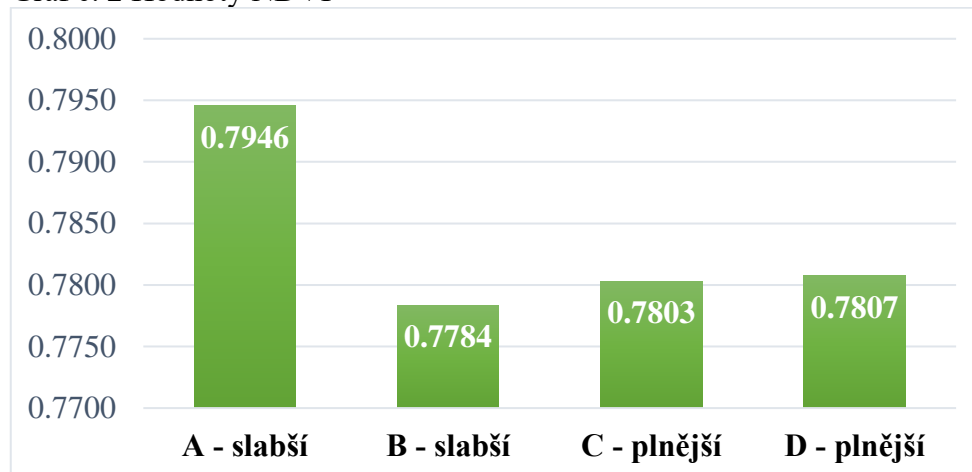
Graf č. 1 Přehled výnosu suchého chmele jednotlivých variant (v t/ha)



5.3 Normalizovaný diferenční vegetační index

Hodnoty NDVI dosahují poměrně malého rozdílu mezi jednotlivými variantami, výjimkou je varianta A, u níž dosáhla hodnota vegetačního indexu 0,7946, což vypovídá o velmi dobré kondici a struktuře porostu této varianty v době snímkování. Varianty C a D vykazují téměř shodné hodnoty (0,7803 resp. 0,7807). U varianty B byla zjištěna nejnižší hodnota tedy 0,7784.

Graf č. 2 Hodnoty NDVI

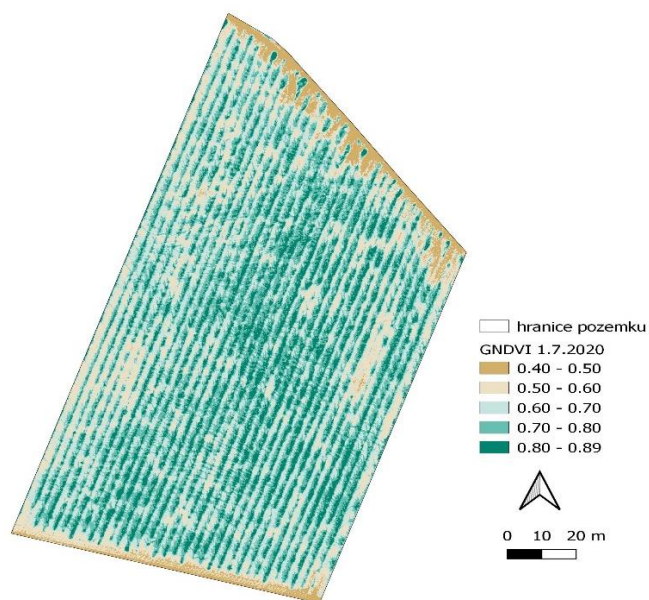
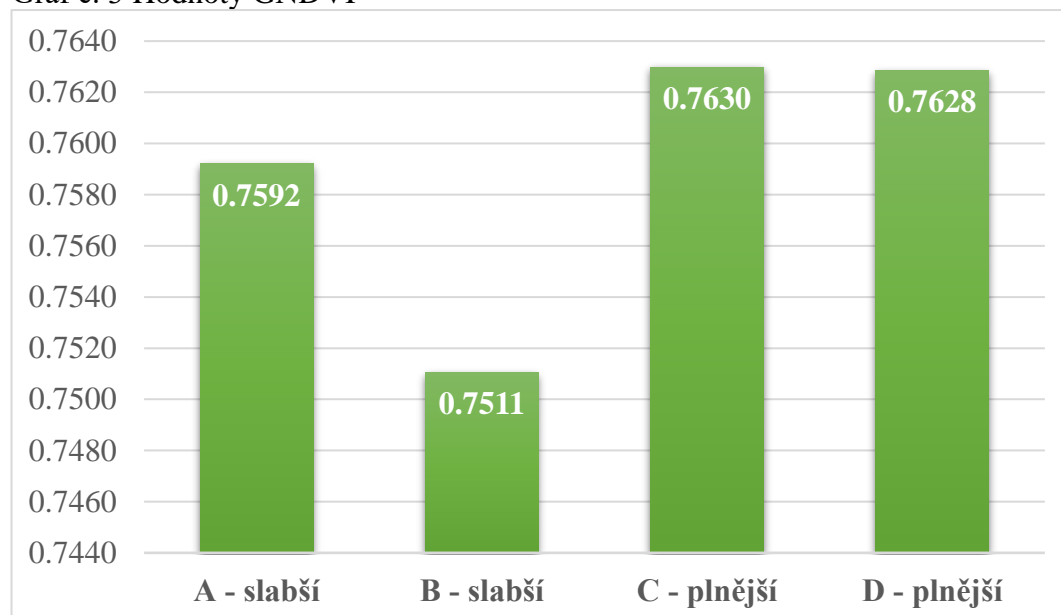


Obrázek č. 3 Snímek pokusné chmelnice převedený na NDVI (SW Pix4D, 2021)

5.4 Green NDVI

V rámci vyhodnocení tohoto indexu dosáhly varianty C a D opět velmi podobných hodnot (0,7630 a 0,7628), nižšího výsledku pak dosáhla varianta A (0,7592) a nejhoršího výsledku dosáhla varianta B (0,7511).

Graf č. 3 Hodnoty GNDVI

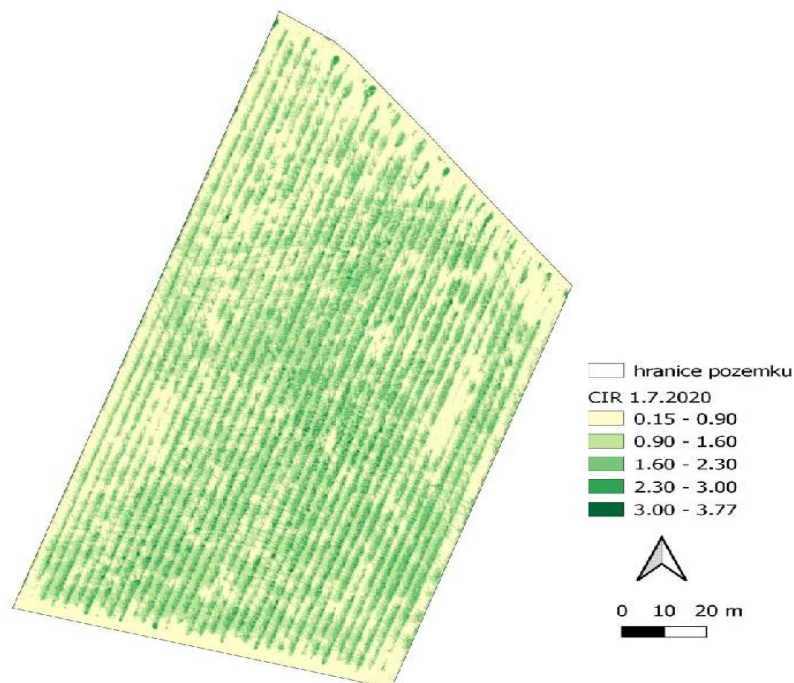
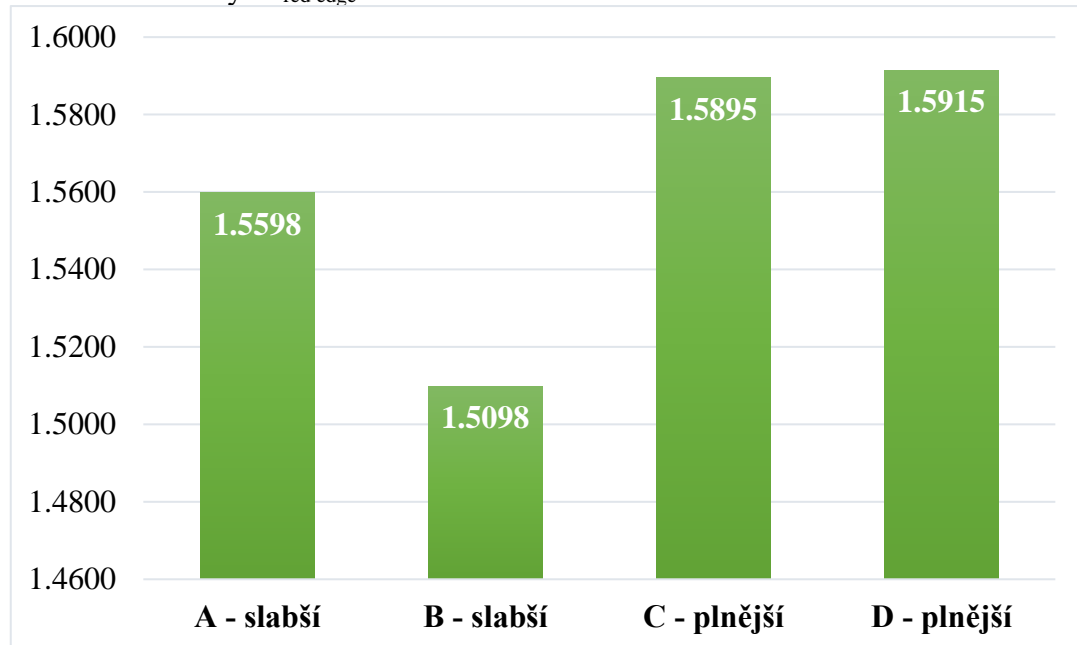


Obrázek č. 4 Snímek pokusné chmelnice převedený na GNDVI (SW Pix4D, 2021)

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

I z tohoto vegetačního indexu je patrné, že varianty C a D dosáhly velmi podobných hodnot (1,5895 a 1,5915), obdobně jako tomu bylo u předchozích indexů. Nižšího výsledku dosáhla varianta A (1,5598) a nejnižších hodnot dosáhla opět varianta B (1,5098).

Graf č. 4 Hodnoty $CI_{red\ edge}$

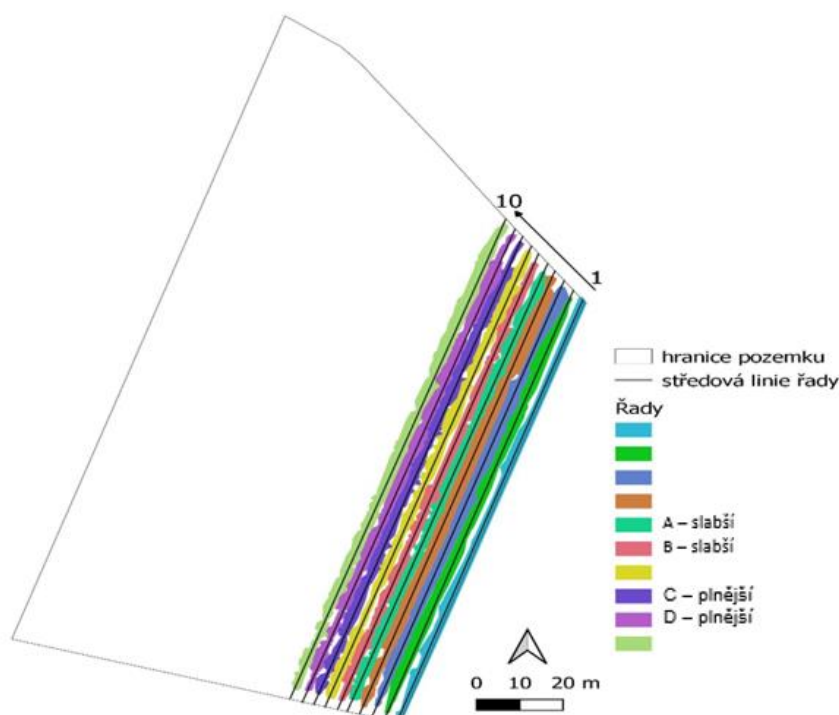
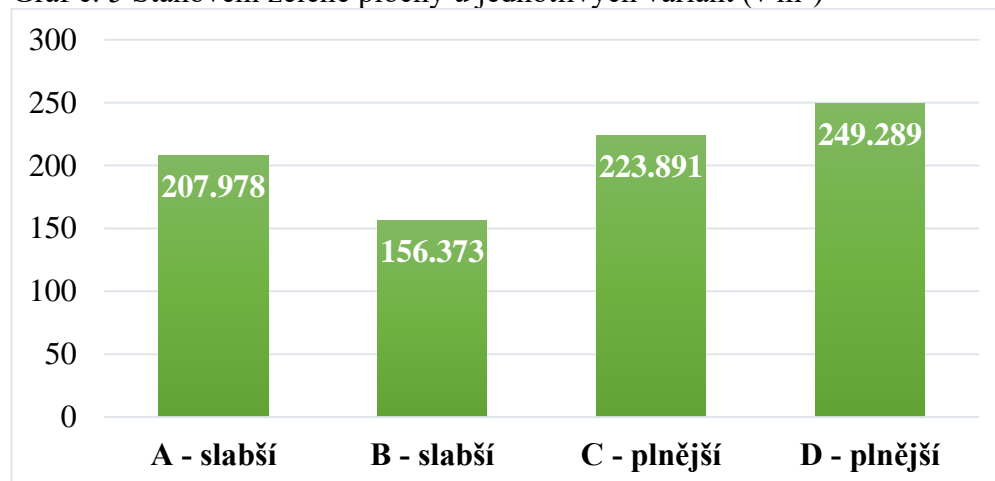


Obrázek č. 5 Snímek pokusné chmelnice převedený na $CI_{red\ edge}$ (SW Pix4D, 2021)

5.6 Výpočet zelené plochy

Cílem následujícího grafu je ukázat výsledky získané vypočtením zelené plochy jednotlivých variant pomocí TGI indexu a odvození binárního modelu na kategorii zelená rostlina – půda. U tohoto stanovení jednoznačně dominuje varianta D (249,289 m²) Varianta C dosáhla i přes větší množství normálně dorostlých rév nižšího výsledku a sice 223,891 m². Pro variantu A byla vypočtena zelená plocha 207,978 m². Nejnižšího výsledku dosáhla opět varianta B (156,373 m²) což potvrzuje, nejen nejnižší počet normálně dorostlých štoků, ale i nejvyšší počet chybějících rostlin ze všech hodnocených variant.

Graf č. 5 Stanovení zelené plochy u jednotlivých variant (v m²)



Obrázek č. 6 Stanovení zelené plochy jednotlivých variant (SW QGIS, 2021)

6 Diskuze

6.1 Vyrovnanost porostu

Jedním z cílů této práce bylo zhodnotit vliv vyrovnanosti, resp. mezerovitosti porostu na produkční parametry. Ze získaných výsledků poměrně značně vyplývá, že varianta s nejnižším množstvím chybějících rostlin a zároveň i nejvyšším množstvím normálně dorostlých štoků vykázala nejvyšší výnos (0,862 t/ha). Nutno konstatovat, že dosažený výnos je značně netypický pro tuto odrůdu (Premiant).

(Nesvadba, 2013) uvádí, že běžně tato odrůda dosahuje výnosu přibližně 1,8 – 2,5 t/ha.

(Kopecký, 2008a) poukazuje na fakt, že životnost hybridních odrůd je v porovnání se Žateckým poloraným červeňákem nižší a sice průměrně 12 let.

Pokusný porost dosahoval v době sledování věku 14 let, což mohlo mít nepochybně také vliv na dosažený výnos suchého chmele.

6.2 Srovnání s vegetačními indexy

Dalším cílem bylo srovnat, zda je možné odhadnout produkční schopnosti chmelnice na základě normalizovaného diferenčního vegetačního indexu.

Nejprve je třeba zmínit, že obecné využití dálkového průzkumu Země má v porostech chmelnic, případně i vinic, značná omezení, chmel patří k nejméně prozkoumaným plodinám, jelikož vyhodnocování získaných dat má svá specifika. K aspektům, které mohou při špatném vyhodnocení podávat klamné informace patří především, samotný habitus chmelové rostliny, dále stíny, jež rostliny vrhají, značnou komplikací při snímání může být i zelený porost v meziradí, který je schopen analýzu do značné míry ovlivnit. (Starý, 2020)

V našem případě byly výsledky hodnot NDVI podobné, jinými slovy dosahovaly jen velmi malého rozdílu, hodnoty se pohybovaly v rozmezí 0,7784 až 0,7946. (Drisy, 2018) uvádí, že hodnoty od 0,6 zpravidla vykazují porosty se zdravou a dobře prosperující vegetací, naopak porosty vykazující hodnoty 0,3 – 0,6 pak většinou bývají řídké, nebo nějakým způsobem poškozené. Ze zmíněných poznatků bychom usoudili, že pokusné varianty byly v době snímání navenek zdravé a dobře prosperovaly. Zajímavý je fakt, že varianta A, která dosáhla nejvyšší hodnoty 0,7946 byla varianta s druhým největším množstvím chybějících rostlin a zároveň nejvyšším počtem štoků pouze s jednou révou, lze tedy usuzovat, že z hlediska prospívání porostu tato varianta nijak netrpěla celkově nižší hustotou porostu, avšak z pohledu na výsledný výnos suchého chmele nebyl tento rozdíl patrný.

(Kumhálová et al., 2021) ve svém pokusu sledovali vývoj hodnot NDVI během vegetačního období u několika odrůd chmele v různém systému pěstování, přičemž pokud porovnáme jejich zjištěné výsledky hodnot pro odrůdu Premiant ze dne 9. 7. zjistíme, že dosáhly hodnoty NDVI přibližně 0,74.

Lze tedy konstatovat, že námi sledované porosty dosahovaly v době snímání vyšších hodnot, a to jak porosty s nízkým i vysokým počtem normálně dorostlých štoků.

Pokud se na naše výsledky podíváme z pohledu dalšího vegetačního indexu a sice GNDVI zjistíme, že tento vegetační index se používá pro signalizaci množství chlorofylu

v listech, neboť jeho citlivost je vůči NDVI až pětkrát vyšší, díky tomu je v některých aspektech mnohem citlivější než výše zmíněný NDVI. (Gitelson, 1996)

Z tohoto úhlu pohledu je patrné, že pokusná varianta C, která měla největší množství normálně dorostlých štoků, dosáhla nejvyšší hodnoty indexu (0,7630). Oproti tomu varianta B, která se při vegetačním pozorování jevila celkově jako nejslabší, dosáhla nejnižší hodnoty (0,7511). Z tohoto zjištění lze usuzovat, že u varianty B nastal nějaký problém, který následně vedl k úbytku zeleného barviva (chlorofylu). Pro důvod myslet si, že varianty s vysokým procentem normálně dorostlých štoků dosahují lepších výsledků, potažmo i výnosu, hovoří také fakt, že varianta D, která byla při vegetačním pozorování vyhodnocena jako varianta s druhým nejvyšším počtem normálně dorostlých štoků dosáhla velmi podobné hodnoty (0,7628).

Na toto zjištění lze navázat výsledky dalšího vegetačního indexu a sice Red edge chlorophyll indexu.

Tento vegetační index pracuje v oblasti red edge, čímž se stává rovněž vhodným pro stanovení chlorofylu v rostlinách, neboť oblast red edge je vysoce citlivou na obsah chlorofylu, potažmo i na množství dusíku v rostlinách. (Li, 2014)

Z našich výsledků je patrné, že varianty C a D, které vynikaly vysokým podílem plně dorostlých štoků, dosáhly nejvyšších hodnot tohoto indexu (1, 5895 resp. 1,5915), což je patrný rozdíl zejména oproti variantě B, která dosáhla hodnoty 1,5098. Tento výsledek dokresluje výsledky z předchozího indexu a sice, že varianty s větším množstvím plně dorostlých štoků dosahují lepších hodnot, tedy přeneseně řečeno mají větší množství chlorofylu, což se pak následně projevilo i na výsledném výnosu suchého chmele.

7 Závěr

- Z výše popsaných výsledků je patrné, že stanovených cílů se podařilo dosáhnout. V rámci vegetačního pozorování byla provedena inventarizace pokusných variant, byly stanoveny počty normálně dorostlých štoků, počty štoků s pouze jednou révou a i počty chybějících rostlin. Dále byl zjištěn výnos suchého chmele u jednotlivých variant, z čehož jasně vyplynulo, že porosty s nejnižším množstvím chybějících rostlin a největším množstvím normálně dorostlých štoků dosáhly nejvyššího výnosu.
- Dalším cílem pak bylo srovnat zjištěné hodnoty s hodnotami NDVI a pokusit se zhodnotit, zda je možné na základě hodnot NDVI odhadnout produkční schopnosti dané chmelnice. V tomto ohledu se rovněž prokázalo, že varianty, které dosáhly nejvyšších hodnot NDVI následně vykázali i nejvyšší výnos, nicméně je nutno poznamenat, že rozdíly v hodnotách tohoto vegetačního indexu nebyly tak markantní jako následně zjištěné rozdíly ve výnosu. Zároveň byly stanoveny další vegetační indexy jako GNDVI, $CI_{red\ edge}$ a TGI, z něhož pak byla vypočtena plocha zelených rostlin. Tyto hodnoty také ukázaly, že nejlépe hodnocené porosty v rámci vegetačního pozorování následně dosahují nejvyšších hodnot těchto indexů a zároveň nejvyššího výnosu suchého chmele.
- Lze tedy shrnout, že naše výsledky prokázaly souvislost mezi hodnotami vegetačních indexů a produkčními schopnostmi chmelnice v tom smyslu, že porosty s vysokým podílem normálně dorostlých štoků vykazují vyšší hodnoty vegetačních indexů oproti porostům s větším množstvím chybějících rostlin, což se pak pozitivně projevuje i na dosaženém výnosu suchého chmele. Výsledky tedy prokázaly, že zejména pomocí indexů GNDVI, $CI_{red\ edge}$ a TGI lze odhadnout vitalitu a perspektivitu porostu.

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. 2021-3-16]. ISSN 09619534. Dostupné z: doi:10.1016/j.biombioe.2011.02.028
- ALTOVÁ, Markéta, 2020. Situační a výhledová zpráva CHMEL, PIVO. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-575-3.
- ANONYM, (a), 2013. Proces pěstování a sklizeň chmele. Emil Bureš HOPSERIS s.r.o. [online]. 2013 [cit. 2021-2-8]. 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. 2021-4-22]. 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. 2021-4-4]. ISSN 0003-4746. Dostupné z: doi:10.1111/j.1744-7348.2003.tb00266.x
- 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. 2021-4-14]. Dostupné z: doi:10.17221/672/2019-PSE
- BRIGGS, Dennis E., Chris A. BOULTON, Peter A. BROOKES a Roger STEVENS, 2004. *Brewing Science and practice*. 1. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited. ISBN 1-85573-490-7.
- 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.
- 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. *Integrating Disaster Science and Management*. Elsevier, 2018, s. 451-460. 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. 2021-3-16]. ISSN 00344257. Dostupné z: doi:10.1016/S0034-4257(96)00072-7

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. 2021-4-3]. 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. 2021-4-3]. 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, 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. 2021-3-21]. ISSN 03032434. Dostupné z: doi:10.1016/j.jag.2012.07.020

CHOUBIN, Bahram, Freidoon SOLEIMANI, Abdollah PIRNIA, et al., 2019. Effects of drought on vegetative cover changes: Investigating spatiotemporal patterns. *Extreme Hydrology and Climate Variability* [online]. Elsevier, 2019, s. 213-222 [cit. 2021-3-15]. 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. 2021-3-15]. 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.

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. Pěstování hybridních odrůd chmele v podmínkách chmelařských oblastí ČR: Metodika pro praxi 2/2008. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-24-9.

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

KOŘEN, Jiří, Václav CINIBURK, Jan PODSEDNÍK, Adolf RYBKA a František VESELÝ, 2008. Sušení chmele na pásových sušárnách: Metodika pro praxi 9/2008. Žatec: Chmelařský institut. ISBN 978-80-86836-54-6.

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 [v tisku].

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. 2021-3-16]. ISSN 03784290. Dostupné z: doi:10.1016/j.fcr.2013.12.018

LUKAS, Vojtěch, Lubomír NEUDERT a Jan KŘEN, 2017. Využití dálkového průzkumu pro lokálně cílenou agrotechniku. *Mechanizace zemědělství* [online]. Praha: Profi Press [cit. 2021-3-21]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/vyuziti-dalkoveho-pruzkumu-pro-lokalne-cilenou-agrotechniku/>

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. 2021-4-14]. ISSN 00029122. Dostupné z: doi:10.1002/j.1537-2197.1958.tb13146.x

MYNENI, Ranga B., Forrest G. HALL, Piers J. SELLERS a Alexander L. MARSHAK, 1995. The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* [online]. 33(2), 481-486 [cit. 2021-3-15]. ISSN 0196-2892. Dostupné z: doi:10.1109/TGRS.1995.8746029

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. 2021-3-16]. ISSN 00021962. Dostupné z: doi:10.2134/agronj2012.0065

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.

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

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

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

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

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. 2021-4-14]. 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. 2021-3-22]. ISSN 24058440. Dostupné z: doi:10.1016/j.heliyon.2020.e04371

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.

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. 2021-4-4]. ISSN 02612194. Dostupné z: doi:10.1016/j.cropro.2019.105006

ZIMA, František a Václav ZÁZVORKA, 2017. Chmelařství. 2. Chrášťany: AGROSCIENCE s. r. o. Chrášťany 175, 270 01 Kněževés. ISBN 978-80-906121-0-5.

