

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Vliv meziplodin ve chmelnicích na teplotu a vodní
potenciál půdy**

Bakalářská práce

Autor práce: Jan Herout

Obor studia: Rostlinná produkce

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

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv meziplodin ve chmelnicích na teplotu a vodní potenciál půdy" 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 21. 4. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D. za vedení práce, jeho ochotu, trpělivost, čas a rady, které mi během celé spolupráce poskytoval. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Václavu Emingerovi za umožnění pokusu na jeho pozemcích. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině za podporu a trpělivost po celou dobu studia.

Vliv meziplodin ve chmelnicích na teplotu a vodní potenciál půdy

Souhrn

Cílem bakalářské práce bylo stanovení vlivu meziplodin ponechaných v meziřadí chmelnice na teplotu a vodní potenciál půdy na pokusném stanovišti v Kozojedech. Sledování probíhalo na porostech vymrznuté hořčice bílé (*Sinapis alba*), konkrétně na variantách s jejím povaleným a nepovaleným porostem, jako kontrola sloužila holá půda s urovnaným povrchem. Založení porostů proběhlo na podzim po předchozím zaorání do půdy vegetace hořčice bílé, která byla zaseta po sklizni chmele na zelené hnojení. Brázdy byly přímo při výsevu urovnány rotačními branami a vlastní výsev byl prováděn plošně pomocí tří rozptylovačů přímo za pýchovací válec na povrch půdy. V prosinci ve fázi na počátku kvetení hořčice bílé byla část variant povalena hladkými válci, zároveň jako součást pokusu byly měřeny hodnoty pokrývnosti povrchu půdy u sledovaných variant. Druhé měření pokrývnosti povrchu půdy proběhlo na konci února a obě měření prokázala vyšší pokrývnost u varianty s povalenou hořčicí. Zároveň s druhým měřením pokrývnosti proběhla instalace čidel do hloubek půdy 50, 100 a 200 mm. Čidla kontinuálně měřila hodnoty teploty a vodního potenciálu půdy během celého jara až do konce června.

Ze získaných výsledků měření vodního potenciálu půdy vyplývá, že z důvodu chladného a deštivého počasí v průběhu jara došlo k minimálnímu výkyvu jeho hodnot, které se pohybovaly v rozmezí od -0,014 do -0,040 MPa. K většímu kolísání docházelo až ke konci května z důvodu sušších období, kdy vodní potenciál klesal na všech variantách až k hraniční hodnotě -1,5 MPa, při které jsou rostliny ve velkém vodním stresu a začínají vadnout. Nejpomalejší reakci na suché období ve všech hloubkách půdy vykazovala varianta s nepovalenou hořčicí bílou.

Naměřené hodnoty teploty půdy ukazují velmi pomalý ohřev půdy z důvodu studeného jara a nepotvrzují významnější vliv ponechaného mulče oproti holé půdě jako kontrole. Významnější rozdíl mezi variantami byl zaznamenán až od půlky května se zvýšením intenzity slunečního záření a teploty vzduchu, zejména v hloubce půdy 50 mm, kdy se rozdíl mezi variantami pohyboval okolo 3 až 4 °C. Největší vliv na teplotu půdy ve všech hloubkách půdy vykazovala varianta s nepovalenou hořčicí bílou.

Klíčová slova: meziplodiny, teplota půdy, SWP, chmel otáčivý

Influence of catch crops in hop gardens on soil temperature and soil water potential

Summary

The aim of the bachelor thesis was to determine the influence of catch crops in the hop garden inter-row on soil temperature and water potential at the experimental site in Kozojedy. The monitoring was carried out on growths of frosted white mustard (*Sinapis alba*), specifically on variants with its fallen and unfallen growth, bare soil with a settled surface served as a control. Establishment of the growths was carried out in autumn after previous ploughing into the soil of the white mustard vegetation, which was sown after the hop harvest for green manuring. The furrows were settled directly at sowing with rotary harrows and the actual sowing was carried out in the field using three spreaders directly behind the packer roller on the soil surface. In December, at the stage at the beginning of flowering of white mustard, some of the variants were rolled with smooth rollers, and at the same time, as part of the experiment, the soil surface cover values of the variants were measured. A second measurement of soil surface cover was carried out at the end of February and both measurements showed higher cover in the variant with rolled mustard. At the same time as the second land cover measurement, sensors were installed at soil depths of 50, 100 and 200 mm. The sensors continuously measured soil temperature and water potential values throughout the spring until the end of June.

The results obtained from the soil water potential measurements show that due to the cold and rainy weather during the spring there was minimal variation in the soil water potential values which ranged from -0,014 to -0,040 MPa. The fluctuations occurred only towards the end of May due to drier periods, when the water potential decreased on all variants up to a threshold value of -1.5 MPa, at which the plants are under high water stress and start to wilt. The slowest response to the dry period at all soil depths was exhibited by the unfallen white mustard variant. Measured soil temperature values show very slow soil warming due to the cold spring and do not confirm a significant effect of the left mulch compared to bare soil as a control. A more significant difference between the treatments was only observed from mid-May onwards with an increase in solar radiation and air temperature especially at a soil depth of 50 mm, when the difference between the variants was around 3 to 4 °C. The variant with unfallen white mustard showed the greatest effect on soil temperature at all soil depths.

Keywords: catch crops, soil temperature, SWP, hop

Obsah

1 Úvod	8
2 Cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Chmel otáčivý	10
3.1.1 Systematika chmele	10
3.1.2 Morfologie chmelové rostliny	10
3.1.2.1 Podzemní část	10
3.1.2.2 Nadzemní část	11
3.1.3 Pěstební oblasti a odrůdy v ČR	12
3.1.3.1 Pěstované odrůdy v ČR	12
3.1.4 Technologie pěstování chmele	13
3.1.4.1 Založení chmelnice	13
3.1.4.2 Výstavba konstrukce a příprava pozemku	13
3.1.4.3 Výsadba chmelnice	14
3.1.4.4 Podzimní práce ve chmelnici	14
3.1.4.5 Jarní práce ve chmelnici	15
3.1.4.6 Výživa a hnojení chmele	15
3.1.4.7 Ochrana proti chorobám a škůdcům	16
3.1.4.8 Sklizeň a posklizňová úprava	17
3.2 Meziplodiny ve chmelnici	17
3.2.1 Funkce a využití	18
3.2.1.1 Rizika pěstování meziplodin ve chmelnici	19
3.2.2 Založení porostu a ošetřování během vegetace	19
3.2.2.1 Výběr vhodného druhu	19
3.2.2.2 Termíny výsevu	20
3.2.2.3 Vlastní výsev a ošetřování během vegetace	20
3.2.3 Vhodné druhy do meziřadí chmelnic	20
3.3 Vodní potenciál půdy	22
3.3.1 Faktory ovlivňující vodní potenciál půdy	22
3.3.2 Vliv vodního potenciálu na rostliny	22
3.3.3 Měření vodního potenciálu půdy	23
3.4 Teplota půdy	24

3.4.1	Faktory ovlivňující teplotu půdy	24
3.4.2	Vliv teploty půdy na biologii půdy a rostliny	24
3.4.2.1	Vliv na rostliny	24
3.4.2.2	Vliv na biologii půdy.....	25
4	Metodika	26
4.1	Pokusné stanoviště Kozojedy	26
4.1.1	Agrotechnika	27
4.2	Pěstitelský rok 2020/2021	27
4.3	Průběh pokusu.....	28
5	Výsledky	32
5.1	Vodní potenciál půdy	32
5.2	Teplota půdy	33
5.3	Denní chod teploty vzduchu a srážek.....	35
5.4	Statistické vyhodnocení	36
5.4.1	Vodní potenciál půdy	36
5.4.2	Teplota půdy	37
5.5	Pokryvnost povrchu půdy	38
6	Diskuze	39
7	Závěr.....	41
8	Literatura.....	42

1 Úvod

Chmel otáčivý je kulturní plodinou z čeledi *Canabaceae* pěstovaná pro hlávky samičích rostlin. Hlávky jsou zásadní složkou pro výrobu piva, kdy jsou nositelem pivovarsky cenných látek a zásadním způsobem ovlivňují jeho výslednou chuť. Dále se hlávky využívají i ve farmaceutickém nebo kosmetickém průmyslu. V České republice má pěstování chmele dlouhou tradici sahající až do 10. století, v průběhu historie se o rozvoj pěstování chmele v českých zemích významně zasloužil i třeba Karel IV. nebo Marie Terezie. K velkému pokroku došlo poté v 19. a 20. století, kdy se výrazně zmodernizovaly metody jeho pěstování, to představovalo zavedení mechanizačních prostředků na výrobu, sklizeň nebo ochranu rostlin. Výrazným krokem bylo také zavedení chmelové konstrukce tzv. žatecké drátěnky, která nahradila tyčové chmelnice. Řada technologií z těchto období je používána dodnes. V současné době je chmel v České republice pěstován na ploše zhruba 5 tisíc hektarů, což ji řadí na třetí místo mezi světovými pěstiteli po USA a Německu. Český chmel a pivo představují velmi významné vývozní komodity, které ve světě mají zvučné jméno.

Pěstování meziplodin v meziřadí chmelnic v posledních letech nabývá na významu, kdy nahrazují tradiční ponechaní černého úhoru v meziřadí chmelnic. Důvodem jsou časté extrémní výkyvy počasí, jako jsou výrazná sucha nebo přívalové deště, které způsobují v meziřadí chmelnic erozi a degradují tak její půdu. Využití meziplodin tak představuje způsob, jak těmto vlivům čelit a zároveň přináší řadu výhod a funkcí, jako je omezení eroze, zdroj organické hmoty, pylu a nektaru, podpora užitečných organismů nebo celkové zlepšení biodiverzity chmelnic. Meziplodiny jsou také vhodným prostředkem k zadržení vlhkosti a omezení výparu, s čímž souvisí téma této práce, která pojednává o vlivu meziplodin na teplotu a vodní potenciál půdy, které patří mezi důležité půdní charakteristiky ovlivňující růst a vývoj rostlin.

2 Cíl práce

1. Cílem práce je na základě literární rešerše specifikovat vliv porostů meziplodin na fyzikální a chemické vlastnosti půdy a podrobněji specifikovat jejich ovlivnění hodnot teploty a vodního potenciálu půdy v meziřadí chmelnic.

2. Součástí experimentální práce je na základě polních experimentů posoudit vliv rozdílných porostů meziplodin (živý a mrtvý mulč) na hodnoty teploty a vodního potenciálu.

Hypotéza: Rozdílné vegetační pokryvy půdy vykazují odlišný vliv na teplotu a hodnoty vodního potenciálu ve srovnání s holou půdou v meziřadí chmelnic.

3 Literární rešerše

3.1 Chmel otáčivý

3.1.1 Systematika chmele

Chmel otáčivý je technická plodina, pěstovaná pro sklizeň hlávek, které jsou základní surovinou pro výrobu piva, kde pivu dávají charakteristickou hořkost a jsou zásadním faktorem ovlivňující jeho chuť. Dnešní kulturní chmel se vyvinul z chmele planého (divokého) otáčivého pravděpodobně v oblasti Černého moře a podhůří Kavkazu, odkud se rozšířil do střední Evropy (Šnobl et al. 2004).

Chmel otáčivý taxonomicky členíme dle Rybáček (1980) takto:

rod: Kopřivovité – *Urticaceae*

čeleď: Konopovité – *Canabinaceae*

druh: Chmel otáčivý – *Humulus lupulus* L.

poddruh: evropský – *Humulus lupulus* L. ssp. *europaeus* Ryb.

varieta: kulturní – *Humulus lupulus* L., ssp. *europaeus* Ryb., var. *culta* Ryb.

Dále existuje: chmel japonský (*Humulus japonicus* Sieb et. Zucc.), který je jednoletý a pěstuje se v Číně, Japonsku nebo Severní Koreji jako okrasná rostlina.

Chmel oplétavý (*Humulus scandens* Kour et. Merrill, který je také jednoletý, rozmnožuje se semeny a pěstuje se především ve Střední Asii (Briggs et al. 2004).

Chmel otáčivý je vytrvalá, dvouděložná rostlina rozmnožující se v praxi vegetativním způsobem, generativní rozmnožování se využívá pouze u šlechtění. Důvodem je, že ve chmelnicích pěstujeme pouze samičí rostliny, které poskytují chmelové hlávky. Samčí jedinci jsou nežádoucí, jelikož vytvářejí květní orgány, které jsou schopny oplodnit samičí rostliny, což vede ke zhoršení kvality hlávek (Šnobl et al 2004).

3.1.2 Morfologie chmelové rostliny

3.1.2.1 Podzemní část

Podzemní část chmelové rostliny je tvořena z babky a kořenového systému. **Babka** je víceletý základ chmelové rostliny, kdy její hlavní část tvoří tzv. staré dřevo nacházející se pod povrchem půdy asi 0,1 až 0,3 metrů hluboko. Staré dřevo je dvou a víceleté a každý rok se rozrůstá o letokruh silný 2-4 milimetry, a lze tak v jeho příčném řezu určit stáří chmelové rostliny. V pozdějších letech některé části starého dřeva postupně odumírají a je složitější určit stáří rostliny (Horejsek & Zich 1990).

Na 4 nejmladších letokruzích v horní části babky se nachází **očka** (pupeny), které se na jaře probouzí a vyrůstají z nich po řezu chmele kolmé výhony, které vytvářejí budoucí nadzemní lodyhy. Část této lodyhy mezi horní částí babky a povrchem půdy se nazývá **nové dřevo**, které je jednoleté 2-2,5 centimetrů silné a po skončení vegetace je odstraňováno řezem chmele. Poslední podzemní částí jsou **vlky**, které vyrůstají z bočních oček starého dřeva. Jsou to až

1 metr dlouhé podzemní, vodorovné oddenky, které mají založené pupeny, ze kterých by vyrůstaly nad povrch půdy další výhony, což je nežádoucí, a proto jsou vlky při řezu chmele odstraňovány (Rybáček 1980).

Kořenový systém je u chmele velmi rozvinutý a představuje ho několik druhů kořenů. Základ kořenového systému představují **kulové kořeny**, které rostou převážně svisle z babky až do hloubky 3 metrů (Mahaffee et al. 2009). Silně se větví a zabezpečují proudění rostlinných šťáv a ukládání zásobních látek. Ke konci vegetace některé kulové kořeny druhotně tloustnou a vznikají **kořenové hlízy**, ve kterých se shromažďují zásobní látky, zejména cukr a škrob (Pastyřík 1989). Po vyčerpání těchto látek rostlinou odumírají a další rok se tvoří znovu na mladších kulových kořenech. Na zásobení rostliny minerálními živinami se výrazně podílí **postranní kořeny** vyrůstající vodorovně z bočních částí babky (Sobotik et al. 2018). Jsou schopny přivádět živiny ve formě vodného roztoku díky tomu, že se intenzivně větví až na velmi jemné kořínky (Štranc 2007).

Poslední část kořenového systému tvoří **letní kořeny**, které vyrůstají z nového dřeva a přivádějí rostlině vodu z nejsvrchnější části půdy. Jejich rozvoj podporuje přiorávka a dostatek srážek (Šnobl et al. 2004).

3.1.2.2 Nadzemní část

Do nadzemních částí chmelové rostliny řadíme révu, révové listy, pazochy, květenství a hlávky. **Réva** tvoří základ nadzemní části rostliny a dorůstá 8 až 9 metrů. Je pravotočivá a článkovitě dělená nody a internody. Z její pokožky vyrůstají trichomy, které umožňují zachycení révy na chmelovod. Réva může mít zelenou nebo načervenalou barvu, což slouží jako základ pro rozdělení chmele na zeleňáky a červeňáky. **Révové listy** jsou vstřícné a párovité, vyrůstají z nodů a během vegetace se mění jejich tvar. **Pazochy** jsou postranní větévkové révy, které dorůstají až 1 metru. Vyrůstají v paždí révových listů z nodu (Rybáček 1980). Pazochy mají vlastní listy, kde se v jejich úžlabí tvoří květonosné větévkové, na kterých se zakládá **samičí květenství**. To je tvořeno malými paličkami zakrytými šupinami listů, které se po rozvinutí přemění na šištice květenství, ze kterého se postupně vyvíjí chmelová hlávka. **Samčí květenství** tvoří rozvětvená lata. Tvoří ji druhotné kvítky, které mají 5 korunních plátků, kde se vytváří lupulinové žlázy. Ke korunním plátkům přisedá 5 tyčinek a prašníky, které vytvářejí pyl (Briggs et al. 2004).

Chmelová hlávka se skládá z článkovaného vřetenka zakončeného stopkou, která ji spojuje s květonosnou větévkou. Počet zalomení a úhel vřetenka koreluje s délkou chmelové hlávky, která se pohybuje od 15 do 35 mm a slouží jako její ukazatel kvality, kdy požadujeme úhel co nejvíce podobný pravému úhlu. Na spodní hlávky je 5 kališních lístků a na každém článku vřetenka jsou 2 listy krycí a 4 listy pravé. Jeden krycí list vždy kryje 2 listy pravé, které jsou menší, jemnější a na jejich spodní části se nachází lupulinové žlázy s lupulinovým práškem (Almaguer 2014).

Chmelová hlávka obsahuje řadu látek a mezi nejdůležitější řadíme chmelové pryskyřice. Ty označujeme jako hořké látky a jsou zdrojem typické hořkosti piva (Wample & Farrar 1983).

Rozdělujeme je na tvrdé a měkké pryskyřice, mezi které patří nejdůležitější α -hořká kyselina. Její podíl závisí na odrůdě a ročníku a nejvíce ovlivňuje konečnou hořkost piva (Olšovská 2016). U českých odrůd se pohybuje mezi 3,5-6,0 %, u zahraničních mezi 7-15 % (Šnobl et al. 2004). Dále se ve chmelových hlávkách nachází chmelové třísloviny, které příznivě působí na varný proces, stabilitu hořkosti a pivu dodávají natrpklost, čímž podporují charakteristickou chuť piva (Moir 2000). Chmelové silice dodávají chmelu typickou vůni a jsou ukazatelem jeho kvality (Rybáček 1980). Chmelová hlávka obsahuje spoustu dalších doprovodných látek, mezi které patří cukry, lipidy, vosky, dusíkaté látky a samozřejmě voda.

3.1.3 Pěstební oblasti a odrůdy v ČR

V České republice je chmel pěstován ve třech chmelařských oblastech – Žatecko, Ústěcko a Tršicko. Dohromady představují necelých 5 000 hektarů chmelnic (Kovařík et al. 2021).

Žatecko je největší chmelařská oblast v České republice rozkládající se v okolí Žatce, Loun a Rakovníku. Základem této oblasti je členité prostředí, specifické klimatické a půdní podmínky, kdy klima je zásadně ovlivňováno srážkovým stínem Krušných hor a Doupovských vrchů. Půdu zde tvoří permské červenky, které jsou většinou hlinitojílovité s dobrou sorpcí živin a k pěstování chmelu jsou velmi vhodné (Horejšek & Zich 1990).

Ústěcko se rozkládá mezi městy Mělník, Litoměřice, Česká Lípa a přímo navazuje Žateckou oblast. Větší část oblasti tvoří roviny v okolí Labe a Ohře, kde se také nachází jádro oblasti Polepská blata, která vznikla odvodněním bývalých mokřin. Půdy jsou zde hlinité, středně těžké hnědozemního a černozemního typu. Klimatické podmínky jsou velmi podobné jak v Žatecké oblasti (Horejšek & Zich 1990).

Tršicko je nejmladší oblast, rozkládající se mezi Olomoucí, Přerovem a Prostějovem. Z hlediska půdních podmínek je jednodušší než ostatní oblasti, kdy skoro celá oblast je tvořena sedimenty ze čtvrtohor. Patří sem zejména spraše a sprašové hlíny, které vytvořily velmi vhodné půdní podmínky pro pěstování chmele (Kovařík 2021).

3.1.3.1 Pěstované odrůdy v ČR

V České republice je aktuálně registrováno a pěstováno 21 odrůd chmele, které dělíme na odrůdy Žateckého poloraného červeňáku a jeho klony, dále odrůdy od něj odvozené a hybridní odrůdy. Odrůdy pokrývají všechny kvalitativní skupiny od jemně aromatických až po vysokoobsažné.

3.1.3.1.1 Odrůdy Žateckého poloraného červeňáku

Odrůdy Žateckého poloraného červeňáku jsou jemné aromatické a vyznačují se výbornou kvalitou s vysokým obsahem lupulinu. Používají se pro vaření piva špičkové kvality, především v posledních fázích chmelení piva, kdy dotváří jeho konečnou chuť. Vyznačují se nižším podílem α -hořké kyseliny, jejichž obsah se pohybuje mezi 3-5 %. Žatecký poloraný červeňák je u nás pěstován celkem v 9 klonech: Lučan, Blato, Sirem, Zlatan, Podlešák, Blšanka, Osvaldův klon číslo 31., 72. a 114 (Atlas českých odrůd chmele 2012). Tyto odrůdy představují drtivou část celkové české produkce. V roce 2021 byly pěstovány na 4184 hektarech chmelnic (Kovařík 2021).

3.1.3.1.2 Hybridní odrůdy

Hybridní odrůdy se vykazují lepším výnosovým potenciálem a vyšším obsahem α -hořké kyseliny. V České republice začaly vznikat od poloviny 90. let, kdy pivovary zvýšily poptávku po chmelu s vyšším obsahem α -hořké kyseliny, a tak začala změna v odrůdové skladbě v českém chmelařství (Šnobl 2004). Hybridní odrůdy vznikaly křížením Žateckého poloraného červeňáku a zahraničních vysokoobsažných odrůd. Jako první byly registrovány v roce 1994 odrůdy Bor a Sládek (Nesvadba et al. 2020), postupně vznikaly další, například Premiant, Agnus, Harmonie, Kazbek apod. až do aktuálně registrovaných 20 odrůd v ČR. Mezi nejvíce pěstované odrůdy patří Sládek, Premiant a Agnus (Chmelařský institut 2012; Kovařík 2021).

3.1.4 Technologie pěstování chmele

3.1.4.1 Založení chmelnice

Chmelnice zakládáme na 20-25 let, a proto je velmi důležité správné a důkladné založení. Základem založení chmelnice je vybrání vhodného pozemku. Chmel vyžaduje hluboké půdy s dobrou vodní jímavostí, sorpcí živin a dobrou zásobou humusu. Nejvhodnější jsou střední, hlinité až hlinitojílovité půdy s dobrou výhřevností a optimálně s neutrálním pH. Nejlepšími půdami pro pěstování chmele jsou tzv. červenky permského původu (Štranc et al. 2013). Chmel je také náročný na světlo, teplo a vodu, kdy potřebuje dostatek světla během celé vegetace, roční průměrné teploty mezi 8-10 °C a dobrou zásobu spodní vody, která je jeho hlavním zdrojem vody. Pozemek by měl být rovný s co nejmenším sklonem, abychom omezili potenciální erozi (Horejsek & Zich 1990). Dále je nutné vypracovat projektový úkol, projektovou dokumentaci a uzemní řízení, které podléhá podmínkám stavebního zákona (Rybáček 1980).

3.1.4.2 Výstavba konstrukce a příprava pozemku

Výstavba konstrukce představuje jednu z nejnákladnějších a nejvíce náročnou operaci. Princip konstrukce využívané v České republice představuje drátěný strop, který je nesen sloupy a je tvořen příčnými dráty, které spojují jednotlivé sloupy a řadovými dráty, na které jsou zavěšovány chmelovody (Rybáček 1980). Vrcholy okrajových sloupů jsou ukotveny šikmo k zemi do hloubky 1,5 metru. Vzdálenost mezi sloupy je závislá na sponu výsadby a výška konstrukce je 7 metrů (Šnobl et al. 2004).

Příprava pozemku představuje zejména řádné vyhnojení a prokypření půdního profilu. Můžeme využít dva způsoby, buď jednoletý nebo dvouletý cyklus. Dvouletý cyklus začíná podmínkou po předplodině, poté následuje aplikace hnoje v dávce okolo 50 t/ha a jeho zapravení střední orbou. Před zimou provádíme rigolovací orbu do hloubky až 60 centimetrů, která umožní hlubší prokypření půdního profilu a zejména podpoří tvorbu kořenového systému rostliny v 1. roce vegetace (Lipeckí & Berbec 1997). Rigolovací orbou vyneseme do vrchních vrstev méně biologicky aktivní půdu, kterou musíme do výsadby obohatit další dávkou organických hnojiv nebo využijeme zelené hnojení, které zaoráme střední orbou do půdy. Před výsadbou pozemek srovnáme do roviny vláčením a smykováním, čímž vytvoříme vhodné podmínky pro sázení (Pastyřík 1989).

V praxi se využívá i zkrácený jednoletý cyklus, kdy po sklizení předplodiny aplikujeme hnůj v dávce okolo 50 t/ha, který zapravíme střední orbou. Po 4-5 týdnech provedeme rigolovací orbu, poté přihnojujeme průmyslovými hnojivy nebo využijeme zelené hnojení, které opět zapravujeme střední orbou. Následně urovnáme povrch smykáním a vláčením a poté sázíme ještě v tom daném roce (Šnobl et al. 2004).

3.1.4.3 Výsadba chmelnice

Kvalitní provedení výsadby je základním kamenem pro úspěšné pěstování chmele, která ovlivňuje jeho výnosy po celou jeho životnost. Výsadbu chmele můžeme provádět buď na jaře nebo na podzim. V dnešní době převládá podzimní výsadba, která se vyznačuje velmi dobrou vzešlostí, zejména díky plnému jarnímu využití zimní vláhy v době vzcházení. Rostliny jsou vyrovnanější, s mohutnějším vzrůstem a lepším kořenovým systémem během 1. roku vegetace. Chmelnice je nejčastěji zakládána ve sponu 3 metry (šíře meziřadí) x 1 metr (vzdálenost rostlin v řadu). V dnešní době se u hybridních a ozdravených odrůd doporučuje z důvodu tvorby většího habitu rostlin spon 3 metry x 1,2 metru (Kopecký 2008).

K výsadbě se využívají dva druhy sadby – chmelové kořenáče a balíčková sadba. Chmelové kořenáče jsou jednoleté, předpěstované ve volné půdě. Jsou těžší, mají větší kořenový systém a vyznačují se velmi dobrou vzcházivostí a lepším zapojením porostu v 1. roce vegetace. Balíčková sadba je také jednoletá, ale předpěstovává se v balu se substrátem. Je lehčí, má méně vyvinutý kořenový systém a její hlavní výhodou je dobrá skladovatelnost, kdy vydrží déle bez poškození a lze tak oddálit termín výsadby, anebo je vhodná k dosadbě chmelnice během vegetace (Kopecký et al. 2008)

Rostliny sázíme ručně do předem připravených jamek, které by měly být 1,5krát větší než kořenový systém nebo obal sadby, hluboké alespoň 0,4 metrů a vyhloubeny těsně před sázením, aby nedošlo k jejich vyschnutí. Sadba se usazuje do jamky tak, aby její horní okraj byl asi 10-12 cm pod povrchem půdy, u lehčích půd až 15 centimetrů a poté zahrneme 5-6 cm hlíny.

Důležité je dodržení hloubky výsadby z důvodu následného řezu chmele (Štranc et al. 2013).

Po výsadbě v 1. roce vegetace musíme rostlinám věnovat více pozornosti, z pohledu vývoje porostu, výživy a ochrany proti škůdcům a chorobám. První rok sklízíme tzv. panenský chmel, který se vyznačuje menším výnosem a horší kvalitou hlávek (Pastyřík 1989).

3.1.4.4 Podzimní práce ve chmelnici

První podzimní prací je **úklid chmelnice** po sklizni, kdy po ní zůstávají spodní části rostlin měřící přes jeden metr, ty se nechávají ještě určitý čas položené na povrchu půdy, jelikož asimilují a rostlina si díky nim vytvořené asimiláty ukládá do podzemních orgánů. Po ukončení asimilace jsou zastříženy ve výšce 0,3 metrů, kdy zbytek slouží k vytyčení rostlin. Poté následuje dvojité převlácení chmelnice na koso, kterým odstraníme plevele, zbytky rostlin a prokypříme půdu (Rybáček et al. 1991).

Poté následuje **hlubší zpracování půdy**, kdy před orbou může být provedeno mělké kypření půdy v hloubce 10-12 cm, které usnadňuje následnou orbu (Krofta et al. 2012). Ta je prováděna od října do poloviny listopadu speciálním pluhem v hloubce 15-20 cm, dochází při ní k proorání meziřadí a odorávky půdy od rostlin ke středu meziřadí, Orbou zapravujeme organická či anorganická hnojiva nebo zelené hnojení, pozitivně působí na zaplevelení, fyzikální vlastnosti

půdy, podporuje půdní mikroflóru a mineralizaci živin. Jednou za 3-5 let se provádí hloubkové kypření do hloubky 40-60 cm asi 70 cm od řadu rostlin, které má za úkol rozrušit ztuhlou podbrázdí a narušit konce postranních kořenů, což vede k jejich regeneraci, která příznivě ovlivní růst a vývoj rostlin (Štranc et al. 2008).

3.1.4.5 Jarní práce ve chmelnici

První jarní práci ve chmelnici je **vláčení**, které se provádí napříč branami po oschnutí brázd. Slouží k urovňování povrchu, potlačení plevelů, narušení půdního škraloupu a zároveň usnadní následný řez chmele (Krofta et al. 2012). Následuje **řez chmele**, který patří mezi nejdůležitější operace při pěstování chmele, ovlivňuje jeho výnos a životnost rostlin. Řezem odstraňujeme od starého dřeva přírůstky nového dřeva a část podzemních oddenků, tedy vlků (Krofta & Ježek 2010). Dále se jím reguluje doba rašení výhonů, což ovlivňuje délku vegetace, omezuje rozrůstání vlků a zároveň formuje babku, drží ji ve správném tvaru a hloubce (Křivánek et al. 2008). Řez se provádí mechanicky ořezávači v prvních dvou dubnových dekádách v hloubce mezi 5-10 centimetry. Řez by měl být hladký a rovný (Štranc et al. 2007).

Hned po řezu následuje **zavádění chmelovodů**, které slouží jako opora pro rostlinu. Provádí se ihned po řezu chmele a používají se ocelové drátky, kdy horní konec je připevněn na podélný drát konstrukce a spodní konec je zapíchnut do půdy vedle rostliny. Ke každé rostlině se zavádí dva chmelovody kolmo do tvaru „V“ (Rybáček et al. 1991). Poté následuje **zavádění výhonů**, to se provádí ručně v období, kdy už nehrozí teploty pod 5 °C, což většinou vychází na polovinu května. Z jedné rostliny se zavádí 5 výhonů, na každý chmelovod tedy 2 nebo 3 výhony, ty by měly být stejně dlouhé, zdravé a nepoškozené, jeden výhon se nechává jako rezervní, ostatní se odstraní. Po 14 dnech se provádí opravné zavádění, kdy se kontroluje stav výhonů a nevyhovující se případně nahradí rezervním výhonem (Horejsek & Zich 1990).

Na jarní práce přímo navazují letní práce, mezi které patří přiorávka chmele a kypření meziřadí. **Přiorávka** se provádí jednou až dvakrát, kdy se k rostlinám přihrne 20 centimetrová vrstva zeminy. Podpoří se tak růst nového dřeva, letních kořenů a omezí výpar. **Kypření meziřadí** se provádí dvakrát až třikrát do hloubky 10 centimetrů, omezuje zejména růst plevelů, výpar a podporuje mikrobiální činnost (Šnobl et al. 2004).

3.1.4.6 Výživa a hnojení chmele

Chmel je plodina náročná na obsah živin v půdě a hnojení, jelikož za krátkou dobu vytvoří velké množství biomasy. Celková dávka je ovlivněna půdní zásobou, předpokládaným výnosem a meteorologickými podmínkami. Pro její přesnější stanovení v době vegetačního klidu se využívají rozborů prováděné v rámci agrochemického zkoušení zemědělských půd a znalost daného půdního typu a druhu. Pro stanovení dávky hnojiv během vegetace se využívají listové analýzy, které se provádí na začátku června a mezi butonizací a kvetením (Ježek et al. 2015).

Základem je **organické hnojení**, ke kterému se využívá především hnůj, a to jednou za 3 roky. Dávka se pohybuje od 40 t/ha na těžších půdách až po 70 t/ha na lehčích půdách. Hnůj je aplikován na podzim a měl by být do 24 hodin zaorán, aby nedocházelo ke ztrátám živin. Lze ho nahradit například kompostem nebo i zeleným hnojením (Krofta et al. 2012).

Nejdůležitější živinou je **dusík**, který má největší vliv na růst rostliny a na výnos a jakost hlávek (Iskra et al. 2019). Pro stanovení dávky se využívají rozborů půdy do hloubky 60 centimetrů, odhad výnosu a normativ odběru dusíku na tunu hlávek. Středně velká dávka se pohybuje od 140 do 160 N kg/ha, která se dělí na 2-3 dílčí dávky. První dávka je na jaře před řezem chmele, další před první přiorávkou a poslední před květem (Vavera et al. 2017).

Dalšími důležitými živinami jsou fosfor, draslík a hořčík. **Fosfor** ovlivňuje zejména růst kořenů, tvorbu generativních orgánů a kvetení. **Draslík** zvyšuje odolnost proti škůdcům a chorobám, podporuje výnos a kvalitu hlávek (Gingrich et al. 2000). **Hořčík** zejména ovlivňuje růst a vývoj rostlin, především stavbu rostlinných cév a chlorofylu. Dávka těchto živin je stanovována stejně jako u dusíku, její průměrná hodnota se pohybuje u fosforu okolo 50-60 P kg/ha, draslíku 80-90 K kg/ha a u hořčíku 60-70 MgO kg/ha. Jejich aplikace je prováděna zpravidla jednorázově na podzim s následným zaoráním (Krofta et al. 2012).

Zásadní roli představuje také **vápník**, který se podílí na stavbě buněčných stěn a růstu kořenového vlášení, ale především udržuje optimální pH půdy. Vápnění se provádí na podzim jednou za 4 roky.

Během vegetace jsou pomocí listové výživy v případě fyziologických znaků nedostatku aplikovány mikroelementy, například zinek, bor, síra nebo molybden (Vavera et al. 2017).

3.1.4.7 Ochrana proti chorobám a škůdcům

Kvalitní a včasná ochrana chmele proti chorobám a škůdcům je základním předpokladem pro dobrý výnos a kvalitu hlávek. Zásahy a použití postřiků se řídí Metodikou ochrany chmele, kterou každý rok vydává Chmelařský institut, kdy obsahuje seznam povolených a používaných přípravků (Šnobl et al. 2004).

Vybrané choroby:

Peronospora chmelová (=plíseň chmelová) – může napadat všechny rostlinné orgány, zejména vzcházející výhony, listy a hlávky. Napadené výhony se vyznačují zakrslostí, jejich listy jsou zdeformované, žlutozelené s šedofialovým povlakem na spodní straně listů. Během vegetace napadá listy, na kterých se objevují žlutozelené skvrny, později hnědnou až zasychají. Napadené květenství hnědnou až opadá, nevyvinuté hlávky jsou zakrnělé, vyvinuté hlávky hnědnou (Holý et al. 2017). K výrazně většímu tlaku peronosporu dochází v teplých a vlhkých ročních období (Gent et al. 2009).

Padlí chmelové – napadá listy, ze kterých přechází až na hlávky, kde vytváří bělavý povlak. U vyvíjejících hlávek zastavuje růst a u vyvinutých snižuje jejich kvalitu.

Mezi další houbové choroby patří verticilium nebo bazální korová nekróza chmele.

Dále chmel napadají i virové choroby, mezi které patří virová mozaika chmele, kopřivovitost chmele, zborcení listů nebo nettlehead (Holý et al. 2017).

Vybrání škůdci:

Lalokonosec libečkový – způsobuje žír na rašících výhonech a listech, napadá i chmelovou babku. Napadená místa jsou vstupní branou pro choroby, při větším napadení rostliny odumírají (Ježek et al. 2015).

Sviluška chmelová – saje na listech, kde vytváří tzv. sviluškové puchýře. Listy žloutnou a postupně se zbarvují do šeda, při silném napadení zasychají a opadávají.

Mšice chmelová – škodí sáním na listech a šištících, které žloutnou, deformují se a snižuje se jejich kvalita a výnos. Mšice mohou sloužit jako přenašeči virových chorob.

Dalšími škůdci jsou dřepčík chmelový, klopuška, kovařící nebo zavíječ kukuřičný (Turner et al. 2011).

3.1.4.8 Sklizeň a posklizňová úprava

Sklizeň začíná v době, kdy chmel dosáhne tzv. technické zralosti, kdy hlávky jsou jasně žlutozelené, dokonale uzavřené, při zmáčknutí pružné a mají výraznou charakteristickou vůni. Lupulin má jasně citronovou barvu s odpovídajícím obsahem α -hořkých kyselin pro danou odrůdu (Horejšek & Zich 1990).

Žatecký poloraný červeňák se začíná obvykle sklízet v poslední dekádě srpna, hybridní odrůdy začátkem září a délka sklizně se pohybuje okolo 14 dní.

Sklizeň probíhá mechanicky, kdy se nejprve odstříhne chmelová réva ve výšce 120 cm, těsně pod spodními plodnými pazochy a pomocí strhávače je stržena ze stropu konstrukce a pokládána na návěs za traktorem. Poté je ihned odvezena, aby nezavadla, na stacionární česačku. Zde jsou chmelové hlávky odděleny od zbytku rostliny pomocí česacího stroje, u kterého je zásadní správné seřízení, aby nedocházelo k poškození hlávek (Rybáček 1980).

Posklizňovou úpravu představuje sušení hlávek prakticky ihned po očesání, při teplotě 55-60 °C po dobu 6-9 hodin, dokud se nedosáhne vlhkosti mezi 5-7 %. Sušení je nazýváno tzv. na věténko, které je vysušené, láme se a jdou od něj dobře oddělit listeny. Aby se dalo s hlávkami dále manipulovat, musí se upravit jejich vlhkost na 10,5-12 %, jinak by došlo k jejich poškození. To se provádí klimatizací chmele v klimatizační komoře při relativní vlhkosti 70-75 % po dobu 70-90 minut. Poté se hlávky lisují do žoků, které váží 60-70 kg a jsou označeny podle zákona štítkem s potřebnými údaji (Šnobl et al. 2004).

3.2 Meziplodiny ve chmelnici

Meziplodiny jsou plodiny, které lze na základě jejich biologických vlastností využít pro vytvoření vegetačního pokryvu půdy v mezuporostním období za účelem podpory mimoprodukčních a produkčních funkcí zemědělství. Mimoprodukční funkce představuje zachování a ochrana přírodních zdrojů a jako prostředek stabilizace toků energie a hmoty v krajině. Produkční funkce je spojována s integrovaným hospodařením na orné půdě, při kterém jsou efektivně využívány přírodní podmínky a dodatkové vstupy energie za účelem dosažení požadovaného výnosu a kvality produktu (Brant et al. 2008).

3.2.1 Funkce a využití

Omezení vodní a větrné eroze – ve chmelnici mezi jednotlivými řády rostlin vzniká meziřadí, které v konvenčním systému pěstování zůstává bez vegetace a z pohledu eroze se stává zranitelným. Vodní eroze vzniká při výskytu nadměrných přívalových srážek, zejména v jarním a letním období, kdy dochází k překročení infiltrační kapacity půdy, zvyšuje se půdní vlhkost a vzniká povrchový odtok, který odnáší půdní částice do rovinatějších částí pozemku a tím tak postupně zhoršuje půdní úrodnost a celkový stav půdy (Poesen et al. 2003). Pokud je chmelnice založena po spádnicí nebo na členitějším pozemku, může k erozi docházet i při nižších srážkách. Využití meziplodin pro ozelenění meziřadí představuje velmi účinnou možnost, jak vodní erozi omezit. Zásadním předpokladem je pokryvnost půdy meziplodinou, kdy je zpomalována rychlost dopadajících srážek a jejich odtok, zároveň kořenový systém zvyšuje pevnost povrchu půdy a udržuje její pórovitost a propustnost pro vodu. Důležitým faktorem je zvolit ideální termín výsevu, aby rostliny využily půdní vláhu po zimě, vytvořily rychle dostatek biomasy a utvořily dostatečný pokryv půdy (Brant et al. 2021).

Větrná eroze vzniká také především na jaře nebo částečně na podzim, proto se využívá podzimního výsevu nevymrzajících nebo vymrzajících meziplodin, které ihned na začátku jara představují účinnou ochranu meziřadí (Brant et al. 2008).

Obohacení půdy o organickou hmotu a zlepšení půdních vlastností – meziplodiny jsou velmi dobrým zdrojem organické hmoty, proto se využívají jako tzv. zelené hnojení, kdy nadzemní biomasa je zaorávána do půdního profilu. Její množství se odvíjí od použitého druhu, délky vegetace nebo klimatických podmínek. V půdě se společně s kořenovým systémem rozkládá a dochází tak ke zlepšení půdní úrodnosti a struktury půdy (Hassink & Whitmore 1997). Zároveň je stimulována činnost půdních organismů, jenž vylučují enzymy, které rozkládají organické látky, což vede k podpoře vzniku humusu, který na sebe váže živiny a chrání je před vyplavením (Wanic et al. 2019). Pravidelné zelené hnojení je možnou alternativou, jak nahradit organické hnojení statkovými hnojivy, jelikož dokážou akumulovat dostatečné množství dusíku, zejména pak luskoviny. (Żuk-Gołaszewska et al. 2019).

Zvýšení využití slunečního záření – vytvořením vegetačního pokryvu půdy meziplodinami během vegetace v meziřadí chmelnice, vede ke zvýšení využití slunečního záření oproti ponechání černého úhoru v meziřadí. Absorbovaná energie biomasou je následně transformována do půdy a dochází tak ke zlepšení energetické bilance a koloběhu organické hmoty v systému (Brant et al. 2008).

Eliminace neproduktivního výparu z půdy – produkce živého nebo mrtvého mulče snižuje neproduktivní výpar vody, omezuje tak vysychání půdy oproti černého úhoru, zároveň zvyšuje schopnost půdy vodu přijímat a infiltrovat do spodních částí ornice. Zejména pak umrtvený mulč, který nespotřebovává vodu zamezuje vysychání půdy a udržuje vrchní část ornice vlhkou (Brant et al. 2021).

Prevence zhutnění půdy přejezdy strojů – ozelenění meziřadí snižuje nepříznivý vliv mechanického zatížení přejezdy strojů, a to dodáním organické hmoty do půdy, kdy dostatečně humózní půda je méně náchylnější na utužení. Zároveň si půda pod rostlinným pokryvem udržuje půdní zralost, která vede k rychlejšímu odeznění deformací vlivem mechanického zatížení půdy a tím i její větší návratnost objemových poměrů. Snižování zhutnění půdy vede i k omezení rizika zamokření pozemku z důvodu nedostatečné infiltrace vody.

Mulč nám také poskytuje možnost časnějšího vjezdu do meziřadí po srážkách, kdy částečně omezuje boření a zhoršený průjezd techniky (Štranc et al. 2008).

Zvýšení biodiverzity a podpora užitečných organismů – použití meziplodin v meziřadí chmelnic výrazně zvyšuje biodiverzitu chmelnice a výrazně se zvyšuje výskyt užitečných organismů, v závislosti na zvolených druzích (Vejražka et al. 2017). Mezi užitečné organismy se řadí například opylovači, pro které nektarodárné plodiny slouží jako pastva, stejně tak jako pro hmyzí predátory nebo parazitoidy, kteří se živí nektarem nebo pylem. Při větším výskytu těchto organismů, mohou sloužit jako regulátoři škodlivých druhů (Brant et al. 2008).

Snížení rizika zaplevelení – meziplodiny dokážou rychle vytvořit dostatečně hustý vegetační pokryv a stávají se konkurentem pro plevely zejména hlediska prostoru a slunečního záření, což může vést až k úplnému potlačení plevelných rostlin (Krofta et al. 2012)

3.2.1.1 Rizika pěstování meziplodin ve chmelnici

Potenciální rizika a negativní vlivy pěstování meziplodin ve chmelnici shrnuje Vejražka et al. (2017) takto:

- Potenciální zvýšení výskytů chorob a škůdců – hraboši, plži, drátovci, ponravy a další druhy škodící na podzemních orgánech rostlin.
- Výskyt kvetoucích rostlin – omezení aplikace přípravků nebezpečných pro včely.
- Konkurence s rostlinami chmele o vodu a živiny.
- Chybějící technologie ošetřování víceletých podplodin.

3.2.2 Založení porostu a ošetřování během vegetace

3.2.2.1 Výběr vhodného druhu

Prvním krokem při zakládání porostu je výběr vhodného druhu, který bude splňovat účel pěstování. Tím může být protierozní ochrana, zelené hnojení nebo podpora užitečných organismů. Další aspekty výběru vhodného druhu představuje cena osiva, jeho dostupnost, možnost využití farmářského osiva, délka setrvání na pozemku nebo poutání vzdušného dusíku rostlinou (Vejražka et al. 2017). Většina druhů splňuje více účelů nebo se druhy dají kombinovat tak, aby splnili co nejvíce aspektů (Ramírez-García et al. 2015).

Druhým krokem je rozhodnutí o systému rozmístění meziplodin v závislosti na účelu. Pěstování v každém meziřadí nebo ob řadu slouží jako protierozní ochrana, podpora užitečných organismů i jako zelené hnojení. Dále mohou být ozeleněny jen určité řady nebo pouze kolejové stopy, kde se pohybuje technika, což působí zejména jako ochrana proti erozi. Další možnost

představuje výsev pouze okolo chmelnice, kdy rostliny slouží jako zdroj nektaru, pylu a částečně jako protierozní opatření (Vejražka et al. 2017).

3.2.2.2 Termíny výsevu

Jarní výsevy meziplodin by měly být provedeny co nejdříve na jaře, aby rostliny dokázaly využít jarní vláhu a sluneční záření, které v pozdějších fázích růstu chmele hůře proniká do spodních pater chmelnice. Z tohoto důvodu jsou pozdější termíny výsevu rizikové a hrozí horší vzcházení a vitalita porostů. Dřívější výsev poskytuje také výhodu v podobě časnějšího pokryvu půdy již v průběhu května, kdy už hrozí přivalové deště a při využití podplodin na podporu užitečných organismů porosty vykvétají počátkem června, kdy lákají antagonisty mšice chmelové, která v tomto období začíná škodit ve chmelnici.

Limitujícím faktorem je letní přiorávka chmele, která se musí provádět oboustranným přiorávacím pluhem, aby nedošlo k poškození porostu, případně je přiorávka vynechána. Další možností je provádět výsev až po přiorávce, tedy zpravidla v druhé polovině května, v tomto případě však hrozí horší podmínky pro vzcházení rostlin (Kincl et al. 2018).

Časné letní výsevy je nutné provést do konce června a použít druhy, které si dokážou poradit se světelným stresem, z důvodu plně zapojeného porostu chmele.

Pozdní letní výsevy se provádí těsně po sklizni chmele, dle ročníku zpravidla od konce srpna do poloviny září. Limitující faktor představuje množství srážek, které výrazně ovlivňuje tvorbu nadzemní a podzemní biomasy (Krofta et al. 2012).

3.2.2.3 Vlastní výsev a ošetřování během vegetace

Pro založení porostů se využívají standardní secí stroje o záběru šíře meziřadí, alternativou je použití rozmetadel na průmyslová hnojiva. Výše výsevu by se měla řídit doporučením prodejce, při zhoršených podmínkách (zaplevelení, sucho) je možné výsevek zvýšit. Pro rychlejší a rovnoměrnější vzcházení je vhodné pozemek po zasetí uválet (Vejražka et al. 2017).

Během vegetace, zejména u víceletých podplodin, se provádí dvakrát až třikrát ročně jejich mulčování. To je vhodné provádět postupně, aby v meziřadí vždy zůstala nějaká vzrostlá vegetace, dále se nedoporučuje mulčovat vlhký porost nebo před očekávanými vydatnými srážkami. Jednoleté porosty v zůstávají v meziřadí až do podzimního zpracování půdy, kdy jsou zapravovány do půdy. Přezimující nebo vymrzající druhy je možné ponechat přes zimu až do jarního období. (Krofta et al. 2012).

3.2.3 Vhodné druhy do meziřadí chmelnic

Hořčice bílá (*Sinapis alba*) – je jednoletý druh patřící do čeledi brukvovitých, který díky svým vlastnostem je jedním z nejpoužívanějších meziplodin. Mezi její přednosti se řadí nenáročnost na půdní a klimatické podmínky, levné, dostupné osivo, dobrá vzcházivost a zejména pak vysoká dynamika růstu a tvorba vysokých vzrůstných rostlin. Lze ji vysévat samostatně nebo i ve směsích například s luskovinami nebo svazenkou (Brant et al. 2019). V meziřadí chmelnic je využívána jako zelené hnojení, protierozní ochrana nebo podpora užitečných organismů.

Svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia*) – jednoletá bylina z čeledi stružkovcovité s širokým uplatněním jako meziplodina. Je nenáročná na půdní podmínky, snáší dobře sucho i mraz. Vyznačuje se rychlým růstem a včasným kvetením, kdy zároveň dokáže vytvořit bohatý kořenový systém a hustý vegetační pokryv, který vykazuje silnou protierozní schopnost a omezení výparu. V okolí květů svazenky se vyskytuje velké množství opylovačů, zejména včel a čmeláků (Kincl et al. 2018).

Jetel nachový (*Trifolium incarnatum* L.) – jednoletá rostlina z čeledi bobovitých obohacující půdu o vzdušný dusík. V meziřadí chmelnic vykazuje velmi dobrý protierozní efekt a výrazné květy lákají řadu opylovačů. Při podzimních výsevech dokáže dobře přezimovat, při jarních hrozí pomalejší počáteční růst (Krofta et al. 2012).

Žito seté (*Secale cereale* L.) – nenáročný druh na klimatické a půdní podmínky. Má fyto-sanitární účinky na půdu, kde současně zanechává díky bohatému kořenovému systému velké množství organické hmoty. Je využíváno jako zelené hnojení a protierozní ochrana (Kincl et al. 2018).

Hrách rolní (*Pisum sativum* L. var. *arvense*) – není příliš náročný na půdní podmínky, jeho největší přednost představuje poutání vzdušného dusíku. Vhodný je výsev společně s obilninou, kdy vytváří hustý vegetační pokryv, který má velkou protierozní účinnost (Brant et al. 2008).

Jílek vytrvalý (*Lolium perenne* L.) – víceletý druh z čeledi lipnicovitých vhodný jako dočasné a víceleté ozelenění meziřadí chmelnice. Ideální je výsev ve směsi společně s jetelovinami (Krofta et al. 2012).

Dalšími vhodnými druhy pro využití ve chmelnici dle Vejražka et al. (2017) a Krofta et al. (2012) jsou:

Čičorka pestrá (*Securigera varia* L.)

Jetel luční (*Trifolium pratense* L.)

Jetel plazivý (*Trifolium repens* L.)

Komonice bílá (*Melilotus albus* Med.)

Kostřava luční (*Festuca pratensis* L.)

Lipnice luční (*Poa pratensis* L.)

Lnička setá (*Camelina sativa* (L.) Crantz)

Oves setý (*Avena sativa* L.)

Pohanka obecná (*Fagopyrum esculentum* Moench)

Štírovník jednoletý (*Lotus ornithopodioides* L.)

Tolice dětelová (*Medicago lupulina* L.)

Vikev setá (*Vicia sativa* L.)

3.3 Vodní potenciál půdy

Rostliny mohou absorbovat vodu celým svým povrchem, nebo kořenovým systémem z půdy, kdy tento způsob příjmu vody převažuje. Příjem vody z půdy rostlinou zásadně ovlivňuje vodní potenciál půdy, který lze definovat jako množství práce, kterou musí kořenový systém rostliny vykonat, aby načerpal vodu z půdy (Bianchi et al. 2017). Dále ho lze chápat jako sílu, kterou vyvíjí sorpční síly, aby dokázaly zadržet vodu v prostorech půdních pórů (Shock & Wang 2011). Hodnoty vodního potenciálu půdy se nejčastěji vyjadřují v jednotkách tlaku, konkrétně v megapascalch MPa, nebo jako jednotka energie na jednotku objemu vody $J \cdot m^{-3}$. Vodní potenciál nabývá nulových hodnot, když je půda plně nasycena vodou a záporných hodnot, když se obsah vody v půdě začíná snižovat a rostlina tak musí vyvinout více práce, aby dokázala získat vodu z půdních částic (Larcher 1988).

Vodní potenciál půdy je určen několika různými silami působících na vodu v půdě – gravitační, hydrostatické, osmotické a matriční. **Gravitační potenciál** je určen nadmořskou výškou půdní vody vůči libovolné referenční výšce, kterou obvykle bývá povrch půdy. **Hydrostatický potenciál** je výsledkem tlaku vody v pórech. **Osmotický potenciál** je dán přítomností rozpuštěných látek v půdním roztoku, čímž snižuje potenciální energii vody v půdě a ovlivňuje tak proudění vody v půdě. Poslední složku vodního potenciálu půdy představuje **matriční potenciál**, způsobený držením vody kapilárními silami a adsorpcí na koloidech (Bittelli 2010).

3.3.1 Faktory ovlivňující vodní potenciál půdy

Stav vodního potenciálu půdy je ovlivňován několika faktory, mezi které patří srážky a s tím související **nasycení půdy vodou**, pokud půda není vodou nasycena, její vodní potenciál má stále rostoucí zápornou hodnotu. Tento jev je ovlivňován **zrnitostí půdy**, kdy jemně zrnité půdy s vysokým obsahem půdních koloidů nebo bohaté na organickou hmotu, dokážou lépe zadržet vodu a při vysychání půdy se vodní potenciál mění méně prudce než u hrubě zrnitých půd. Mezi další faktory, které působí na vodní potenciál půdy patří **rostlinný pokryv** nebo **teplota půdy** (Larcher 1988).

3.3.2 Vliv vodního potenciálu na rostliny

Vodní potenciál půdy má zásadní vliv na **příjem vody rostlinou z půdy** a s tím související příjem živin, kdy ji dokáže z půdy přijmout pouze v případě, že vodní potenciál kořenů má větší absolutní hodnotu (tj. je nižší), než vodní potenciál půdního roztoku. Hodnota vodního potenciálu v kořenech rostlin se pohybuje v řádech desetin MPa, což je dostatečné pro odebrání kapilární vody ve vlhčích půdách. V sušších půdách musí kořeny se snižujícím se vodním potenciálem půdy snižovat svůj vodní potenciál, aby byly schopné vodu z půdy přijmout. U většiny zemědělských plodin se hranice, na kterou dokážou snížit svůj vodní potenciál pohybuje mezi -1 až -2 MPa. Pokud rostlina nedokáže snížit svůj vodní potenciál pod hodnotu vodního potenciálu půdy, začíná vadnout, tj. nevrací se do původního stavu ani v noci, ani je-li chráněna před výparem. Kritická hodnota se nazývá bod trvalého vadnutí, kdy jeho konvenční hodnota je stanovena na -1,5 MPa (Larcher 1988).

Vodní potenciál půdy dále ovlivňuje **klíčení semen**, kdy rychlost a schopnost klíčení je na něj citlivé v závislosti na druhu. Většina druhů špatně klíčí při nižších hodnotách vodního potenciálu půdy, ale například některé druhy vázané na sušší stanoviště dokážou velmi dobře klíčit i při hodnotách okolo -1 MPa (Evans & Etherington 1990).

3.3.3 Měření vodního potenciálu půdy

Vodní potenciál půdy lze měřit několika různými metodami. Výběr vhodné metody závisí na řadě faktorů jako jsou půdní vlastnosti (zrnatost, objemová hmotnost), meteorologické podmínky (teplota, vlhkost), poloha pozemku a jeho přístupnost pro údržbu čidel, požadovaná četnost vzorků a jejich přesnost a také ekonomická náročnost měření (Bittelli 2010).

Tenzometry – jsou pórovité keramické misky připojené k tlakovému senzoru pomocí trubiček naplněných vodou, které jsou díky porézní membráně v kontaktu s půdou a umožňují pohyb vody přes zařízení. Misky se umístí do půdy a jejich póry dosáhnou rovnováhy s matričním potenciálem půdy. Když se hodnota matričního potenciálu oproti tenzometru sníží, tak vznikne vodní gradient, kdy se uvolní voda z tenzometru do půdy, která je přitahována porézním prostředím a vytváří sání, které je detekováno tlakovým senzorem, jenž udává výslednou hodnotu matričního potenciálu půdy (Bittelli 2010). Jejich použití je výhodné zejména z důvodu nenáročné instalace a kalibrace, spolehlivosti a nízkých nákladů. Problém může představovat zhoršená citlivost senzorů a kontakt s půdou, nebo tvorba vzduchových bublin v zařízení (Bianchi et al. 2017).

Snímače rozptylu tepla – představují porézní keramické misky, které jsou uloženy v půdě a je v nich umístěn termočlánek s termočidlem. Topný prvek je zahříván proudem po určitý interval a tepelné čidlo zaznamenává změny teploty. Časová závislost změn teploty v misce je způsobena tepelnou vodivostí, která je závislá na obsahu vody, lze tak prostřednictvím křivky retence vody v keramické misce zjistit hodnoty vodního potenciálu. Hlavní výhodou je levná pořizovací cena, mezi nevýhody patří individuální a náročná kalibrace (Bittelli 2010).

Dielektrické senzory – podobně jako snímače rozptylu tepla představují porézní keramické misky, s rozdílem, že zde se měří dielektrická vodivost keramické misky. Vodní potenciál půdy je stanovován z kalibračních křivek, které jsou odvozeny od vzájemného vztahu mezi obsahem vody v keramické misce a vodním potenciálem keramické porézní misky (Paschold & Mohammed 2003).

Termočláneková psychometrie – je technika, která vodní potenciál půdy odvozuje z měření relativní vlhkosti vzduchu, která je v rovnováze s kapalnou fází. Hodnota relativní vlhkosti se získává z měření rozdílu teplot mezi suchým a mokřím teploměrem. Měření probíhá ve vzorkovací komoře, která je uložena v půdě a umožňuje výměnu tepla a vodní páry s okolním prostředím (Bittelli 2010).

3.4 Teplota půdy

Teplota půdy je velmi významným agrometeorologickým ukazatelem, jenž ovlivňuje růst a vývoj všech půdních organismů, rostlin a také nepřímo úrodnost půdy a lze ji také definovat jako funkci tepelného toku v půdě a výměny tepla mezi půdou a atmosférou. Půda slouží jako zásobárna energie během dne a teplého období a jako zdroj energie v noci a v chladném období roku (Elias et al. 2004). Hlavním zdrojem energie pro půdu je sluneční záření, kdy teplota půdy závisí na poměru absorbované a ztracené energie. Hodnoty teploty půdy kolísají v závislosti na hloubce, průběhu roku a dne, což závisí zejména na teplotě vzduchu a intenzitě slunečního záření (Wu & Nofziger 1999).

3.4.1 Faktory ovlivňující teplotu půdy

Atmosférické faktory – do kterých lze zařadit sluneční záření, kdy se teplota půdy mění v závislosti na intenzitě a množství slunečního záření dopadajícího na povrch půdy. Dále sem patří srážky, kdy teplota půdy klesá v závislosti na jejich odpařování a teplota vzduchu, která neovlivňuje teplotu půdy v takovém měřítku, jelikož výměna tepla mezi půdou a atmosférou je minimální (Lehnert 2014).

Vlastnosti půdy – mezi které patří podíl pevné, kapalné a plynné složky půdy a s tím související pórovitost půdy, vlhkost, velikost půdních částic, typ minerálů nebo obsah organické hmoty. Všechny tyto faktory ovlivňují tepelnou vodivost a tepelnou kapacitu půdy, které mají zásadní vliv na ohřev půdy. Tepelná kapacita půdy je závislá především na půdních pórech a obsahu vody, kdy vlhká půda se zahřívá pomaleji a má menší denní amplitudu než suchá. S tímto jevem souvisí tepelná vodivost, kdy vlhká půda lépe odvádí teplo než suchá, jelikož voda je lepší vodičem tepla než vzduch (Lehnert 2014).

Živý rostlinný pokryv – který funguje jako tepelný izolátor, kdy při teplých obdobích omezuje ohřev půdy a v chladných obdobích snižuje rychlost ochlazování půdy. Podobné vlastnosti vykazuje i mulč, který stejně jako živý rostlinný pokryv funguje jako izolátor a dokáže snižovat teplotu půdy a její výkyvy oproti holé půdě (Daliya et al. 2007).

Expozice pozemku – představuje orientaci ke světovým stranám, sklon a polohu, kdy teplota půdy klesá s rostoucím sklonem pozemku, nebo jižně orientované pozemky mají větší teplotu půdy než severně orientované, z důvodu větší intenzity světelného záření (Onwuka 2016).

Antropogenní činnost – kdy člověk ovlivňuje teplotu půdy agrotechnickými zásahy, zejména pak při zpracování půdy, kde dochází ke změnám prostorového uspořádání půdy. Například při předset'ové přípravě dochází k nakypření vrchní části půdy, čímž se zvýší její podíl plynné fáze a dochází tak k jejímu rychlejšímu ohřevu (Brant 2021).

3.4.2 Vliv teploty půdy na biologii půdy a rostliny

3.4.2.1 Vliv na rostliny

Teplota půdy hraje velmi důležitou roli při růstu a vývoji rostlin, a to už od raných fází růstu, kdy představuje primární faktor ovlivňující rychlost **klíčení** a **vzcházení**, zejména pak u jarních plodin. Zároveň založením porostu při teplotě půdy, kterou rostlina vyžaduje, se zvyšuje procento vyklíčených semen a následně jejich vitalita (Brant 2021).

Příjem vody a živin rostlinou se snižuje s nízkými hodnotami teploty půdy, v důsledku zvýšené viskozity a snížené absorpce vody. Se snížením teploty souvisí i pokles aktivity kořenů, které vede také ke snížení příjmu vody a živin z půdy. Při teplotách pod $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ všechna kapilární voda v půdě zamrzá a příjem vody rostlinou zcela ustává (Toselli et al. 1999).

Zvýšení teploty půdy podmiňuje **růst kořenů**, z důvodu zvýšení metabolické aktivity kořenových buněk, naopak nízké teploty mají za následek snížení živin v kořenech, což vede k omezení růstu kořenů (Michael & Burke 1998).

3.4.2.2 Vliv na biologii půdy

Teplota půdy ovlivňuje biologické, chemické i fyzikální vlastnosti a procesy v půdě. Z **biologických vlastností** půdy působí na celkovou bioaktivitu půdy, při hodnotách od $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdy se výrazně zvyšuje aktivita extracelulárních enzymů, mikro a makroorganismů v půdě, ty se podílejí na zvýšení mikrobiální respirace, mineralizaci dusíku a rozkladu primární hmoty. Při teplotách kolem bodu mrazu se mikrobiální aktivita výrazně snižuje a dochází k omezení výše zmíněných procesů (Yan & Hangwen 2014).

U **chemických vlastností** půdy má vliv na pH půdy, které se při vysokých teplotách půdy od $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ zvyšuje, z důvodu denaturace organických kyselin. Při teplotách půdy od $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ také dochází ke zvýšení obsahu rozpustného fosforu ve vodě, při nižších teplotách dostupnost fosforu klesá, protože dochází k inhibici uvolňování fosforu z organického hmoty (Onwuka 2016).

Z **fyzikálních vlastností** půdy má zvýšení teploty půdy vliv na strukturu půdy, kdy zejména u jílnatých částic dochází k jejich indukované dehydrataci a následné silné interakci, což vede k ubývání těchto částic a vzniku bahna. U písčítých částic dochází k tepelně indukovaným trhlinám, které vedou k jejich rozpadu a snížení jejich obsahu v půdě. Zvýšení teploty půdy má za následek snížení vlhkosti půdy, z důvodu snížení viskozity vody a zvýšení rychlosti výparu (Onwuka 2016).

4 Metodika

4.1 Pokusné stanoviště Kozojedy

Pokusy probíhaly na lokalitě Kozojedy ve chmelnici patřící soukromému zemědělci Václavu Emingerovi, který se zabývá rostlinnou i živočišnou výrobou. Hospodaří na celkem 66,55 hektarech, na kterých pěstuje pšenici ozimou, jarní ječmen, kukuřici, hrách setý, hořčici, chmel, vojtěšku, luskoobilné směsi a trvalé travní porosty. Chmel je pěstován na ploše 16,55 ha odrůdy Žateckého poloraného červeňáku Osvaldovy klony 72 a 114. Pokus byl prováděn u odrůdy Osvaldův klon 72, který byl vysázen v roce 1997.

Kozojedy se nacházejí v Žatecké chmelařské oblasti v okrese Rakovník v nadmořské výšce 325 m n.m. Chmelnice leží na mírném svahu se středně těžkými půdami a půdním typem kambizem modální. Chmelové řady jsou orientovány na východo-západ a byly založeny ve sponu 3x1 metr. Klimatické podmínky odpovídají mírně teplému a suchému klimatickému regionu s průměrnou roční teplotou 7-8,5 °C a ročním úhrnem srážek pod 500 mm.



Obrázek 1: Poloha pokusné chmelnice Kozojedy (červeně ohraničeno)

4.1.1 Agrotechnika

Datum	Zásah
podzim 2020	setí meziplodiny, orba
04.04.2021	řez chmele
05.05.2021	aplikace Cereritu
08.05.2021	Aliette WG 80
27.05.2021	Krista MgS+Močovina+Zinkosol+Teppekki+Curzate K
01.06.2021	Calcinit+Bortrac
04.06.2021	přiorávka
11.06.2021	Curzate K+Folpan Gold+Zinkosol+Krista MgS+Močovina
17.06.2021	aplikace DAM
26.06.2021	Bellis, Krista MKP
09.07.2021	Movento 100 SC
10.07.2021	Kristalon žlutý+Krista MKP+Zinkosol+Revus
22.07.2021	Revus+Krista MgS+Močovina+Krista MKP+Kristalon žlutý
06.08.2021	Cuproxat SC+Magnitra+Krista K
16.08.2021	Magnitra+Krista MgS+Defender Dry
26.08.2021	Funguran Progres, PRO
24.08.-27.08.2021	Sklizeň

4.2 Pěstitelský rok 2020/2021

V roce 2020 plochy pěstování chmele ve světě dosáhly opět svého maxima a to 62 850 ha, rok 2021 však představoval mírný pokles výměry. Česká republika s 7,9 % světové plochy chmele zaujímá celkové třetí místo po USA a Německu. K datu 20. 8. 2021 evidoval ÚKZÚZ sklizňovou plochu o 4 971 hektarech s majoritní odrůdou Žatecký poloraný červeňák, kterým bylo osázeno 84,2 % celkové pěstitelské plochy. Sklizeň roku 2020 se v České republice řadila z důvodu nevyrovnaného počasí během roku k průměrným. Bylo sklizeno celkem 5 924,93 tun chmele při průměrném výnosu 1,19 t/ha, oproti roku 2019 došlo k poklesu výnosu o 17,07 %. Oproti tomu rok 2021 patřil z důvodu příznivého počasí k nadprůměrným. Celkově bylo sklizeno 8 305,72 tun chmele, tj. nejvyšší produkce od roku 1996, o průměrném výnosu 1,67 t/ha. V srovnání s ročníkem 2020 došlo k meziročnímu nárůstu produkce o 40,18 %.

4.3 Průběh pokusu

Pokus byl založen ve chmelnici v Kozojedech 7. 10. 2020. Těsně před výsevem byla do půdy zaorána vegetace hořčice bílé, která byla zaseta po sklizni chmele na zelené hnojení. Brázdy byly přímo při výsevu urovnány rotačními branami a vlastní výsev byl prováděn plošně pomocí tří rozptylovačů přímo za pěchovací válec na povrch půdy. Seta byla hořčice bílá, odrůda Andromeda ve výsevku 20 kg/ha.

Dne 2. 12. 2020, kdy hořčice byla ve fázi počátku kvetení, proběhlo na jedné z variant povalení hladkými válci bez rozřezání lodyh a byly měřeny rozdíly v pokryvnosti mezi porosty ponechanými v přirozeném stavu a porosty povalenými válci.

Instalace čidel na měření vodního potenciálu půdy a teploty půdy proběhla 24. 2. 2021 (počátek měření 25. 2. 2021) na variantách s vymrzlou hořčicí bílou v přirozeném stavu, s vymrzlou hořčicí bílou povalenou hladkými válci a holou půdou s urovnaným povrchem, která představovala kontrolu. Termín instalace čidel byl zvolen tak, aby nehrozilo poškození mrazem gypsum bloků. Jednotlivé parametry byly sledovány v hloubce půdy 50, 100 a 200 mm a k jejich měření byly využity čidla firmy EMS Brno. K měření teploty půdy bylo použito čidlo MicroLog T3 (EMS Brno, CZ) s rozsahem měření od -40 do 60 °C, pro stanovení vodního potenciálu bylo využito čidlo MicroLog SP3 (EMS Brno, CZ) s gypsum blokem jako senzorem.

Zároveň s instalací čidel proběhlo stanovení pokryvnosti půdy rostlinnými zbytky, kdy pokryvnost byla stanovena na základě analýzy obrazu infrasnímku. Infrasnímek byl pořízen na základě kolmého snímku, plocha pro analýzu pokryvnosti byla vyznačena rámečkem o velikosti 0,5 x 0,5 (infrasnímek, 8 Mpx). Infrasnímek byl převeden do černobílé fotografie (Adobe Photoshop CS5, Adobe Systems Software, Dublin, Ireland). Následné zpracování proběhlo podle metodiky (Brant et al. 2017).

Během měření nedošlo v meziřadí k žádnému zpracování půdy, pouze po stranách hrůbků – priorávka. K ukončení měření došlo 28. 6. 2021.

Statistické vyhodnocení

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



Obrázek 2: Výsev hořčice bílé 7. 10. 2020.



Obrázek 3: Porost hořčice bílé nechaný v přirozeném stavu dne 2. 12. 2020.



Obrázek 4: Porost hořčice bílé povalený hladkými válci dne 2. 12. 2020.



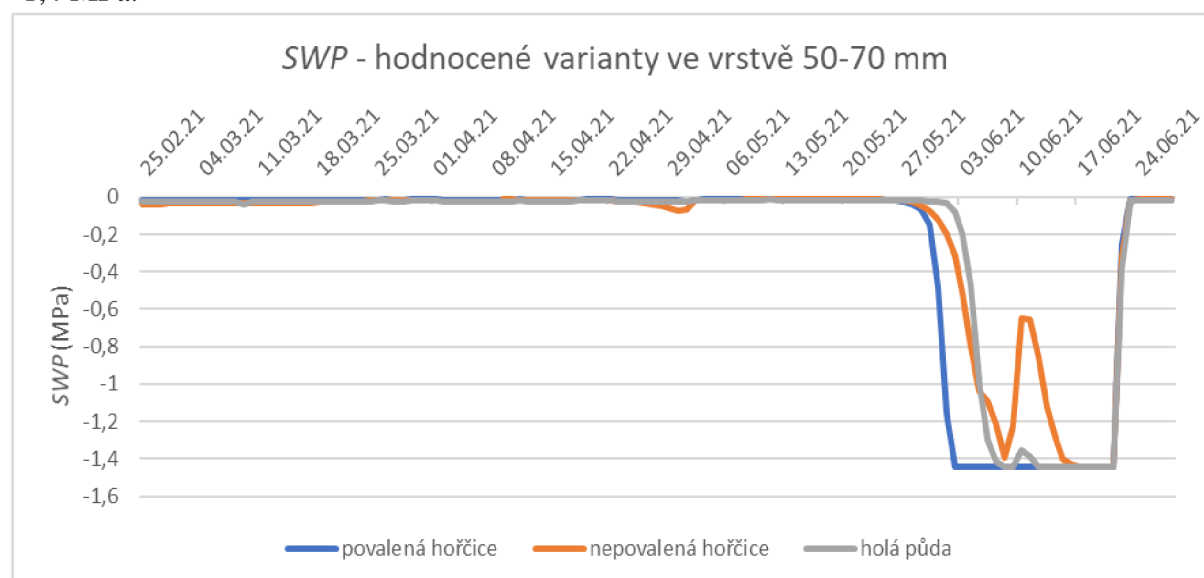
Obrázek 5: Instalace čidel 24. 2. 2021.

5 Výsledky

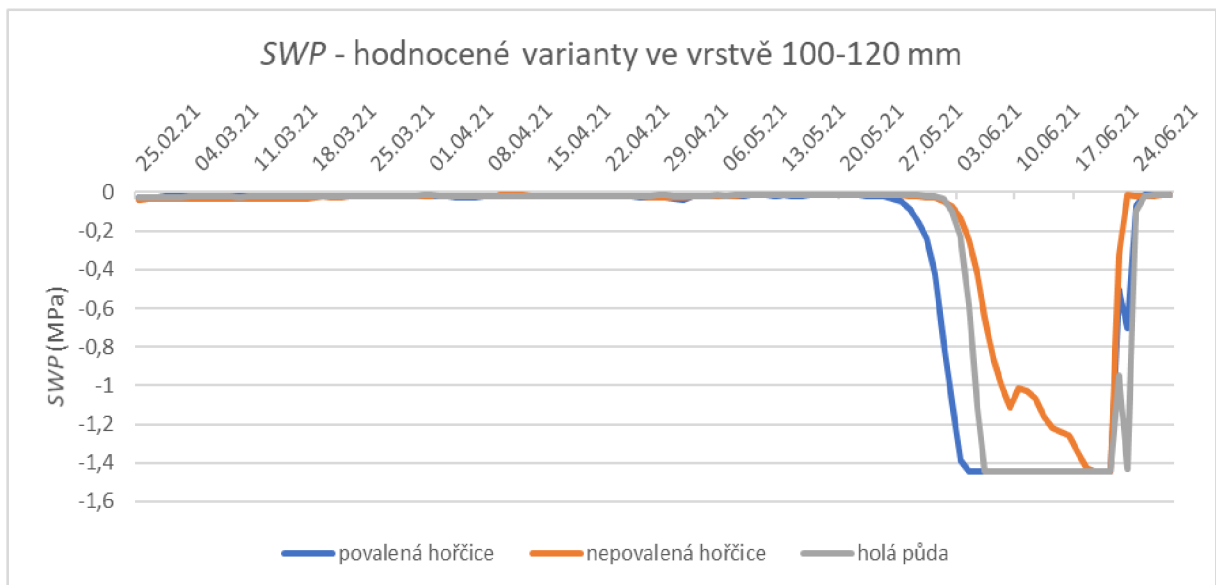
5.1 Vodní potenciál půdy

Grafy číslo 1,2 a 3 popisují průběh vodního potenciálu půdy ve vrstvách půdy 50-70 mm, 100-120 mm a 200-220 mm na hodnocených variantách. Z grafů je patrné, že do konce května se hodnoty vodního potenciálu půdy z důvodu vlhkého jara v zásadě neměnily. První reakce na sušší období přišla na konci května ve vrstvách půdy 50-70 mm a 100-120 mm. Vrstva 200-220 mm začala na všech variantách reagovat nejpozději, a to až začátkem června. Hodnoty postupně klesaly až na -1,4 MPa, což je hraniční hodnota, kterou dokáže sensor naměřit. Na konci měření se z důvodu vydatnějších srážek (viz graf 7) a nasycení půdy vodou vrátily hodnoty na všech variantách na hranici 0 MPa.

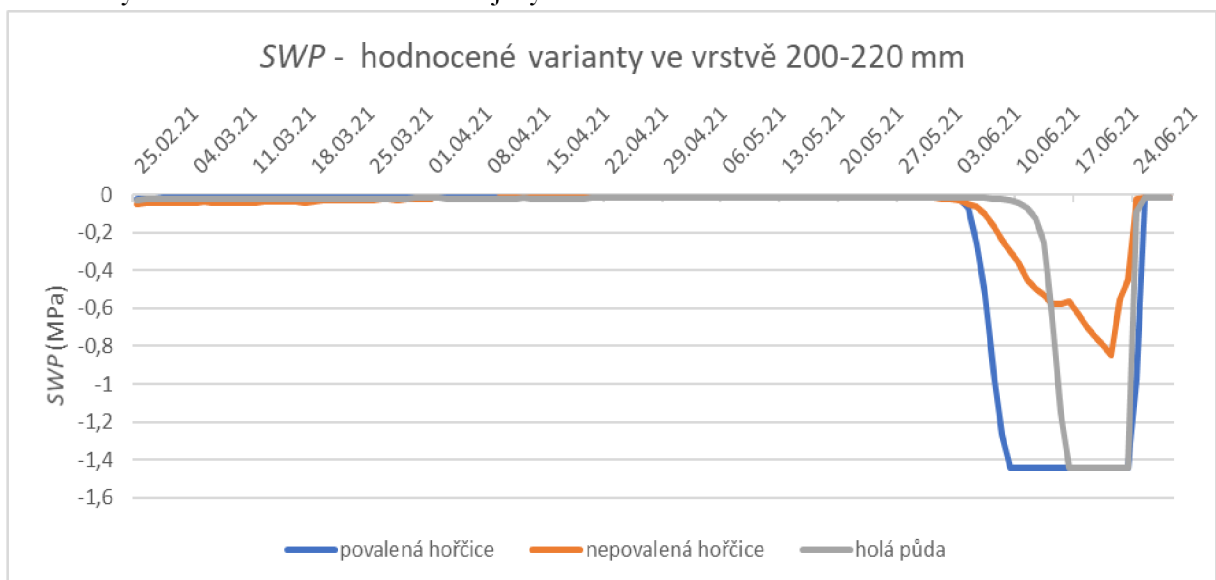
Nejlepší výsledky vykazuje varianta s nepovalenou hořčicí, kdy ve všech vrstvách půdy vodní potenciál klesal nejpomaleji a ve vrstvě 200-220 mm jako jediný nedosáhl hraniční hodnoty -1,4 MPa.



Graf 1: Průměrné hodnoty vodního potenciálu půdy (SWP, MPa) ve vrstvě půdy 50-70 mm na hodnocených variantách na lokalitě Kozojedy v období od 25. 2. 2021 až 28. 6. 2021.



Graf 2: Průměrné hodnoty vodního potenciálu půdy (*SWP*, MPa) ve vrstvě půdy 100-120 mm na hodnocených variantách na lokalitě Kozojedy v období od 25. 2. 2021 až 28. 6. 2021.

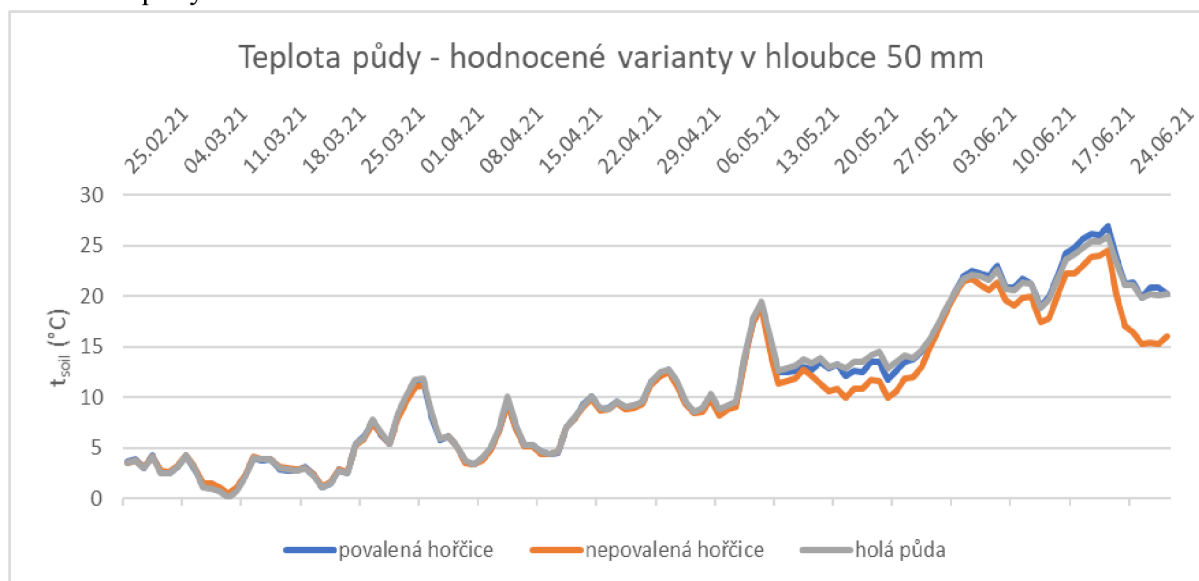


Graf 3: Průměrné hodnoty vodního potenciálu půdy (*SWP*, MPa) ve vrstvě půdy 200-220 mm na hodnocených variantách na lokalitě Kozojedy v období od 25. 2. 2021 až 28. 6. 2021.

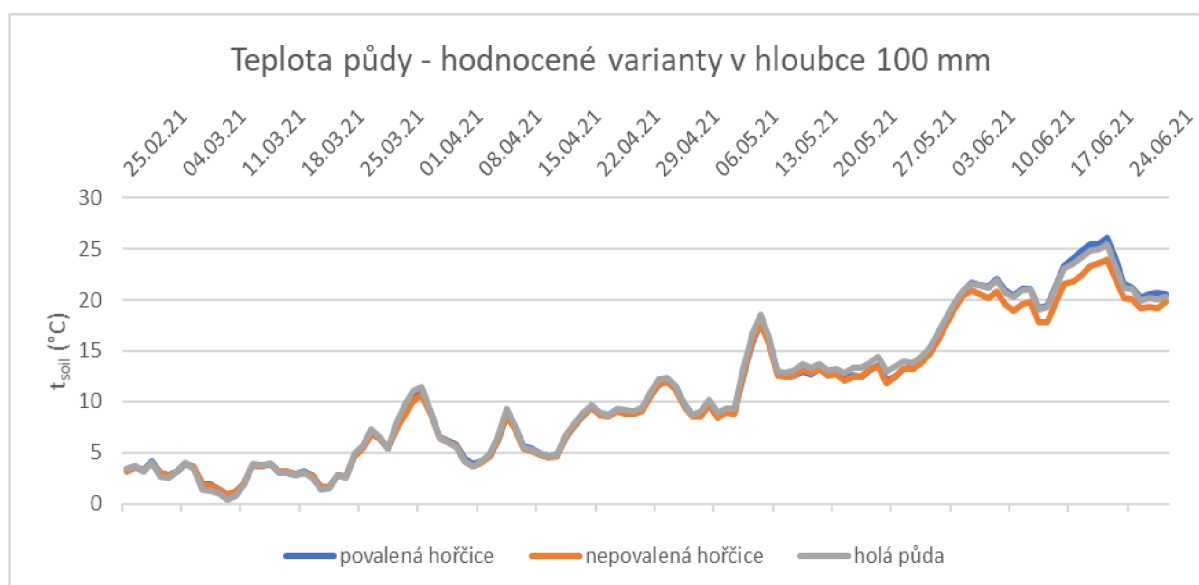
5.2 Teplota půdy

Graf 4,5, a 6 popisuje chod teploty půdy v hloubkách půdy 50 mm, 100 mm a 200 mm na sledovaných variantách. Teplota půdy se od počátku měření do poloviny května měnila v závislosti na teplotě vzduchu (viz graf 7) a mezi variantami nebyly prakticky žádné rozdíly. V hloubce půdy 100 a 200 mm byly větší rozdíly mezi variantami pozorovány až ke konci měření od půlky června, kdy se rozdíl teplot mezi nepovaleňou hořčicí a dalšími dvěma variantami pohyboval okolo 3 °C. Největší rozdíly byly pozorovány v hloubce půdy 50 mm, kdy od půlky května nejmenší teplotu půdy vykazovala varianta s nepovaleňou hořčicí a největší teplotu holá půda. Ke konci měření mezi holou půdou a povaleňou hořčicí byly jen nepatrné rozdíly, ale varianta s nepovaleňou hořčicí vykazovala teplotu půdy nižší až o 5 °C.

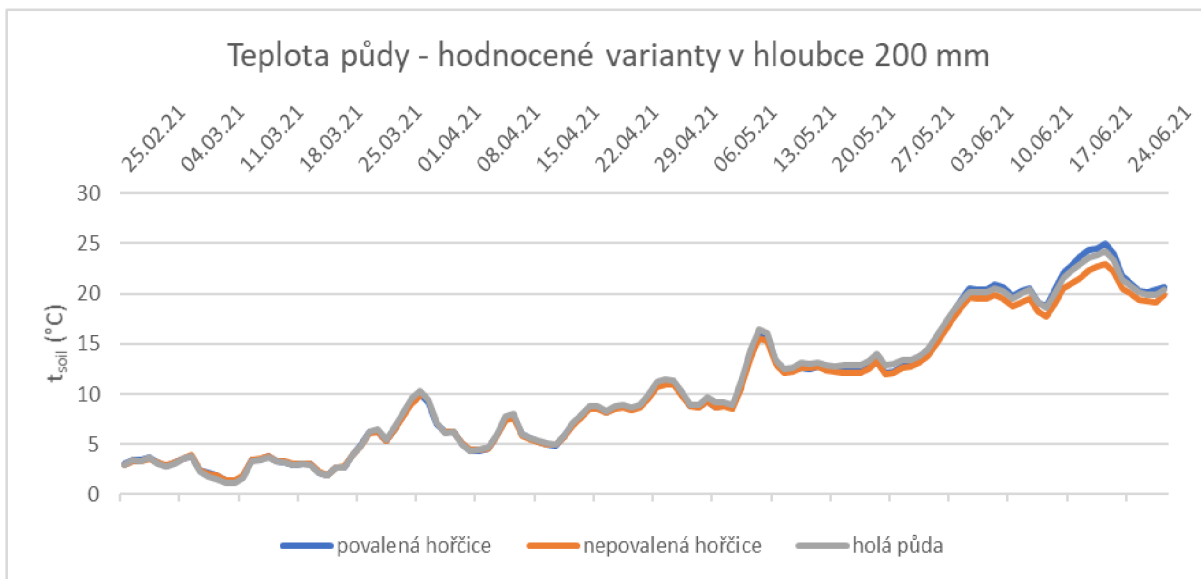
Z výsledných grafů lze říct, že varianta s nepovalenou hořčicí měla největší vliv na teplotu půdy, kdy oproti dalším sledovaným variantám dokázala její hodnotu snížit, zejména pak v hloubce půdy 50 mm.



Graf 4: Průměrné hodnoty teploty půdy (t_{soil} , °C) v hloubce půdy 50 mm na hodnocených variantách na lokalitě Kozojedy v období od 25. 2. 2021 až 28. 6. 2021.



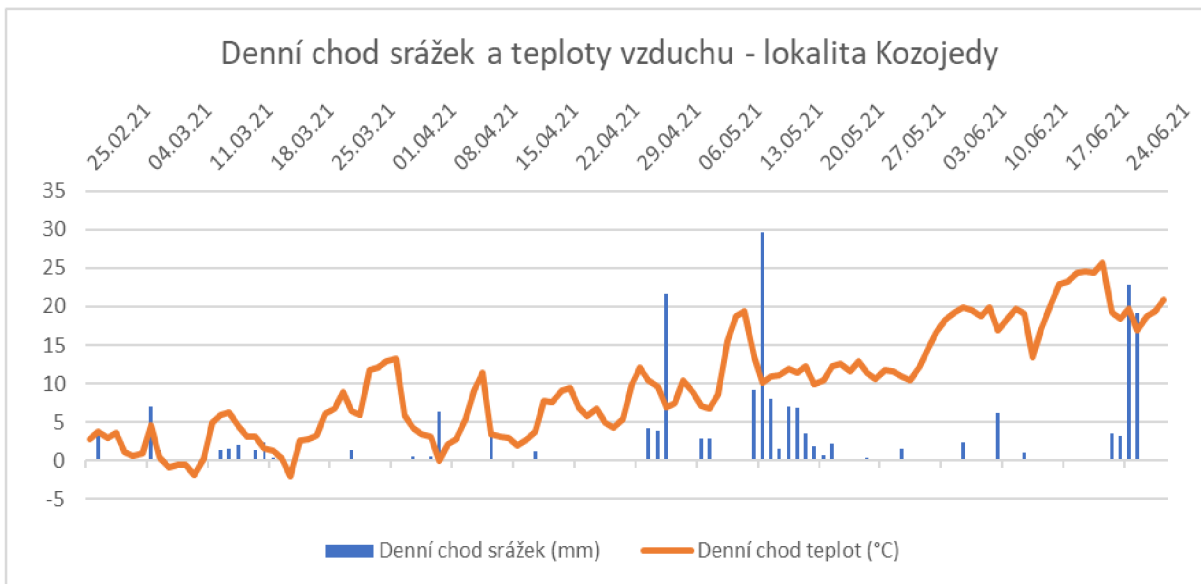
Graf 5: Průměrné hodnoty teploty půdy (t_{soil} , °C) v hloubce půdy 100 mm na hodnocených variantách na lokalitě Kozojedy v období 25. 2. 2021 až 28. 6. 2021.



Graf 6: Průměrné hodnoty teploty půdy (t_{soil} , °C) v hloubce půdy 200 mm na hodnocených variantách na lokalitě Kozojedy v období od 25. 2. 2021 až 28. 6. 2021.

5.3 Denní chod teploty vzduchu a srážek

Graf 7 zobrazuje denní chod teploty vzduchu a srážek v období měření od 25. 2. 2021 až 28. 6. 2021. Data byla získána z meteorologické sítě stanic ISIDOR, konkrétně ze stanice Kozojedy. <http://www.emsbrno.cz/p.axd/cs/Kozojedy.ISIDOR.html>



Graf 7: Průměrné denní hodnoty teploty vzduchu (°C) a srážek (mm) na lokalitě Kozojedy v období od 25. 2. 2021 až 28. 6. 2021.

5.4 Statistické vyhodnocení

5.4.1 Vodní potenciál půdy

Tabulka 1 dokumentuje průměrné denní hodnoty *SWP* (MPa) za sledovaná období v rámci hodnocených variant ve vrstvě půdy 50 až 70 mm. V obdobích spadajících do měsíce března a dubna byly statisticky nejnižší hodnoty *SWP* na variantě s nepovalenou hořčicí. Průměrné denní hodnoty *SWP* za sledované období se na hodnocených obdobích pohybovaly v rozmezí od -0,014 do -0,029 MPa.

varianta	období			
	6.3.-10.3.2021	15.3.-19.3.2021	22.4.-27.4.2021	17.5.-25.5.2021
	<i>SWP</i> (Mpa)			
kontrola	-0,029 b	-0,024 b	-0,023 ab	-0,018 a
nepovalená hořčice	-0,035 a	-0,029 a	-0,029 a	-0,014 b
povalená hořčice	-0,019 c	-0,018 c	-0,017 b	-0,015 b

Tab. 1: Průměrné hodnoty vodního potenciálu půdy (*SWP*, MPa) za vybraná období měření na hodnocených variantách na lokalitě Kozojedy ve vrstvě půdy 50 až 70 mm. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (ANOVA, Tukey).

Průměrné denní hodnoty *SWP* za sledovaná období v rámci hodnocených variant pro vrstvu půdy 100 až 120 mm dokládá tabulka 2. I zde statistické vyhodnocení vlivu varianty na průměrné hodnoty *SWP* za sledované období prokázalo v měsíci březnu statisticky nejnižší hodnoty na variantě s nepovalenou hořčicí. V měsíci dubnu a v květnu vykazovala nejnižší hodnoty *SWP* varianta s povalenou hořčicí bílou (tab. 2).

varianta	období			
	6.3.-10.3.2021	15.3.-19.3.2021	22.4.-27.4.2021	17.5.-25.5.2021
	<i>SWP</i> (Mpa)			
kontrola	-0,029 b	-0,021 b	-0,017 b	-0,015 b
nepovalená hořčice	-0,035 a	-0,029 a	-0,020 ab	-0,015 b
povalená hořčice	-0,019 c	-0,021 b	-0,022 a	-0,017 a

Tab. 2: Průměrné hodnoty vodního potenciálu půdy (*SWP*, MPa) za vybraná období měření na hodnocených variantách na lokalitě Kozojedy ve vrstvě půdy 100 až 120 mm. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (ANOVA, Tukey).

Tabulka 3 dokumentuje průměrné denní hodnoty *SWP* za sledovaná období v rámci hodnocených variant ve vrstvě půdy 200 až 220 mm. V obdobích spadajících do měsíce března byly statisticky nejnižší hodnoty *SWP* opět na variantě s nepovalenou hořčicí. Průměrné denní hodnoty *SWP* za sledované období se na hodnocených obdobích pohybovaly v rozmezí od -0,014 do -0,040 MPa.

varianta	období			
	6.3.-10.3.2021	15.3.-19.3.2021	22.4.-27.4.2021	17.5.-25.5.2021
SWP (Mpa)				
kontrola	-0,023 b	-0,022 b	-0,018 a	-0,017 a
nepovalená hořčice	-0,040 a	-0,036 a	-0,017 b	-0,016 b
povalená hořčice	-0,018 c	-0,018 b	-0,015 c	-0,014 c

Tab. 3: Průměrné hodnoty vodního potenciálu půdy (*SWP*, MPa) za vybraná období měření na hodnocených variantách na lokalitě Kozojedy ve vrstvě půdy 200 až 220 mm. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (ANOVA, Tukey).

5.4.2 Teplota půdy

Tabulka 4 znázorňuje průměrné denní hodnoty teploty půdy (°C) za sledovaná období v rámci hodnocených variant v hloubce půdy 50 mm. V hodnocených obdobích v měsících březen až duben nebyl prokázán průkazný vliv agrotechnického opatření na průměrné denní teploty půdy. V období od 17. 5. 2021 do 25. 5. 2021 byla průměrná denní teplota půdy statisticky průkazně nižší na variantě s nepovalenou hořčicí ve srovnání s průměry na ostatních variantách. Obdobné výsledky byly stanoveny i v hloubce půdy 100 m (tab. 5). Zde byl prokázán statisticky průkazný vliv na teplotu půdy na kontrolní variantě, kde teplota půdy zde byla ve srovnání s ostatními variantami statisticky průkazně vyšší (tab. 5).

varianta	období			
	6.3.-10.3.2021	15.3.-19.3.2021	22.4.-27.4.2021	17.5.-25.5.2021
t_{soil} (°C)				
kontrola	0,7 a	2,7 a	9,2 a	13,5 b
nepovalená hořčice	1,1 a	2,9 a	9,0 a	11,1 a
povalená hořčice	1,0 a	2,8 a	9,2 a	12,9 b

Tab. 4: Průměrné hodnoty teploty půdy (°C) za vybraná období měření na hodnocených variantách na lokalitě Kozojedy v hloubce půdy 50 mm. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (ANOVA, Tukey).

varianta	období			
	6.3.-10.3.2021	15.3.-19.3.2021	22.4.-27.4.2021	17.5.-25.5.2021
	t _{soil} (°C)			
kontrola	1,0 a	2,9 a	9,1 a	13,4 b
nepovalená hořčice	1,4 a	3,0 a	8,8 a	12,7 a
povalená hořčice	1,5 a	3,0 a	9,0 a	12,8 a

Tab. 5: Průměrné hodnoty teploty půdy (°C) za vybraná období měření na hodnocených variantách na lokalitě Kozojedy v hloubce půdy 100 mm. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (ANOVA, Tukey).

Průměrné denní hodnoty teploty půdy za sledovaná období v rámci hodnocených variant pro hloubku půdy 200 mm dokládá tabulka 6. V hodnocených obdobích v měsících března až dubna nebyl prokázán průkazný vliv agrotechnického opatření na průměrné denní teploty půdy. V období od 17. 5. 2021 do 25. 5. 2021 byla průměrná denní teplota půdy statisticky průkazně vyšší na kontrolní variantě.

varianta	období			
	6.3.-10.3.2021	15.3.-19.3.2021	22.4.-27.4.2021	17.5.-25.5.2021
	t _{soil} (°C)			
kontrola	1,6 a	3,1 a	8,7 a	13,1 b
nepovalená hořčice	1,8 a	3,2 a	8,5 a	12,4 a
povalená hořčice	1,8 a	3,1 a	8,6 a	12,6 a

Tab. 6: Průměrné hodnoty teploty půdy (°C) za vybraná období měření na hodnocených variantách na lokalitě Kozojedy v hloubce půdy 200 mm. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (ANOVA, Tukey).

5.5 Pokryvnost povrchu půdy

V rámci pokusu byly také sledovány rozdíly v pokryvnosti povrchu půdy a její změna v čase u porostů s povalenou hořčicí a hořčicí nechanou v přirozeném stavu. Tabulka 7 se statistickým vyhodnocením uvádí, že při prvním měření 2. 12. 2020 vykazovala povalená hořčice o 38 % větší pokryvnost a při druhém měření 24. 2. 2021 o 10 % vyšší pokryvnost než hořčice ponechaná v přirozeném stavu. Zároveň stojící hořčice vykazovala o 4 % větší pokles pokryvnosti při únorovém měření vůči podzimnímu termínu než hořčice povalená.

stav porostu	pokryvnost povrchu půdy v %		pokles v % vůči podzimnímu termínu
	02.12.2020	24.02.2020	
stojící hořčice	61,4 a	31,6 a	51,4
povalená hořčice	89,1 b	42,3 b	47,4

Tab. 7: Pokryvnost povrchu půdy rostlinami hořčice bílé v závislosti na stavu porostu (nepovalený, povalený váleci) v termínech 2. 12. 2020 a 24. 2. 2021. Odlišné průměry v rámci sloupce dokládají statisticky průkazný rozdíl na hladině spolehlivosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

6 Diskuze

Pěstování meziplodin v meziřadí chmelnic představuje významnou součást pěstování chmele a přináší řadu výhod. Mezi nejdůležitější aspekty patří využití meziplodin jako zelené hnojení, kdy nahrazují organické hnojení, dále jako protierozní ochrana, podpora biodiverzity chmelnice, snížení výparu nebo zvýšení využití energie slunečního záření (Vejška et al. 2017). Má bakalářská práce zkoumá vliv meziplodin na teplotu půdy a vodní potenciál půdy v rámci pokusu ve chmelnici v Kozojedech. Před začátkem pokusu byla dána hypotéza, která předpokládala, že rozdílné vegetační pokryvy půdy, konkrétně porosty vymrznuté hořčice bílé, budou vykazovat odlišný vliv na teplotu a vodní potenciál půdy ve srovnání s holou půdou.

Vodní potenciál půdy byl sledován z důvodu, že je důležitým faktorem ovlivňující příjem vody a živin rostlinou a klíčení rostlin (Larcher 1988; Evans & Etherington 1990). Obecným předpokladem přítomnosti mulče je, že dokáže omezit výpar a tím zvýšit vlhkost půdy (Ramakrishna et al. 2006), což by mělo vést ke zvýšení hodnot vodního potenciálu nebo jejich pomalejšímu poklesu při sušším období. Ze získaných výsledků lze tento předpoklad potvrdit, jelikož varianty s ponechaným mulčem nevykazovaly větší snížení vodního potenciálu než u kontrolní varianty s holou půdou, naopak na sušší období začaly ve všech hloubkách reagovat později než holá půda. V rámci porovnání povalené a nepovalené hořčice bílé vykazovala ve všech vrstvách půdy lepší výsledky nepovalená hořčice. Rozdíly v hodnotách byly pozorovatelné zejména ke konci měření v průběhu června, což bylo způsobeno pravděpodobně rychlejším rozkladem mulče z důvodu kontaktu s půdou a větším poškozením od projíždějící techniky. Vodní potenciál během jara v zásadě nekolísá z důvodu vlhkého a studeného jara, což potvrdilo i statistické hodnocení vlivu jednotlivých variant na hodnotu *SWP* ve vybraných obdobích v měsících března až květen. To poukázalo na rozdíly mezi průměrnými hodnotami *SWP*, kdy se však hodnoty pohybovaly v rozmezí od -0,014 až do -0,040 MPa, u kterých nelze z agrotechnického pohledu předpokládat, že v daných vrstvách půdy budou mít vliv na případný následný vývoj vysetých druhů do meziřadí, či na rozvoj plevelů (Brant et al. 2019). Za limitující hodnoty *SWP* ve vztahu k rozvoji rostlin a ke klíčení semen lze totiž považovat hodnoty kolem -1 MPa až po hraniční hodnoty -1,5 MPa, kdy jsou rostliny ve velkém vodním stresu a začínají vadnout a odumírat (Larcher 1988).

Obdobně jako u vodního potenciálu půdy, byla teplota půdy sledována z důvodu, že představuje důležitý činitel ovlivňující jak vlastnosti půdy, tak i růst a vývoj rostlin (Onwuka 2016). V rámci výsledků z měření teploty půdy lze potvrdit tvrzení (Daliya et al. 2007), že ponechaný mulč by měl snižovat její hodnoty, ovšem míra ovlivnění hodnot teploty půdy je závislá i na dalších faktorech. Prvním z nich je hloubka měření, kdy největší pokles teploty půdy oproti kontrolní variantě byl zaznamenán v hloubce 50 mm, s klesající hloubkou půdy se snižoval rozdíl hodnot mezi zkoumanými variantami. Dále důležitým faktorem je průběh počasí, zejména pak teplota vzduchu a intenzita slunečního záření (Wu & Nofziger 1999). Varianty z důvodu chladného jara nevykazovaly mezi sebou prakticky žádné rozdíly, ty se projeví až se zvýšením teplot vzduchu od půlky května. Posledním činitelem je množství přítomného mulče a jeho rozklad (Onwuka 2016), kdy ke konci měření docházelo mezi variantami s povalenou a nepovalenou hořčicí k větším teplotním rozdílům, v hloubce 50 mm až k rozdílu

5 °C. Tento jev lze vysvětlit menším zastoupením mulče na variantě s povalenou hořčicí, z důvodu jeho většího rozkladu během jara.

Zároveň bylo provedeno statistické hodnocení, které nepotvrdilo zásadní vliv daného způsobu pokrytí půdy mulčem na teplotu půdy v hodnocených vrstvách půdy ve srovnání s kontrolní variantou v období od března do dubna, kdy rozdíly mezi porovnávanými průměry nebyly v období statisticky průkazné. Tuto skutečnost lze vysvětlit důležitostmi již výše zmíněných faktorů jako je nižší přítomnost mulče na povrchu půdy a chladnější průběh jara, kdy chladné počasí vedlo k pomalejšímu či omezenému ohřevu půdy. Statisticky průkazné vyšší hodnoty teploty půdy byly stanoveny na ploše bez přítomnosti hořčice bílé (kontrolní varianta) ve sledovaném období ke konci května, a to v hloubkách 50, 100 a i 200 mm ve srovnání s plochami osetými na podzim hořčicí bílou. Zde lze předpokládat, že zvýšení intenzity slunečního záření v květnu se pozitivně projevilo na ohřevu půdy na ploše, kde nebyly žádné rostlinné zbytky po předchozím pěstování hořčice bílé.

V rámci pokusu byla zkoumána také rozdílnost pokryvnosti půdy mezi povaleným porostem a ponechaným v přirozeném stavu. Předpokladem povalení je vytvoření kompaktnější vrstvy mulče a tím zvýšení jeho pokryvnosti půdy (Brant et al. 2019). Z měření lze tento předpoklad potvrdit, jelikož povalený porost vykazoval vyšší pokryvnost, a to až o skoro 30 %, ale po vymrznutí před začátkem měření se rozdíl v pokryvnosti snížil. Povalení porostu tedy zvyšuje jeho pokryvnost, ale zároveň však zejména ke konci měření vykazovala lepší výsledky ohledně vlivu na teplotu a vodní potenciál půdy nepovalená hořčice, která měla na počátku měření menší pokryvnost. Lze se tedy domnívat, že kontakt povaleného porostu s půdou během jara zvyšoval rychlost jeho rozkladu, čímž se snižovala i jeho pokryvnost a vliv na vodní potenciál a teplotu půdy.

7 Závěr

- Z výsledků lze potvrdit stanovenou hypotézu, že rozdílné vegetační pokryvy půdy vykazují odlišný vliv na teplotu a hodnoty vodního potenciálu půdy v porovnání s holou půdou v meziřadí chmelnic.
- Porosty meziplodin lze nechat v meziřadí chmelnic přes zimu, aniž by v jarním období negativně působily na hodnoty teploty půdy a vodního potenciálu půdy.
- Porost nepovalené hořčice bílé prokazoval větší míru pozitivního ovlivnění teploty půdy a hodnot vodního potenciálu než porost povalené hořčice bílé.
- Míra ovlivnění je závislá na průběhu počasí, hloubce půdy a pokryvnosti půdy mulčem.
- Pro zvýšení pokryvnosti povrchu půdy lze doporučit povalení porostu hladkými válci.

8 Literatura

- Almaguer C, Schönberger C, Gastl M, Arendt EK, Becker T. 2014. Humulus Lupulus – a story that begs to be told. Review. Journal of The Institute of Brewing **vol. 120**: 289-314.
- Bianchi A, Masseroni D, Thalheimer M, Olivera de Medici L, Facchi A. 2017. Field irrigation management through soil water potential measurements: a review. Italian Journal of Agrometeorology **vol. 2**: 25-38.
- Bittelli M. 2010. Measuring Soil Water Potential for Water Management in Agriculture: A Review. Sustainability **vol. 2**: 1226-1251.
- Brant V, Balík J, Fuksa P, Hakl J, Holec J, Kasal P, Neckář P, Pivec J, Prokinová E. 2008. Meziplodiny. Kurent s.r.o., České Budějovice.
- Brant V, Hamouz P, Záborský P, Kroulík M, Škeříková M, Šmöger J, Tyšer L. 2019. Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. Agrární komora České republiky, Praha.
- Brant V, Ježek J, Kabelka D, Krofta K, Kroulík M, Procházka P, Vopravil J, Záborský P. 2021. Agrotechnika chmele ve vztahu k rozmístění kořenového systému. Agrární komora České republiky, Praha.
- Brant V, Kroulík M, Procházka P, Dreksler J, Krofta K, Kunte J, Matějka J. 2021. Cílené výsevy meziplodin do meziřadí chmelnice (1). Agromanuál **vol. 2021/2**: 117-119.
- Brant V. 2021. Základy zpracování půdy (10) - příprava půdy pro setí a sázení. Agromanuál **vol. 2021/11-12**: 88-91.
- Briggs DE, Boulton CA, Brookes PA, Stevens R. 2004. Brewing Science and practice. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Cambridge.
- Bukovičová O, Kovařík M. 2021. Český chmel 2021. (Žatec a krajina žateckého chmele usiluje o zápis na seznam Světového dědictví) Ministerstvo zemědělství, Praha.
- Daliya R, Ingwersen J, Streek T. 2007. The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil. Experimental findings and modeling. Soil and Tillage Research **vol. 96**: 52–63.
- Elias EA, Cichota R, Torraiani HH, De Jong Van Lier Q. 2004. Analytical soil temperature model: correction for temporal variation of daily amplitude. Soil Science Society of America Journal **vol. 68**: 784-788.
- Evans CE, Etherington RJ. 1990. The effect of soil water potential on seed germination of some British plants. New Phytologist **vol. 115**: 539-548.
- Gent DH, Nelson ME, Farnsworth JL, Grove GG. 2009. PCR detection of Pseudoperonospora humuli in air samples from hop yards. Plant Pathology **vol. 58**: 1081-1091.
- Gingrich GA, Hart JM, Christensen NW. 2000. Hops. Oregon University State, Oregon.
- Hassink J, Whitmore AP. 1997. A model of the physical protection of organic matter in soil. Soil Science Society of America Journal **vol. 61**: 131–139.

- Holý K, Procházka P, Štranc J, Štranc D, Štranc P. 2017. Integrovaná ochrana chmele. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Horejsek J, Zich M. 1990. Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Chmelařský institut s.r.o. 2012. Atlas českých odrůd chmele. Chmelařský institut s.r.o., Žatec.
- Iskra AE, Lafontaine SR, Trippe KM, Massie ST, Phillips CL, Twomey MC, Shellhammer TH, Gent DH. 2019. Influence of Nitrogen Fertility Practices on Hop Cone Quality. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* **vol. 77**: 199-209.
- Ježek J, Klapal I, Krofta K, Nesvadba V, Patzak J, Pokorný J, Svoboda P, Veselý F, Vostřel J. 2015. Příručka pro pěstitele chmele. Chmelařský institut s.r.o., Žatec.
- Kincl D, Kabelka D, Srbek J, Čáp P, Petrů A, Petera M, Krofta K, Pokorný J. 2018. Půdoochranné technologie pro pěstování chmelu. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.
- Kopecký J, et al. 2008. Zakládání chmelnic hybridními odrůdami. Chmelařský institut s.r.o., Žatec.
- Krofta K, Ježek J, Křivánek J, Pokorný J, Pulkrábek J, Vostřel J, Klapal I. 2012. Integrovaný systém pěstování chmele. *Časopis Chmelařství*, Praha.
- Krofta K, Ježek J. 2010. The effect of time of cutting on yield and the quality of the hop hybrid varieties Harmonie, Rubín and Agnus. *Plant, Soil and Environment* **vol. 56**: 564-569.
- Krofta K, Míkyška A, Kovařík M. 2021. Český chmel 2021. (Perspektivy pěstování Žateckého červeňáku v České republice v podmínkách očekávaných změn klimatu) Ministerstvo zemědělství, Praha.
- Křivánek J, Pulkrábek J, Chaloupský R, Kudrna T, Pokorný J. 2008. Response of the Czech hybrid hop cultivar Agnus to the term of pruning, depth of pruning and number of trained bines. *Plant, Soil Environment* **vol. 54**: 471-478.
- Larcher W. 1988. Fyziologická ekologie rostlin. Academia, Praha.
- Lehnert M. 2014. Factors affecting soil temperature as limits of spatial interpretation and simulation of soil temperature. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis – Geographica* **vol. 45**: 5-21.
- Lipecki J, Berbec S. 1997. Soil management in perennial crops: orchards and hop gardens. *Soil & Tillage Research* **vol. 43**: 169-184.
- Mahaffee W, Pethybridge SJ, Gent DH. 2009. Compendium of hop diseases and pests. The American Phytopathological, Minneapolis.
- Michael BC, Burke JJ. 1998. Soil temperature and root growth. *Horticultural Science* **vol. 33**: 947-951.
- Moir M. 2020. Hops – A Millennium Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists* **vol. 58**: 131-146.

- Nesvadba V, Charvátová J, Vostřel J, Werschallová M. 2020. Evaluation of Czech hop cultivars since 2010 till 2019. *Plant, Soil and Environment* **vol. 66**: 658–663.
- Olšovská J, Boštíková V, Dušek M, Jandovská V, Bogdanová K, Čermák P, Boštík P, Mikyska A, Kolář M. 2016. *Humulus lupulus* L. (hops) – a valuable source of compounds with bioactive effects for future therapies. *Military Medical Science Letter* **vol. 85**:
- Onwuka BM. 2016. Effects of soil temperature on Some Soil properties and plant growth. *Scholarly Journal of Agricultural Science* **vol. 6**: 88-93.
- Paschold PJ, Mohammed A. 2003. Irrigas: A new simple soil moisture sensor for irrigation scheduling. *Journal of Applied Irrigation Science* **vol. 38**: 22-28.
- Pastyřík V. 1989. Chmelařství. Výstavnictví zemědělství a výživy České Budějovice, České Budějovice.
- Poesen J, Nachtergaele J, Verstraeten G, Valentin C. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena* **vol. 50**: 91-133.
- Ramakrishna A, Minh Tam H, Wani SP, Dinh Long T. 2006. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crop Research* **vol. 95**: 115-125.
- Ramírez-García J, Carrillo JM, Ruiz M, Alonso-Ayuso M, Quemada M. 2015. Multicriteria decision analysis applied to cover crop species and cultivars selection. *Field Crops Research* **vol. 175**: 106-115.
- Rybáček V, Procházka O, Máša JA. 1991. Hop Production. Elsevier, Amsterdam.
- Rybáček V. 1980. Chmelařství. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Shock CC, Wang FX. 2011. Soil Water Tension, a Powerful Measurement for Productivity and Stewardship. *HortScience* **vol. 46**: 178-185.
- Sobotík M, Graf T, Himmelbauer M, Bodner G, Bohner A, Loiskandl W. 2018. In-situ root system characterization of hop and maize via soil profile excavation. *Journal of Land Management, Food and Environment* **vol. 69**: 121-130.
- Šnobl J, Štaund J, Vašák J, Zimolka J. 2004. Rostlinná výroba IV. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Štranc J, Štranc P, Štranc D. 2013. Zásady správné agrotechniky chmele a analýza příčin velkého úhynu chmele na jaře roku 2012. Kurent s.r.o., Praha.
- Štranc P, Štranc J, Jurčák J, Štranc D, Pázler B. 2007. Řez chmele odrůdy Žatecký poloraný červeňák v podmínkách ČR. Kurent, s.r.o., Praha.
- Štranc P, Štranc J, Štranc D, Ledvina R. 2008. Zpracování půdy ve chmelnicích. Kurent s.r.o., Praha.
- Toselli M, Flore JA, Marogoni B, Masia A. 1999. Effects of root-zone temperature on nitrogen accumulation by non-breeding apple trees. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* **vol. 74**: 118-124.

- Turner SF, Benedict CA, Darby H, Hoagland LA, Simonson P, Serrine R, Murphy KM. 2011. Challenges and Opportunities for Organic Hop Production in the United States. *Agronomy Journal* **vol. 103**: 1645-1654.
- Vavera R, Křivánek J, Pechová M. 2017. Výživa a hnojení produkčních chmelnic. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Vejražka K, Holý K, Křivánek J, Vavera R, Kudrna T, Procházka P. 2017. Pěstování podplodin v meziřadí chmelnic. *Zemědělský výzkum, spol. s.r.o., Olomouc*.
- Wample RL, Farrar SL. 1983. Yield and quality of furrow and trickle irrigated hop (*Humulus Lupulus L.*) in Washington State. *Agriculture Water Management* **vol. 7**: 457-470.
- Wanic M, Żuk-Gołaszewska K, Orzech K. 2019. Catch crops and the soil environment – a review of the literature. *Journal of Elementology* **vol. 24**: 31-45.
- Wu J, Nofziger DL. 1999. Incorporating temperature effects on pesticide degradation into a management model. *Journal of Environmental Quality* **vol. 28**: 92-100.
- Yan L, Hangwen X. 2014. Effects of soil temperature, flooding and organic matter addition in N₂O emissions from a soil of Hongze lake wetland, China. *Journal of Soil Ecology* **vol. 29**:173-183.
- Żuk-Gołaszewska K, Wanic M, Orzech K. 2019. The role of catch crops in field plant production – a review. *Journal of Elementology* **vol. 24**: 575-58.

