

# Optimalizace zpracování půdy ve chmelnicích za účelem podpory infiltrace vody a ochrany půdy před degračnými procesy

Certifikovaná metodika



Jan Vopravil, Václav Brant, Milan Kroulík, David Kabelka, Karel Krofta,  
Jiří Dreksler, Pavel Procházka, David Kincl, Petr Zábranský

2022



Výzkumný ústav meliorací  
a ochrany půdy, v.v.i.



Česká  
zemědělská  
univerzita  
v Praze

CPZ  
ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE



# **Optimalizace zpracování půdy ve chmelnicích za účelem podpory infiltrace vody a ochrany půdy před degradačními procesy**

Certifikovaná metodika

## **Autorský kolektiv:**

Doc. Ing. Jan Vopravil, Ph.D.

Doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.

Doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

Ing. David Kabelka, Ph.D.

Ing. Karel Krofta, Ph.D.

Ing. Jiří Dreksler

Ing. Pavel Procházka, Ph.D.

Ing. David Kincl

Ing. Petr Zábranský, Ph.D.

Metodika byla vytvořena jako výstup pro praxi v rámci projektu NAZV QK1910170: Zajištění dlouhodobé konkurenceschopnosti českého chmelařství na základě implementace principů precizního zemědělství a technologií smart farming.

### **Autorský kolektiv**

Doc. Ing. Jan Vopravil, Ph.D.	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.
Doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.	Česká zemědělská univerzita v Praze, Centrum precizního zemědělství při ČZU
Doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.	Česká zemědělská univerzita v Praze, Centrum precizního zemědělství při ČZU
Ing. David Kabelka, Ph.D.	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.
Ing. Karel Krofta, Ph.D.	Chmelařský institut s.r.o., Žatec
Ing. Jiří Dreksler	Česká zemědělská univerzita v Praze, Centrum precizního zemědělství při ČZU
Ing. Pavel Procházka, Ph.D.	Česká zemědělská univerzita v Praze, Centrum precizního zemědělství při ČZU
Ing. David Kincl	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.
Ing. Petr Zábranský, Ph.D.	Česká zemědělská univerzita v Praze, Centrum precizního zemědělství při ČZU

### **Oponenti:**

Oponent ze státní správy: Ing. Marie Perglerová, Ministerstvo zemědělství ČR  
Odborný oponent: Ing. Jaroslav Pochman

Certifikovaná metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR  
(osvědčení č.: MZE-48402/2022-14131)

**Vydavatel:** Kurent, s.r.o.

**Rok vydání:** 2022

**ISBN:** 978-80-88323-73-0

# Obsah

<b>I. Cíl metodiky</b> (Kabelka, Vopravil) .....	6
<b>II. Vlastní popis metodiky</b> (Kabelka) .....	6
II.1. Úvod (Kabelka) .....	7
II.1.1. Základní půdní vlastnosti, jejich funkce, význam a změny v důsledku hospodaření (Kabelka, Vopravil, Kincl) .....	7
II.1.1.1. <i>Objemová hmotnost</i> .....	8
II.1.1.2. <i>Zrnitost půdy</i> .....	8
II.1.1.3. <i>Struktura půdy</i> .....	9
II.1.1.4. <i>Pórovitost a retenční vodní kapacita</i> .....	9
II.1.1.5. <i>Organická hmota v půdě</i> .....	10
II.1.1.6. <i>Biologická aktivita půdy a živiny</i> .....	10
II.1.1.7. <i>Půdní reakce</i> .....	11
II. 1.2 Vliv zpracování půdy na degradační procesy (Kabelka, Kincl, Vopravil) ....	11
II.1.2.1. <i>Erozní procesy</i> .....	12
II.1.2.2. <i>Zhutnění půdy</i> .....	13
II.1.2.3. <i>Půdoochranné hospodaření</i> .....	16
II.1.3. Zpracování půdy při pěstování chmele (Kabelka, Kincl, Vopravil) .....	16
II.1.3.1. <i>Zpracování půdy před založením chmelnice</i> .....	16
II.1.3.2. <i>Zpracování půdy při obnově chmelnice</i> .....	17
II.1.3.3. <i>Zpracování půdy po dobu života chmelnice</i> .....	17
II.2. Biotické efekty rostlinných pokryvů (Brant, Procházka, Krofta) .....	19
II.2.1. Biologické zpracování půdy .....	19
II.2.2. Principy biologického zpracování půdy ve chmelnicích (Brant, Krofta, Kroulík, Záborský, Procházka) .....	21
II.2.2.1. <i>Systémy biologického zpracování</i> .....	21
II.2.2.2. <i>Biologické zpracování půdy v meziřadí chmelnic</i> .....	23
II.2.3. Funkce nadzemní biomasy vegetačních pokryvů (Brant, Dreksler, Procházka) .....	32
II.2.4. Biotické intenzifikace v meziřadí chmelnice (Brant) .....	38
II.3. Systémy ozelenění meziřadí (Brant, Procházka, Dreksler, Krofta) .....	39
II.3.1. Podzimní ozelenění meziřadí .....	40
II.3.2. Časné jarní ozelenění meziřadí .....	42
II.3.3. Pozdní jarní ozelenění meziřadí .....	42
II.3.4. Časné letní ozelenění meziřadí .....	44
II.3.5. Pozdně letní ozelenění meziřadí .....	47
II.3.6. Víceletý pokryv půdy v meziřadí (Procházka) .....	48

II.4. Systémy řízení vývoje vegetačních pokryvů (Brant) .....	51
II.4.1. Biologické principy .....	52
II.4.2. Abiotické regulační faktory .....	53
II.4.2.1. <i>Odolnost k nízkým teplotám</i> .....	53
II.4.2.2. <i>Světelné podmínky</i> .....	55
II.4.2.3. <i>Mechanické systémy regulace</i> .....	55
II.4.3. Technické prostředky pro mechanickou regulaci nadzemní biomasy ...	56
II.4.3.1. <i>Hladké válce</i> .....	57
II.4.3.2. <i>Mulčovače</i> .....	57
II.4.3.3. <i>Žací stroje</i> .....	58
II.4.3.4. <i>Řezné válce</i> .....	59
II.5. Popis a ověření nových technologických a technických řešení (Brant, Kroulík, Procházka, Dreksler) .....	60
II.5.1. Technické systémy pro zonální výsevy vícedruhových směsí .....	60
II.5.2. Technické prostředky pro souběžné zonální kypření a ozelenění meziřadí .....	61
II.5.3. Technologie regulace porostů řeznými válci .....	63
II.5.4. Technologie cíleného zonálního výsevu pro pozdní jarní ozelenění ...	63
II.5.4.1. <i>Ověřování technologie v roce 2020</i> .....	64
II.5.4.2. <i>Ověřování technologie v roce 2021</i> .....	69
II.5.5. Dlouhodobé pokrytí půdy v meziřadí pomocí podzimního ozelenění ...	71
<b>III. Srovnání novosti postupů</b> (Kabelka) .....	81
<b>IV. Popis uplatnění metodiky</b> (Kabelka) .....	81
<b>V. Ekonomické aspekty</b> (Krofta, Kabelka) .....	82
<b>VI. Seznam literatury</b> .....	84
<b>VII. Seznam publikací a prezentace výsledků, které předcházely metodice</b> .....	89

## I. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout ucelený návod a představit dosavadní poznatky týkající se hospodaření ve chmelnicích s využitím meziplodin v meziřadí. Zvláštní pozornost je věnována možnostem zpracování půdy v případě ozelenění meziřadí a dále pak způsobům zakládání porostů meziplodin. Optimalizace stávajících a zavádění nových technologických postupů vyžaduje i dostupnost vhodné agrotechniky. Proto je část metodiky věnována agrotechnickým prostředkům, pomocí kterých je možné úspěšně uplatňovat nově představené technologie zpracování půdy v meziřadí. Technologie založené na principech biologického zpracování půdy uvedené v metodice patří mezi tzv. půdoochranné. V důsledku jejich využívání dochází ke snižování rozsahu degradačních procesů ve srovnání s klasickými postupy obhospodařování chmelnic, které se do budoucna jeví jako neudržitelné.

## II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

Metodika se snaží systematickým způsobem popsat optimalizovanou technologii zpracování půdy ve chmelnicích. Celkově můžeme metodiku rozdělit na dvě základní části. První část je zaměřena na obecný popis půdy a její vlastnosti. Jedna z kapitol se věnuje nejčastějším degradačním procesům, které se ve chmelnicích běžně vyskytují, tedy vodní erozi a nadměrnému zhutnění. Obecná část je zakončena kapitolou o zpracování půdy v průběhu roku. Smyslem obecného úvodu je snaha o zdůraznění důležitosti dobrého stavu půdy. Výběrem vhodné technologie pak můžeme celkovou kvalitu půdy výrazně ovlivnit. Naznačeny jsou i případné problémy, které se mohou při hospodaření ve chmelnicích vyskytnout.

Následuje praktická část věnující se již konkrétním způsobům cíleného a biologického zpracování půdy, včetně využití meziplodin. V metodice jsou podrobně popsány biotické efekty rostlinných pokryvů a funkce nadzemní biomasy v meziřadí. Porost meziplodin lze zakládat v různých časových obdobích v průběhu roku. Proto je metodika zaměřena i na tuto problematiku. V závěrečné části jsou představeny technologické prostředky, pomocí kterých je možné technologii ozeleněného meziřadí chmelnic uplatňovat v praxi.

## II.1. ÚVOD

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) patří mezi vytrvalé pravotočivé liány a na jednom pozemku může být pěstován i více než 20 let. Pěstování chmele má v České republice významné hospodářské postavení. Chmel je důležitou technickou plodinou pěstovanou především pro sklizeň hlávek, které jsou nezbytnou součástí procesu výroby piva, protože mu dávají charakteristickou nahořklou chuť. Chmelu vyhovují těžší, hlinité až jílovitohlinité půdy s dostatečnou hloubkou ornice a nižší hladinou spodní vody. V rámci České republiky rozlišujeme tři základní chmelářské oblasti vhodné pro pěstování chmele: Žatecko, Ústěcko a Tršicko. Současná produkce ve chmelnicích, přestože je vysoce efektivní, funguje na postupech, které se příliš nezabývají ochranou půdy. Intenzifikace hospodaření při pěstování chmele sice umožňují dosažení vysokých výnosů, nicméně z dlouhodobého hlediska je tento systém pouze obtížně udržitelný.

V dnešní době se začíná stále více zemědělských subjektů vracet k primární podstatě zemědělství, tedy k tomu, že základem dlouhodobého a úspěšného hospodaření musí být úrodná půda. Půda je tradičně považována za výrobní prostředek, který vytváří prostředí pro růst zemědělských plodin. Nicméně aby mohla půda plnit svoji produkční funkci, musí obsahovat dostatek živin a mít odpovídající strukturu. Proto by jedním z hlavních cílů při hospodaření měla být snaha udržet půdu v dobrém stavu. Pro konvenčně obhospodařované chmelnice je však typický častý výskyt celé řady degradačních procesů. Ty v dlouhodobém měřítku narušují půdní rovnováhu, což následně negativně působí na celkový stav půdy.

Mezi jedno z nejdůležitějších agrotechnických opatření ovlivňující půdní vlastnosti můžeme zcela jistě zařadit zpracování půdy. Zpracováním půdy označujeme soubor operací pomocí kterých jsou měněny vlastnosti zpracovávané vrstvy půdy s cílem podpory růstu hlavní plodiny. Vhodně zvoleným agrotechnickým postupem lze ovlivnit vodní, vzdušný a tepelný režim půdy či biologickou aktivitu. To se při dlouhodobém uplatňování pozitivně projevuje na celkovém stavu půdy. Cílem této metodiky je proto snaha představit modifikovaný postup hospodaření ve chmelnicích, který více zohledňuje ekologické hledisko. V zásadě se jedná o efektivnější využití srážkové vody pomocí cíleného kypření a o přísun organické hmoty do půdy v podobě ozeleněného meziřadí.

### II.1.1. ZÁKLADNÍ PŮDNÍ VLASTNOSTI, JEJICH FUNKCE, VÝZNAM A ZMĚNY V DŮSLEDKU HOSPODAŘENÍ

Základem trvale udržitelné zemědělské činnosti je dlouhodobě úrodná půda schopná reagovat na nepříznivé působení vnějších podmínek. Během zemědělské činnosti by proto měl být kladen důraz na to, aby základní půdní vlastnosti byly co nejméně zasaženy degradačními procesy. K dosažení tohoto stavu je potřeba využívat takové technologické postupy, které budou zohledňovat jak ekonomické hledisko hospodaření, ale rovněž i ekologické. Aby mohlo být hospodaření označeno za trvale udržitelné, je nezbytné zachovávat půdní vlastnosti v optimálním stavu. Z tohoto důvodu se následující podkapitoly věnují jednotlivých půdním vlastnostem a jejich změnám v důsledku degradace s cílem přiblížit jejich význam a důležitost.

Ve chmelnicích, ale i obecně při hospodaření na zemědělské půdě, dochází časem k postupně změně prostorového uspořádání půdy. Mezi hlavní důvody patří kultivace půdy a degradační procesy. Z pohledu degradačních procesů pak prostorové uspořádání ovlivňuje zejména působení vodní eroze. Intenzita redistribuce půdních částic způsobená vodní erozí, tedy transport a následná sedimentace materiálu, je dána charakterem terénu území a zvyšuje se ve výrazně členitém terénu. V případě, že je pozemek chmelnic dlouhodobě zasažen erozními procesy, dochází ke snižování vrchního orničního horizontu a postupně jsou kultivovány stále hlubší vrstvy půdního profilu. Pokud je holá půda v meziřadí chmelnic, typická pro konvenční hospodaření, zasažena silnými přívalovými srážkami, může dojít k výraznému snížení orniční vrstvy během relativně krátké doby. Vzhledem k tomu, jak dlouho se tvoří jeden centimetr krychlový kvalitní půdy, by měl být kladen mnohem větší důraz na ochranu půdy i v případě vytrvalých kultur.

### **II.1.1.1. Objemová hmotnost**

Objemová hmotnost půdy je značně dynamickou půdní vlastností, často se mění v závislosti na vlhkosti v půdě a zpravidla směrem do hloubky půdního profilu se zvyšuje. Šimek (2007) udává objemovou hmotnost půdy jako hmotnost jednotky objemu půdy v neporušeném stavu. Zahrnuje tedy jak pevné částice, tak póry (vyplněné vodou i vzduchem). Půdy s vyšší pórovitostí mají obecně objemovou hmotnost nižší než půdy, které jsou kompaktnější a mají méně pórů. Význam objemové hmotnosti spočívá v ovlivňování důležitých fyzikálních vlastností půdy, ale má vliv i na některé biologické a chemické vlastnosti. Například zvýšení objemové hmotnosti zvyšuje zastoupení pevné fáze půdy, tedy tvrdost a zhutnění. Tyto změny snižují celkovou pórovitost, vzdušnou kapacitu, propustnost pro vodu a vzduch, zhoršují podmínky pro zakořeňování rostlin a rozvoj jejich kořenového systému (Fulajtár, 2006). Chmel potřebuje vzhledem k rozsáhlému kořenovému systému těžší, hluboké a úrodné půdy. Ty však podléhají silnému zhutnění, které bývá umocněno častými pojezdy zemědělské techniky. Proto se nejvyšší hodnoty objemové hmotnosti vyskytují právě v prostoru kolejových stop. I v důsledku působení vodní eroze dochází ke změnám v objemové hmotnosti. Jejím působením dochází k postupnému přemisťování půdních částic, čímž je ovlivněna objemová hmotnost.

### **II.1.1.2. Zrnitost půdy**

Zrnitost půdy ovlivňuje celou řadu půdních vlastností, jako je: struktura, pórovitost, vzdušná a vodní kapacita, propustnost pro vodu a vzduch, přilnavost, plasticita, půdní sorpce, tepelný režim, biologická činnost aj. Mezi základní zrnitostní frakce patří písek, prach a jílu. Písečná frakce má hrubé póry, které mají vysokou propustnost pro vodu a vzduch. Jedná se o přirozenou drenáž a umožňuje lepší filtraci vody (Valla a kol., 2000). Hrubý prach má příznivé fyzikální, chemické a biologické vlastnosti, zlepšuje přirozenou drobovost a rozpad velkých agregátů (Kozák a kol., 2002). Střední a jemný prach vyvolává spolu s jílem sníženou permeabilitu půdy (Valla a kol., 2000). Jíl je velmi důležitou frakcí a určuje fyzikální a fyzikálně-chemické vlastnosti půdy. Fulajtár (2006) zdůrazňuje výjimečnou vlastnost jílu, kterou je jeho velký měrný povrch. Právě na něm probíhá řada důležitých chemických a fyzikálně-chemických reakcí a procesů. Jíl je dů-



ležitý například pro strukturu půd, kdy působí jako tmelící látka agregátů. Na povrchu půdních částic vytváří tenký povlak, který udržuje malé částice a agregáty pohromadě.

Dlouhodobá degradace půdy působená vodní erozí má vliv na zrnitostní složení. To se mění směrem po svahu. Obecně jsou nejprve odnášeny jemnější částice půdy a až následně s rostoucí transportní silou povrchového odtoku jsou odnášeny těžší půdní částice. Díky této skutečnosti je měněno zrnitostní složení jak v místě smyvu, tak i v částech, kde dochází k ukládání transportovaného materiálu. V akumulaci části je předpokládán nárůst jílové frakce vlivem odnosu jemnějších částic (Ebeid a kol., 1995).

### **II.1.1.3. Struktura půdy**

Zatímco půdní zrnitost vypovídá o velikosti jednotlivých částic, půdní struktura popisuje jejich prostorové uspořádání. V případě struktury se sleduje především uspořádání půdních částic do strukturních elementů, tzv. agregátů. Ty významně ovlivňují pórovitost půdy, hydraulické vlastnosti půdy (Wollny, 1898; Rohošková a Valla, 2004), vzdušný režim půdy, její teplotní charakteristiky a samozřejmě pohyb vody a rozpuštěných látek půdním profilem (Kodešová a kol., 2009). Stabilita půdních agregátů vypovídá o celkovém stavu půdní struktury a přímo či nepřímo ovlivňuje další půdní vlastnosti. Může tedy být jedním z ukazatelů degradace půdy (Cerda, 2000). Navíc úzce souvisí s povrchovým odtokem a erozí půdy. Půda s vhodnou strukturou je mnohem odolnější vůči ztuhnutí, erozi a dalším degradačním procesům. Nestabilní struktura naopak negativně působí na půdní vlastnosti. Vytvořené půdní agregáty s nevhodnou strukturou se v případě výskytu deště snadno rozplavují, je snížena infiltrace vody do půdy a zvýšen povrchový odtok (Bronick a Lal, 2005).

### **II.1.1.4. Pórovitost a retenční vodní kapacita**

Pórovitost lze jednoduše charakterizovat podle velikosti, tvaru a distribuce pórů. Póry o průměru větším než 30-50  $\mu\text{m}$  se nazývají makropóry, menší než 30-50  $\mu\text{m}$  mikropóry. Toto dělení souvisí s jejich funkcí. Makropóry dovolují rychlý pohyb vody, např. průsak při silném dešti nebo závlaze (Šimek, 2007). Další klasifikace třídí pórovitost na pórovitost celkovou, kapilární a nekapilární. Optimální zastoupení kapilárních pórů je přibližně 2/3 z celkové pórovitosti. Vyšší zastoupení kapilárních pórů zpomaluje infiltraci povrchové vody do půdy a zvyšuje povrchový odtok. Obsah pórů v půdě má vliv na vlastnosti vody obsažené v půdě a na rychlost pohybu vody půdou, tedy na její infiltraci. Pórovitostí je kromě hydrologických vlastností ovlivněna i intenzita migrace vzduchu v půdě (Janeček, 1999). V pórech se rozvíjí kořenový systém rostlin a na jejich kvalitě závisí následný růst plodin a celková úroda (Kutílek, 1966). Nízký obsah pórů nebo jejich nevyhovující velikost brzdí a v extrému i znemožňuje vývoj kořenového systému (Janeček, 1999). Ve chmelnicích by proto měla být dostatečně porézní půda základem. Celková pórovitost závisí na zrnitostním složení, struktuře půdy či obsahu humusu a souhrnně odráží fyzikální stav půdy (Fulajtár, 2006).

S pórovitostí úzce souvisí retenční vodní kapacita. Retenční vodní kapacita je vlhkost půdy na hranici mezi kapilární a gravitační vodou a vyjadřuje maximální množství vody, které je půda po nadměrném zavlažení schopna svými kapilárními silami zadržet. Jedná se o velmi důležitý ukazatel přímo ovlivňující produkční schopnost půd (Houšková, 2000). Voda, jenž se v průběhu srážek nevsákne do půdy a převyší retenční kapacitu půdy, odtéká jako povrchový odtok společně s erodovanou půdou, resp. na rovinatých pozemcích zůstává na povrchu půdy až do následné infiltrace a výparu. Ztráta vody způsobená povrchovým odtokem závisí na intenzitě a délce dešťů, na sklonu svahu, velikosti pozemku a na infiltrační kapacitě půdy (Fulajtár, 2006). Snahou člověka by mělo být zvyšování retenčních vlastností půdy a zadržovat vodu přímo v místě dopadu srážek.

### ***II.1.1.5. Organická hmota v půdě***

Půdní organická hmota hraje velkou roli v půdní úrodnosti díky jejímu vlivu na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půd (Quiroga a kol., 2006). Je podmínkou existence velmi bohaté a diversifikované půdní bioty a má velký význam jako zásobárna energie a živin pro edafon a rostliny. Ovlivňuje sorpční a iontovýměnné vlastnosti, tvorbu strukturních agregátů či vzdušný, vodní a tepelný režim půdy. Důležitou vlastností organické hmoty je schopnost poutat více vody, než sama váží (Janeček, 1999). Nedostatečný obsah půdní organické hmoty může během intenzivních dešťů vést k nižší infiltraci a hydraulické vodivosti, jejichž následkem jsou zvýšený odtok a nadměrná eroze půdy (Masri a Ryan, 2006). Kabelka a kol. (2019) uvádí, že obsah organické hmoty se na zasaženém pozemku snižuje s rostoucími erozními projevy. Ta je postupně vyplavována a erodovaný pozemek se stává méně úrodným. Proto by měl být kladem důraz na dodávání dostatečného množství organické hmoty do půdy i ve chmelnicích. Jednou z ideálních variant, jak obohatit půdu o organickou hmotu, je pěstování meziplodin v meziřadí.

### ***II.1.1.6. Biologická aktivita půdy a živiny***

V úrodném půdním prostředí žije obrovské množství různých organismů. Tyto organismy představují pouze malou část půdy, ale jejich význam pro kvalitu a zdraví půd je nenahraditelný. Souhrnně jsou označovány jako edafon a jeho přítomnost je nezbytná pro zajišťování jednotlivých půdních funkcí. Zároveň se podílejí na spoluvytváření samotné půdy. Bez nich by Země měla zvětralou zemskou kůru, atmosféru i vodu, ale neměla by půdu. Půdní edafon je možné rozdělit na základě několika kritérií. Jedním z nich je velikost, podle které se půdní organismy dělí na mikroedafon, mezoedafon, makroedafon a megaedafon. Nejvíce je v půdě zastoupen mikroedafon neboli mikroorganismy. Pro jejich růst a aktivitu je jedním ze zásadních faktorů dostupnost vody a organické hmoty, odkud přijímají živiny a další nezbytné látky. Rozmístění mikroorganismů v půdě je nepravidelné a pro naprostou většinu je potravou organická hmota. Jejich rozmístění tedy zpravidla kopíruje rozmístění organické hmoty. Podobně jako rostliny i mikroorganismy přijímají dusík a fosfor z půdního roztoku v minerálních formách, ale také ve formách organických (aminokyseliny, nízkomolekulární peptidy, nukleotidy atd.). Typická je pro ně velká metabolická diverzita, díky které může půdní společenstvo využívat různé chemické formy

uhlíku a živin přítomných v půdním prostředí. Mikroorganismy jednak živiny spotřebovávají, ale také různými mechanizmy akcelerují uvolňování živin do půdního roztoku, odkud je následně přijímají rostliny (Šantrůčková a kol., 2018).

Velmi důležitou součástí půdy jsou živiny a chemické látky, které jsou nezbytné pro růst rostlin a celkové fungování půdního života. Bohužel pokud není půda v dobrém stavu, dochází snadno ke ztrátám živin, například formou vyplavení do spodních vod či v důsledku vodní eroze. To má za následek snižování úrodnosti. Výsledkem jsou vyšší dávky průmyslových hnojiv jako kompenzace vzniklých ztrát.

### **II.1.1.7. Půdní reakce**

Půdní reakce silně ovlivňuje jednak chemické, fyzikálně-chemické a biologické procesy v půdě, ale má vliv i na celkový růst a výnosy plodin (Kovaříček a kol., 2012). Mnoho chemických a biologických procesů v půdě závisí na hodnotě pH, tedy na koncentraci vodíkových kationtů  $H^+$  a hydroxylových aniontů  $OH^-$ . Množství těchto iontů ovlivňuje rozpustnost řady živin a tím i jejich přístupnost pro rostliny a mikroorganismy (Šímek, 2007). Pokud v půdním roztoku převažují kationty  $H^+$ , půda má nižší pH a je kyselá. Za neutrální se považuje půdní roztok o velikosti pH 7. Půdy s vyšším pH než 7 jsou zásadité a obsahují více aniontů  $OH^-$ . Půdní reakce silně závisí na substrátu. Pokud je například erozí obnažen karbonátový substrát, má exponovaná půda vyšší pH než půda akumulovaná. Při obnažení silikátového substrátu je tomu právě naopak (Pennock a kol., 1994).

Při velmi nízkém pH se zvyšuje rozpustnost Al, Fe nebo Mn, které se tak mohou stát při vyšších koncentracích toxickými pro rostliny a mikroorganismy, zatímco při vysokém pH se rozpustnost mnoha prvků snižuje a organismy mohou trpět jejich nedostatkem (Kutílek, 1966).

## **II. 1.2 VLIV ZPRACOVÁNÍ PŮDY NA DEGRADAČNÍ PROCESY**

Celkový stav půdy a rozsah její degradace, nejen ve chmelnicích, silně závisí na způsobu hospodaření (Blaikie a Brookfield, 1987) a lze pozitivně, ale i negativně ovlivňovat. Samotná degradace půdy obvykle znamená narušení či změnu půdních vlastností (fyzikálních, chemických a biologických), což se v dlouhodobém horizontu projevuje v postupném poklesu kvality půdy (Johnson a kol., 1997; Lal, 2009) a schopnosti půdy vyrovnávat se s případnými negativními vlivy (Lal, 2001).

Za hlavní degradační procesy ve chmelnicích jsou považovány: vodní eroze půdy a degradace půdní struktury v důsledku zhutnění (Blum, 1997; Váralya, 1989), které je umocněno častými pojezdy agrotechniky. Obecně spolu jednotlivé typy degradace vzájemně souvisí a převažující typ degradace podmiňuje vznik dalších typů. Dochází tak k řetězové reakci, kterou lze jen obtížně zastavit (MZe, 2018). Výsledkem dlouhotrvající degradace půdy může být až nevratná negativní změna půdních vlastností (Morgan, 2009). V současné době již dochází k pozitivnímu posunu v oblasti udržitelného využívání půdy při hospodaření (Quevauviller a Olazabal, 2003). Nicméně ochrana půdy ve vytrvalých kulturách je v ČR prozatím legislativně opomíjena.

### II.1.2.1. Erozní procesy

Vodní eroze půdy patří zcela jistě mezi nejzávažnější degradační procesy vyskytující se ve vytrvalých kulturách (Boardman a kol., 1990; Novara a kol., 2011). Přestože je výskyt vodní eroze stálý a přirozený jev, její rozsah je silně ovlivňován lidskou činností, obzvláště pak intenzivními postupy hospodaření (Boardman a kol., 1990; Martínez-Casasnovas a kol., 2016; Montgomery, 2007). Vodní eroze umocněná lidskou činností odnáší půdní částice v takovém rozsahu, který převyšuje možnosti přirozeného půdotvorného procesu (Vopravil a kol., 2010). Závažnost vodní eroze ovlivňuje řada ukazatelů. Mezi nejdůležitější patří:

1. topografické podmínky (Cerdan a kol., 2010; Musgrave, 1947), z nichž nejdůležitější je délka svahu a úhlu jeho sklonu (Zachar, 1982; Koulouri a Giourga, 2007),
2. technologický způsob hospodaření (Mondal a kol., 2015),
3. rostlinný pokryv půdy (Paroissien a kol., 2015),
4. erodovatelnost půdy (Blanco a Lal, 2008),
5. intenzita srážky (Bouraoui a kol., 2004; Tang a kol., 2015; Zhang, 2012),
6. časové rozdělení srážek v průběhu roku (Maeda a kol., 2010).

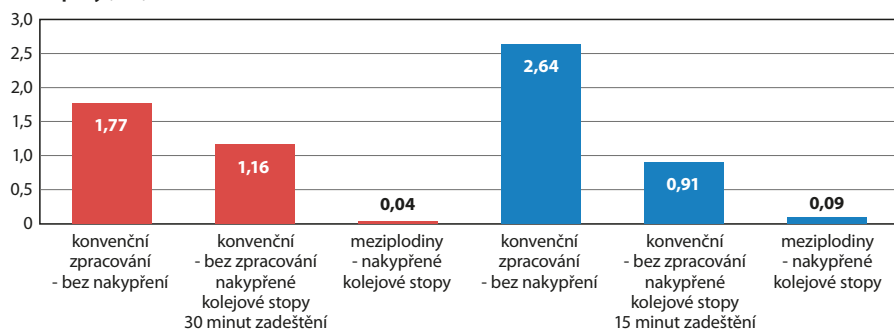
Pokud přívalové deště zasáhnou nechráněnou půdu v meziřadí chmelnic, mají silné erozivní účinky. V takovém případě může dojít k výraznému úbytku svrchní vrstvy půdy během relativně krátké doby. Při výskytu intenzivních srážek je snadno překročena infiltrační kapacita půdy (Poesen a kol., 2003), je zvyšována půdní vlhkost (Imeson a Lavee, 1998; Nearing a kol., 2004) a tvoří se povrchový odtok. Ten následně odnáší uvolněné půdní částice a vzniká vodní eroze půdy (Mohamadi a Kavian, 2015).

Měřením vodní eroze ve chmelnicích se dlouhodobě zabývá Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i. Ve spolupráci s Centrem precizního zemědělství při České zemědělské univerzitě v Praze proběhlo v rámci výzkumu ověření zonálního kypřicího stroje, jehož možnosti využití ve chmelnicích jsou v metodice popsány v následujících kapitolách. Výsledky z měření jsou uvedeny v tabulce 1 a na obrázku 1. Obrázek 2 na základě fotografií dokumentuje hodnocené varianty.

Tab. 1: Základní naměřené parametry během simulací deště.

<b>technologie</b>	<b>délka zadeštění (min)</b>	<b>povrchový odtok (l)</b>	<b>infiltrace (l)</b>	<b>ztráta půdy (t/ha)</b>
konvenční zpracování - bez nakypření	30	196	584	1,77
konvenční zpracování - nakypřené kolejové stopy	30	126	654	1,16
meziplodiny - nakypřené kolejové stopy	30	18	762	0,04
konvenční zpracování - bez nakypření	15	185	205	2,64
konvenční zpracování - nakypřené kolejové stopy	15	98	292	0,91
meziplodiny - nakypřené kolejové stopy	15	39	351	0,09

**Ztráta půdy (t/ha)**



*Obr. 1: Ověřování ztráty půdy z nakypřených kolejových stop pomocí simulátoru deště.*



*Obr. 2: Ověřování různých variant zónálního kypření. Konvenční technologie (vlevo), kypření kolejových stop včetně ozeleněného meziřadí (uprostřed), kypřené kolejové stopy v meziřadí (vpravo). Simulace proběhla v roce 2021 (foto Kabelka).*

### **II.1.2.2. Zhutnění půdy**

Zhutnění půdy, někdy označované jako půdní kompakce, je další závažnou formou degradace půd vyskytující se ve chmelnicích. V zásadě rozlišujeme dva základní typy zhutnění. První je tzv. genetické zhutnění a je dáno přirozenými vlastnostmi půd. To je typické pro půdy těžšího zrnitostního složení. Na těchto půdách dochází k určitému stupni zhutnění samovolně. Druhý typ je označován jako antropogenní (technogenní) zhutnění. Tento typ je daleko rozšířenější. Vzniká činností člověka, zejména pak působením těžkých mechanizačních prostředků na půdu za nevhodných vlhkostních podmínek. Jelikož jsou pro chmel ideální hluboké, těžší půdy, můžeme se ve chmelnicích setkat s kombinací obou typů zhutnění, především pak v prostoru kolejových stop (obr. 3). Výsledkem je velmi tvrdá půda nevhodná k hospodaření. Z tohoto důvodu se při klasickém způsobu hospodaření provádí kypření celého meziřadí několikrát během vegetační sezóny chmele s cílem narušit půdu a snížit její zhutnění. Při nadměrném zhutnění půdy, které je pro mnoho chmelnic charakteristické, jsou poškozeny její základní fyzikální vlastnosti. To se následně projevuje v negativním působení na další půdní vlastnosti, viz kapitola o půdních vlastnostech.



*Obr. 3: Zhutnění půdy v kolejových stopách při konvenčním způsobu hospodaření (vlevo), zhutnění kolejových stop i v případě využití meziplodin (uprostřed), nakypřené kolejové stopy bez porostu meziplodin (vpravo) při testování zonálního kypřicího stroje (foto Kabelka).*

### **II.1.2.3. Půdoochranné hospodaření**

Půdoochranné technologie jsou v současné době označovány za základní nástroj pro omezení degradace půdy. Jejich principem je snižování počtu agrotechnických operací, minimalizace zpracování půdy, případně cílené zpracování půdy vybraných částí na pozemku. Výsledkem by měla být celková optimalizace hospodaření. Zároveň je nezbytné brát v potaz i ekologické hledisko, neboť půdoochranné hospodaření by mělo být založeno na základech trvale udržitelného hospodaření.

Na druhé straně stojí konvenční technologie, jejichž základem je intenzifikace hospodaření. Právě konvenční způsob hospodaření ve chmelnicích lze považovat za vysoce intenzivní. Na rozdíl od půdoochranných technologií je pro intenzivní zemědělství charakteristické silné a časté narušení povrchu půd. V případě chmelnic se jedná o kypření meziřadí s cílem potlačit plevelná společenstva a zvýšit vsak vody do půdy. Infiltrace vody do půdy je podpořena především krátce po nakypření. Postupem času nakypřená půda znovu usedá a infiltrační schopnost se snižuje. Dalším problémem je, že nakypřena je pouze svrchní část půdy, pod kterou se nachází velmi utužená, málo propustná vrstva. Pokud jsou přivalové srážky příliš velké, může dojít k odnosu značné části nakypřené svrchní vrstvy půdy. Holá půda bez rostlinného pokryvu je tak obecně považována za jednu z hlavních příčin vzniku vodní eroze a snižování obsahu organické hmoty a živin v půdě.

Oproti tomu charakteristickým znakem půdoochranných technologií je ponechání rostlinných zbytků, případně celých rostlin na povrchu půdy a jejich následné zapravení do půdy. Díky jejich zapravení jsou živiny vráceny zpět do půdy, což v dlouhodobém horizontu přispívá ke zvyšování půdní úrodnosti. Vegetační pokryv na půdě má celou řadu přínosů:

1. chrání půdu před dopadajícími kapkami, které tak nemohou působit přímo na povrch půdy a odlučovat půdní částice,
2. zvyšují drsnost povrchu (vyšší drsnost omezuje vznik povrchového odtoku),
3. živé rostliny díky zpomalení povrchového odtoku a prokořenění půdy zvyšují infiltrační kapacitu a zásobu vody v půdě,
4. podporují biologickou aktivitu některých druhů živočichů,
5. pozitivním způsobem ovlivňují celkový koloběh živin,
6. dodávají organickou hmotu do půdy a snižují zhutnění,
7. ovlivňují svou přítomností teplotu svrchní vrstvy půdy,
8. udávají estetický ráz krajiny a přispívají k její ekologické stabilitě.

Za optimální variantu půdoochranného hospodaření ve chmelnicích je možné považovat využití meziplodin ve formě ozeleněného meziřadí. Meziplodiny mají řadu výše uvedených pozitivních vlastností. Při jejich využívání ve chmelnicích je však potřeba počítat se specifickými problémy, které jsou dány způsobem hospodaření v řadách a přítomností chmelové konstrukce. Důležitým předpokladem pro úspěšné využívání meziplodin je jejich zakládání v období s dostatkem vláhy, čímž je možné eliminovat problém se vzcházením zasetého porostu. S tím souvisí i omezování výskytu plevelů. Kvalitně zapojený porost meziplodin výskyt plevelů omezuje. Na druhé straně v případě špatného vzcházení mohou případné plevele přerůst zaseté meziplodin a způsobit nadměrné zaplevelení pozemku. V takové situaci je nezbytné zabránit plevelům v jejich reprodukci pomocí mulčování. Při dlouhodobém využívání meziplodin by neměl být zakládán porost se stále stejnými druhy z důvodu možného výskytu škůdců.

Hlavní omezení při využívání meziplodin dosud spočívalo v obtížné proveditelné priorávce chmelových řadů, především pak na těžších půdách, kde dochází k silnému zhutnění půdy v prostoru kolejových stop. Při klasickém způsobu hospodaření se před samotnou priorávkou provádí kypření meziřadí. To však v důsledku přítomnosti meziplodin není možné, neboť by kypřením došlo k jejich poničení. Bez předchozího nakypření celého meziřadí je provedení priorávky velmi obtížné. V prostoru kolejových stop vznikají při priorávce velké půdní agregáty a hroudy, které mohou poničit rostliny chmele. Zároveň je problém dosáhnout optimální rychlosti pro provedení priorávky a traktor je v meziřadí nestabilní (například je tlačeno do strany). Do současné doby nebyly v České republice k dispozici technologie, které by úspěšně řešily problém utužených kolejových stop a byly komplexně ověřeny výzkumnou činností. Cílem této metodiky je proto představit takové způsoby zpracování půdy ve chmelnicích, které umožňují tento problém vyřešit a zároveň zachovat porost meziplodin v meziřadí. Z dosavadního ověřování se jako vysoce efektivní ukazuje cílené kypření prostoru kolejových stop pomocí speciálně vyvinuté agrotechniky. Výhody cíleného kypření nespočívají pouze v kypření kolejových stop. Díky této technologii je současně možné ukládat hnojiva přímo ke kořenům chmele. Rovněž je omezeno množství aplikovaného hnojiva, podpořena infiltrace vody do vody apod. Podrobné informace o technologii jsou obsaženy dále v metodice.

## II.1.3. ZPRACOVÁNÍ PŮDY PŘI PĚSTOVÁNÍ CHMELE

### II.1.3.1. Zpracování půdy před založením chmelnice

Základem před výstavbou nové chmelnice je výběr vhodného pozemku. Chmel má specifické nároky na půdu a klimatické podmínky. Pro úspěšné pěstování chmele je nutné tyto podmínky dodržet. Z historického hlediska již byly na území České republiky vytipovány vhodné oblasti pro pěstování chmele. Tyto oblasti v zásadě odpovídají současným chmelařským oblastem, tedy Žatecku, Úštěcku a Tršicku. Při zakládání nové chmelnice je potřeba zohlednit určité zásady, jejichž dodržení má výrazný vliv na požadovaný růst chmele a dosahované výnosy.

Než dojde k prvním zásahům do půdy, je důležité provést půdní průzkum, v rámci kterého bude stanovena mocnost orníční vrstvy a pomocí laboratorních rozborů budou zjištěny základní půdní vlastnosti. Rovněž je nezbytné určit výšku hladiny spodní vody. Chmelové rostliny mají velmi bohatý kořenový systém a bez dostatečně hlubokých půd s dostatkem vody není možné dosáhnout odpovídajících výnosů.

Před výstavbou chmelové konstrukce a vysazení kořenáčů je dále zapotřebí na pozemku určeném pro budoucí chmelnici uplatňovat alespoň pětiletý osevnický postup. Vhodný osevnický postup má za cíl zlepšit půdní vlastnosti, dodat dostatek živin do půdy a připravit půdu pro následný růst chmele. Chmelnice se zakládá na dlouhou řadu let, a proto by příprava půdy neměla být podceňována. V osevnickém postupu před založením chmelnice by se měly objevit hlubokokořenní plodiny. Vhodné jsou jeteloviny (vojtěška setá, jetel luční apod.), které vytváří velké množství biomasy a obohacují půdu o důležité živiny. Zároveň by měly být do půdy aplikovány vysoké dávky chlévského hnoje. Ten je bohatý na živiny, ale obsahuje i velké množství mikroorganismů, čímž pozitivně ovlivňuje mikrobiální činnost v půdě. Pozemek musí být řádně vyhnojen již s jednorocním předstihem před samotným založením chmelnice. Žadoucí je zvolit i druhově bohaté směsky a uplatit je v přípravném osevnickém postupu jako meziplodiny. Půda obohacená o dostatek živin je základem pro úspěšné založení chmelnice a následný růst chmelových kořenáčů. Pozemek rovněž nesmí být zaplevelený.

Poté co proběhne příprava pozemku formou vhodného osevnického postupu, následuje hluboká, případně rigolovací orba (může být až do hloubky 60 cm). Po tomto úkonu je důležité pozemek urovnat smykáním a vláčením. Do takto připravené půdy probíhá výsadba kořenáčů. Ta se v současnosti nejčastěji provádí do předvrtaných děr. Do díry se aplikuje hnojivo, následně je vsazen kořenáč a díra je zahrnuta přibližně 5 cm pod okraj pro udržení dostatečné vláhly. Druhou, méně častou, variantou je vysazování kořenáčů do vyorané brázdy. V nadcházejícím roce po založení chmelnice je nezbytné důsledně dodržet všechny agrotechnické úkony během vegetační sezóny tak, aby nedošlo k poškození chmelových rostlin, zejména pak jejich kořenů. Důležité je hlídat zdravotní stav jednotlivých rostlin a v případě potřeby zvolit vhodné ochranné postřiky. Při samotném zakládání chmelnice je možné cíleně podpořit půdní strukturu a vododržnost půdy pomocí aplikace stabilizátorů půdní struktury a dalších látek. V rámci výzkumu, na základě kterého vznikla tato metodika, byl konkrétně sledován vliv Alginitu na následný růst



chmelových rostlin. Do předvrtaných děr byla společně s hnojivem aplikována předem odměřená dávka Alginitu. V prvním roce po založení nové chmelnice se na pokusné ploše ve Stekníku aplikace Alginitu projevila pozitivně, viz tabulka 2. Jedná se nicméně o průběžné výsledky a pro objektivní zhodnocení bude potřeba sledovat chmelnici i v dalších letech.

Tab. 2: Výsledky experimentální aplikace Alginitu v nově založené chmelnici v roce 2020 na pokusné lokalitě ve Stekníku.

dávka Alginitu (litr/rostlina)	výnos (t/ha)	průměrný obsah alfa kyselin v hlávkách chmele (%)	procento vzešlých rostlin (%)
kontrolní varianta bez Alginitu	2,87	8,98	87,5
0,5 l	2,82	9,15	95,2
1 l	3,14	9,54	87,4
1,5 l	3,96	9,55	80,8

### II.1.3.2. Zpracování půdy při obnově chmelnice

Pokud je naplánována celková obnova chmelnice, doporučuje se minimálně dvouletá proluka před vysazením nových kořenáčů. Během této doby je nutné odstranit podzemní orgány starých chmelových rostlin. Po poslední sklizni se začíná urovnáním povrchu pomocí kultivátoru. Následně jsou staré rostliny vyorány orbou z půdy a kultivátorem vytáhány z pozemku. Likvidaci je možné provést i pomocí herbicidů, ale tento způsob není z ekologického hlediska doporučován. Poté, co je pozemek zbaven starých rostlin chmele, je důležité zvolit vhodnou předplodinu, ideálně hlubokokořenící jeteloviny. V optimálním případě by měl být zvolen znovu vhodný pětiletý osevní postup, který půdě umožní částečnou regeneraci a navrátí odčerpané živiny. Výsadba nových kořenáčů probíhá opět do předvrtaných děr v podzimním období.

### II.1.3.3. Zpracování půdy po dobu života chmelnice

Pro přehlednost prací ve chmelnicích jsou jednotlivé úkony rozděleny do třech podkapitol: podzimní zpracování půdy, jarní zpracování půdy, zpracování půdy během vegetační sezóny.

#### Podzimní zpracování půdy

Za začátek podzimních prací ve chmelnicích je možno považovat práci, která začíná po sklizni. Základem je provést úklid chmelnice, neboť po sklizni se na pozemku nacházejí zbytky rostlin, které je potřeba odvést mimo pozemek společně se zbývajícími drátky. Za tímto účelem se provádí vláčení pozemku, nejčastěji pomocí hřebových bran. Na hřebové brány jsou rostliny a drátky nachytány, čímž jsou odsunuty na okraj pozemku chmelnice. Poté, co je pozemek chmelnice zbaven posklizňových zbytků, následuje prokypření a urovnání svrchní vrstvy půdy. Pokud se na pozemku nacházejí v této době meziplodiny, jsou tímto úkonem narušeny, částečně zapraveny do půdy a slouží jako organické hnojivo. Zároveň je kypřením podpořen vsak vody do půdy

a jsou ničena plevelná společenstva. Případně příčné vláčení je potřeba provádět s maximální opatrností, neboť rostliny chmele čelí zvýšenému riziku poškození. Ostré hřebové brány se doporučuje nahradit zaoblenými.

Dalším podzimním úkonem ve chmelnici může být orba, která se provádí do hloubky cca 18 až 25 cm. Orba by měla být provedena pouze za vhodných vlhkostních podmínek. Na suché a ztuhlé půdě je obtížně proveditelná a především pak velmi energeticky náročná. Hlavním cílem orby je zapravení aplikovaných hnojiv. Pokud jsou využity meziplodiny, tak slouží i k jejich zapravení. Rovněž je možné podzimní orbu považovat za mechanický způsob likvidace plevelů. K podzimní orbě se používají speciální nesené oboustranné víceradličné pluhy. V případě silného ztuhnutí je možné zařadit hloubkové kypření (dlátování), nesmí však dojít k porušení kořenu chmele. Po přípravě pozemku lze zařadit setí ozimých druhů meziplodin v meziřadí.

### Jarní zpracování půdy

V jarním období by mělo být provedeno vláčení chmelnice ihned, jakmile to dovolí vlhkostní podmínky. To platí v případě, že není v podzimním období provedeno setí ozimých druhů meziplodin. V opačném případě není možné vláčení provést, aby nedošlo k poškození meziplodin. Pokud v meziřadí meziplodiny nemáme, provádí se nejprve hrubé urovňání povrchu, po kterém následuje vláčení s cílem urovnat povrch chmelnice do roviny. Zároveň jsou při těchto úkonech zapravena hnojiva. V případě, že je v plánu využít meziplodiny, je vhodné provést osetí meziřadí s cílem zajistit jeho vegetační pokryv. Po této prvotní přípravě následuje mechanický řez chmele. Jedná se o základní pracovní operaci prováděnou v jarním období. Řezem jsou od chmelové babky odstraňovány přírůstky nového dřeva a částečně i postranní oddenky. To zaručuje, že bude mít babka požadovaný tvar a hloubku. Zároveň je omezeno její rozrůstání do stran. Řez se provádí v období dubna, nicméně konkrétní termín závisí na dané lokalitě, klimatických podmínkách a samozřejmě i na organizačních možnostech.

### Zpracování půdy během vegetační sezóny

Mezi nejdůležitější agrotechnické operace během roku patří priorávka chmelových řadů. Jejím hlavním cílem je priorání vrstvy půdy k chmelovým rostlinám z meziřadí. Rostliny chmele by měly být přihnuty do výšky cca 15 cm, aby se eliminoval růst plevelů v bezprostřední blízkosti chmele a bylo podpořeno kořání. Na těžších půdách je před samotnou priorávkou nutné provést kypření meziřadí s cílem narušit utužený prostor kolejových stop. V případě vynechání kypření by priorávka byla obtížně proveditelná a hrozilo by poničení chmelových rostlin z důvodu tvorby velkých půdních hrd, které by po následném přihnutí k rostlinám mohly způsobit jejich poškození. Samotná priorávka se u konvenčního hospodaření provádí zpravidla z celého prostoru meziřadí při výšce rostlin cca 200 cm, což nejčastěji odpovídá druhé polovině května. Lze provádět i druhou priorávku při výšce rostlin 500 až 600 cm. U konvenčních postupů se dále během sezóny provádí kypření meziřadí pomocí kypřiče. Tato agrotechnická operace se opakuje 2 - 3x podle potřeby. Cílem kypření je mechanická likvidace plevelů a podpora infiltrace vody do svrchní nakypřené části půdy. Nakypřená půda dokáže zachytit poměrně velké množství vody, nicméně s tím, jak půda postupně znovu usedá, schopnost infiltrace vody klesá. Proto je

nutné kypření opakovat. Při tomto úkonu je navíc potřeba brát v úvahu, že nadměrné kypření poškozuje půdní strukturu (i další půdní vlastnosti) a zvyšuje výpar vody z půdy. V případě výskytu silných přívalových srážek může dojít k překročení infiltrační kapacity a následná vodní eroze může být díky nakypřené svrchní vrstvě o to závažnější.

Pokud máme ve chmelnici zasety mezplodiny, není možné provést priorávku chmelových řadů ani kypření klasickým způsobem z celého prostoru meziřadí, neboť by došlo ke zničení zasetych rostlin. Tento problém se podařil našemu výzkumnému týmu vyřešit a je podrobně rozepsán v následujících kapitolách.

## **II.2. BIOTICKÉ EFEKTY ROSTLINNÝCH POKRYVŮ**

Přítomnost rostlinných pokryvů na půdě se projevuje značnou řadou pozitivních a negativních efektů ve vztahu k fyzikálním, chemickým a biologickým vlastnostem horní vrstvy půdy a přízemní vrstvy atmosféry. Biotický efekt vegetačního krytu půdy je vždy ovlivněn vzájemným působením nadzemních částí rostlin a kořenových systémů, kdy základní proměnnou určující daný efekt je vývoj porostů v čase. Z hlediska biotických efektů je nutné vždy rozlišovat přímé a nepřímé působení v době růstu rostlin a následné mrtvé biomasy po ukončení života rostlin.

Cílené využití biotických efektů rostlinných pokryvů půdy v zemědělství se promítá do rozdílných vědeckých teorií a prakticky uplatňovaných postupů, které jsou mnohdy zkoumány a posuzovány odděleně. Mezi ně lze například zahrnout principy promítající se do systémů biologického zpracování půdy, do systémů živého a mrtvého mulče, do systémů využití antigenních či synergických organismů apod. V současné době lze výše uvedené postupy zahrnout pod souhrnný pojem tzv. biotických intenzifikací (Brant a kol., 2019a). Biotická intenzifikace spočívá v cíleném využití pozitivních a negativních biologických interakcí mezi živými organismy na stanovišti. Zároveň se jedná o cílené ovlivnění abiotických podmínek stanoviště daným organismem (především se jedná o bakterie, houby, rostliny a některé zástupce živočichů). Cadoux a kol. (2015) poukazují na skutečnost, že právě nové pěstební technologie by měly využívat tzv. princip biotické intenzifikace.

### **II.2.1. BIOLOGICKÉ ZPRACOVÁNÍ PŮDY**

Biologické zpracování půdy vychází z principu pozitivního vlivu kořenů rostlin na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy. Vliv na půdu samozřejmě vykazují všechny rostliny pěstované na půdě, ale ve vztahu k pojmu biologické zpracování půdy se jedná o cílené zakládání porostů krycích plodin bez požadavku na přímé produkční využití. Především rostliny vytvářející silné a hluboko kořenicí kořeny lze použít k biologickému zpracování půdy, protože mohou účinně zlepšit strukturu půdy, pohyb vody a výměnu vzduchu na základě tvorby biopórů. Ty zajišťují nejen vhodné podmínky pro růst kořenů následných rostlin, ale také dostupnost kyslíku a živin v půdě (např. Chen a Weil, 2010; Zhang a Peng, 2021). Vliv biologického zpracování půdy na výnosy následných plodin se liší podle klimatických podmínek a postupů hospodaření.

Vhodná plodina pro biologické zpracování by se měla vyznačovat nejen tvorbou silných a hlubokých kořenů, ale také jejich vysokou růstovou dynamikou, rychlým rozkladem zbytkových kořenů a dobrou adaptací na klimatická a půdní omezení (Zhang a Peng, 2021). Biologické zpracování půdy je obecně vnímáno jako faktor, který vede ke zlepšení fyzikálních vlastností půdy, jako jsou pórovitost, nasycená hydraulická vodivost a propustnost půdy pro vzduch (např. Uteau a kol., 2013; Abdollahi a kol., 2014). Gulick a kol. (1994) uvádějí, že na plochách s dlouhodobějším využitím biologického zpracování půdy byla rychlost kumulativní infiltrace 2,4 – krát vyšší, než na plochách bez jeho uplatnění.

Rostlinné pokryvy pro biologické zpracování půdy vytváří souvislé makropóry, čímž se zlepšuje infiltrace vody a propustnost půdy pro vzduch a současně snižuje negativní vliv zhutnění vzniklého v důsledku zpracování půdy (Abdollahi a kol., 2014). Využitím rostlinných pokryvů lze nahradit intenzivní zpracování půdy při odstraňování podorniční podlahy (Abdollahi a kol., 2014).

Pozitivní působení kořenů na půdní vlastnosti se jednoznačně projevuje v orničním profilu, případně při působení na zhutněné vrstvy v půdním profilu, či na přechodu mezi ornicí a podorničím. Některé studie (např. Brunotte a Fröba, 2007) poukazují na skutečnost, že utužení spodní vrstvy půdy od šedesátých do devadesátých let minulého století narůstalo. S intenzivnějším nástupem bezorebného zpracování půdy, s obnovením pěstování meziplodin a se změnou konstrukce pneumatik došlo v období let 1990 až 2003 k poklesu zhutnění půdy v podorničí na hodnoty stanovené v šedesátých letech. Van den Akker a Schjøning (2004) upozorňují, že zhutnění podloží ovlivňuje všechny aspekty kvality půdy a, na rozdíl od zhutnění ornice, je trvalé. Přírozené procesy jako jsou objemové změny v závislosti na vlhkosti půdy, působení mrazu a biologická aktivita, včetně růstu kořenů, se s hloubkou rychle zpomalují.

Ve zhutněné půdě v podorničí jsou tyto odlehčovací procesy navíc omezeny, protože růst kořenů a biologická aktivita jsou sníženy a obsah vody v půdě zůstává vyšší ve zhutněné než v dobře strukturované půdě. Na možnost zvýšení množství organické hmoty v půdě, včetně podorničních horizontů využitím biologického zpracování půdy poukazují např. Olson a kol. (2014) a Jian a kol. (2020).



*Obr. 4: Deformace kořenových systémů hořčice bílé na dvou chmelnicích v žatecké oblasti pěstované v meziřadí v důsledku vysokého zhutnění půdy v orničním profilu (foto Brant).*

Přítomnost zhutnění půdy v orničním profilu a na úrovni podorničí může však být primárním faktorem omezujícím rozvoj kořenů nejen do orničního profilu samotného, ale i dále do hlubších půdních vrstev. Obrázek 4 dokládá deformaci kořenových systémů hořčice bílé na dvou chmelnicích v žatecké oblasti pěstované v meziřadí v důsledku vysokého zhutnění půdy v orničním profilu, které vzniklo jako důsledek nevhodného zpracování půdy. Vlevo (obr. 4) je extrémní případ zhutnění půdy nacházejícího se již v hloubce 50 až 70 mm pod povrchem půdy.

Významným přínosem biologického zpracování půdy je pozitivní vliv na výskyt kroužkovic (např. Schmidt a kol., 2003; Roarty a kol., 2017). Přítomnost vegetačního krytu měla na výskyt žížal větší vliv, než samotná absence zpracování půdy (Schmidt a kol., 2003). Pelosi a kol. (2009) prokázali pozitivní vliv živého (mulčování a absence orby) na abundanci žížal. Tento systém vedl k 3,4 až 12,5x násobnému zvýšení anemické a epigeické biomasy žížal ve srovnání s konvenčními a organickými systémy. Průchodem půdy zaživacím traktem žížal dochází ke vzniku organo-minerálních agregátů, které se vyznačují vyšší mírou stability než nebiogenní agregáty (např. Vidal a kol., 2019). Především aktivita anemických žížal přispívá k tvorbě vertikálních pórů, které zvyšují infiltraci vody do spodních vrstev půdy. Přítomnost žížal v půdě zásadním způsobem zvyšuje efekt biologického zpracování půdy.

Použití rostlinného pokryvu pro biologické zpracování půdy je spojeno i se zvýšením vstupu uhlíku do půdy. García-González a kol. (2018) uvádějí, že za deset let využití ječmene setého a vikví (huňatá a setá) pro zimní ozelenění do doby výsevu jařin došlo k navýšení vstupů uhlíku o 12 t/ha (ječmen) a o 8 t/ha (vikve) ve srovnání se systémem bez ozelenění půdy v meziorostním období. Biologické zpracování půdy je také spojeno s fixací živin do vytvořené nadzemní a podzemní biomasy rostlinného pokryvu, včetně omezení ztrát živin a fixací vzdušného dusíku u druhů z čeledi bobovitých. Synergickým efektem je rovněž i působení rostlin na fyto-sanitární stav půdy a na podporu její mikrobiální aktivity.

## **II.2.2. PRINCIPY BIOLOGICKÉHO ZPRACOVÁNÍ PŮDY VE CHMELNICÍCH**

V rámci pěstování chmele lze systémy biologického zpracování půdy vnímat ze dvou hledisek. Primárně se jedná o využití biologického zpracování půdy před založením chmelnice. V tomto případě jsou biologické procesy spojené s rostlinnými pokryvy půdy uplatňovány na celé ploše.

Po vysazení chmelových rostlin je systém biologického zpracování půdy směřován do meziřadí. Prostor řádku s chmelovými rostlinami zůstává ponechán bez cíleného biologického zpracování pomocí kořenů dalších rostlin a funkci biologického zpracování půdy přebírá kořenový systém chmelových rostlin.

### **II.2.2.1. Systémy biologického zpracování**

Celoplošné systémy zpracování půdy v praxi představují založení vegetačních pokryvů půdy na celé ploše (budoucí plocha chmelnice před výstavbou konstrukce) či obnovované chmelnice

(plocha chmelnice s přítomnou konstrukcí). V rámci biologického zpracování půdy před založením chmelnice je nutné rozlišovat přípravné období před výstavbou konstrukce a provedení bio-rekultivačních opatření po výstavbě konstrukce, jejichž cílem je náprava degradačních procesů vzniklých při výstavbě.

Z hlediska technologických postupů zpracování půdy má systém biologického zpracování půdy následující funkce:

- Zlepšit strukturu půdy v důsledku aktivní funkce kořenového systému před založením chmelnice, či výsadbou po obnově.
- Významnou roli hraje biologické zpracování půdy po provedení systémů zpracování půdy pod úroveň orničního profilu (rigolovací orba, dlátování a hloubkové meliorační kypření), kdy kořenové systémy rostlin zajišťují především tvorbu kontinuálních biopórů v celém orničním profilu a zásadním způsobem se podílejí na rozrušení větších půdních částic vzniklých při hlubokém zpracování půdy.
- Kořenové systémy jsou významným zdrojem organické hmoty, která je v důsledku růstu rostlin rozvrstvena do půdního profilu, a to i do hloubky, která přesahuje reálnou možnost zapravení organické hmoty při zpracování půdy. Opomenout nelze ani případné zapravení nadzemní organické hmoty do půdy. Zde je však potřebné optimalizovat požadavky na hloubku zapravení, aby zpracováním půdy nedošlo k potlačení efektu vlivu kořenových soustav.

Z hlediska uplatnění pozitivních vlivů kořenových systémů je potřebné systémy biologického zpracování půdy začít zavádět v dostatečném časovém předstihu před založením chmelnice. Systémový efekt biologického zpracování půdy se projevuje v delším časovém horizontu. Při možnosti každoročního uplatnění systémů biologického zpracování půdy na pozemku před založením chmelnice lze za minimální dobu považovat tři roky. Při struktuře plodin a systémů jejich střídání, které neumožňují každoroční zařazení vegetačních pokryvů s biotickými efekty, je doba přípravy pozemku biologickým zpracováním půdy delší.

Pro cílené uplatnění biologického zpracování půdy lze samozřejmě využít i některé porosty polních plodin, především pícniny, které vykazují obdobné efekty jako cíleně založené pokryvy pro mimoprodukční využití. Jedná se například o luskovino-obilné směsky na píci, jetelovino-travní směsi, čistosevy vojtěšky seté (či jiných druhů vojtěšky a jejich směsí).

V rámci systémů obnovy chmelnic se jedná rovněž o založení celoplošných porostů. Cíle založení vegetačních pokryvů jsou samozřejmě shodné jako před založením chmelnice. Efekt jejich uplatnění je opět závislý na době mezi ukončením vegetace předchozího porostu chmele a novým výsazem.

Z hlediska dalšího vývoje systémů biologického zpracování půdy ve chmelnicích lze hovořit o systémech cíleného lokálního biologického zpracování půdy. Tyto systémy vycházejí z diferenciovaného přístupu k budoucí zóně řádků a k ploše meziřadí. Z hlediska budoucích či stávajících zón chmelnice (řádka a meziřadí) lze provádět výsevy různých plodin z hlediska jejich biologického působení. Před zakládáním chmelnic se může jednat například o výsevy několika druhů rostlin v daných zónách s rozdílnou délkou vegetace. Vývoj těchto systémů je v současné době

v procesu ověřování. Jejich cílem však není jen dosažení diferenciovaného přístupu k budoucí ploše chmelnice, ale také důvody ekonomické, zejména ve vztahu k cenám osiv jednotlivých rostlinných druhů pro biologické zpracování půdy. Systémy diferenciovaného biologického zpracování půdy před založením chmelnice však musí být systémově propojeny i s dalšími agrotechnickými a technickými operacemi při stavbě chmelnic, především cílené plánování pohybu pracovních souprav po pozemku, eliminace negativních přejezdů techniky apod.

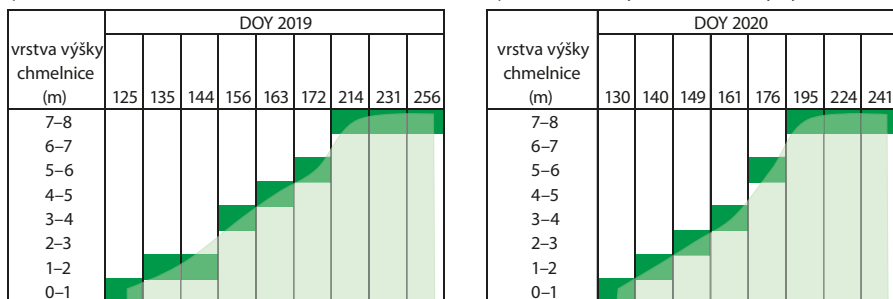
### II.2.2.2. Biologické zpracování půdy v meziřadí chmelnic

V rámci životního cyklu chmelnice je biologické zpracování půdy zaměřeno na prostor meziřadí. Na rozdíl od cílů celoplošného biologického zpracování půdy jsou požadavky na funkci porostů v meziřadí výrazně modifikovány interzonálním uspořádáním plochy meziřadí. Plochu meziřadí lze z hlediska cílů kladených na biologické zpracování půdy vnímat v rozdílných rovinách, které jsou dány rozdílnými abiotickými, biotickými a agrotechnickými faktory.

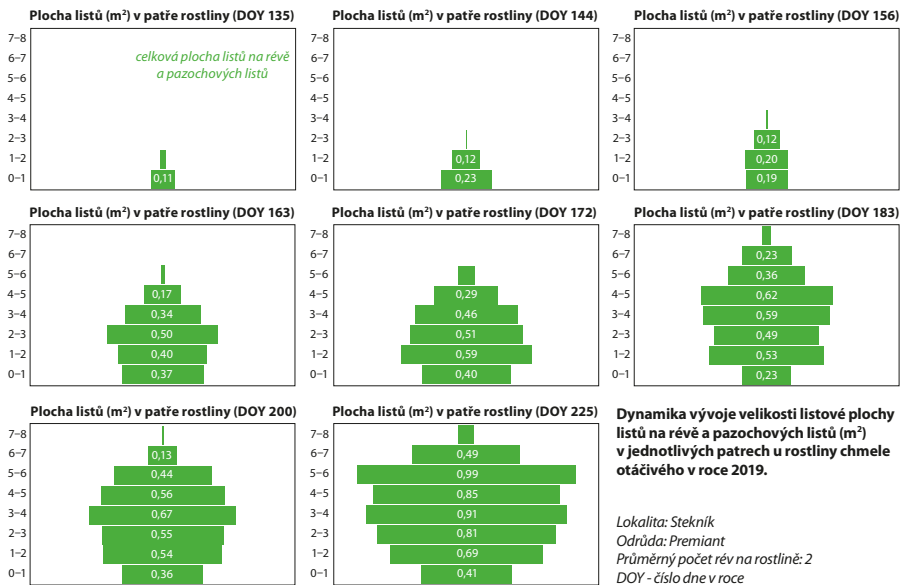
Zonalita je z hlediska abiotických faktorů primárně určována dynamikou prostupnosti záření a diferenciací porostní srážky při průchodu porostem. Prostupnost záření porostem je ovlivněna vývojem chmelových rostlin v čase. Dostupnost slunečního záření v meziřadí je primárním faktorem určujícím vývoj vegetačních pokryvů pro biologické zpracování jak z hlediska dostupnosti světla pro fotosyntézu, tak ve vztahu k teplotě půdy, teplotě a vlhkosti vzduchu v přízemní vrstvě atmosféry.

Dynamiku vývoje porostů chmele lze posoudit na základě změny výšky rostlin a tvorby listové plochy chmelových rostlin v čase. Obrázek 5 dokumentuje dynamiku výšky chmelových rév v letech 2019 a 2020. Významným faktorem určujícím průchod slunečního záření do meziřadí chmelnice ve vztahu k dynamice růstu vegetačních pokryvů, ale i plevelů je dynamika tvorby indexu listové plochy (LAI). Hodnota LAI udává poměr plochy listů na jednotky plochy půdy. Dynamiku tvorby LAI ve chmelnicích v letech 2019 a 2020 dokládají obrázky 6 a 7.

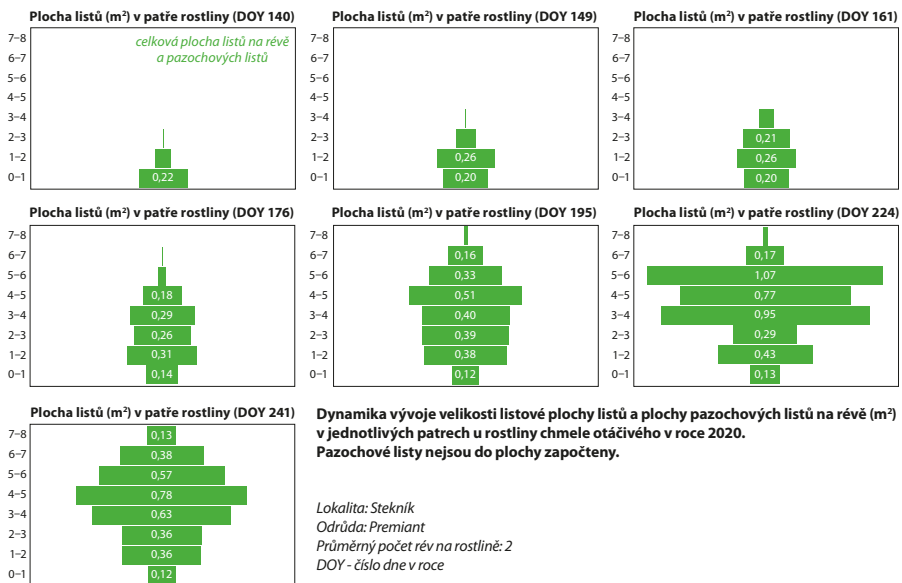
Výška rostlin rév chmele v čase v letech 2019 a 2020 na lokalitě Stekník - bio-chmelnice. Vrstva výšky chmelnice udává vrstvu (m), kde byla zaznamenána přítomnost rév. DOY vyjadřuje číslo dne v roce. Tmavě zelené obdélníky dokládají přítomnost rév v dané vrstvě a termínu hodnocení, světle zelená plocha dokládá dynamiku nárůstu výšky rév v čase.



Obr. 5: Výška rostlin rév chmele a dynamika výškového přírůstku v čase v letech 2019 a 2020 na lokalitě Stekník – chmelnice Globus – bio.



Obr. 6: Dynamika vývoje indexu listové plochy (plocha listů a pazočových listů) na lokalitě Stekník - chmelnice Globus - bio v roce 2019 v jednotlivých výškových patrech chmelnice.



Obr. 7: Dynamika vývoje indexu listové plochy (plocha listů a pazočových listů) na lokalitě Stekník - chmelnice Globus - bio v roce 2020 v jednotlivých výškových patrech chmelnice.

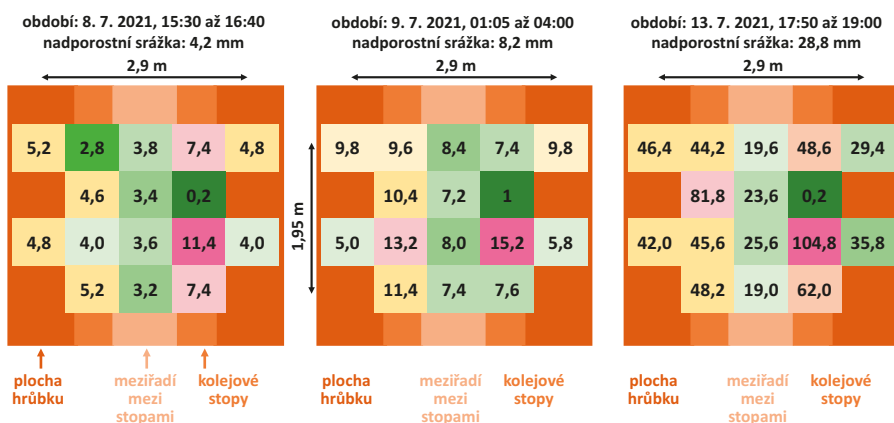




Obr. 8: Systém pro měření porostní srážky (foto Brant).

Hodnota LAI je zásadní proměnou, která určuje i zonalitu porostní srážky, tedy zóny, kam dopadá modifikovaná atmosférická srážka. Tu lze obdobně jako u ostatních porostů kulturních rostlin (např. Butler a Huband, 1985; Price a kol., 1997; Paltineanu a Starr, 2000; Brant a kol., 2016 a 2017) rozlišit na přímo propadající srážku, na okap vody z listů, na rozstřík vody dopadající na listovou plochu a na stok vody po révách. Systém pro měření porostní srážky na lokalitě Liběšovice dokládá obrázek 8, který je tvořen pravidelnou maticí srážkoměrů.

Zonalita srážky jednoznačně ovlivňuje intenzitu zatížení povrchu půdy kinetikou dešťových kapek a poskytuje podrobné informace pro cílenou podporu infiltrace v zónách s vyššími hodnotami porostní srážky. Zároveň může být diferenciací dopadu vody do meziřadí chmelnice významným faktorem ovlivňujícím vývoj vegetačních pokryvů pro biologické zpracování. Vliv porostu chmele na distribuci srážky v meziřadí dokládá obrázek 9.



Brant a Procházka, 2022

Obr. 9: Zonální rozložení porostní srážky ve chmelnici (suma srážky za srážkovou událost, mm) - lokalita Sireň, 2021.

Zonalita srážek způsobená vlivem nadzemní biomasy chmelových rostlin však vstupuje do interakce se zonalitou kolejových stop pracovních souprav. Z obrázku 9 je patrné, že k větší kumulaci porostní srážky (důsledek okapu vody z listů) na povrchu půdy dochází v místě přítomnosti kolejových stop. Kolejové stopy je tedy potřebné vnímat jako další faktor antropogenní zonality z hlediska horizontálního, tak vertikálního. Tabulka 3 dokládá vliv šířky pneumatik na plochu pokrytí meziřadí kolejovými stopami. V místě kolejových stop je samozřejmě nižší infiltrace v důsledku zhutnění půdy a nižší stability půdní struktury ve srovnání s nakypřenou plochou meziřadí. Zhutnění půdy v kolejových stopách, včetně vzniklé prohlubně v místě kolejové stopy, vytvářejí vhodné podmínky pro soustředný odtok srážkové vody (obr. 10). Ten je samozřejmě

Tab. 3: Plocha pokrytí meziřadí kolejovými stopami (%) při dané šířce pneumatiky (m).

rozteč řad (m)	šířka hrúbku na bázi (m)	plocha meziřadí (m <sup>2</sup> ) při délce řady 100 m (m <sup>2</sup> )	plocha pokrytí meziřadí kolejovými stopami (%) při dané šířce pneumatiky (m)						
			0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65
2,8	1	180	39	44	50	56	61	67	72
2,9	1	190	37	42	47	53	58	63	68
3	1	200	35	40	45	50	55	60	65
3,1	1	210	33	38	43	48	52	57	62
3,2	1	220	32	36	41	45	50	55	59
3,3	1	230	30	35	39	43	48	52	57



Obr. 10: V kolejových stopách se zhutněnou půdou dochází k výraznějšímu povrchovému odtoku vody, včetně odnosu půdy (vlevo), než na plochách, kde bylo provedeno kypření půdy v kolejových stopách, obrázek vpravo (foto Brant).

výraznější na svažitéch chmelnicích. Zonální kypření půdy v místě kolejových stop samozřejmě snižuje povrchový odtok a zvyšuje infiltraci, ale při následném přejezdu nakypřené půdy, především za vlhka, může dojít k výraznější deformaci půdy a ke vzniku hlubších kolejí.

Využití biologického zpracování půdy v místě kolejových stop tažných prostředků je ověřováno nejen ve chmelnicích, ale i v porostech polních plodin (především širokořádkové plodiny). Na orné půdě se pro osetí kolejových stop pracovních souprav ověřují rozdílné druhy ředkvi, které vytvářejí ztlustlé kořeny. Přejezdy mechanizace poté představují regulační zásah omezující nadměrnému rozvoji rostlin v porostech. Ve chmelnicích však dochází k výrazně většímu počtu přejezdů ve srovnání s porosty na orné půdě.

Na základě našich pokusů je patrné, že vyšší toleranci k zatížení půdy přejezdy vykazují obilniny (obr. 11). U luskovin byla pozorována vyšší tolerance u ozimé formy hrachu rolního ve srovnání s rostlinami hrachu setého (jarní forma). Dobře zakořeněné rostliny obilnin vykazují od fáze odnožování vyšší toleranci k přejezdům než rostliny nacházející se ve fázi od vzejití do začátku odnožování. Většina dvouděložných rostlin je na začátku vegetace na poškození přejezdem pneumatik velmi citlivá. Zajímavou možností tvorby vegetačního krytu v místě kolejových stop může být cílené osetí zón trajektorií kol při zonálním kypření kolejových stop s využitím ozimých obilnin po provedení přiorávky. Tyto systémy se v současné době prakticky ověřují.

Reakce vegetačního krytu na zatížení přejezdem není závislá jen na druhu použitého k ozelenění, ale také na stavu půdy při přejezdu. Při vysoké půdní vlhkosti je negativní efekt pneumatik na vegetační kryt, ale i na půdu samotnou, výrazně vyšší.

Z hlediska naplnění cílů kořenů na biologické zpracování půdy v meziřadí primárně poskytuje prostor mezi kolejovými stopami. Zde nedochází k ovlivnění půdního prostředí přejezdy mechanizace a kořenové systémy jsou schopny přispět již k výše uvedenému odstranění ztuhnutí půdy vzniklému v důsledku pravidelné kultivace. Na obrázku 12 je zachycena infiltrace obarvené



Obr. 11: Obilniny jsou více tolerantní k intenzivnějšímu zatížení půdy přejezdy (oves nahý, vlevo), než luskoviny (ozimá peluška) - vpravo (foto Brant).

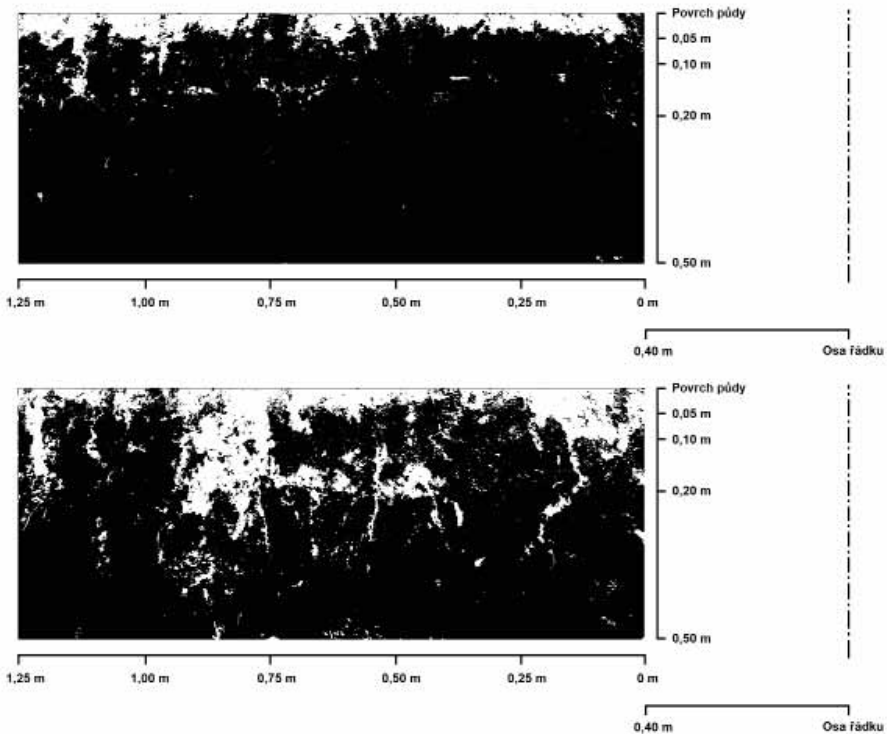
(modré) vody do půdního profilu. Z hodnocených snímků (obr. 12) jsou patrné rozdíly v charakteru infiltrace. Oproti kontrolní variantě vedle osetí meziřadí, resp. prokořenění půdního profilu k zasakování vody do hlubších vrstev.

Na obou variantách je také patrné jisté omezení průsaku v místě jízdních stop (okraje snímků). Po provedení analýzy obrazu (modrá barva je znázorněna bílou a půda černou barvou) jsou proces infiltrace a struktura provlhčení půdního profilu lépe patrné (obr. 13). Hodnocení dále odhalila přítomnost ztuhlé vrstvy v hloubce kypření meziřadí, pro kterou je typické horizontální rozlévání infiltrované vody.

Na základě grafické analýzy hodnot podílu bílé barvy v ploše půdního profilu lze rozdělit zóny infiltrace do 3 vrstev (obr. 14). První, silně nasycený profil, zasahuje do hloubky 50 mm. Ve druhé zóně dochází k poklesu hodnot s významnými rozdíly v koncentraci infiltrované vody. Menší podíl v této vrstvě je výraznější pro neoseté plochy. Třetí vrstva se nachází pod hloubkou zpracování, kde ztuhlá vrstva omezuje výraznější průsak vody. U varianty s osetím se tyto tři vrstvy svými



*Obr. 12: Grafické znázornění infiltrace obarvené vody do půdního profilu v meziřadí chmelnice. Obarvená voda byla aplikována závlivkou na povrch půdy v dávce 40 l/m<sup>2</sup>. Odkop byl proveden 24 hodin po závlivce. Nahoře je kontrolní varianta bez vegetačního pokryvu, dole je varianta s porostem směsi ovsa nahého a svazanky vratičolisté. Hodnocení proběhlo 3. 6. 2021. Termín výsevu pokryvu 7. 10. 2020, jednalo se tedy o podzimní osev meziřadí (foto Kroulík).*

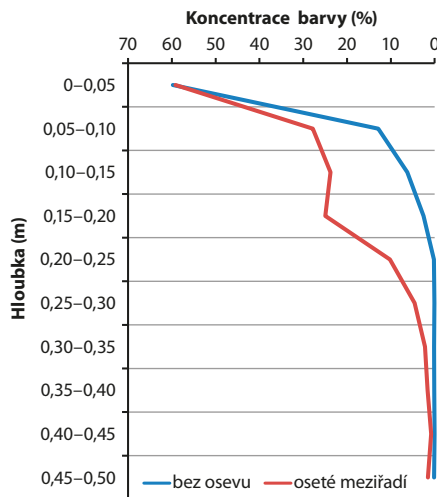


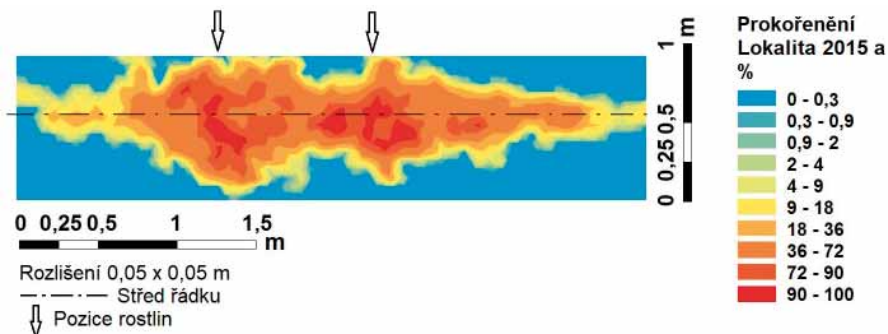
Obr. 13: Grafické znázornění infiltrace obarvené vody do půdního profilu v meziřadí chmelnice. Modrá barva je vyjádřena bíle, neobarvená půda černě. Nahoře je kontrolní varianta bez vegetačního pokryvu, dole je varianta s porostem směsi ovsa nahého a svazanky vrtičolisté.

hodnotami statisticky významně lišily. Kontrolní varianta vykazovala významný rozdíl pouze mezi vrstvou 50 mm a zbylými hodnotami.

Dalším faktorem určujícím specifika zonality meziřadí je rozvoj kořenového systému chmelových rostlin mimo prostor hrůbku. Zde se jedná o rozložení kořenového systému v prostoru hrůbku a meziřadí při pohledu shora

► Obr. 14: Průběh hodnot podílu bílé barvy v dané ploše vrstvy půdního profilu na hodnocených variantách. Kontrolní plochou je varianta bez osevu, oseté meziřadí představuje porost směsi ovsa nahého a svazanky vrtičolisté.





Obr. 15: Intenzita prokořenění půdy kořeny chmele při horním pohledu na řádek (Brant a kol., 2020).

na chmelnici. Tuto skutečnost je nutné respektovat při tvorbě osevů meziřadí ve vztahu k omezení případné konkurence mezi kořenovými systémy chmele a vegetačních pokryvů pro biologické zpracování půdy. Opomenout však nelze skutečnost, že případná konkurence na úrovni kořenů je dána rovněž dynamikou růstu a intenzitou hloubky prokořenění půdy ve vztahu k biologii kořenů druhů využitých pro ozelenění. V podmínkách České republiky se většina víceletých kořenů nachází převážně v prostoru hrůbku a do meziřadí víceleté kořeny zasahují až ve větších hloubkách půdního profilu v důsledku pravidelné kultivace meziřadí (Brant a kol., 2020 a 2021a). Obrázek 15 dokládá intenzitu prokořenění půdy při pohledu shora na řádek chmele.

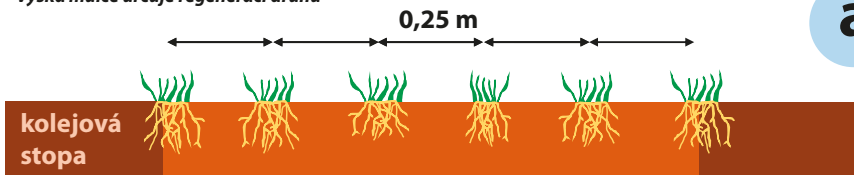
Zdrojem zonality v rámci meziřadí je rovněž samotné rozmístění rostlin využívaných pro biologickou kultivaci. Zde se jedná o strukturu porostu danou způsobem založení a volbou rostlinných druhů. Prostorové rozmístění je primárně určeno způsobem výsevu. Z technického hlediska lze mezi dominantní způsoby zahrnout plošné či pásové výsevy semen pomocí systémů rozptylovačů (před či za kypřící nástroje, před utužovací válce apod.), cílené výsevy do rozdílně širokých pásů (výsev za radličky či dlátka) a do úzkých řádků (většinou s využitím diskových sečích botek). Z hlediska výsevů více-komponentních směsí se však bude jednat o kombinaci výše uvedených způsobů výsevu.

Způsob založení může vycházet z rozdílných požadavků na funkci porostů v kombinaci s agrotechnickými požadavky (mechanická regulace plevelů, zajištění přísevů, omezení vnitrodruhové konkurence ve směsných porostech, tvorba prostoru pro ukládání mulče do meziřádků rostlin apod.). Obrázek 16 dokládá rozdílné pohledy na cílené rozmístění semen vysetých druhů při ozelenění meziřadí ve vztahu k následným způsobům práce s meziřadím a při respektování biologických vlastností použitých druhů rostlin.

Pásové výsevy lze využít pro pozdnější podzimní ozelenění pomocí obilnin, které se vyznačují menším tlakem plevelů i při pomalé dynamice vývoje vysetých plodin. Na jaře lze u pásových výsevů provést mezipásovou kultivaci za účelem odstranění plevelů, včetně možnosti dosevu druhů do mezipásů za kypřící nástroje. Do mezipásů lze provést časnější výsevy rychle rostoucích druhů, které vzcházejí i při nižších teplotách půdy, jako jsou hořčice bílá, ředkev olejná, luskoviny.

### Výsev vegetačních pokryvů do pásů za radličku či dlátko

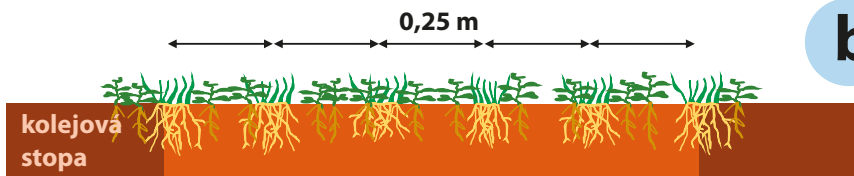
- pro výsev jsou vhodné obilniny a luskoviny (podzimní až časně letní výsevy)
- využít lze směsi obilnin s vhodnými druhy
- meziřádkově lze provádět regulaci plevelů
- po provedení mulčování pokryje prostor mezi řádky mulč
- výška mulče určuje regeneraci druhů



a

### Výsev vegetačních pokryvů do pásů za radličku či dlátko + plošný výsev

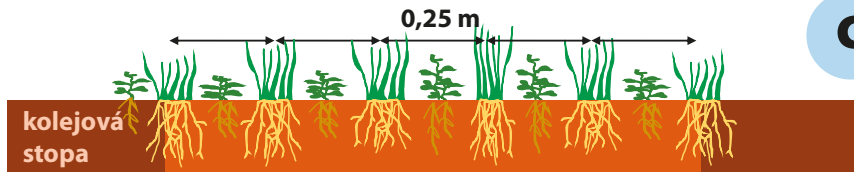
- pro výsev do pásů jsou vhodné obilniny, luskoviny, světlíce barvířská, komonice, ředkev olejná apod.
- pro plošný výsev jsou použity druhy pro pokrytí meziřadí, dynamika růstu druhů se volí podle dynamiky růstu plodiny v řádcích



b

### Výsev vegetačních pokryvů do pásů za radličku či dlátko + meziřádkový dosev

- pro výsev jsou vhodné obilniny a luskoviny (podzimní až časně letní výsevy)
- na jaře je při odstranění plevelů mezi pásy pomocí radličky či dlátka proveden přísev další plodiny (teplomilnější druhy, druhy s rychlou dynamikou růstu apod.)
- po provedení mulčování pokryje prostor mezi řádky mulč
- výška mulče určuje regeneraci druhů



c

Brant, 2022

Obr. 16: Příklady cílených výsevů plodin při ozelenění meziřadí chmelnice.

Zakládat lze rovněž podsevy jetelovin či trav pro budoucí víceleté ozelenění, zejména v případech, kdy by druhy vyseté do meziřadí mohly vymrznout. Podsevy mají mezi pásy dostatek světla a nedochází k přímé konkurenci na úrovni kořenových systémů. V pozdější době se jedná o přísevy teplomilných druhů, jako jsou pohanka obecná, světlíce barvířská, lnička setá apod. Jedná-li se o systémy zajišťující dlouhodobý pokryv půdy během vegetace, je výsev do pásů vhodný i pro budoucí uložení mulče, který padá do meziřadí, kde zamezuje vývoji plevelů a neproduktivnímu výparu, ale také zároveň nezpomaluje proces regenerace rostlin v meziřadí (především obilnin). Pro zajištění dobré regenerace rostlin je potřebné zajistit vyšší výšku

strniště (u obilnin min. 0,1 m), aby rostliny měly dostatek zdrojů pro rychlou regeneraci, ale také prostor pro uložení mulče.

Výsev dominantních druhů do pásů, který zajistí i hlubší uložení větších semen do půdy, lze kombinovat s plošnými výsevy dalších druhů, které poté pokrývají prostor mezi pásy a nejsou vystaveny přímé konkurenci dominantních druhů. Většinou se jedná o plošný výsev druhů, jejichž semena dobře vzchází i z povrchu půdy.

Přestože cílené výsevy primárně pracují s biologií druhů, nelze opomenout skutečnost, že jejich využití vede ke snížení spotřeby osiva na jednotku plochy. Ta se projeví jak na snížení ekonomických vstupů, tak na zvýšení výkonu souprav z důvodu časnějšího plnění zásobníků osiva a omezení nepracovních operací.

### **Cílené výsevy**

- *střed meziřadí je oset druhy vyžadujícími dostatek světla a méně tolerantními k přejezdům*
- *plocha meziřadí je oseta druhy snášejícími zastínění a tolerantními k přejezdům*



### **Cílené výsevy**

- *střed meziřadí je oset druhy vyžadujícími dostatek světla a méně tolerantními k přejezdům*
- *plocha meziřadí je oseta druhy snášejícími zastínění a tolerantními k přejezdům*
- *u kolejových stop jsou vysety meliorační druhy*



Brant, 2022

Obr. 17: Příklady cílených výsevů druhů do meziřadí chmelnice ve vztahu k jeho zonalitě.



Další požadavek může představovat cílené zakládání porostů a konkrétních druhů ve vztahu k zonalitě meziřadí. Je možno pracovat s výsevem odlišných druhů do středu meziřadí, kde lze předpokládat vyšší dostupnost slunečního záření, s výsevem druhů tolerantních k přejezdům mechanizace do kolejových stop, s výsevem druhů s hlubokými či ztloustlými kořeny do kolejových stop či k jejich okrajů apod. (obr. 17).

### II.2.3. FUNKCE NADZEMNÍ BIOMASY VEGETAČNÍCH POKRYVŮ

Systém biologického zpracování půdy nelze omezit jen na dominantní funkci kořenových systémů. Efekt biologického zpracování je zásadním způsobem spojen s biologickými vlastnostmi nadzemní biomasy porostů, a to přímými a nepřímými.

Mezi přímé efekty vegetačních pokryvů patří ochranný vliv vegetace, který zachycuje kinetickou energii dešťových kapek a omezuje riziko vzniku kapkové eroze a následně dalších forem vodní eroze. Podle Morgana (2005) je kapková eroze vyvolaná přímým dopadem kapek deště nebo odkapávající vodou z rostlin základem erozních procesů. Kapky rozbíjejí navlhající půdní agregáty a jemné částice půdy vzniklé rozpadem půdní struktury se společně s bobtnáním půdních agregátů podílejí na omezení infiltrace. Zároveň jsou tyto částice uvolněny do vody nacházející se na povrchu půdy a mohou být vodou následně transportovány (Leguèdois a kol., 2005; van Dijk a kol., 2002). Voda přítomná na povrchu půdy se vsakuje nebo se začíná kumulovat v prohlubních na povrchu pozemku. Dopadá-li na půdu větší množství vody, než je schopna přijmout, začíná se voda hromadit na jejím povrchu a dochází k povrchovému odtoku (Brant a kol., 2016). Povrchový odtok se následně mění na soustředný, jehož důsledkem je rýhová a výmolová eroze půdy. Kapková eroze je závislá na kinetické energii deště, jeho intenzitě, stabilitě půdních agregátů a na rostlinném pokryvu (Sharma a kol., 1991; van Dijk a kol., 1996). Dále závisí na vrstvě vody nacházející se na povrchu (Richter, 1998), na přítomnosti kamenů, hrud a rostlinných zbytků na povrchu půdy (Morgan, 2009).

Na základě měření porostní srážky ve chmelnicích lze očekávat, že na kapkové erozi se bude významným způsobem podílet okap a rozstřík vody z listů po vstupu rostlin do prodlužovacího růstu. Révy se u chmele vyznačují nejen vysokou hustotou pravých (révových) a v pozdější fázi i pazochoových listů, které vytvářejí vysokou zachytnou plochu pro atmosférickou srážku, ale také v důsledku šikmého zavěšení rév. Tyto předpoklady potvrzují výsledky měření dopadu vody při závlaze chmele na povrch půdy, které prokázaly, že při umístění závlahového systému na vrcholu konstrukce je značná část závlahové vody rozptýlena do prostoru meziřadí a do prostoru hrůbku nedopadá (Brant a kol., 2021a).

K omezení rizik kapkové eroze ve chmelnici lze přispět přítomností živého či mrtvého mulče v meziřadí i hrůbku. Primárně jsou tyto postupy vnímány jako cesta ke snížení rizika rozvoje plevelů, ale i v hrůbku dochází v důsledku porostní srážky a závlahy ke vzniku kapkové eroze. Za efektivní způsob omezení erozních procesů v hrůbku lze považovat systémy mulčování meziřadí se souběžným ukládáním mulčované biomasy na stěnu hrůbku, případně na kolejovou stopu. U kolejových stop je otázka pokrytí jejich povrchu drčenou biomasou diskutabilní. Při vyšších srážkových událostech může v důsledku nespojení mulče s půdou docházet i k odnosu mulče samotného.

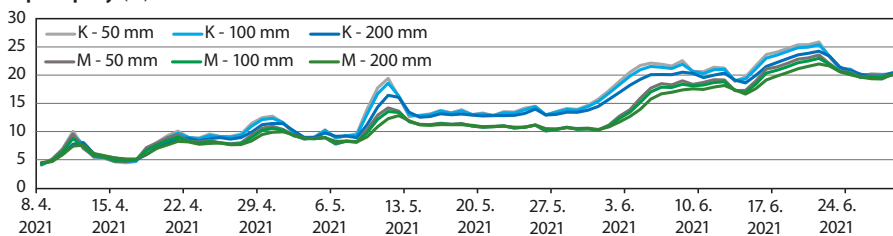
Kapková eroze má i svá fytopatologická rizika, která vznikají při rozstříku suspenze vody a půdy při dopadu a následné deformaci dešťových kapek na povrch půdy. S touto suspenzí se tak transportují i bakterie a spory hub. Takto uvolněné kapky suspenze vykazují doletovou vzdálenost až do 1,5 m od místa dopadu a výška rozstříknuté suspenze se pohybuje v desítkách centimetrů.

Opomenout nelze ani přímý vliv vegetačních pokryvů na snížení rizik větrné eroze. Přestože lze předpokládat, že unášecí schopnost větru ve chmelnicích bude v důsledku drsnosti povrchu půdy od podzimu do růstu rostlin nižší (zbytky rostlin a hrůbků). Zajímavou otázkou je i vliv konstrukce na omezení rychlosti větru, pro kterou však nejsou v literatuře dostupné informace. Přesto nelze rizika větrné eroze ve chmelnicích jednoznačně vyloučit.

Přítomnost nadzemní biomasy se bezesporu projevuje ve vztahu k omezení degradačních procesů vegetačních pokryvů.

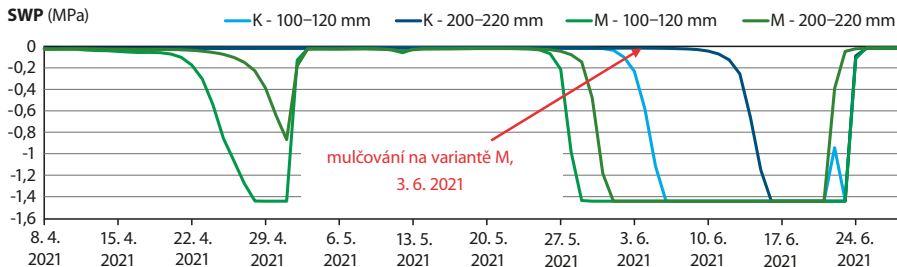
Vegetační pokryvy půdy rovněž přispívají k omezení přímému dopadu slunečního záření na povrch půdy a omezují přehřívání horní vrstvy půdy. Obrázek 18 dokládá vliv ozelenění meziřadí na teplotu půdy v hloubkách 50 až 200 mm. Z grafu je patrný pozitivní vliv porostů na pokles teploty půdy ve srovnání s plochou bez vegetace. Porost v meziřadí byl tvořen směsí ovsu na-

**Teplota půdy (°C)**



*Obr. 18: Průměrné denní hodnoty teploty půdy v meziřadí chmelnice v hloubkách půdy 50, 100 a 200 mm, K - půda bez vegetace, M - ozelenění meziřadí. Měření probíhalo v období 8. 4. 2021–28. 6. 2021 na lokalitě Kozojedy.*

**SWP (MPa)**



*Obr. 19: Průměrné denní hodnoty vodního potenciálu půdy (SWP) v meziřadí chmelnice ve vrstvách půdy 100–120 a 200–220 mm, K - půda bez vegetace, M - ozelenění meziřadí. Měření probíhalo v období 8. 4. 2021–28. 6. 2021 na lokalitě Kozojedy.*

hého a svazenky vratičolísté, který byl vyset na podzim (oba druhy přezimovaly). Plocha bez vegetace nebyla po dobu měření teploty půdy kultivována. Přítomnost porostů krycí plodiny v meziřadí má vliv i na množství dostupné vody v půdě. Obrázek 19 znázorňuje vliv vegetačního krytu v meziřadí na hodnoty vodního potenciálu půdy (SWP) na hodnocených variantách jako při měření teploty půdy. Přítomnost porostů vedla ke snížení dostupnosti vody v půdě v horních vrstvách profilu. Regulace spotřeby vody porosty podsevu je nutné řešit cílenou regulací porostu, pro kterou lze použít mulčování, sečení, zapravení do půdy apod.

Významným hodnotícím parametrem nadzemní biomasy, včetně kořenového systému, je produkce biomasy, která slouží jako zdroj organické hmoty pro půdu při zapravení, či jako materiál pro tvorbu mulče. Přestože problematika ozelenění půdy v meziřadí chmelnice není v podmínkách České republiky novou problematikou, jsou údaje o produkci biomasy a vlivu na půdu u vegetačních pokryvů v meziřadí spojovány především s možností využití jako zeleného hnojení. Krofta a kol. (2012) uvádějí, že se produkce nadzemní biomasy v závislosti na druhu pokryvu u časně letních výsevů pro zelené hnojení pohybuje v rozmezí 2,1 až 6,4 t/ha, u letních výsevů poté 2,5 až 7,5 t/ha a u pozdních letních výsevů v intervalu 1,5 až 4 t/ha.

Opomíjeny jsou však kvantitativní parametry kořenových systémů, které jsou samozřejmě významným zdrojem organické hmoty pro půdu, a to i bez zapravení nadzemní biomasy. S kvantitativními parametry kořenových systémů je však nutné spojovat i hloubku prokoření půdy a intenzitu prokoření jednotlivých vrstev půdního profilu. Pro odhad produkce podzemní biomasy porostů lze využít průměrné poměry produkce nadzemní a podzemní biomasy (tab. 4), které platí pro dané druhy do nástupu fáze kvetení.

Na základě hodnocení hmotnostního poměru mezi nadzemní a podzemní produkcí biomasy u letních meziplodin (hořčice bílá a proso seté) v roce 2021 se hodnota tohoto poměru u hořčice bílé pohybovala v rozmezí 9,1 až 23,7 a u prosa setého od 8,1 až 18,5. Poměry byly značně závislé na stanovišti. Ve srovnání s poměrem nadzemní a podzemní biomasy hořčice bílé na orné půdě (Brant a kol., 2019a a 2021b) jsou výše uvedené hodnoty vyšší. Zde je potřebné si uvědomit, že vysoké poměry nadzemní a podzemní biomasy u letních výsevů ve chmelnicích mohou být způsobeny etiolizačním efektem u hořčice bílé v důsledku zastínění rostlinami chmele, ale také ztuhnutím půdy v horní části orničního profilu, které bylo na sledovaných lokalitách pozorováno.

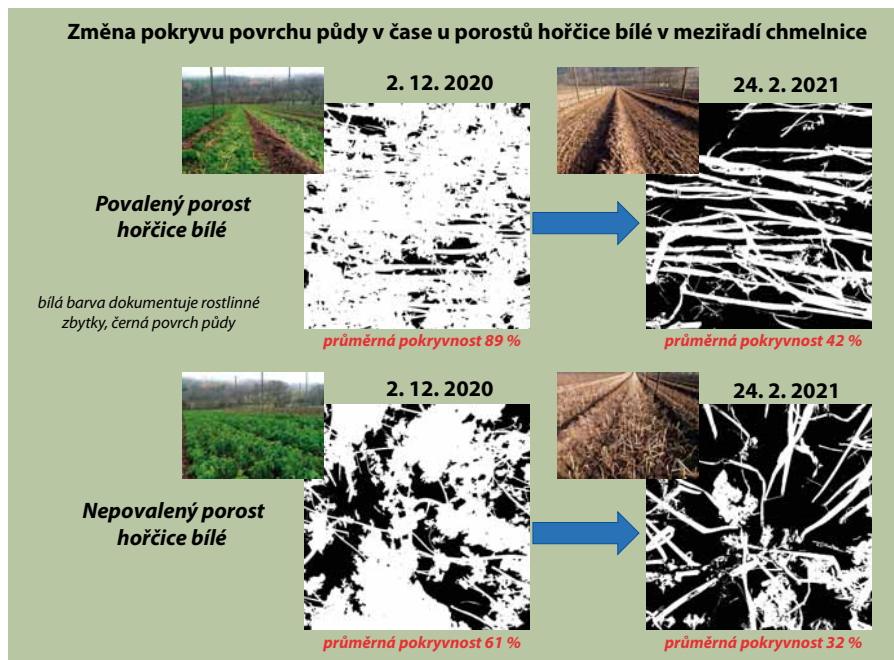
*Tab. 4: Průměrné poměry produkce nadzemní a podzemní biomasy platné pro dané druhy do nástupu fáze kvetení (upraveno podle Branta a kol. 2019a).*

<b>rostlinný druh</b>	<b>poměr suché nadzemní a podzemní biomasy (nadzemní/ podzemní)</b>
hořčice bílá	1,6
jetel nachový	3,0
lnička setá	2,6
mastňák habešský	3,6
oves setý	6,1
pohanka obecná	6,3
ředkev olejná	5,9
svazenka vratičolístá	5,6
tritikale	9,0
vikev panonská	14,6

Nadzemní biomasa může být využita pro tvorbu mrtvého mulče. Pokryvnost povrchu půdy umrtněnou nadzemní biomasou a dynamika jejího rozkladu může být ovlivněna mechanickým zásahem. Obrázek 20 dokumentuje vliv přivalení porostu hořčice bílé před vymrznutím na pokryvnost povrchu půdy ve srovnání s nepřivaleným porostem a na změnu pokryvu půdy rostlinnými zbytky v čase.

Zásadním způsobem se však v současné době nepracuje s kvalitativními parametry nadzemní a podzemní biomasy rostlin použitých pro osev meziřadí. Ty nelze hodnotit jen na základě obsahu živin, ale také na základě jejich poměru, především poměru uhlíku a dusíku. Fixace živin do rostlinné biomasy a její následná degradace působením mikroorganismů může zásadním způsobem zvyšovat dostupnost některých forem živin pro rostliny, například fosfor. Poměr mezi uhlíkem a dusíkem rozhoduje nejen o procesech degradace organické hmoty, ale také o stabilitě mulče na povrchu půdy. Zároveň nelze opomíjet skutečnost, že i samotná produkce biomasy s vyšším obsahem uhlíku je pro tvorbu trvalého humusu důležitá. Zajímavou otázkou z hlediska ozelenění meziřadí chmelnic je využití luskovin pro fixaci vzdušného dusíku.

Zajištění výše uvedených funkcí osevů meziřadí je spojeno s volbou vhodných druhů plodin a jejich rozmístění určující strukturu porostu. Druhů vhodných pro ozelenění meziřadí je značná řada. Liší se však v dynamice růstu, v kvalitativních a kvantitativních parametrech nadzemní a podzemní biomasy, mírou vnitrodruhové a mezidruhové konkurence, reakcí na abiotické a bio-



Obr. 20: Vliv přivalení porostu hořčice bílé před vymrznutím na pokryvnost povrchu půdy ve srovnání s nepřivaleným porostem a na změnu pokryvu půdy rostlinnými zbytky v čase.

tické faktory prostředí, toleranci či citlivosti povalení, mulčování apod. (obr. 21). V neposlední míře se odlišují i parametry osiva, což vyvolává potřebu odlišné hloubky výsevu, omezení kombinovatelnosti ve směsi atd. Podrobnější informace o kvalitativních parametrech rostlin využitelných pro osevy meziřadí v podmínkách České republiky uvádí Brant a kol. (2008 a 2019a) a Krofta a kol. (2012).

Tabulka 5 dokládá obsah živin v biomase vybraných druhů rostlin využitých pro ozelenění biomasy na lokalitě Kozojedy. Jedná se o porosty založené na podzim (7. 10. 2020) a ponechané v meziřadí do 18. 8. 2021 (Brant a kol., 2021c). Termín hodnocení kvality biomasy proběhl v termínu prvního mulčování 3. 6. 2021.

Obsahy živin v biomase vegetačních pokryvů meziřadí se liší nejen ve vztahu k danému rostlinnému druhu, termínu jeho výsevu apod., ale v rámci druhu poskytují informace o parametrech stanoviště. V tabulce 6 jsou uvedeny kvalitativní parametry biomasy porostů hořčice bílé stanovené na rozdílných chmelnicích v žatecké oblasti. Porosty hořčice bílé a prosa setého byly založeny v rozmezí 8. 7. 2021 až 23. 7. 2021. Výsledky kvality biomasy poukazují na rozdílné podmínky dostupnosti živin na stanovišti, ale také na vyšší obsahy dusíku v meziřadí na vybraných lokalitách. Zde je potřebné připomenout skutečnost, že porosty zakládáné do meziřadí mají rovněž přispět k udržení zásoby živin v půdě za účelem dosažení dlouhodobé úrodnosti půdy na pozemku.



Obr. 21: Habitus nadzemní a podzemní části rostlin hrachu setého (vlevo) a hořčice bílé pěstované společně ve směsi v meziřadí chmelnice (foto Brant).

Tab. 5: Kvalitativní parametry nadzemní biomasy vybraných rostlin určených pro pokryv meziřadí ve chmelnici na lokalitě Kozojedy stanovené 3. 6. 2021.

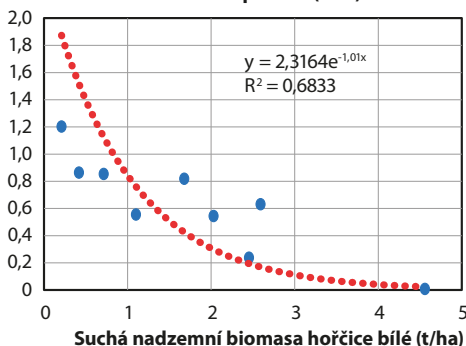
druh	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	Cu (mg/kg)	Mn [mg/kg]	Zn [mg/kg]	B [mg/kg]
svazenka vratičolistá	3,40	0,57	3,26	5,08	0,40	0,30	16,80	57,30	26,90	38,35
jetel nachový	2,28	0,46	3,50	2,55	0,32	0,25	13,80	43,27	30,60	23,25
oves nahý	4,28	0,78	5,08	0,85	0,20	0,48	10,70	69,82	43,30	10,48
hrách rolní - ozimý	3,80	0,50	3,40	0,92	0,24	0,31	13,30	42,34	49,00	17,75

Tab. 6: Kvalitativní parametry nadzemní biomasy letních výsevů hořčice bílé a prosa setého do meziřadí chmelnice. Do hodnocení byly zahrnuty porosty na rozdílných chmelnicích v Žatecké oblasti. Termín hodnocení kvality biomasy proběhl v období 23. 9. a 24. 9. 2021.

chmelnice (lokalita)	obsah vybraných živin											
	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)	B (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mo (mg/kg)
1	4,65	0,64	4,67	2,90	0,25	1,16	27,3	53,3	33,2	16,7	802,9	3,9
2	4,12	0,46	4,87	2,48	0,23	1,06	21,8	45,9	13,0	71,5	277,3	1,1
3	4,65	0,44	4,33	2,36	0,29	1,05	25,2	59,5	24,9	13,4	356,0	1,6
4	3,54	0,53	4,22	1,88	0,21	0,84	23,0	56,7	15,9	10,4	246,8	2,2
5	4,75	0,47	7,65	1,52	0,27	0,95	21,4	110,1	56,5	131,1	741,8	3,6
6	3,65	0,50	4,19	2,39	0,16	1,00	24,8	50,7	22,6	12,3	180,0	2,4
7	4,90	0,43	6,41	2,02	0,32	0,85	21,6	85,1	27,1	96,0	314,5	1,2
8	5,16	0,47	5,76	2,51	0,31	1,01	22,7	98,0	36,0	72,9	473,0	1,6
9	4,59	0,51	5,27	2,37	0,26	1,04	27,6	74,3	29,4	31,4	189,1	3,8
10	4,77	0,47	5,34	2,49	0,24	1,20	27,3	60,8	16,5	82,4	108,4	2,7

Zásadní vliv z hlediska množství nadzemní biomasy lze spatřovat i ve vztahu k regulaci plevelných rostlin, především jednoletých plevelů. Tato skutečnost hraje významnou roli v situaci, kdy pěstební systémy chmele nepočítají s využitím konvenčních herbicidů. Zásadní vliv na redukcí plevelů má výše produkce nadzemní biomasy vegetačního pokryvu, včetně rychlosti dynamiky růstu (Brant a kol., 2006 a 2021d). Obrázek 22 dokumentuje závislost mezi produkcí suché nadzemní biomasy letních výsevů hořčice bílé a prosa setého a produkcí suché nadzemní biomasy plevelů v meziřadí chmelnice.

Suchá nadzemní biomasa plevelů (t/ha)



Obr. 22: Vliv suché produkce nadzemní biomasy hořčice bílé na produkci suché nadzemní biomasy plevelů v roce 2021 na vybraných chmelnicích v Žatecké oblasti.

## II.2.4. BIOTICKÉ INTENZIFIKACE V MEZIŘADÍ CHMELNICE

S rozvojem biotických intenzifikací se zavádějí nové trendy i do technologií ozelenění meziřadí. V tomto pojetí se jedná o vnímání meziřadí jako prostoru, který má sloužit k zajištění zdrojů pro růst chmelových rostlin v řádku a stabilizovat nejen půdní prostředí, ale na začátku vývoje rostlin chmele vytvářet i vhodné mikroklima chmelnice (obr. 23). Na základě vnímání jednotlivých funkcí zón ve chmelnici je patrné, že zde mohou zásadní roli sehrát právě osevy meziřadí (Brant a kol., 2021d).

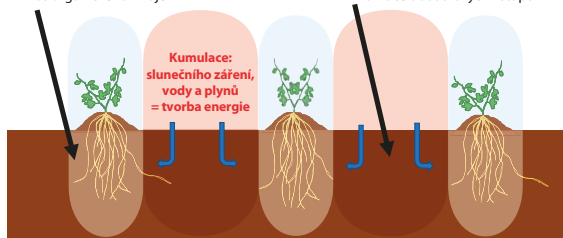
## Zóny chmelnice a jejich funkce

### Zóna spotřeby a přeměny:

- intenzivní čerpání živin a vylučování látek
- přímá infiltrace do zóny čerpání vody
- nároky na dobrou strukturu horní vrstvy půdy
- omezení evaporace
- cílená aplikace živin, kombinace se závlahou
- vnos organického hnojení

### Zóna tvorby zdrojů a stabilizace:

- vytváření zásoby vody
- produkce biologicky aktivní organické hmoty
- stabilizace podmínek půdního prostředí (teplota, vlhkost)
- stabilizace mikroklimatu porostu
- minimalizace dodatkových vstupů



### Změna pohledu na funkci meziřadí

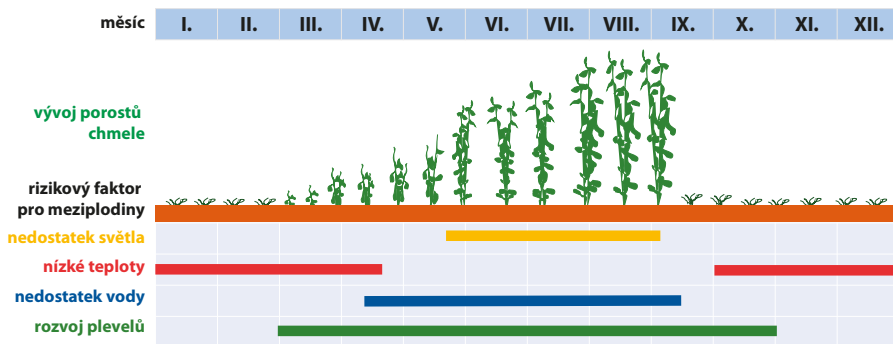
- variabilita povětrnostních a změna klimatických podmínek
- = stresové faktory pro rostliny
- snížení energetických vstupů
- = optimalizace ekonomických vstupů stabilizace systému
- = omezení jeho kolísání

Obr. 23: Specifikace funkcí meziřadí a řádků s rostlinami chmele ve chmelnici (Brant a kol., 2021d).

Rostliny využitě pro osetí meziřadí jsou primárně vnímány jako zdroj organické hmoty. Zde je nutné ovšem připomenout, že z hlediska produkce biomasy je potřebné řešit nejen kvantitativní parametry (množství nadzemní a podzemní biomasy), ale také parametry kvalitativní.

## II.3. SYSTÉMY OZELENĚNÍ MEZIŘADÍ

Systémy ozelenění meziřadí chmelnice lze rozlišit na základě rozdílných kritérií. Jedním ze základních členění vychází z termínu založení vegetačních pokryvů. Dlouhodoběji se v České republice rozděluje založení porostů (Krofta a kol., 2012) na jarní výsevy (bezprostředně po ukončení priorárky), na časně letní výsevy (většinou do konce června) a na pozdně letní výsevy (okamžitě po sklizni chmele). S nástupem nových technických postupů a požadavků na funkci vegetačních pokryvů se termíny výsevu přesouvají i do podzimního období. Z hlediska vývoje pokryvů půdy v meziřadí je nutné počítat s vlivem abiotických a biotických faktorů, které mohou zásadním způsobem omezit



Brant, 2022

Obr. 24: Specifikace rizikových faktorů ovlivňujících zakládání a vývoj pokryvů půdy v meziřadí chmelnice.

klíčivost semen, vzcházivost rostlin a jejich následnou dynamiku růstu (obr. 24). V rámci pohledu na systémy ozelenění lze samozřejmě rozlišit tzv. rotační systémy, kdy délka vegetace daného porostu nepřekročí 365 dní v roce. Druhou variantu představují systémy dlouhodobého ozelenění, u kterých se jedná o délku setrvání na stanovišti v délce několika let.

### II.3.1. PODZIMNÍ OZELENĚNÍ MEZIŘADÍ

Dominantně se jedná o výsevy přezimujících druhů po uklizení chmelnice a po provedení základního zpracování půdy v meziřadí (obr. 25). Cílem je tvorba vegetačního krytu za účelem omezení eroze a podpory infiltrace v zimním období a zajištění vegetačního krytu s rozdílnou délkou trvání v době vegetace chmele. Využití spolehlivě vymrzajících druhů není pro podzimní výsevy zcela vhodné, protože krátká doba vegetace nezajišťuje vhodné podmínky pro tvorbu nadzemní biomasy a rozvoj kořenů. Při podzimních výsevech dochází k pomalejšímu vývoji plevelů, a tím je omezeno zaplevelení porostů do nástupu zimy.

Délka setrvání porostů v meziřadí v následném roce po výsevu je závislá na pěstebním cíli. Porosty mohou být před řezem, či priorávkou zapraveny do půdy jako zdroj organické hmoty. V současné době jsou podzimní výsevy zakládány v rámci technologií omezujících celoplošné kypření meziřadí od podzimu až po sklizeň. Při podzimním výsevu dochází k urovnání povrchu půdy meziřadí mezi hrůbky, které zajistí následné provedení řezu na jaře. Před priorávkou je poté provedeno zonální kypření pouze po stranách budoucího hrůbku.

Pro výsev jsou nejčastěji používány ozimé formy obilnin (pšenice, žito, ječmen) nebo jarní formy, které v posledních letech vykazují dobrou schopnost přezimovat (včetně ovsa nahého a setého). Výsevky obilnin se podle stavu půdy a průběhu počasí, včetně požadavků na parametry porostu, pohybují v rozmezí 40 až 100 kg/ha. Nižší výsevky jsou spojeny i s časnějším termínem setí. Semena obilnin dobře vzchází i při horší tvorbě setového lože, případně z povrchu půdy. Výsevek výsevku může být optimalizován rovněž podle kapacity zásobníku na osivo.

Využit lze i ozimé formy hrachu setého či rolního (za dostatečný lze považovat výsevek v rozmezí 40 – 80 kg/ha). Výše výsevku však bude závislá na ceně osiva a na dané hmotnosti tisíce semen ve vztahu ke kapacitě zásobníku. Pro ozelenění jsou použitelné i vikve. Většina vikví (ozimé i jarní) většinou přezimuje, ale mnohdy je porost v únoru či březnu poškozen mrazy. Luskoviny je pro osev vhodné řadit především na stanovištích, kde jsou nižší obsahy dusíku v půdě. Na lokalitách s vyšší zásobou



*Obr. 25: Podzimní ozelenění meziřadí následující po orbě. Výsev obilniny a luskoviny probíhá při rovnání povrchu půdy rotačními branami. Souprava je osazena dvěma samostatnými zásobníky na osivo s nezávislým systémem semenovodů (foto Brant).*



dusíku nedochází u luskovin k tvorbě hlízek a nedochází tak k fixaci vzdušného dusíku.

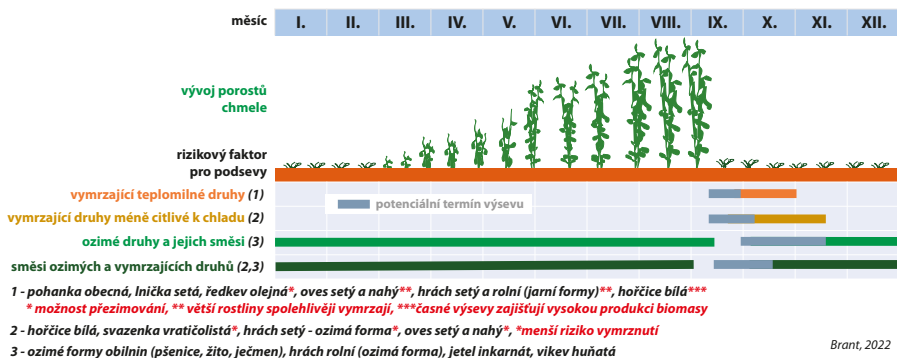
Za velmi dobrou kombinaci lze považovat výsevy směsí obilnin a luskovin. Obilniny zajišťují luskovinám po přechodu do prodlužovacího růstu vhodnou oporu (obr. 26), nicméně je potřeba počítat s určitým rizikem poléhání (hrách rolní a vikve). U úponkových forem hrachu setého (ozimé formy) je riziko poléhání malé. Ozimé formy hrachu setého se vyznačují menším habitem a nižší tvorbou nadzemní biomasy. U polehlých porostů luskovin nedochází ke kvalitnímu rozdrčení biomasy při mulčování.



Obr. 26: Porost ovesa nahého a hrachu rolního (ozimá forma) založený na podzim před provedením 1. regeneračního mulčování (foto Brant).

Porosty obilnin lze rovněž zakládat s dalšími plodinami, které jsou schopny přezimovat (např. jetel nachový), nebo s druhy které vzhází i při nižších teplotách a v mladých růstových stádiích nevymrzají (svazanka vratičolistá), nebo vymrzají až při nižších teplotách (hořčice bílá a ředkev olejná). Podzimní varianty výsevu představují širokou škálu možností práce s druhy vhodnými pro ozelenění, včetně možnosti délky setrvání pokryvu na stanovišti. Obrázek 27 dokládá příklady založení vegetačních pokryvů do meziřadí po sklizni chmelnice, jedná se tedy o klasické pozdní letní ozelenění a podzimní ozelenění.

Travní druhy nelze pro podzimní ozelenění doporučit. Důvodem je jejich pomalá dynamika růstu na podzim a vyšší riziko vymrznutí ve srovnání s obilninami. Za problematické lze považovat i zapravení travního porostu v následném roce, protože bez možnosti chemického umrtvení porostů dochází k vysokému riziku regenerace rostlin v důsledku slabého mechanického poškození dnu. Opomenout nelze ani zvýšené náklady na osivo ve srovnání s obilninami první skupiny. Stejně důvody snižují i vhodnost použití víceletých jetelovin.



Obr. 27: Pozdní letní a podzimní varianty výsevu představují širokou škálu možností práce s druhy vhodnými pro ozelenění, včetně možnosti délky setrvání pokryvu na stanovišti.

### II.3.2. ČASNÉ JARNÍ OZELENĚNÍ MEZIŘADÍ

Časné jarní výsevy představují alternativní variantu, nepodaří-li se založit podzimní výsevy. Zde se jedná dominantně o výsevy obilnin (ozimé a jarní formy) v měsíci březnu. Výsev může být proveden jen na povrch půdy. Limitujícím faktorem pro výsev je únosnost půdy pro tažné prostředky.

### II.3.3. POZDNÍ JARNÍ OZELENĚNÍ MEZIŘADÍ

Jedná se o založení porostů okamžitě po provedení přiorávky. Limitujícím faktorem pro vývoj porostů je případný nedostatek vody, či chladný průběh počasí. V posledních letech se setkáváme i s chladným a suchým průběhem konce jara a začátku léta.

Dynamika klíčení a vzcházení rostlin je ovlivněna i agrotechnickými zásahy v meziřadí. V suchých letech je provedení kypření meziřadí okamžitě po přiorávce spojeno s rizikem vzniku hrud a přesušení půdy, což vede ke snížení, či ke zpomalení vzcházení rostlin. Dynamika klíčení a vzcházení je rovněž závislá na způsobu založení porostů ve vztahu k technickým prostředkům. Je-li výsev proveden pomocí strojů s aktivně pracujícími nástroji (rotační brány, půdní frézy apod.) osazenými zásobníky s výsevním ústrojím, dochází k dobrému drobení hrud a rovnání povrchu pozemku. Za sucha je však potřebné se vyvarovat drtíciému efektu, kdy jsou větší půdní částice rozdrčeny na základní půdní částice a zásadním způsobem je poškozena struktura půdy. Při výsevu semen za pasivní pracovní nástroje je většinou efekt drobení půdy menší. V suchých letech jsou problematické výsevy semen na povrch půdy.

U jarních výsevů je pro osev využitelná značná řada rostlinných druhů a jejich směr. Z hlediska požadavků na funkci porostů je však nutné cíleně pracovat s biologickými vlastnostmi jednotlivých rostlinných druhů.

Významnou skupinou pro tento termín ozelenění jsou obilniny první skupiny (pšenice, ječmen, oves, žito a triticales). Jarní a přesívkové formy většinou vstupují do generativní fáze a tvorbu generativních orgánů je nutné omezit zapravením porostu, nebo jeho mulčováním. Provedení mulčování porostů obilnin do konce kvetení, nejpozději na začátku tvorby semen, zajistí opětovnou regeneraci porostů. Případné mulčování má spíše odplevelující funkci.

Jsou-li typické ozimé formy obilnin vysety později na jaře, neprojdou procesem jarovizace. Porosty nedosáhnou generativní fáze a rostliny vykazují i slabší habitus. Případné mulčování má spíše odplevelující funkci.

Pro ozelenění lze využít samozřejmě širokou škálu zástupců z čeledi brukvovitých (tab. 7). Brukvovité druhy se vyznačují při pozdních jarních výsevech (platí i pro časné i pozdní letní výsevy) rozdílnou dynamikou růstu a vstupem do fáze kvetení. S nástupem fáze kvetení začínají rostliny omezovat ukládání asimilátů do kořene a listů a zajišťují tvorbu generativních orgánů. Fáze spojené se začátkem kvetením (BBCH 60) lze považovat za období, kdy rostlina vytvořila

největší počet listů a intenzivně prokořenila půdní profil. V tomto období lze očekávat i nejužší poměr mezi produkcí nadzemní a podzemní biomasy. Plné nasazení listů ještě v této době vede k vysoké pokrývnosti půdy. Listy jsou nejrychleji degradovatelnou částí rostliny půdními mikroorganismy a většinou se vyznačují užším poměrem C:N v porovnání s lodyhami a kořeny. Mnohé brukvovité rostliny přechodem do plného květu redukují výrazně počet listů, především starších, a v této fázi již začíná docházet k prosvětlování porostů. Ve chmelnicích je však nutné proces kvetení omezit z důvodu možnosti chemické ochrany rostlin, nejedná-li se o pěstování chmele v ekologickém režimu. Zcela nepřijatelná je tvorba generativních orgánů na rostlinách, protože většina semen brukvovitých druhů se vyznačuje dlouhověkostí semen a indukci sekundární dormance prodlužující dlouhověkost semen v půdní zásobě. Generativní orgány by poté zvyšovaly riziko výskytu zaplevelujících rostlin ve chmelnicích. Brukvovité druhy po mulčování regenerují jen omezeně.

Tab. 7: Stanovení dynamiky vývoje porostů založených 26. 5. 2021 na základě růstových fází BBCH a určení efektivní doby vegetace. Světle zeleně jsou označena období, kde se rostliny nacházejí v období fáze kvetení. Tmavě zeleně jsou označeny fáze, které lze považovat za hraniční pro ukončení doby vegetace. Červená barva označuje fáze, kde již hrozí riziko tvorby vyvinutých generativních orgánů (Brant a kol., 2021a).

druh	odrůda/ novošlechtění	26. 5.	21. 6.	28. 6.	7. 7.	12. 7.	19. 7.	26. 7.	2. 8.	9. 8.	doba efektivní vegetace (dny)
řepka ozimá	Orion	výsev	15	19	19	19	19	19	19	19	min. 98
řepka ozimá	Esexska		15	19	19	19	19	19	19	19	min. 98
řepice jarní	Saturn		50	65	67	69	69	69	69	79	69
řepice jarní	Kova		50	65	67	69	69	69	69	79	69
hořčice bílá	Paliisse		50	63	65	67	67	74	79	89	62
hořčice bílá	BGRC 34555		39	63	65	67	67	74	79	89	62
hořčice černá	Sizaja		39	63	65	67	69	79	85	89	55
hořčice černá	N 2A94		39	63	65	67	69	79	85	89	55
hořčice sarepská	VNIIMK 12		39	63	67	67	69	79	89	89	55
lnička setá	Sortadinskij		39	55	65	67	67	79	85	87	55
lnička setá	Sortadinskij		39	55	65	67	67	79	85	87	55
lnička setá	PRFGL. 59		39	55	65	67	67	79	85	87	55
lnička setá	PRFGL. 59		39	55	65	67	67	79	85	87	55
ředkev olejná	Lucas		19	30	65	67	67	74	79	87	62
ředkev olejná	Siletta		19	61	67	67	67	79	81	87	55
katrán habešský	Voronezhskii		19	19	53	65	65	69	79	81	62
katrán habešský	BGRC 32855		19	19	53	65	65	69	79	81	62
roketka setá	ERU 21/84		19	19	59	65	65	69	79	81	62
roketka setá	BGRC 33984		19	57	65	67	67	74	79	81	62

Pro ozelenění lze v tomto termínu výsevu použít i svazenku vratičolistou a shloučenou. Svazenka shloučená je teplomilnější a je tolerantnější k vodnímu stresu. Svazenka shloučená se vyznačuje vyšší dynamikou růstu a je vhodnější do směsí s dominantními druhy. Jednoznačné uplatnění zde nalezne i pohanka obecná. Obdobně jako u brukvovitých druhů je z důvodu omezení negativního vlivu na opylovače omezit, či ukončit, vegetaci před vstupem do fáze kvetení porostů.

Zajímavou skupinou pro letní ozelenění jsou zástupci rodů proso a bér. Dobře vzchází při nedostatku vody, ale negativně reagují na nízké teploty. Jejich použití pro časně letní výsevy je v chladných letech rizikové. Především béry se vyznačují dobrým prokořeněním půdy. Při dostatku vody a příznivých teplotních podmínkách se rostliny obou rodů vyznačují rychlou dynamikou růstu a brzkým vstupem do generativní fáze. I zde je potřebné zamezit dozrání semen na rostlinách z důvodu rizika následného nekontrolovatelného výskytu rostlin.

Z hlediska výše uvedeného požadavku na zamezení dozrání semen u druhů použitých k ozelenění se primárně nejedná o zaplevelení meziřadí chmelnice, ale o možnost transportu semen těchto druhů uložených v půdě do prostoru hrůbku při provádění agrotechnických opatření.

### II.3.4. ČASNĚ LETNÍ OZELENĚNÍ MEZIŘADÍ

Za časně letní ozelenění lze označit výsevy, které jsou prováděny v době od prodlužovací fáze do počátku fáze vývoje květenství, tedy v termínech, kdy je počáteční vývoj podsevě méně limitován zastíněním. Při chladnějším průběhu jara se termín jejich založení zásadním způsobem nemusí odlišovat od doby založení pozdních jarních výsevů. Krofta a kol. (2012) uvádějí, že termín výsevu časně letního zeleného hnojení ve chmelnicích je nutné dodržet do konce června, nejpozději do první dekády července. Je důležité vybírat takové druhy rostlin, které jsou schopny se dobře vypořádat se světelným stresem v meziřadí již naplno zapojených porostů chmele. Pěstební cílem těchto porostů je tvorba nadzemní biomasy pro zelené hnojení, či pro tvorbu vegetačního pokryvu půdy za účelem omezení degradace půdy a fixace živin. Eliminace výskytu plevelů těmito porosty je výrazně závislá na průběhu počasí a toleranci druhů k následnému zastínění. Zásadní vliv na eliminaci zaplevelení po výsevu má provedení kultivace před výsevem či při výsevu plošin do meziřadí (obr. 28).



*Obr. 28: Při provedení časných jarních výsevů přispívá k regulaci stávajících plevelů a k omezení zaplevelení vysetých porostů kultivace meziřadí před či při výsevu. Na obrázku je provedení souběžného kypření a výsevu 30. 6. 2020 (foto Brant).*

Vyseté porosty mohou být zásadním způsobem ovlivněny nedostatkem vody v půdě, který snižuje, či oddaluje vzcházejivost, ale zpomaluje rovněž dynamiku



*Obr. 29: Zastínění podsevů vede ke etiolizačnímu efektu, tedy k tvorbě vytáhlých a slabých rostlin. Vlevo jsou rostliny ze směsi hořčice bílé a ovsa nahého, vpravo směsi hořčice bílé a hrachu rolního, vyseté 30. 6. 2020. Stav rostlin byl hodnocen 27. 7. 2020 (foto Brant).*

růstu. Pozdější vzejití porostů vede k výraznému etiolizačnímu efektu, tedy k tvorbě vytáhlých a slabých rostlin v důsledku zastínění (obr. 29). Tyto rostliny se rovněž vyznačují pomalejší dynamikou růstu kořenů a větší citlivostí k suchu.

Pro ozelenění lze využít většinu jednoletých druhů z čeledi brukvovitých. Za vhodné lze pracovat s teplemilnějšími druhy (hořčice sareptská, hořčice černá, lnička setá, roketka setá a katrán habeský), které se vyznačují i lepší klíčivostí semen při snížené dostupnosti vody a při vyšší teplotě půdy. Standardně se v praxi používá hořčice bílá. Variabilitu produkce suché nadzemní biomasy hořčice bílé ve vybraných chmelnicích v žatecké oblasti při časném až pozdním ozelenění dokumentuje tabulka 8. Z výsledků je patrná značná variabilita produkce biomasy jako reakce na vláhové podmínky stanoviště, na míru zastínění a dokládá intenzitu zapevlení porostů na základě stanovení jejich suché nadzemní biomasy.



*Obr. 30: Vliv zastínění na vývoj časně letních výsevů prosa setého. Na řádku vlevo je patrný okrajový efekt chmelnice projevující se nižším zastíněním podsevů prosa setého, vpravo je již zastíněním redukováný porost (foto Brant).*

Jako vhodné druhy lze použít i obilniny první skupiny. Ozimé formy obilnin při výsevu v letním období opět neprojdou

procesem jarovizace a nevytvorí generativní orgány. Produkce biomasy u jarních forem bude závislá na průběhu počasí. V mladých výsadbách, kde lze předpokládat menší produkci biomasy chmele, a tím menší riziko zastínění, je možné uvažovat i o využití luskovin, pohanky obecné a svazanky vratičolisté. Dostatek světla je důležitý i pro růst teplomilných a k suchu tolerantních druhů, jako jsou béry a proso seté (obr. 30).

Obecně lze časně letní výsevy považovat za nejméně stabilní z hlediska produkce biomasy. Kombinace nedostatku vody a zastínění jsou faktory, které mohou vést až k odumření rostlin. Opomenout nelze ani skutečnost, že špatné vzejití porostů v meziřadí, či jejich pomalý vývoj, vytváří prostor pro rozvoj plevelů, včetně rizika dozrání semen plevelů na rostlinách (obr. 31). Volba druhů pro tyto výsevy musí vycházet z aktuální vláhové situace v půdě a z rizika zastínění (zde hraje roli i odrůda chmele). Míra nejistoty z hlediska předpokládaného vývoje porostů by se měla promítnout do volby druhu i z hlediska ceny osiva.

Dojde-li po založení porostů k situaci, že semena vysetých druhů v důsledku sucha nevejdou, hrozí riziko následného zaplevelení chmelnice v dalších letech. Opět je nutné připomenout, že u semen brukvovitých druhů může následně dojít k indukci sekundární dormance.

*Tab. 8: Produkce suché nadzemní biomasy plevelů a vysetých druhů (t/ha) v meziřadí chmelnice (hořčice bílá a proso seté), termín odběru biomasy 23. 9. 2021 a 24. 9. 2021. Porosty do meziřadí byly založeny v termínu od 8. 7. do 23. 7. 2021. Rozdílné indexy mezi průměry v rámci sloupce dokládají statisticky průkaznou diferenci mezi průměry (ANOVA, Tukey) na hladině významnosti 95 %.*

chmelnice	vysetý druh	nadzemní suchá produkce biomasy meziplodiny (t/ha)	nadzemní suchá produkce biomasy plevelů (t/ha)
1	hořčice bílá	2,03 bcd	0,544 abcd
2	hořčice bílá	1,101 abcd	0,555 abcd
3	hořčice bílá	4,558 e	0,007 a
4	hořčice bílá	2,454 cd	0,237 ab
5	proso seté	0,815 abc	1,103 cd
6	proso seté	0,478 ab	0,375 abc
7	hořčice bílá	0,979 abcd	0,009 a
8	hořčice bílá	2,592 d	0,631 abcd
9	proso seté	0,21 ab	1,203 d
10	hořčice bílá	0,419 ab	0,864 bcd
11	hořčice bílá	0,715 ab	0,853 bcd
12	hořčice bílá	1,678 abcd	0,819 bcd
13	hořčice bílá	4,62 e	0,87 bcd

barva červená - produkce biomasy 0 až 0,5 t/ha, hnědá 0,5 až 1 t/ha, modrá 1 až 2 t/ha, černá 2 až 4 t/ha, zelená nad 4 t/ha



*Obr. 31: Nevzejití, či pomalý vývoj, časně letních výsevů v meziřadí dává prostor rozvoji plevelů, včetně možnosti dozrání generativních orgánů (foto Brant).*

### **II.3.5. POZDNĚ LETNÍ OZELENĚNÍ MEZIŘADÍ**

V tomto případě se jedná o ozelenění meziřadí především za účelem tvorby biomasy pro zelené hnojení (obr. 32), případně pro tvorbu mrtvého mulče pro zimní pokryv půdy, který je do jara degradován mikroorganismy. Termín výsevu musí být proveden co nejdříve po sklizni, aby bylo dosaženo vytvoření vysoké produkce biomasy. Na rozdíl od podzemních výsevů se tedy jedná o časný termín založení a na porosty není kladen požadavek přezimování a pokračování ve vegetaci na jaře následujícího roku.



*Obr. 32: Pozdně jarní výsevy hořčice bílé se vyznačují vysokou produkcí nadzemní biomasy a tvorbou porostů s vysokým pokryvem půdy (foto Brant).*



*Obr. 33: Vliv termínu výsevu na biometrické parametry rostlin hořčice bílé na lokalitě Kozojedy. Vlevo jsou rostliny z výsevu provedeného 5. 9. 2020, vpravo 28. 8. 2020. Snímek byl pořízen 21. 10. 2021 (foto Brant).*

Pro ozelenění je vhodná většina druhů využívaných jako strniskových meziplodin a jejich směsí. Vývoj porostů a tím i produkce nadzemní a podzemní biomasy jsou ovlivněny termínem výsevu. Posun termínu založení je spojen s poklesem produkce nadzemní a podzemní biomasy. Omezení rozvoje kořenového systému vede zároveň k poklesu hloubky prokořenění půdy a ke snížení efektu biologického zpracování. Tabulka 9 dokládá vliv rozdílných termínů výsevu na produkci nadzemní a podzemní biomasy na lokalitě Kozojedy v roce 2020. Obrázek 33 zobrazuje rozdíly v biometrice rostlin hořčice bílé v závislosti na termínu výsevu.

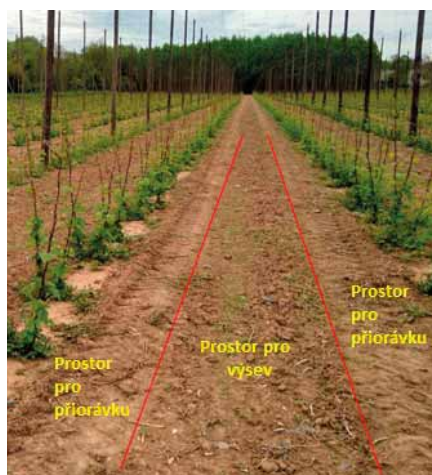
Tab. 9: Produkce suché podzemní a nadzemní biomasy hořčice bílé na lokalitě Kozojedy, termín hodnocení 21. 10. 2020. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

termín výsevu	suchá podzemní biomasa (t/ha)	suchá nadzemní biomasa (t/ha)	suchá nadzemní a podzemní biomasa (t/ha)	počet rostlin na m <sup>2</sup>	poměr nadzemní/podzemní biomasy
28. 8. 2020	0,376 b	2,703 b	3,079 b	96 a	7,22 a
5. 9. 2020	0,224 a	1,646 a	1,870 a	114 a	7,56 a

### II.3.6. VÍCELETÝ POKRYV PŮDY V MEZIŘADÍ

Vedle již výše popsaných možností ozelenění meziřadí chmelnice lze využít i víceletý pokryv půdy. V takovém případě je třeba při založení porostu zohlednit zejména možnosti techniky využívané pro přiorávku. Pro kvalitní založení vegetačních pokryvů v meziřadí a jejich následnou efektivitu a vytrvalost po dobu několika let je výhodné využití jarní vláhy a dostatečného oslunění v době vzcházení a časných fází růstu chmele. Z tohoto důvodu je vhodné porosty zakládat již v období po řezu chmele, tedy jako časně letní ozelenění. Je nutné zdůraznit, že při takovémto systému pěstování podplodin ve chmelnici nelze využít k přiorávce šípových pluhů, ale nutné je mít k dispozici techniku, která již při přiorávce nezasahuje do založeného porostu. Z hlediska prostorového rozmístění v meziřadí chmelnice je nutné ponechat dostatečný prostor pro přiorávku, jak je znázorněno na obrázku 34.

Z hlediska vytrvalosti a biodiverzity je výhodné při zakládání porostů víceletého ozelenění zaměřit na vícedruhové směsky, které dávají lepší předpoklad trvanlivosti jednak pro více sezón a jednak zajišťují stabilitu v rámci výkyvů povětrnostních podmínek během sezóny. Vedle celé řady méně vzrůstných jednoděložných víceletých druhů, zejména trav (osvěd-



Obr 34: Rozvržení meziřadí chmelnice pro založení víceletého podsevu (foto Procházka).



čily se jílek vytrvalý a kostřava červená), je vhodné do směsky zařadit i dvouděložné rostliny s přednostním využitím bobovitých rostlin. Ty se vyznačují schopností biologické fixace dusíku, jako například jetel luční a plazivý, nebo vojtěška setá, které navíc poměrně dobře obrůstají po případné mechanické kultivaci. Příklad možných víceletých druhů, je uveden v tabulce 10. Již při volbě druhů je nutné rozmyslet, zda chceme ozelenění meziřadí nechat vykvést a následně vysemenit, nebo zda bude porost mulčován, respektive i jinak mechanicky regulován.

Ponechání porostu do dokončení generativní fáze je sice výhodné pro obnovu jednotlivých druhů v porostu, avšak nese velké riziko nežádoucího zaplevelení řádků chmele, které by ne vždy bylo úspěšně eliminováno priorávkou. Z tohoto pohledu je vhodné porosty v meziřadí mechanicky regulovat nejpozději ve fázi počátku květu tak, aby rostliny nedokončily kvetení a následný vývoj životaschopného semene. V tabulce 10 je uveden přehled doby kvetení jednotlivých druhů vhodných pro víceleté směsi. Počátek květu většiny uvedených druhů navíc koreluje s počátkem kvetení možných použitých trav.

Tab. 10: Přehled doporučených víceletých druhů (zdroj: Vejražka a kol., 2017).

rostlinný druh	obvyklá doba kvetení							
	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.
heřmánek pravý								
chrpa luční								
jetel zvrhlý								
jetel inkarnát								
jetel luční								
jetel plazivý								
jítrocel kopinatý								
kmín kořenný								
komonice bílá								
kopretina bílá								
mrkev obecná								
tolice dětelová								
tolice vojtěška								
vičelec ligrus								

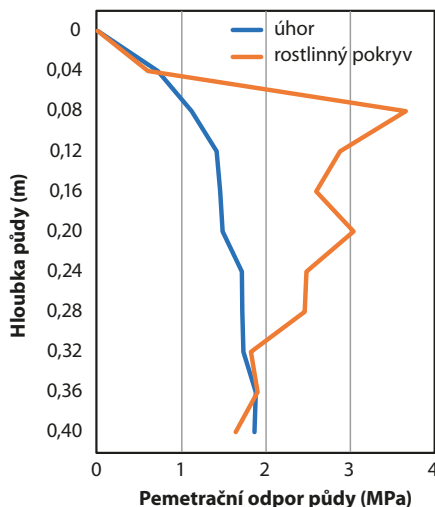
Výhodou ponechání ozelenění přes fázi květu je podpora užitečných organismů ve chmelnici. Mezi užitečné organismy se tradičně řadí predátoři, parazitoidy škůdců a opylovači, ale za užitečné lze považovat i druhy řazené do skupiny indiferentních organismů (tj. organismy nemající z pohledu člověka pozitivní ani negativní vliv). Z tohoto pohledu je také vhodné volit rostliny, které nejsou pro škůdce chmele atraktivní. Z výsledků Vejražky a kol. 2017 je zřejmé, že při vhodně zvolené víceleté směsi nedojde ke zvýšení počtu škůdců chmele, ani k většímu poškození rostlin chmele. V tabulce 11 je popsána atraktivita rostlin (vhodných pro víceleté směsi) pro jednotlivé druhy užitečných organismů. Při ponechání podsevu do fáze květu, je nutné respektovat možnou toxicitu přípravků na ochranu rostlin pro včely, což by však mělo být již v současné době běžnou praxí.

Tab. 11: Atraktivita rostlin v podplodinách pro jednotlivé skupiny užitečných organismů (zdroj: Vejražka a kol., 2017).

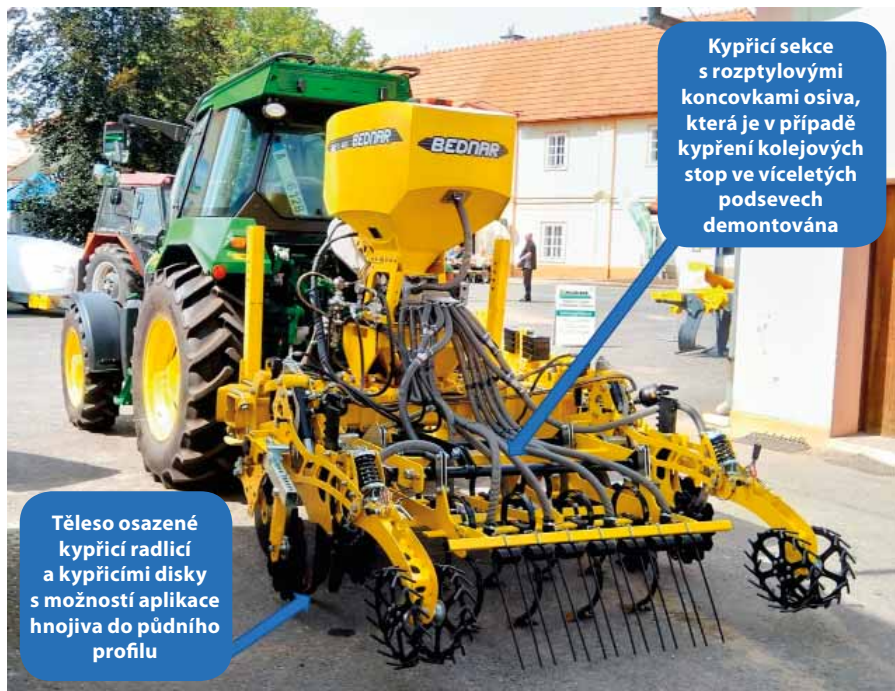
rostliny	atraktivita
bobovité	opylovači, motýli, antagonisté mšic
kmín	parazitoidi, pestřenky, motýli, antagonisté mšic - časné kvetení zajišťuje nalákání užitečných organismů v době, kdy do chmelnice začínají migrovat mšice
mrkev	nejatraktivnější z víceletých rostlin pro většinu užitečných organismů
jitrocele	samotářské včely
heřmánky	kuklice, pestřenky, samotářské včely, antagonisté mšic
chrpa	atraktivní pro všechny skupiny

Z dlouhodobějšího hlediska má víceleté ozelenění vliv na utužení půdy, neboť po vytvoření drnu (obvykle ve druhém roce vegetace) vykazuje tato vrstva vyšší utužení, avšak vrstva půdy pod drnem vykazuje již srovnatelné utužení, jako černý úhor. Pro znázornění dokládáme penetrační odpor půdy (obr. 35) profilu s dva roky starým podsevem a profilu černého úhoru v meziřadí, který byl během vegetace kypřený. Hlavní přínos víceletého ozelenění meziřadí je omezení eroze, dodání organické hmoty do půdy a vlastní prokořnění profilu. Tyto benefity zcela vyváží přirozené slehnutí půdy v profilu s vytvořeným drnem, které odpovídá slehnutí na trvalých travních porostech.

Kolejové stopy ozeleněného meziřadí je v průběhu vegetace vhodné kypřit. Při použití vhodné techniky (obr. 36) je možné operaci kypření spojit s lokální aplikací hnojiv do kořenové zóny chmele.



Obr. 35: Porovnání penetračního odporu půdy meziřadí s vegetačním pokryvem a meziřadí s černým úhorem. Měřeno na dvouletém porostu podsevu na lokalitě Sedčice.



Kypřicí sekce s rozptylovými koncovkami osiva, která je v případě kypření kolejových stop ve víceletých podsevech demontována

Těleso osazené kypřicími radlicí a kypřicími disky s možností aplikace hnojiva do půdního profilu

Obr. 36: Příklad stroje pro kypření kolejových stop ozeleněného meziřadí s možností aplikace hnojiv do kořenové zóny chmele (foto Procházka).

## II.4. SYSTÉMY ŘÍZENÍ VÝVOJE VEGETAČNÍCH POKRYVŮ

Naplnění cílů biologického zpracování půdy lze z pohledu zemědělce nutně vnímat jako cíleně řízený proces. Systém cílené regulace vývoje kořenových systémů a nadzemní biomasy vegetačního pokryvu je základem k dosažení nejen agrotechnických a ekologických cílů, ale také omezení rizikových faktorů spojených s tímto agro-biologickým postupem.

Pro pochopení významu a opodstatnění systémů řízení vývoje porostů je potřebná specifikace přínosů prováděných zásahů a stanovení rizik. Tyto systémy vycházejí z obecných biologických principů interakcí mezi vegetačními pokryvy a jejich komponenty ve vztahu k abiotickým a biotickým podmínkám stanoviště, ale zároveň pracují s vlivem agrotechnických postupů prováděných na zemědělské půdě. Opomenout však nelze ani specifika spojená s pěstováním chmele otáčivého.

### Cíle regulace vegetačních pokryvů při biologickém zpracování půdy.

1. Zajištění dlouhodobé funkce kořenového systému na základě omezení vstupu rostlin do generativní fáze. Omezení vstupu vybraných druhů rostlin do generativní fáze podporuje jejich regeneraci a prodloužení aktivního růstu na stanovišti.

2. Podpora vývoje jednotlivých komponentů druhové směsi za účelem jejich symbiotického působení na stanovišti. Zpomalením růstu části druhů ve společenstvu dochází k podpoře vývoje druhů s pomalejší dynamikou a s menší konkurenční schopností vůči dalším komponentům směsi, nebo plevelů.
3. Omezení dominantní role plevelů, která by vedla k potlačení vysetých druhů, a zamezení tvorby generativních orgánů na plevelných rostlinách.
4. Cílené prostorové (horizontální a vertikální) rozmístění semen při výsevu za účelem řízení dynamiky klíčení a vzcházení a omezení vnitrodruhové konkurence.
5. Systémové řízení kvality biomasy nadzemní a podzemní biomasy pokryvů půdy ve vztahu k procesům biologické transformace organické hmoty.
6. Zamezení vstupu rostlin do fáze kvetení v konvenčních systémech z důvodu omezení rizik negativního vlivu chemické ochrany chmele na entomofaunu.
7. Eliminace tvorby semen vysetých druhů rostlin, která by zvýšila potenciální riziko zaplevelení hrábku následnými zaplevelujícími rostlinami.
8. Zásadní vliv na omezení odčerpání vody z půdního prostředí má zpomalení, či ukončení růstu pokryvu půdy. Eliminaci neproduktivního výparu poté zajišťuje mulč z rostlinného pokryvu uložený na povrchu půdy.

## II.4.1. BIOLOGICKÉ PRINCIPY

Biologické principy regulace primárně vycházejí z cíleného využití a ovlivnění biologických vlastností semen a rostlin druhů, použitých pro biologické zpracování půdy. Primárním cílem je zajištění rozvoje růstu kořenového systému rostlin. Obecně platí, že se vstupem rostlin do fáze kvetení dochází k omezení růstu kořenů a přírůstku nadzemní biomasy. Zamezení vstupu rostlin do generativní fáze (mulč, seč, povalení, polámání apod.) a jejich regenerace zajistí aktivní působení na půdu.

Jednou z možností biologického řízení růstu rostlin je u ozimých forem pozdější termín výsevu. Kratší vliv nižších teplot zamezí procesu jarovizace a rostliny následně nevstoupí (nebo jen omezeně) do generativní fáze. U ozimých obilnin se jedná o výsevy, kdy teplota po zasetí dlouhodoběji neklesá pod 5 °C. Na obrázku 37 jsou porosty vybraných odrůd ozimého ječmene vyseté 6. 4. 2020, které neprošly procesem jarovizace. Porosty ozimé řepky vyseté na konci března rovněž ve většině případů nevstoupí do generativní fáze. Tyto porosty poté nepředstavují riziko z hlediska kvetení, tvorby semen apod.

Dalším faktorem využitelným pro biologické řízení porostů je struktura rozmístění rostlin. U rostlin vytvářejících ztloustlé kořeny (především ředkve) se při vyšší hustotě výsevu do řádku zásadním způsobem omezuje jejich tloustnutí, a tím se snižuje možnost přezimování. Ztloustnutí kořene u ředkve olejné přispívá k přezimování, protože tyto kořeny většinou nevymrzají a rostliny z nich na jaře regenerují. Ztloustnutí lze podpořit větší vzdáleností mezi rostlinami.

Často využívaným postupem je proces etiolizace. Vytvořením hustého porostu dochází ke konkurenci rostlin o světlo a následně k intenzivnějšímu prodlužovacímu růstu. To lze zajistit vyšším

výsevkem, který však vede i k redukci rostlin a zvyšuje náklady na osivo, na kapacitu zásobníků osiva a snižuje se i plošný výkon souprav. Vhodnějším způsobem je optimalizace výsevu tak, aby byla semena rovnoměrně rozmístěna na ploše. Tím je omezena přímá vnitrodruhová konkurence při vzcházení a na začátku vývoje, samozřejmě bez potřeby navyšování spotřeby osiva. Vhodně etiolizované rostliny jsou křehké, ale nepoléhají. Tyto porosty jsou následně dobře regulovány povalením hladkými, či reznými válci.



Obr. 37: Stav porostů ozimého ječmene dne 22. 6. 2020 založené 6. 4. 2020, které nevstoupily do generativní fáze (foto Brant).

## II.4.2. ABIOTICKÉ REGULAČNÍ FAKTORY

Základním regulačním nástrojem jsou primární abiotické faktory. Významnou roli má teplota vzduchu a teplota půdy. Teplota půdy společně s dostatkem vody vytváří podmínky pro proces klíčení semen a následně vzcházení rostlin. V jarním a podzimním období je nejdůležitějším regulačním faktorem teplota, v letním období dostupnost vody. Obrázek 38 dokumentuje potenciální období pro výsev rostlinných druhů vhodných pro ozelenění meziřadí chmelnic. Na obrázku je zaznamenáno potenciální období výsevu, včetně rizikových období výsevu daných nízkou teplotou půdy, vysokou vlhkostí půdy apod. Dále upozorňuje na rizikové faktory z hlediska klíčení či poškození klíčenců nízkými teplotami či suchem.

Pro ukončení vegetace rostlin je dominantním regulačním faktorem teplota, má-li porost tzv. vymrznout. Vliv nízkých teplot na rostlinu je dán rostlinným druhem, ale také růstovou fází. Mnohdy je vliv vymrznutí modifikován vegetačním pokryvem, který do určité míry jako celek vytváří izolační vrstvu mezi povrchem porostu a povrchem půdy.

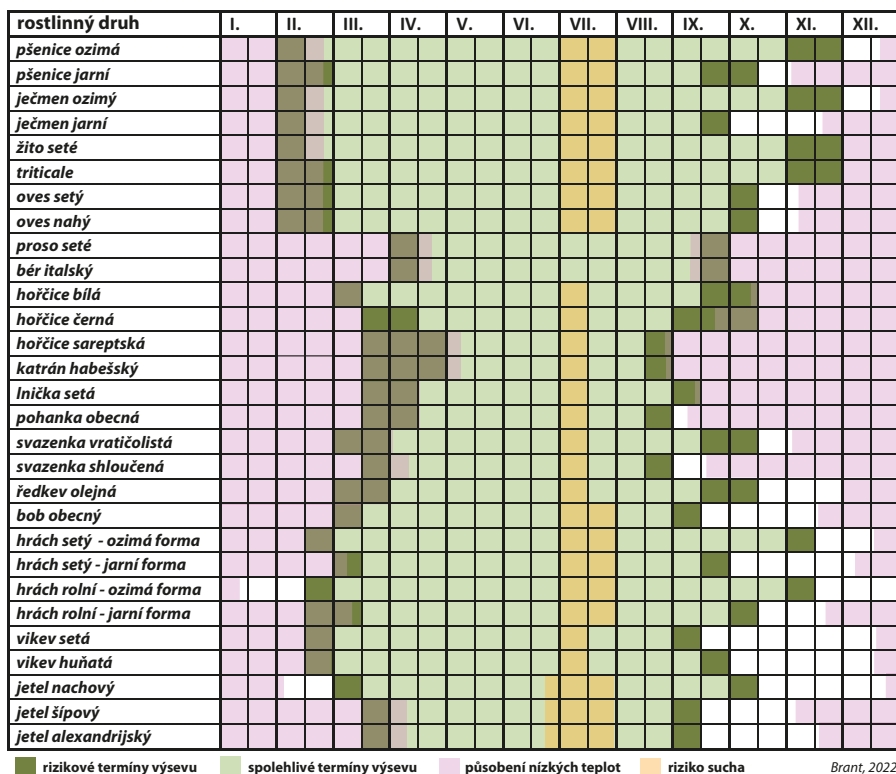
### II.4.2.1. Odolnost k nízkým teplotám

Mezi druhy, které citlivě reagují na pokles teploty (pod 6–8 °C) ukončením vegetace ve všech růstových fázích patří čiroky a béry, teplomilnější brukvovité druhy (hořčice sareptská a černá, katrán habešský). K obdobným teplotám jsou citlivé i rostliny masťáku habešského. Mladé rostliny hořčice bílé do fáze BBCH 6 vymrzají na podzim většinou spolehlivě. Větší odolnost vůči mrazu vykazují rostliny hořčice na počátku prodlužovacího růstu, a část rostlin je schopna i přezimovat. K nízkým teplotám (pod 4 °C) jsou naopak citlivé rostliny hořčice bílé od druhé poloviny prodlužovací fáze do fáze kvetení. Specifické je využití vymrznutí u rostlin ředkve olejné. U rostlin, které vytvořily silnější kořen (průměr v místě ztloustnutí převyšuje 30 mm), dochází jen k odumření nadzemní části, ale na jaře dochází k regeneraci rostlin z kořenů.

U ozimých obilnin nelze efekt vymrznutí přes zimu pro regulaci porostů využít. Dobrou odolnost k mrazu a k přezimování při běžném průběhu zimy v chmelařských oblastech vykazují i jarní formy obilnin, včetně ova setého a nahého (opomenout nelze ani přesívkové formy). Běžně lze s přezimováním počítat u jarních obilnin vysetých na podzim. Spolehlivé vymrznutí nelze očekávat ani u rostlin ovsů a jarního ječmene, které přezimují ve fázi sloupkování.

Problematická je práce s vıkevımi, které jsou schopny přezimovat. Dobře přezimují na podzim vyseté ozimé formy ova rolního, u ozimých forem hrachu setého je schopnost jistého přezimování výrazně vázána na odrůdu. U ozimé i jarní formy hrachu setého a rolního, které vstoupıjí do zimního období ve fázi prodluřovacıho růstu, dochází k vymrznutıí až při dlouhodobějším poklesu teplot, převážně v měsıci únoru. Většina jednoletých jetelů, mimo jetele nachového, vymrzá při teplotách pod 6 °C. Velmi citlivá na nízké teploty je sója luřtinatá. Dobrou odolnost vykazují vrostlé rostliny lupın.

Specifický je proces vymrznutı u svazenek. Svazenka shloučená je výrazně citlivá na nízké teploty, většınou pod 8 °C. Z důvodu pomalejší dynamiky růstu jsou mnohdy rostliny svazenky shlou-



Obr. 38: Potenciální termíny výsevu vybraných druhů pro ozelenění meziřadí chmelnice s vyznačením rizikových termínů setí ve vztahu ke vzejití rostlin.

čené součástí nižšího patra porostu, jehož vyšší vrstvy chrání spodní spektrum proti poklesu teplot. Rostliny svazanky vratičolisté jsou při podzimním výsevu schopné přezimovat i ve fázi BBCH 14–18. Větší prosty s výškou 0,4 až 0,6 m mohou vymrzat etapovitě. Mnohdy dojde k poškození jen horní části rostlin. Poškozená biomasa odumře, zčerná a funguje jako tepelná izolace. Při teplém počasí v zimě dochází v důsledku zachycení záření tmavou vrstvou odumřelých rostlin dokonce k ohřevu spodních částí porostu, což může vést až k regeneraci rostlin.

#### **II.4.2.2. Světelné podmínky**

Vliv světelných podmínek byl ve vztahu k efektu etiolizace na habitus podsevů specifikován již v předchozích kapitolách. U osetí meziřadí chmelnic je nutné etiolizační efekt rozlišit na cílený proces daný způsobem výsevu, tedy hustotou a rozmístěním rostlin, a na působení zastínění chmelovými rostlinami. V souvislosti s negativním vlivem zastínění vyvolaného rostlinami chmelu se však nejedná jen o zastínění vedoucí mnohdy až k odumření podsevů, ale také o tvorbu vytáhlých rostlin, které při vyšších srážkách poléhají. Polehlé porosty se obtížně mulčují. Při mulčování, ale také při seči, dochází k rozdrčení či posečení jen malé části rostlin nacházející dostatečně vysoko nad zemí. Nepoškozené polehlé části rostlin poté regenerují.

#### **II.4.2.3. Mechanické systémy regulace**

Mechanická regulace porostů představuje cílený zásah za účelem naplnění agrotechnických požadavků kladených na funkci meziřadí. Mezi primární cíle mechanické regulace patří:

1. Omezení kvetení či tvorby generativních orgánů u cíleně založených vegetačních pokryvů, nebo vybraných druhů.
2. Zamezení konkurence plevelných rostlin vůči vysetým druhům a eliminace tvorby generativních orgánů na plevelch, či na zaplevelujících rostlinách.
3. Prodloužení délky vegetace vysetých pokryvů na základě zamezení jejich přechodu do generativní fáze.
4. Cílené umrtvení vegetačního pokryvu vycházející z nevratného poškození rostlin.

Omezení vstupu cíleně založených vegetativních pokryvů do fáze kvetení, nebo do fáze zrání, lze provést pomocí mechanického zásahu. Jedná se o mulčování nebo sečení s vyšší výškou strniště, případně o rozřezání biomasy pomocí řezných válců. Výška strniště se při regulaci řídí výškou nasazení květenství, či biologickými vlastnostmi mulčovaných druhů, pro které je zásah prováděn.

Je-li cílem zásahu regulace vývoje porostů zajištění jejich následné regulace, nelze poškodit spodní části rostlin. U jednoděložných druhů, kde není rizikem vstup do fáze kvetení (větrosubné druhy) ve vztahu k přítomnosti opylovačů, je potřeba především omezit dozrání generativních orgánů. Jedná se tedy o odstranění květenství nejpozději do fáze počátku mléčné voskové zralosti semen. Jednou z možností je provedení seče ve výšce odpovídající nejnižšímu nasazení květenství na ploše. Tento zásah zajistí ponechání většího množství aktivní zelené biomasy

na povrchu půdy. Pro provedení je vhodnější použití žacích strojů, jejichž princip práce omezuje ohýbání se vršku porostu při zásahu (prstové žací lišty, diskové žací lišty, či bubnové žací lišty). Druhou možností je mulčování porostu ve výšce min. 0,1 m nad povrchem půdy u obilnin, případně u travovitých druhů. Vyšší strniště zajistí lepší regeneraci rostlin a jejich následný růst a dále sníží negativní vliv mulče na rostliny. Při vyšším strništi propadně mulč mezi rostliny. Možnost regenerace porostů obilnin lze zajistit i po regulaci řeznými válci, zde se však musí jednat o zásah provedený před fází metání.

U dvouděložných druhů je potřebné (mimo bio-chmelnice) regulovat jak fázi kvetení, tak tvorbu semen. Výška seče či mulče opět musí vycházet z výšky nasazení květenství na rostlině, či spíše v patrech porostu. U dvouděložných druhů dochází častěji k částečnému polehání. Při polehnutí porostů je cílený zásah omezenější. Zejména mulčování polehlých, či částečně polehlých a podrostlých, porostů může být spojeno jen s efektem defoliace a s pouhým olámáním části květů. I u dvouděložných druhů přispívá vyšší strniště k případné regeneraci rostlin, ale schopnost regenerace dvouděložných druhů po seči či mulčování je závislá na více faktorech (druhovosti, růstová fáze, vláhové podmínky, nepokrytí rostlin vysokou vrstvou mulče apod.).

Druhou možností je provedení nevratného umrtvení porostu v termínu, který zamezí kvetení, či tvorbě generativních orgánů. Případná regulace porostů musí být provedena v dostatečném předstihu před fází zrání, aby na rostlinách nedošlo k nouzovému dozrání semen. Riziko nouzového dozrání je větší při sečení porostů, nebo při tvorbě delší řezanky při mulčování. Nouzové dozrání je spojeno i s nekvalitním zapravením nadzemní biomasy do půdy. Pro umrtvení dvouděložných druhů lze využít i většinu válců (nejčastěji hladké či rýhované), které zajistí zalomení rostlin na bázi a následně jejich odumření.

Omezení růstu plevelů a generativních orgánů na plevelných rostlinách lze provést obdobnými postupy jako při regulaci cíleně vysetých rostlin. Tyto zásahy jsou primárně efektivní při regulaci jednoletých plevelů. U víceletých a především u vytrvalých druhů plevelů nelze zásadní efekt na regulaci plevelů očekávat. Výraznější vliv má větší počet regulačních opatření, která vedou k vyčerpání vytrvalých druhů, které musí většinu energie věnovat na regeneraci.

### **II.4.3. TECHNICKÉ PROSTŘEDKY PRO MECHANICKOU REGULACI NADZEMNÍ BIOMASY**

Pro mechanickou regulaci nadzemních biomas lze použít různá technická řešení, která se vyznačují rozdílným vlivem na rozrušení biomasy a možností regenerace rostlin po zásahu. Opomíjenou skutečností jsou však požadavky na tažné prostředky, které by měly být vybaveny předním závěsem pro čelní zavěšení mulčovačů, žacích strojů a řezných válců. Vpředu umístěná nářadí omezuje riziko povalení a zamáčknutí nadzemní biomasy koly traktoru do půdy, čímž se efekt zásahu snižuje. Zároveň je potřeba připomenout, že většina traktorů nedisponuje možností regulace přítlaku strojů při zapojení do zadního závěsu, čímž nelze provést efektivní nastavení řezných válců.



### **II.4.3.1. Hladké válce**

Dlouhodobě praxe využívá pro umrtvení porostů dvouděložných rostlin hladké válce. Dominantně jsou využívány jako tažené nářadí a na povalení porostu se podílejí i pneumatiky traktoru. Pro regulaci obilnin, či travních druhů, jsou však nevhodné. Při jejich využití dochází k povalení porostu jedním směrem a zásah může být spojen (regulace méně vzrůstných a zapojených porostů) s utužením horní vrstvy půdy. Při využití hladkých válců na svažitých chmelnicích je nutné povalení provést ve směru proti svahu, aby směr povalení rostlin nevyšil rizika odtoku vody (obr. 39). Povalená biomasa vytvoří dobrý pokryv mulčem. Pouhé povalení biomasy (především vzrůstných porostů) nemusí zajistit kvalitní zapravení biomasy do půdy při jejím následném zpracování. Pro povalení lze využít i alternativní technická řešení jako jsou rýhované válce, Cambridge válce apod.



*Obr. 39: Na svažitých chmelnicích je nutné povalení provést ve směru proti svahu, aby směr povalení rostlin nevyšil rizika povrchového odtoku vody (foto Brant).*

### **II.4.3.2. Mulčovače**

Pro mulčování lze použít jak mulčovače s horizontální, tak vertikální osou rotace. U mulčovačů je potřeba preferovat čelní zavěšení, které zamezí povalení porostů koly traktoru (obr. 40). V kolejších stopách je poté efekt mulčování omezen. Mulčovače s horizontální osou rotace efektivně pracují i na plochách s vysokou produkcí nadzemní biomasy (obr. 41). Mulčovače s vertikální



*Obr. 40: Čelní zavěšení mulčovače zamezí povalení porostů koly traktoru a zlepší práce obsluhy z hlediska pohybu soupravy v meziřadí (foto Brant).*



*Obr. 41: Mulčovače s horizontální osou rotace efektivně pracují i na plochách s vysokou produkcí nadzemní biomasy (foto Brant).*



*Obr. 42: Mulčovače s vertikální osou rotace lze efektivně použít i pro cílený odhoz biomasy (foto Ježek).*

osou rotace lze efektivně použít i pro cílený odhoz biomasy na stěny hrůbků (obr. 42). Výhodou mulčovačů je možnost ovlivnění délky mulče (pracovní rychlost a nastavení krytu rotorů), výšky mulčování a možnost (speciální adaptéry) určení místa uložení mulče. Nevýhodou jsou vyšší provozní náklady na servis stroje a náklady spojené s výměnou mulčovačích nožů, včetně menšího pracovního výkonu.

### **II.4.3.3. Žací stroje**

Pro mechanickou regulaci lze využít i rozdílné konstrukce žací strojů (prstové, diskové a bubnové). Především prstové a diskové žací stroje lze využít i pro provedení seče ve vyšších výškách porostu. U prstových lišt je kladen vyšší požadavek na eliminaci polehnutí porostů a vykazují menší plošný výkon. Prstové lišty, u nichž je kladen vyšší požadavek na eliminaci polehnutí porostů, vykazují menší plošný výkon.



*Obr. 43: Čelní umístění žacího stroje omezuje riziko neposečení porostů v místě kolejových stop (foto Brant).*

Především u žacíh strojů by měl být kladen důraz na čelní umístění (obr. 43) na traktoru (posečení porostu před projetím kol traktoru). K výraznějšímu poškození posečené biomasy lze využít i kondicionéry biomasy, které jsou součástí většiny žacíh strojů. Při seči jsou možnosti regulovat délku mulče omezené a opomenout nelze ani vyšší provozní náklady a menší plošný výkon.

#### II.4.3.4. Řezné válce

Výrazný rozvoj lze v současné době sledovat u řezných válců. Jejich využití lze rozlišit na funkci řezání, lámání a kvalitního zalomení obilnin při povalení. K řezání biomasy dochází při zvýšeném přítlaku na válce, čímž je nadzemní biomasa rozmělněna na kratší částice. Tento efekt lze využít při regulaci dvouděložných rostlin, slabších porostů obilnin, ale také u víceletých jetelovin. Při sníženém přítlaku dochází k povalení rostlin a k nalámání stonků. Výsledkem je však tvorba kompaktnější mulče na povrchu půdy. Nalomení stonků omezuje regeneraci rostlin z povalených částí. Povalený a nalámaný mulč se rovněž může obtížněji zapravovat do půdy v časném termínu zpracování půdy po přivalení. Těžké řezné válce (obr. 44) jsou efektivní pro umrtvení porostů obilnin v termínu vstupu do fáze mléčné voskové zralosti, kde následně dochází k tvorbě kompaktního mulče na povrchu půdy, který má půdu chránit po delší dobu. Základem pro využití řezných válců ve chmelnicích je možnost změny jejich pracovního záběru a zajištění dobré schopnosti kopírování povrchu půdy (obr. 45).



Obr. 44: Těžké řezné válce dobře regulují i porosty obilnin vytvářející pevnější stébla. Plná stěna válců částečně omezuje tzv. namotávání biomasy. Válce lze rozdělit na dělené s možností kopírování (vlevo), či na pevné (vpravo) bez možnosti změny pracovního záběru (foto Brant).

► Obr. 45: Ve chmelnicích je vhodné využít konstrukční řešení umožňující změnu pracovního záběru a zajišťující dobré kopírování povrchu půdy (foto Brant).



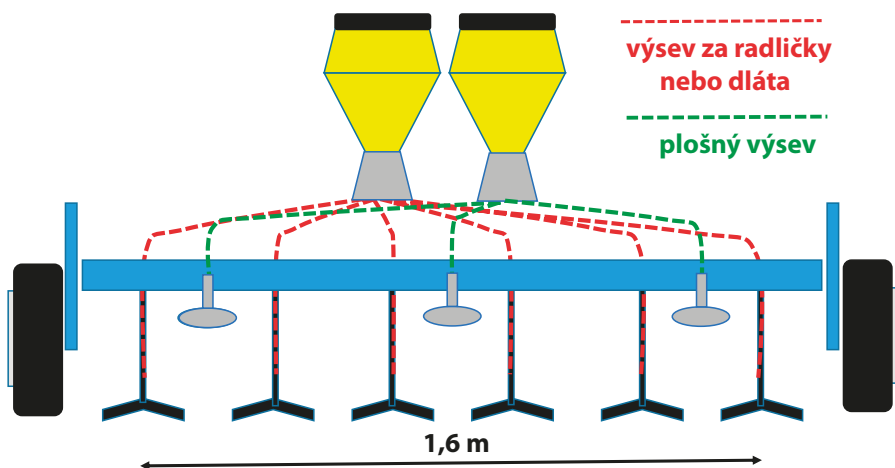
## II.5. POPIS A OVĚŘENÍ NOVÝCH TECHNOLOGICKÝCH A TECHNICKÝCH ŘEŠENÍ

V rámci této kapitoly jsou popsány konkrétní technologické postupy a technická řešení, která vznikla v době řešení projektu, včetně výsledků jejich ověřování.

### II.5.1. TECHNICKÉ SYSTÉMY PRO ZONÁLNÍ VÝSEVY VÍCEDRUHOVÝCH SMĚSÍ

Z důvodu optimalizace výsevu rozdílných druhů meziplodin do meziřadí chmelnic je nutné mít k dispozici vhodné technické prostředky, které zajistí nejen rozdílnou hloubku setí, ale také optimalizaci rozmístění rostlin na oseté ploše. V rámci výzkumných aktivit řešitelského kolektivu byl v roce 2020 vyvinut a sestaven kypřič umožňující souběžný výsev velkosemenných a malosemenných druhů využitelných pro ozelenění meziřadí chmelnic, včetně možnosti soustředného výsevu konkurenčně silnějších druhů do pásů a následným plošným výsevem ostatních druhů, či jejich směsí. Plošně vysévané druhy jsou poté dominantní v prostoru mezi plodinou, či směsí druhů, vyseté do pásů.

Vyvinutý stroj je osazen dvěma zásobníky na osivo (obr. 46). Z jednoho zásobníku je osivo dávkováno za kypřící radličky (šest radliček s roztečí 0,32 m, šířka osetého pásu je poté závislá na hloubce kypření a použitém osivu a kolísá v rozmezí 6–10 cm), z druhého zásobníku ke třem rozptylovacím deflektorům (měnitelná rozteč, měnitelná orientace směru rozhoru osiva a umístění na rámu). Stroj je možné rovněž osadit půdním pýchem. Půdní pých nebyl při testování stroje použit. Obrázek 47 ukazuje samotný kypřič a zachycuje jeho práci ve chmelnici.



Kroulík a Brant, 2020

Obr. 46: Technické řešení stroje pro cílený výsev malosemenných a velkosemenných druhů meziplodin.



Obr. 47: Obrázky dokumentují vyvinutý kypřič pro výsev a zachycuje jeho práci ve chmelnici (foto Brant).

## II.5.2. TECHNICKÉ PROSTŘEDKY PRO SOUBĚŽNÉ ZONÁLNÍ KYPŘENÍ A OZELENĚNÍ MEZIŘADÍ

V rámci projektu byl ve spolupráci s firmou BEDNAR FMT s.r.o. vyvinut kypřič pro cílené zonální kypření a hnojení ke kořenované zóně. Stroj je cíleně určen pro ukládání hnojiva ke kořenové zóně chmele a k odstraňování ztuhnutí půdy v kolejových stopách, včetně podpory infiltrace vody ke kořenovému systému (obr. 48). Technologie využití a konstrukční řešení stroje jsou podrobně specifikovány v pracích autorského kolektivu (Brant a kol., 2019b a 2021a).

Po praktickém ověření testovacího stroje bylo přistoupeno k vývoji vnitřní kypřicí sekce zajišťující možnost kombinace zonálního kypření s celoplošnou kultivací plochy meziřadí, včetně výsevu meziplodin (obr. 49). Cílem technického řešení bylo zachování variability stroje. Které spočívá v možnosti práce bez vnitřní kypřicí sekce či s namontovanou sekci. Optimalizace technického řešení a realizace kypřicí sekce opět proběhla ve spolupráci s firmou BEDNAR FMT s.r.o. Zásobník pevných látek umístěný na kypřiči pro zonální kypření a hnojení lze využít pro aplikaci minerálních hnojiv za kypřicí sekce, nebo pro výsev rostlinných druhů za radličky kypřicí sekce. Obrázek 50 dokumentuje konstrukční náskres a realizaci stroje při osazení kypřicí sekci. Vývoj porostů hořčice bílé v meziřadí chmelnice založených strojem pro zonální kypření a hnojení v kombinaci s kypřicí sekci je zachycen na obrázku 51.



Obr. 48: Kypřič pro cílené zonální kypření a hnojení ke kořenové zóně (foto Brant).



Obr. 49: Konstrukční nákres (vlevo, BEDNAR FMT) a realizace vnitřní kypřicí sekce (vpravo, foto Brant) zajišťující možnost kombinace zonálního kypření s celoplošnou kultivací plochy meziřadí.



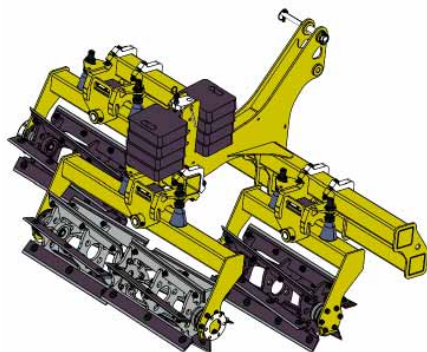
Obr. 50: Konstrukční nákres (vlevo, BEDNAR FMT) a realizace stroje při osazení kypřicí sekcí (vpravo, foto Brant).

► Obr. 51: Vývoj porostů hořčice bílé v meziřadí chmelnice založených strojem pro zonální kypření a hnojení v kombinaci s kypřicí sekcí (foto Procházka).



### II.5.3. TECHNOLOGIE REGULACE POROSTŮ ŘEZNÝMI VÁLCI

V souvislosti s potřebou ověřování systémů regulace porostů v meziřadí chmelnice a nedostupnosti vhodných technických řešení pro navržené pěstební postupy byl členy řešitelského kolektivu ve spolupráci s firmou BEDNAR FMT s.r.o. navržen a zkonstruován stroj pro regulaci porostů pracující na principu řezných válců (obr. 52). Technické řešení stroje zajišťuje variabilní změnu pracovního záběru a možnost změny kopírování povrchu půdy jednotlivými válci. Řezné válce byly testovány a ověřeny nejen při regulaci pokryvu meziřadí ve chmelnicích (obr. 53), ale také v systémech osetí trajektorií jízdy postřikovače v širokořádkových plodinách z důvodu řízení vegetačních pokryvů na těchto plochách.



*Obr. 52: Technický náčrt řezných válců pro mechanickou regulaci vegetačních pokryvů v meziřadí chmelnic vyvinutý členy řešitelského kolektivu ve spolupráci s firmou BEDNAR FMT (zdroj BEDNAR FMT).*



*Obr. 53: Ověřování kvality práce řezných válců ve chmelnici (foto Procházka).*

### II.5.4. TECHNOLOGIE CÍLENÉHO ZONÁLNÍHO VÝSEVU PRO POZDNÍ JARNÍ OZELENĚNÍ

Technologie byla ověřována v letech 2020 a 2021 na lokalitě Kozojedy. V rámci hodnocení byla sledována dynamika růstu vysetých druhů a produkce jejich nadzemní biomasy. V roce 2021 byla sledování rozšířena i o posouzení konkurenceschopnosti vysetých druhů a jejich porostů vůči plevelům (Brant a kol., 2021e).

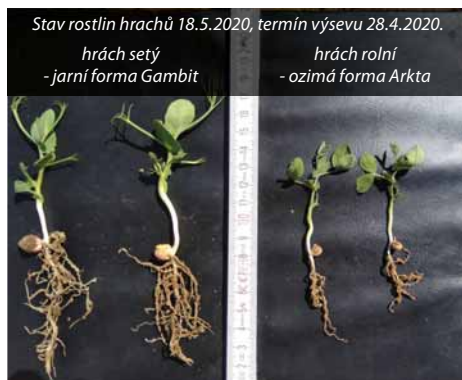
### II.5.4.1. Ověřování technologie v roce 2020

Souběžně s ověřováním kvality práce kypřiče pro souběžný výsev velkosemenných a malosemenných druhů byly založeny i pokusné plochy pozdních jarních osevů meziřadí po provedení priorávky. Vysévány byly směsi velkosemenných a drobnosemenných druhů, kdy semena byla uložena ve dvou nezávislých zásobnících. Za radličky byl vyset hrách setý a rolní a oves nahý. Především ve vztahu k termínu výsevu a k uložení semen do půdy za radličku byly tyto druhy považovány za budoucí dominantní druhy porostu. Při plošných výsevech byla testována hořčice bílá a bér italský, kde se předpokládala dobrá vzházivost i z povrchu půdy. Tabulka 12 dokládá kombinace druhů na osetých plochách.

Tab. 12: Hodnocené druhy a jejich směsi, včetně specifikace výsevu, při testování kypřiče 28. 4. 2020 na lokalitě Kozojedy.

rostlinný druh (odrůda)		výsevek (kg/ha)	
výsev za kypřicí radličku	plošný výsev	výsev za kypřicí radličku	plošný výsev
hrách setý (jarní forma - Gambit)	hořčice bílá (Andromeda)	80	10
hrách setý (jarní forma - Gambit)	hořčice bílá (Andromeda)	100	10
hrách rolní (ozimá forma - Arkta)	hořčice bílá (Andromeda)	100	10
hrách rolní (ozimá forma - Arkta)	bér italský (Rucereus)	100	20
oves nahý (Marco Polo)	bér italský (Rucereus)	150	20
oves nahý (Marco Polo)	hořčice bílá (Andromeda)	150	10
hrách setý (jarní forma - Gambit)		80	
hrách setý (jarní forma - Gambit)		100	
hrách rolní (ozimá forma - Arkta)		100	
hořčice bílá (Andromeda)	bér italský (Rucereus)	10	10

Rostliny hrachů a ovsu vyseté za kypřicí radličky vzešly velmi dobře. Průměrný počet rostlin činil 18. 5. 2020 u hrachu setého 20 rostlin, u rolního 25 rostlin na m<sup>2</sup> a u ovsa poté 120 rostlin/m<sup>2</sup>. Jarní forma hrachu setého vykazovala výrazně rychlejší dynamiku růstu ve srovnání s ozimou formou hrachu rolního (obr. 54). Ozimé formy hrachů vykazují obecně nižší růstovou dynamiku než formy jarní. U plošně vyseté hořčice dosahoval počet rostlin průměrně 50 rostlin/m<sup>2</sup>. Běry v termínu hodnocení nevzházely z důvodu nízkých teplot. Výsevy luskoviny a ovsa za kypřicí



Obr. 54: Ozimé formy hrachů vykazují obecně nižší růstovou dynamiku než formy jarní.



radličky (čistosevy), kdy rostliny řádkují, umožňují případné odplevelení mezi řádky (užší radličky, nebo dlátka). V termínu hodnocení nebyly plevele v porostech přítomny.

### Produkce nadzemní biomasy

Dne 2. 6. 2020 proběhlo první hodnocení produkce nadzemní biomasy porostů, výsledky dokládá tabulka 13. Na produkci nadzemní biomasy se dominantně podílely druhy vyseté za kypřičí radličky. Rostliny béru do termínu prvního hodnocení biomasy nevězely.

Tab. 13: Produkce nadzemní biomasy vysetých druhů a jejich směsí (t/ha) a hmotnostní podíl druhů ve směsi (%) 2. 6. 2020, lokalita Kozojedy. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

druh/směs (výsev)	produkce suché nadzemní biomasy (t/ha)	hmotnostní podíl prvního druhu na produkci biomasy směsi (%)	hmotnostní podíl druhého druhu na produkci biomasy směsi (%)
hrách setý + hořčice bílá (80 + 10 kg/ha)	0,263 cd	74	26
hrách setý + hořčice bílá (100 + 10 kg/ha)	0,201 bc	58	42
hrách rolní + hořčice bílá (100 + 10 kg/ha)	0,163 abc	62	38
hrách rolní + bér italský (100 + 20 kg/ha)	0,109 ab	100	0
oves nahý + bér italský (150 + 20 kg/ha)	0,369 d	100	0
oves nahý + hořčice bílá (150 + 10 kg/ha)	0,268 cd	67	33
hrách setý (80 kg/ha)	0,155 abc	100	-
hrách setý (100 kg/ha)	0,160 abc	100	-
hrách rolní (100 kg/ha)	0,172 abc	100	-
hořčice bílá + bér italský (10 + 10 kg/ha)	0,058 a	100	0

Druhý termín hodnocení proběhl 24. 6. 2020 (tab. 14). Při druhém termínu hodnocení se již z hlediska produkce nadzemní biomasy stala dominantní hořčice bílá. Výsev na povrch půdy zásadním způsobem zpomalil její vývoj, a tedy i konkurenční schopnost vůči druhům vysetým do řádku. Výskyt béru byl z důvodu pomalého vzházení omezen, v porostech se v tomto termínu hodnocení nacházely především vzházející rostliny. Produkce nadzemní biomasy se pohybovala v rozmezí 0,5 až 2,0 t suché hmoty/ha. Stav vybraných porostů v termínu hodnocení produkce nadzemní biomasy dokládá obrázek 55.

Tab. 14: Produkce nadzemní biomasy vysetých druhů a jejich směsí (t/ha) a hmotnostní podíl druhů ve směsi (%) 24. 6. 2020, lokalita Kozojedy. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

druh/směs (výsevek)	produkce suché nadzemní biomasy (t/ha)	hmotnostní podíl prvního druhu na produkci biomasy směsi (%)	hmotnostní podíl druhého druhu na produkci biomasy směsi (%)
hrách setý + hořčice bílá (80 + 10 kg/ha)	1,765 bc	42,7	57,3
hrách setý + hořčice bílá (100 + 10 kg/ha)	1,542 bc	40,5	59,5
hrách rolní + hořčice bílá (100 + 10 kg/ha)	1,007 ab	26,1	73,9
hrách rolní + bér italský (100 + 20 kg/ha)	0,543 a	96,5	3,5
oves nahý + bér italský (150 + 20 kg/ha)	1,947 c	100	0
oves nahý + hořčice bílá (150 + 10 kg/ha)	1,615 bc	39,8	60,2
hrách setý (80 kg/ha)	1,191 abc	100	-
hrách setý (100 kg/ha)	1,261 abc	100	-
hrách rolní (100 kg/ha)	0,716 a	100	-
hořčice bílá + bér italský (10 + 10 kg/ha)	0,608 a	100	0



Obr. 55: Stav porostů podsevů 24. 6. 2020. Zleva: hrách setý + hořčice bílá, oves nahý + hořčice bílá a čistosev ovsu nahého (foto Brant).

### Mechanické umrtvení biomasy

V termínu druhého hodnocení produkce biomasy bylo rovněž provedeno mechanické umrtvení porostů. Část rostlin hořčice bílé na hodnocených plochách vstupovala do fáze začátku kvetení, tedy do fáze, kterou lze považovat za nejzazší termín pro povalení. Lodyhy se v této fázi dobře lámou a praskají. Oves nahý v tomto termínu ještě nevstoupil do fáze metání, vytvářel však dobrý pokryv půdy a intenzivně prokořeňoval horní část ornice. Při provedení mechanického umrtvení mulčováním v tomto termínu lze očekávat, že rostliny budou po mulčování regenerovat.



Obr. 56: Umrtnění porostů poveláním (vlevo) a mulčováním (foto Brant).



Obr. 57: Při povelání bylo přibližně 70 % rostlin hořčice zcela ulomeno u báze lodyhy (foto Brant).

Regenerace rostlin poté zajistí prodloužení doby efektivního růstu plodiny bez rizika zestárnutí biomasy a tvorby semen. Rostliny hrachu setého i rolního ještě nezačaly kvést, ale vytvářely v této fázi nejvíce listové plochy potřebnou pro pokrytí půdy (lodyhy byly křehké).

Velmi vzrůstné porosty vytvářela směs hrachu setého a hořčice bílé. Porosty byly vysoké přibližně 80 cm, nepolehlé, dole etiolizované, a vykazovaly minimální zaplevelení. Obdobně vypadaly i porosty ozimé formy hrachu rolního s hořčicí. Zde se již však začal projevovat dominantnější vzrůst hořčice na vývoj Arkty, která nebyla tak konkurenční jako hrách setý. Kvalitní pokryv půdy vykazoval i samotný porost ovsa nahého (porost bez vzešlého béru) a směs ovsa s hořčicí, i zde se však již začal projevovat dominantní efekt hořčice.

Porosty hrachů s přísevy hořčice byly umrtveny poveláním (hladké válce) a mulčováním (obr. 56). Při povelání bylo přibližně 70 % rostlin hořčice zcela ulomeno u báze lodyhy, ostatní zalomeny (obr. 57). Hořčice přispěla k lepšímu povelání hrachu a k většímu přimáčknutí jeho rostlin k povrchu půdy, lodyhy hrachu byly většinou zalomeny. U čistosevů hrachů došlo spíše k zalomení rostlin. U polehlejších porostů hrachu rolního by bylo vhodnější využití řezacích válců. Povelání bylo z důvodu omezení eroze provedeno proti spádu svahu. Porosty byly perfektně povelány v jednom směru a vytvořily koberec dobře pokrývající půdu. Při mulčování porostů hrachů

s hořčicí se ukázalo, že vhodnější by pro tyto porosty bylo použití čelního mulčovače, protože průchod porostů pod traktorem vedl k jejich částečnému ohnutí a mulčovač připojený za traktorem nechával u ohnutých rostlin stát delší báze lodyh.

U čistosevů a směsí ovsa s další plodinou bylo pro zpomalení vývoje porostů použito mulčování. U ovsa a u ovsa v kombinaci s hořčicí fungovalo mulčování dobře. Výška strniště byla nastavena na 7 až 10 cm, aby byla u rostlin ovsa podpořena regenerace po zmulčování.

### **Stav porostů po ukončení růstu**

15. 7. 2020 byl již dobře patrný vliv mechanického umrtvení na hodnocené porosty. Rostliny ovsa hluchého dobře regenerovaly po mulčování a přibližně 5 % rostlin vytvořilo generativní orgány. Rostlinné zbytky hořčice na mulčovaných plochách byly rozloženy a rostliny většinou neregenerovaly. Na pokryvu půdy se zásadním způsobem podílel oves. Pokusy potvrdily předpoklad o možnosti mulčování porostů ovsa a o jejich následné regeneraci, což umožní omezení tvorby generativních orgánů před mechanickým zásahem a zároveň se prodlouží doba aktivního růstu na stanovišti.

Na povalených plochách část rostlin hořčice regenerovala (nedostatečně zalomené lodyhy) a mulč povalených rostlin hořčice degradoval ve srovnání s rozdrčenou biomasou při mulčování výrazně pomaleji. Luskoviny, především hrách rolní, na povalených plochách dobře obrůstaly, některé rostliny (do 5 %) dokonce vytvořily lusky.

Provedené experimenty potvrdily opodstatněnost oddělených výsevů velkých a drobných semen meziplodin nejen z hlediska zajištění dobré vzházivosti, ale i z důvodu ovlivnění dynamiky růstu vysetých plodin ve vztahu k omezení mezidruhové konkurence. Z hlediska mechanické regulace porostů je nutné pracovat s jejich habitem a u trávovitých druhů lze efektivně využít schopnost jejich regenerace po mulčování, což prodlouží jejich dobu aktivního růstu na stanovišti a zároveň sníží náklady na případné opakované osetí meziřadí.

### II.5.4.2. Ověřování technologie v roce 2021

V roce 2021 proběhlo založení porostů opět pomocí kypřiče pro cílené výsevy druhů. Výsev byl proveden bezprostředně po provedení přiorávky a z důvodu chladného průběhu jara až 3. 6. 2021. Tabulka 15 dokládá kombinace druhů na osetých plochách.

Vývoj porostů v důsledku dostatku vody a vyšších teplot probíhal velmi rychle. Pásový výsev ovsa setého zajišťoval dostatečný prostor pro rozvoj rostlin hořčice bílé v prostoru mezi pásy (obr. 58). Již 21. 7. 2021 rostliny začaly vstupovat do fáze kvetení (obr. 59). Nejpomalejší dynamiku růstu vykazovaly porosty jetele nachového. Produkce nadzemní biomasy vysetých druhů a plevelů byla stanovena před regulací porostů mulčováním.

Nejvyšší produkce suché nadzemní biomasy byla stanovena na plochách s přítomností ovsa nahého. Vyšší produkce nadzemní biomasy byla na variantách osetých směsí hrachu a hořčice bílé nebo svazenky vratičolisté (tab. 16). Nejvyšší výskyt plevelů byl zaznamenán v porostech jetele nachového.



Obr. 58: Pásový výsev ovsa setého zajišťoval dostatečný prostor pro rozvoj rostlin hořčice bílé v prostoru mezi pásy (foto Brant).

Tab. 15: Hodnocené druhy a jejich směsi, včetně specifikace výsevu, při testování kypřiče 3. 6. 2021 na lokalitě Kozojedy. Výsevky byly v tomto roce z důvodu nedostatku vody v půdě nižší.

rostlinný druh (odrůda)		výsevek (kg/ha)	
výsev za kypřicí radličku	plošný výsev	výsev za kypřicí radličku	plošný výsev
hrách setý (jarní forma - Gambit)		80	
hrách setý (jarní forma - Gambit)	hořčice bílá (Andromeda)	80	20
hrách setý (jarní forma - Gambit)	hořčice bílá (Andromeda)	100	10
hrách setý (jarní forma - Gambit)		100	
hrách setý (jarní forma - Gambit)	svazenka vratičolistá (Větrovská)	100	20
oves nahý (Marco Polo)	hořčice bílá (Andromeda)	150	10
oves nahý (Marco Polo)		150	
oves nahý (Marco Polo)	Svazenka vratičolistá (Větrovská)	150	20
jetel nachový (Kardinál)		20	



Obr. 59: Stav pozdních jarních výsevů 21. 7. 2021. Vlevo je směs hrachu setého a hořčice bílé, vpravo ovesa nahého a hořčice bílé (foto Brant).

Tab. 16: Produkce nadzemní biomasy vysetých druhů, jejich směsí a plevelů (t/ha) stanovené 19. 7. 2021, lokalita Kozojedy. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

vysetý druh/směs (výsevek)	produkce suché nadzemní biomasy (t/ha)							
	hrách setý	hořčice bílá	svazenka vratičolistá	ovese nahý	jetel inkarnát	kulturní druhy celkem	plevele celkem	biomasa celkem
hrách setý (80 kg/ha)	0,383 a					0,383 ab	0,012 a	0,395 ab
hrách setý + hořčice bílá (80 + 20 kg/ha)	0,613 a	0,264 a				0,877 b	0,009 a	0,886 b
hrách setý + hořčice bílá (100 + 10 kg/ha)	0,463 a	0,148 a				0,611 ab	0,023 a	0,634 ab
hrách setý (100 kg/ha)	0,505 a					0,505 ab	0,001 a	0,505 ab
hrách setý + svazenka vratičolistá (100 + 20 kg/ha)	0,546 a		0,185 a			0,731 ab	0,006 a	0,736 ab
ovese nahý + hořčice bílá (150 + 10 kg/ha)		0,143 a		1,525 a		1,668 c	0,006 a	1,674 c
ovese nahý (150 kg/ha)				1,922 a		1,922 c	0,007 a	1,930 c
ovese nahý + svazenka vratičolistá (150 + 20 kg/ha)			0,114 a	1,487 a		1,601 c	0,008 a	1,609 c
jetel nachový (20 kg/ha)					0,192	0,192 a	0,013 a	0,204 a

V roce 2021 bylo zaznamenáno velmi silné poškození porostů černou zvěří. Divoká prasata preferovala rostliny hrachu setého a rolního (obr. 60). Poškození začalo již vyrýváním naklíčených semen a pokračovalo i při vstupu rostlin do prodlužovacího růstu. Rostliny chmele nebyly černou zvěří poškozeny.



Obr. 60: Porosty hrachů byly v roce 2021 poškozovány černou zvěří (foto Brant).

## II.5.5. DLOUHODOBÉ POKRYTÍ PŮDY V MEZIŘADÍ POMOCÍ PODZIMNÍHO OZELENĚNÍ

Zajímavou otázkou je tvorba „celoročního“ pokryvu půdy, kdy část roku je v meziřadí živý mulč a určité období poté mulč mrtvý. Tyto systémy vycházejí z ozelenění půdy již v podzimním období zejména přezimujícími druhy. V následujícím hospodářském roce je poté vegetace vyšetých druhů prodloužena provedením mulče v termínu, který zajistí dobrou regeneraci rostlin. Teprve druhým mulčováním, po kterém je již regenerace druhů výrazně menší, se jako pokryv půdy uplatní mrtvý mulč.

Pro podzimní ozelenění je tedy nutné volit takové druhy, které přezimují a po provedení mulčování budou dobře regenerovat. Použije-li se k výsevu směs plodin, je nutné výše uvedené druhy zařadit do směsi jako dominantní komponentu.

### Založení meziplodin do meziřadí

V roce 2020 byly na lokalitě Kozojedy založeny rozdílné porosty meziplodin do meziřadí chmelnice. Výsev proběhl 7. 10. 2020 souběžně s urovnáním meziřadí rotačními bránami. Výsev velkosemenných druhů probíhal přímo za kypřicí sekci (tři vývody) a za pěchovací válec také tři vývody. Důvodem uspořádání této kombinace semenovodů bylo ověření vlivu výpadu osiva na vzcházivost. U těchto druhů se jednalo o výsev do pásů širokých přibližně 0,2 m. Malosemenné druhy byly vysety plošně pomocí rozptylovačů za pěchovací válec (tři rozptylovače).

Tab. 17: Druhové složení směsí a výsevky druhů pro podzimní osetí meziřadí ve chmelnici v roce 2020 na lokalitě Kozojedy.

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



Podzimní odorání řádků a zpracování meziřadí.



Urovnání povrchu půdy pro řez a výsev meziplodin.

Obr. 61: Zpracování půdy před založením meziplodin do meziřadí 7. 10. 2020 (foto Brant).

Před provedením urovnání meziřadí a setí proběhlo ve chmelnici celoplošné zpracování půdy (obr. 61). Pro osev bylo zvoleno pět variant směsí a jeden čistosev (tab. 17). Dominantní druhy ve směsi představovala ozimá hrachu rolního (odrůda Arkta) a oves nahý (Marco Polo). Jako doplňující druhy pro plošný výsev byly zvoleny hořčice bílá, svazenka vratičolistá a jetel nachový.

### Podzimní příprava na řez

Podmínkou technologie bylo provést podzimní výsev se současným urovnáním meziřadí tak, aby řez chmele bylo možné provést bez další kultivace. Proto byl povrch mezi řádky chmele při výsevu zpracován rotačními bránami. Rozteč řádků chmele na pokusné chmelnici byla 3 m, pracovní záběr rotačních bran činil 2,5 m. Po slehnutí půdy zůstal povrch v celém meziřadí rovný a nedošlo ani ke změnám výšky povrchu půdy v pravidelných kolejových stopách vůči ploše mezi kolejovými stopami.

### Podzimní vývoj porostů

Většina vysetých druhů začala vzcházet 10. den po výsevu. 21. 10. 2020 se klíčící rostliny nacházely ve fázi BBCH 09 až 11. V říjnu se na pokusné lokalitě vyskytly jen tři dny, kdy noční teplota vzduchu klesla na hranici 0 °C, v listopadu teploty vzduchu během dne rovněž klesaly pod bod



27. 11. 2020



24. 2. 2021

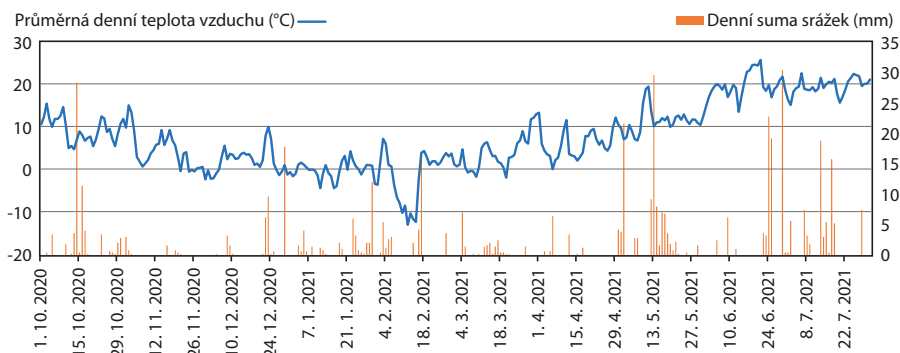
Obr. 62: Stav porostů meziplodin v listopadu 2020 a v únoru 2021 (foto Brant).



mrazu, ale vývoj porostů nebyl ovlivněn. Na konci listopadu měly dvouděložné druhy 2–3 páry pravých listů a oves nahý průměrně 4 listy (obr. 62). Nízké teploty na konci prosince a na začátku ledna vedly k vymrznutí rostlin hořčice bílé. Ostatní druhy přezimovaly bez zásadního poškození mrazem.

### Jarní vývoj porostů

Od ledna do začátku března se porosty nacházely v klidové fázi a na pozemku nebyl zaznamenán ani zásadní vývoj podzimního plevelného spektra. Chladnější průběh počasí na začátku roku zajistil dobrou odolnost rostlin k nízkým teplotám (obr. 63). Přestože většina vysetých druhů představovala nepřezimující druhy (mimo hrachu rolního, Arkta), nedošlo k jejich poškození mrazem ani v chladné periodě na konci února, kdy teploty vzduchu klesaly v nočních hodinách až na úroveň  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Chladnější perioda ve vztahu k vývoji porostů skončila na začátku dubna. Na začátku období intenzivního růstu se dvouděložné rostlinné druhy nacházely ve fázi BBCH 14–16. Rostliny ovsa odnožovaly (obr. 64).



Obr. 63: Průměrné denní teploty vzduchu a denní sumy srážek na lokalitě Kozojedy v době růstu porostů meziplodin v meziřadí (1. 10. 2020–31. 7. 2021), stanice Kozojedy - ISIDOR.



Obr. 64: Stav porostů meziplodin na začátku dubna 2021 (foto Brant).

## Řez chmele

Řez chmele proběhl 4. 4. 2021 bez předchozího zpracování půdy v meziřadí (obr. 65). Hloubka řezu činila cca 4 cm, pracovní rychlost se pohybovala od 1,5 do 3 km/h. Při řezu v ozeleněném meziřadí došlo ke snížení pojezdové rychlosti. Řádky chmele nebyly odorány, a proto bylo nutné snížit pracovní rychlost traktoru, aby docházelo k plynulému průchodu zeminy a rostlinných zbytků chmele řezacími segmenty. Po provedených opatřeních byla kvalita řezu srovnatelná s meziřadím urovnaným na jaře. Při řezu docházelo k mírnému odhozu půdy na oseté meziřadí. Množství rozhozené půdy však nemělo vliv na vyseté meziplodiny.



*Obr. 65: Provedení řezu chmele bez předchozího zpracování půdy v meziřadí se zachováním podzimních výsevů meziplodin (foto Dreksler).*

## Období intenzivního růstu

Od dubna do konce května porosty meziplodin intenzivně rostly. Do poloviny května přešly všechny druhy do fáze prodlužování. Vysokou intenzitou růstu se vyznačovaly rostliny hrachu rolního, svazenky a ovsy. V porostech ovsy nahého se mezi pásy ovsy prosadily i rostliny jetele nachového. V době intenzivního růstu meziplodin započal i intenzivní růst rostlin chmele. V této době lze předpokládat, že primární zónou čerpání živin a vody rostlinami chmele je prostor hrůbku a růst meziplodin v meziřadí nevede ke vzniku vzájemné konkurence.

13. 5. 2021 bylo provedeno první hodnocení produkce suché nadzemní biomasy rostlin. Hodnocena byla suchá nadzemní biomasa jednotlivých vysetých druhů a plevelů. Pro stanovení vlivu porostů na redukci plevelů byla do hodnocení zahrnuta i kontrolní varianta bez osetí meziřadí, kde od 7. 10. 2020 nebylo rovněž provedeno zpracování půdy v meziřadí. Produkci nadzemní biomasy 13. 5. 2021 dokládá tabulka 18. Na produkci biomasy se podílely především druhy, které byly do směsi zařazeny jako dominantní (hrách rolní a oves nahý). Svazenka vratičolistá se velmi dobře prosadila i v kombinaci s ovsem nahým. Důvodem dobré konkurenční schopnosti svazenky byl právě výsev ovsy do pásů, mezi kterými byla omezena konkurence ovsy omezena, především o světlo. Nejnižší produkce nadzemní biomasy byla zaznamenána na plochách s hrachem rolním (jednalo se již o monokulturu hrachu, protože hořčice vymrzla), jehož výnos nadzemní biomasy dosahoval hodnoty 1,9 t/ha. Tyto porosty však dobře pokývaly povrch půdy a velmi efektivně omezily rozvoj plevelů.

Nadzemní produkce biomasy plevelů zde činila 0,4 t/ha. Nejvyšší produkce suché nadzemní biomasy byla stanovena na plochách se směsí ovsy a svazenky (tab. 18), která činila 4,1 t/ha. Tento porost výrazně potlačil plevele, u nichž produkce nadzemní biomasy činila pouhých 0,06 t/ha. Porosty meziplodin jednoznačně prokázaly pozitivní efekt na regulaci plevelů. Produkce biomasy plevelů na kontrolní variantě dosahovala 13. 5. 2021 hodnoty 1,6 t/ha. Přestože se lze

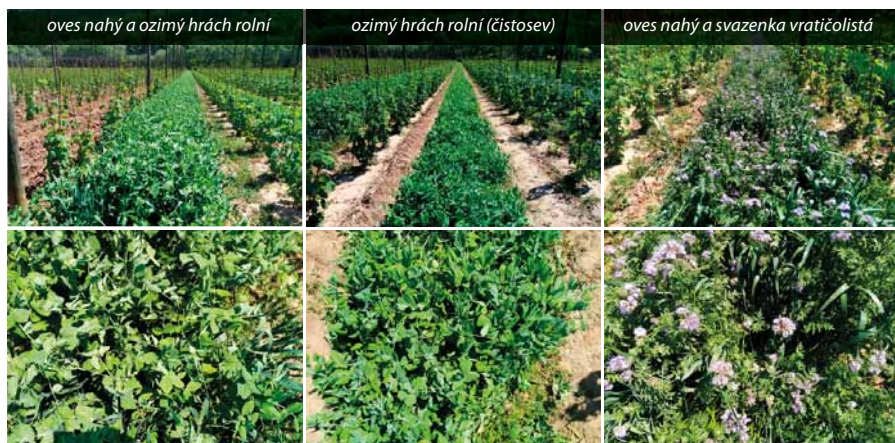
na biomasu plevelů z hlediska produkce organické hmoty dívat shodně jako na biomasu plevelných druhů, nelze opomenout jejich zásadní rizikové působení, kterým je produkce semen. Tato semena zvyšují zásobu semen plevelů v půdě, čímž se zvyšuje i potenciál přímé prezentace plevelů ve chmelnici. Zásadním problémem je však transport těchto semen do prostoru řádku chmele s půdou při její kultivaci a zvýšení růstu plevelů v řádku chmele.

Tab. 18: *Produkce suché nadzemní biomasy vysetých druhů, plevelů a celkové biomasy (t/ha) 13. 5. 2021, lokalita Kozojedy. Porosty byly založeny 7. 10. 2021. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).*

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

### První mulčování

Na začátku června většina dvouděložných druhů vstoupila do fáze kvetení. Oves nahý vstoupil do začátku generativní fáze. Fázi kvetení u dvouděložných rostlin a začátek vstupu obilniny do generativní fáze lze považovat za termín vhodný k provedení mulčování. Stav vybraných porostů dne 3. 6. 2021 dokládá obrázek 66. Regulace porostů meziplodin mulčováním v tomto termínu byla zvolena z důvodu zajištění regenerace porostů. Opětná regenerace byla nutná pro prodloužení doby aktivního růstu na stanovišti. Cílem mulčování nebylo tedy umrtvení porostů, ale prodloužení jejich vegetace. Výška mulčování se pohybovala v rozmezí 10 až 15 cm. Důvody pro vyšší výšku strniště byla dva. Prvním je lepší obrůstání rostlin z delších mechanicky nepoškozených částí strniště. Druhým je propad mulče pod strništní zbytky, čímž je eliminován negativní efekt pokryvu mulče na regeneraci vysetých druhů. Propad mulče pod rostlinné zbytky na povrch půdy však vede k omezení růstu plevelů (regenerujících a nově vzházejících). Plevelné rostliny pozitivně reagují na prosvětlení porostů mulčováním. Nutné je rovněž připomenout, že rostliny vstupem do fáze kvetení omezují svůj růst a vyprodukované asimiláty investují do tvorby generativních orgánů.



Obr. 66: Stav vybraných porostů meziplodin dne 3. 6. 2021 (foto Brant).

Provedení mulčování bylo spojeno i s potřebou omezení kvetení druhů z důvodu snížení přítomnosti opylovače ve chmelnicích. Tím došlo k omezení vlivu případných aplikací pesticidů na tyto organismy. Mulčování bylo provedeno těsně před přiorávkou chmele, čímž bylo zajištěno i částečné zapravení mulče meziplodin nacházejícího se po stranách meziřadí do prostoru hrůbku, kde má mulč plnit funkci zdroje organické hmoty a živin. Z hlediska dalšího ověřování této technologie je potřebné se zaměřit i na možnosti cílené distribuce mulče. Před provedením přiorávky by část mulče měla být použita pro organické hnojení půdy v hrůbku a část ponechána jako pokryv půdy podporující regeneraci zmulčovaných druhů (omezení rozvoje plevelů a snížení neproduktivního výparu).

Před provedením mulčování 3. 6. 2021 proběhlo opět stanovení produkce nadzemní biomasy vysetých druhů a plevelů (tab. 19). Od 13. 5. 2021 do provedení mulčování došlo k výraznému nárůstu produkce biomasy meziplodin v meziřadí. Produkce suché nadzemní biomasy se pohybovala v rozmezí 3,9 až 6,6 t/ha. Za pozitivní lze hodnotit i snížení produkce biomasy plevelů v porostech vůči hodnocení provedenému 13. 5. 2021 (tab. 19). Na kontrolní variantě však produkce jejich nadzemní biomasy výrazně narostla.

Tab. 19: Produkce suché nadzemní biomasy vyšetřých druhů, plevelů a celkové biomasy (t/ha) 3. 6. 2021, lokalita Kozojedy. Porosty byly založeny 7. 10. 2021. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

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

Pro mulčování byl použit mulčovač s horizontální osou rotace (obr. 67). Pracovní záběr mulčovače činil 1,8 m. I přes vysokou produkci nadzemní biomasy bylo zajištěno kvalitní drčení hmoty a její rovnoměrné rozvrstvení na ploše meziřádku (obr. 67). Nepravidelné rozložení mulče vede k omezení regenerace rostlin v místě silné vrstvy materiálu a mulčem nepokrytá místa podporují rozvoj zaplevelení a výpar vody z půdy.



Obr. 67: První mulčování porostů 3. 6. 2021 a rozložení mulče po provedení operace (foto Brant).



*Obr. 68: Kypření v místě kolejových stop (nahore) a přiorávka chmele (dole) provedená dne 4. 6. 2021 (foto Dreksler).*

### **Přiorávka chmele**

Těsně před provedením přiorávky bylo provedeno nakypření půdy v místě kolejových stop a následovala přiorávka rostlin (4. 6. 2021), obrázek 68. Nakypření bylo provedeno kultivátorem, u kterého byly odstraněny vnitřní pracovní orgány (radlice s pružnou slupicí), aby došlo k ponechání ozeleněného meziřadí v šířce 1,5 m. Pro přiorávku byl použit přiorávací pluh, u kterého byly odstraněny vnitřní pracovní nástroje. Odstraněním radlic došlo k ponechání ozelenění meziřadí v minimální šířce pásu s meziplojinou 1,5 m.

### **Druhé mulčování**

Po prvním mulčování došlo k rychlé degradaci mulče a zároveň k rychlé regeneraci porostů. 29. 6. 2021 se rostliny ovsu nahého nacházely opět ve fázi tvorby generativních orgánů (obr. 69). Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k provedení druhého mulčování, které proběhlo 5. 7. 2021. Ostatní druhy regenerovaly méně intenzivně. Výška mulčování byla provedena na minimální pracovní výšku, přibližně 5 cm. Toto mulčování mělo zajistit jen minimální regeneraci porostů a vytvořit dostatek mrtvého mulče na povrchu meziřadí, který by pokryl půdu až do termínu sklizně. I před provedením druhého mulčování byla hodnocena produkce nadzemní biomasy vy-



Obr. 69: Stav vybraných porostů v termínu druhého mulčování 29. 6. 2021 (foto Brant).

setých druhů a plevelů. Produkce nadzemní biomasy ovesa nahého se na hodnocených plochách v závislosti na složení směsi ovesu pohybovala v rozmezí 0,6 až 2,0 t/ha (tab. 20). Růst plevelů byl značně potlačen porosty meziplodin (tab. 20).

Tab. 20: Produkce suché nadzemní biomasy vysetých druhů, plevelů a celkové biomasy (t/ha) 29. 6. 2021, lokalita Kozojedy. Porosty byly založeny 7. 10. 2020. Dne 3. 6. 2021 proběhlo první mulčování porostů. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 0,05 (ANOVA, Tukey).

varianta	produkce ovesa nahého (t/ha)	produkce hrachu rolního (t/ha)	produkce svazenky vratičolisté (t/ha)	produkce jetele nachového (t/ha)	produkce kulturních druhů (t/ha)	produkce plevelů (t/ha)	produkce nadzemní biomasy (t/ha)
oves nahý + hrách rolní (ozimý)	0,973 a	0,145 a			1,118 ab	0,066 a	1,184 ab
hrách rolní (ozimý)		0,560 a			0,560 a	0,211 a	0,771 a
oves nahý + svazenka vratičolistá	0,973 a		0,345		1,318 abc	0,004 a	1,322 ab
oves nahý + jetel nachový	1,670 B			0,021	1,691 bc	0,047 a	1,738 ab
oves nahý	2,026 B				2,026 c	0,039 a	2,064 b
neoseť kontrola (plevele)						1,925 b	1,925 b



Obr. 70: Stav vybraných porostů meziplodin po druhém mulčování (foto Brant).

### Stav porostů před sklizní

Regeneraci porostů meziplodin po druhém mulčování zásadním způsobem ovlivnila výška mulče, jeho množství a kvalita rozmulčované biomasy (obr. 70). V místech, kde nebyla z důvodu nerovnosti porostu dodržena nízká výška strniště (5 cm) došlo k regeneraci rostlin ovsa, které se 11. 8. 2021 opět nacházely ve fázi tvorby generativních orgánů. Na plochách s vyšší produkcí biomasy (dominantní zastoupení ovsa nahého) byla vytvořena silná vrstva mulče, která i v polovině srpna regulovala vývoj plevelů. Na plochách s přítomností hrachu rolního bylo biomasy méně a jeho biomasa se rychleji rozkládala. Současně zde byl zaznamenán intenzivnější výskyt plevele. Na všech plochách byl v polovině srpna v meziřadí přítomný mrtvý mulč vyseté plodiny, či regenerující meziplodina, případně plevel spodního patra, dominantně ptačince.

V důsledku opětovné regenerace ovsa bylo 18. 8. 2021 přistoupeno k umrtvení porostů řeznými válci. Cílem tohoto zásahu bylo dobré rozřezání biomasy na delší části, aby byla omezena rychlá degradace mulče a zároveň došlo k prodloužení doby pokryvu meziřadí mrtvým mulčem až do zpracování půdy po sklizni. Přítlak na řezné válce byl zvýšen z důvodu kvalitního řezání a z důvodu vyššího poškození bází rostlin za účelem omezení následné regenerace. Nože válců tak pronikaly do půdy do hloubky 2 až 3 cm, pracovní rychlost se pohybovala mezi 8 až 10 km/h. Obrázek 71 dokládá regulaci porostů řeznými válci.

Provedené experimenty prokázaly možnost celoročního pokrytí půdy v meziřadí chmelnice pomocí kombinace živého a mrtvého mulče. Zásadním přínosem ověřované technologie je zajištění celoročního pokryvu při jednom výsevu meziplodin na podzim, jehož doba života je udržována pomocí vhodného termínu provedení mulčování. V rámci dalších



Obr. 71: Stav porostů po umrtvení 18. 8. 2021 řeznými válci (foto Procházka).



hodnocení, která nejsou součástí výše uvedeného textu, byl prokázán i pozitivní vliv pokrytí meziřadí živým a mrtvým mulčem na snížení povrchového odtoku srážkové vody a na její infiltraci do půdy.

Na základě hodnocení sklizňových výsledků porostů nebyl prokázán negativní vliv tohoto systému ozelenění meziřadí ani na výnos hlávek, ani na obsah alfa kyselin v porovnání s konvenčně obdělávanou plochou.

### **III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ**

Metodika z části navazuje na některé předchozí materiály, které se věnovaly problematice ozeleněného meziřadí ve chmelnicích. Uvedené informace v metodice však vycházejí z komplexně zaměřeného výzkumu prováděného v rámci finanční podpory NAZV QK1910170 a obohacují problematiku hospodaření ve chmelnicích o celou řadu zcela nových informací. Primárním cílem výzkumu byla celková optimalizace pěstebních postupů chmele. Zpracování půdy v meziřadí, na které je metodika zaměřena, tak představuje pouze část všech získaných informací. V metodice je uveden postup zpracování půdy, který současně umožňuje přítomnost ozeleněného meziřadí. Navrženy a ověřeny jsou i různá časová období zakládání porostů meziplodin. Tyto informace doposud v odborné literatuře nebyly řádně popsány. Stejně tak informace o agrotechnických prostředcích jsou jedinečné a zcela nové. Během řešení výše uvedeného výzkumného projektu byly vyvíjeny prostředky umožňující bezproblémové využití meziplodin v meziřadí chmelnic, aniž by došlo k omezení významných agrotechnických úkonů, jako je například přiorávka chmelových řadů. Za nově vyvinutý agrotechnický prostředek můžeme považovat zónální kypřič kolejových stop, jehož přínos a pozitivní aspekty jsou v metodice popsány. Dalším navrženým a otestovaným strojem je kypřič meziřadí umožňující setí meziplodin během pojezdu. V neposlední řadě je nutné uvést i vývoj řezných válců, které v meziřadí slouží především pro mechanickou regulaci vegetačních pokryvů. Díky nově získaným poznatkům a strojům mohl vzniknout modifikovaný technologický postup hospodaření podrobně popsáný v metodice.

### **IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY**

V České republice má pěstování chmele dlouholetou tradici, nicméně současné postupy hospodaření se do budoucna ukazují jako těžce udržitelné. Proto je potřeba snažit se optimalizovat stávající postupy s cílem zajistit trvalou udržitelnost hospodaření. Při pěstování trvalých kultur není obecně kladen dostatečný důraz na ochranu půdy. Přitom právě trvalé kultury svým způsobem pěstování v řadách s širokým meziřadím patří mezi plodiny, které jsou nejvíce ohrožené degradačními procesy.

Poznátky v metodice týkající se meziplodin a cíleného kypření půdy poskytují nový náhled na problematiku ozeleněného meziřadí. K tomu, aby mohlo dojít k výraznějšímu rozšíření nové, případně optimalizované technologie, je nezbytné, aby nová technologie byla komplexním způsobem ověřena a byly podrobně popsány přínosy a případná omezení. Samozřejmostí musí být

dostupnost agrotechnických prostředků, pomocí kterých mohou potenciální uživatelé danou metodu aplikovat. Pouze pokud jsou všechny tyto požadavky splněny, může dojít k masivnějšímu využití nové technologie v praxi. V rámci výzkumu byla snaha všechna tato kritéria zohlednit a nabídnout zájemcům technologický způsob hospodaření ve chmelnicích, který bude ekonomicky přijatelný, technologicky zvládnutelný a zároveň bude respektovat ekologické hledisko.

Metodika primárně slouží jako podklad a návod pro pěstitele chmele v případě, že se rozhodnou při hospodaření ve chmelnicích využívat meziplodiny.

## V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Pěstování chmele je velmi náročné nejen z technologického hlediska, ale i z pohledu nezbytných nákladů. Nákladové položky na pěstování chmele v roce 2021 a jejich odhad na rok 2022 jsou uvedeny v tabulce 21. Cenové údaje pro paliva (lehké topné oleje - LTO) a pohonné hmoty jsou uvedeny v průměrných částkách platných v dubnu 2022. Zejména cena LTO, který se používá jako topné médium při sušení chmele, se do celkové ekonomiky významně promítá. Jeho spotřeba na 1 kg suchého chmele činí přibližně 0,5–0,65 litru. Vzhledem k cenovým turbulencím lze v cenách paliv a pohonných hmot očekávat v průběhu roku další změny. Výrazně se také meziročně zvýšily ceny průmyslových hnojiv. Více než polovinu nákladů tvoří mzdy a povinné odvody. V mzdových nákladech jsou zahrnuty částky na zaměstnance, sezónní pracovníky i pracovní smlouvy na „dohodu o provedení práce“. Některé nákladové položky (chemická ochrana, náhradní díly a opravy) jsou v roce 2022 nižší, než v roce předcházejícím, což je dáno tím, že budou využity zásoby z předcházejících let, a dále také celkově sníženými vstupy výrobního podniku.

Tab. 21: Náklady na pěstování chmele, porovnání ročníků 2021 a 2022.

<b>nákladová položka</b>	<b>náklady 2021 (Kč/ha)</b>	<b>náklady 2022 (Kč/ha)</b>
chemická ochrana	21 500	20 500*
anorganické hnojení a ledkování	5 740	7 230
drátek	8 820	9 525
materiál ostatní	8 000	8 450
elektrická energie	7 200	8 440
náhradní díly a opravy	15 240	10 260*
pohonné hmoty	9 800	13 100 (cena 4/2022)
mzdy a odvody	145 000	151 150
režie a ostatní	21 000	21 000
LTO** - sklizeň	22 000	31 680 (cena 4/2022)
<b>CELKEM</b>	<b>264 300</b>	<b>281 335</b>
pracovní operace ve chmelnicích	15 800	16 960

\*v roce 2022 budou částečně použity zásoby z předchozích let, \*\* lehké topné oleje

Základem nově zaváděných technologií musí být zachování ziskovosti hospodaření. Při využívání meziplodin ve chmelnicích představuje zvýšené náklady osivo ve srovnání s konvenčními technologiemi, kde se meziplodiny v meziřadích nepoužívají. Tato položka však ve srovnání s náklady ostatními není zásadní. Náklady na osivo lze očekávat v rozmezí 200 až 1 000 Kč/ha (platí pro certifikované osivo). Cena osiva je závislá na konkrétním druhu či druhovém složení konkrétní směsi. Ve chmelnicích při srovnání s klasickou polní výrobou dochází ke snížení spotřeby osiva i z důvodu ozelenění menší plochy z celkové plochy chmelnice a to průměrně o 1/3. Důvodem je ozelenění pouze plochy meziřadí mezi hrůbky. Náklady na založení, tedy na setí, jsou závislé na použitém systému výsevu, který většinou probíhá souběžně při zpracování půdy (kultivaci) meziřadí. Je-li osev součástí standardní kultivace meziřadí, lze uvažovat o nezapočtení nákladů k položce ozelenění. Do výsledné kalkulace tak v tomto případě vstupují jen náklady na osivo. Naopak v případech, např. podzimního ozelenění, kdy je kultivace půdy meziřadí nutná z hlediska výsevu po základním zpracování půdy, je tato agrotechnická operace společně s výsevem započtena do kalkulace. Náklady na kultivaci se poté pohybují, v závislosti na typu stroje pro zpracování půdy při setí, v rozmezí 600 (dlátové a radličkové kypřiče) až 850 Kč/ha (rotační brány). I zde je nutné náklady na pracovní operace počítat pouze na plochu meziřadí, tedy opět průměrně na 66 % plochy chmelnice. Další náklady představují agrotechnické operace na regulaci či umrtvení porostu. U řezných válců se náklady mohou pohybovat na úrovni 450 až 500 Kč/ha. Při mulčování se jedná o rozpětí od 700 do 1000 Kč/ha, vše v závislosti od typu mulčovače a množství mulčované biomasy. Náklady na regulaci porostů mohou být brány jako náhrada za náklady vynaložené na kultivaci meziřadí u konvenční technologie.

Výše uvedené náklady jsou dále kompenzovány environmentálními přínosy meziplodin. Ty je však v některých případech obtížné přesně kvantifikovat. V první řadě je to ochrana půdy před vodní a větrnou erozí, zejména na svažitéch pozemcích. Dalším ekonomickým přínosem může být využití bobovitých rostlin v meziřadích, na jejichž kořenech žijí nitrofilní hlízkovité bakterie. Ty jsou schopny obohatit půdu až o 100 kg dusíku na hektar za rok. To samo o sobě přináší vyčíslitelný přínos v podobě nižší následné dávky dusíku v minerálních hnojivech. Například celkové náklady na hnojení 1 ha chmelnice ledkem amonno-draselným (LAD) v dávce 250 kg/ha činí v cenách roku 2021 bezmála 1800 Kč/ha, v cenách roku 2022 pak 4300 Kč/ha. Náklady na hnojení 1 ha chmelnice síranem amonným v dávce 300 kg/ha představují částku 2200 Kč/ha (2021), respektive 5100 Kč/ha (2022).

## VI. SEZNAM LITERATURY

- Abdollahi L., Munkholm L. J., Garbout A. (2014): Tillage system and cover crop effects on soil quality: II. Pore characteristics. *Soil Science Society of America Journal*. 78, 271–279.
- Blaikie P., Brookfield H. (1987): *Land Degradation and Society*. CAB Publishment, Methuen.
- Blanco H., Lal R. (2008): *Principles of soil conservation and management*. Springer, Dordrecht.
- Blum W. E. H. (1997): Basic concepts: degradation, resilience and rehabilitation. *Methods for assessment of soil degradation*, 1–16.
- Boardman J., Evans R., Favis-Mortlock D. T., Harris T. M. (1990): Climate change and soil erosion on agricultural land in England and Wales. *Land Degradation & Development* 2(2), 95–106.
- Bouraoui F., Grizzetti B., Granlund K., Rekolainen S., Bidoglio G. (2004): Impact of climate change on the water cycle and nutrient losses in a Finnish catchment. *Climatic Change* 66(1–2), 109–126.
- Brant V., Krofta K., Kroulík M., Procházka P., Záborský P., Vopravil J., Kabelka D., Ježek J. (2021a): *Agrotechnika chmele ve vztahu k rozmístění kořenového systému*. Agrární komora ČR, Praha. 100 s.
- Brant V., Rychlá A., Gališová V., Vrbovský V., Záborský P., Procházka P. (2021b): Biologická variabilita brukvovitých meziplodin. *Úroda*. 69(11), 57–62.
- Brant V., Eminger V., Dreksler J., Procházka P., Kroulík M., Krofta K., Kunte K. (2021c): Dlouhodobý pokryv půdy v meziřadí chmelnic. *Agromanuál* 16(11–12), 83–87.
- Brant V., Kroulík M., Procházka P., Dreksler J., Krofta K., Kunte K., Matějka J. (2021d): Cílené výsevy meziplodin do meziřadí chmelnice (1). *Agromanuál* 16(2), 117–119.
- Brant V., Kroulík M., Procházka P., Dreksler J., Krofta K., Kunte K., Matějka J. (2021e): Cílené výsevy meziplodin do meziřadí chmelnice (2). *Agromanuál* 16(3), 142–145.
- Brant V., Krofta K., Kroulík M., Záborský P., Procházka P., Pokorný J. (2020): Distribution of root system of hop plants in hop gardens with regular rows cultivation. *Plant, Soil and Environment* 66(7), 317–326.
- Brant V., Kroulík M., Šmöger J., Záborský P., Škeříková M., Hamouz P., Tyšer L. (2019a): Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. *Agrární komora ČR*, 164.
- Brant V., Kroulík M., Krofta K., Záborský P., Procházka P. (2019b): Zonální kypření a hnojení ve chmelnicích - praktické ověřování (dokončení). *Úroda* 67(9), 66–69.
- Brant V., Záborský P., Škeříková M., Pivec J., Kroulík M., Procházka L. (2017): Effect of row width on splash erosion and throughfall in silage maize crops. *Soil and Water Research* 12(1), 39–50.
- Brant V., Bečka D., Cihlář P., Fuksa P., Hakl J., Holec J., Chyba J., Jursík M., Kobzová D., Krček V., Kroulík M., Kusá H., Novotný I., Pivec J., Prokinová E., Růžek P., Smutný V., Škeříková M., Záborský P. (2016): Pásové zpracování půdy (Strip Tillage). *Profi press s.r.o.*, 135.
- Brant V., Balík J., Fuksa P., Hakl J., Holec J., Kasal P., Neckář K., Pivec J., Prokinová E. (2008): *Meziplodiny*. Kurent: 86.
- Brant V., Neckář K., Fuksa P., Pivec J., Venclová V. (2006): Entwicklung der Verunkrautung in verschiedenen Beständen von Sommerzwischenfrüchten. *Z.PflKrankh. PflSchutz, Sonderh* 20, 309–316.

- Bronick C. J., Lal R. (2005): Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124.1–2, 3–22.
- Brunotte J., Fröba N. (2007): Schlaggestaltung – kostensenkend und bodenschonend. *KTBL-Schrift* 460. Darmstadt, 178.
- Butler D. R., Huband N. D. S. (1985): Throughfall and stem-flow in wheat. *Agricultural and Forest Meteorology* 35, 329–338.
- Cadoux S., Sauzet G., Morison M. V., Pontet C., Champolivier L., Robert C., Lieven J., Flénet F., Mangenot O., Fauvin P., Landé N. (2015): Intercropping frost-sensitive legume crops with winter oilseed rape reduces weed competition, insect damage, and improves nitrogen use efficiency 22(3), 1–11.
- García-González I., Hontoria C., Gabriel J. L., Alonso-Ayuso M., Quemada M. (2018): Cover crops to mitigate soil degradation and enhance soil functionality in irrigated land. *Geoderma* 322, 81–88.
- Cerdan O., Govers G., Le Bissonnais Y., Van Oost K., Poesen J., Saby N., Gobin A., Vacca A., Quinton J., Auerswald K., Klik A., Kwaad F. J. P. M., Raclot D., Ionita I., Rejman J., Rousseva S., Muxart T., Roxo M. J., Dostal T. (2010): Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: a study based on erosion plot data. *Geomorphology* 122(1–2), 167–177.
- Cerdà A. (2000): Aggregate stability against water forces under different climates on agriculture land and scrubland in southern Bolivia. *Soil and Tillage Research* 57.3, 159–166.
- Ebeid M. M., Lal R., Hall G. F., Miller E. (1995): Erosion effects on soil properties and soybean yield of a Miamian soil in Western Ohio in a season with below normal rainfall. *Soil technology* 8.2, 97–108.
- Fulajtár E. (2006): Physical properties of soil. *Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy*, 142.
- Gulick S. H., Grimes D. W., Goldhamer D. A., Munk D. S. (1994): Cover-crop-Enhanced water infiltration of a slowly permeable fine sandy loam. *Soil Science Society of America Journal* 58, 1539–1546.
- Chen G., Weil R. R. (2010): Penetration of cover crop roots through compacted soils. *Plant and Soil* 331, 31–43.
- Houšková B. (2000): Using pedotransfer functions for calculation hydrophysical soil properties. *Slovak. SSCRI*, 88.
- Imeson A. C., Lavee H. (1998): Soil erosion and climate change the transect approach and the influence of scale. *Geomorphology* 23(2–4), 219–227.
- Janeček M. (1999): Nové směry v protierozní ochraně půdy. *Ústav zemědělských a potravinářských informací*, 55.
- Jian J., Du X., Reiter M. S., Stewart R. D. (2020): A meta-analysis of global cropland soil carbon changes due to cover cropping. *Soil Biology and Biochemistry* 143:107735, 1–11.
- Johnson D. L., Ambrose S. H., Bassett T. J., Bowen M. L., Crummey D. E., Isaacson J. S., Johnson D. N., Lamb P., Saul M., Winter-Nelson A. E. (1997): Meaning of environmental terms. *Journal Environmental Quality* 26, 581–589.
- Kabelka D., Kincl D., Janeček M., Vopravil J., Vráblík P. (2019): Reduction in soil organic matter loss caused by water erosion in inter-rows of hop gardens. *Soil and water research* 14(3), 172–182.

- Kodešová R., Vignozzi N., Rohošková M., Hájková T., Kočárek M., Pagliai M., Kozák J., Šimůnek J. (2009): Impact of varying soil structure on transport processes in different diagnostic horizons of three soil types. *Journal of Contaminant Hydrology* 104.1–4, 107–125.
- Koulouri M., Giourga CH. (2007): Land abandonment and slope gradient as key factors of soil erosion in Mediterranean terraced lands. *Catena* 69(3), 274–281.
- Kovaříček P., Hůla J., Vlášková M., Kroulík M., Mašek J. (2012): Zapravení organické hmoty do půdy s cílem omezit povrchový odtok vody při přívalových deštích - metodická příručka. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., 19.
- Kozák J., Němeček J., Matula S., Valla M., Borůvka L. (2002): Pedologie. Česká zemědělská univerzita, 140.
- Krofta K., Ježek J., Klapal I., Křivánek J., Pokorný J., Pulkrábek J., Vostřel J. (2012): Integrovaný systém pěstování chmele. *Metodika pro praxi* 02/2012. *Časopis chmelařství*, 94.
- Kutílek M. (1966): Vodohospodářská pedologie: Celostátní učebnice pro vysoké školy. SNTL, 295.
- Lal R. (2001): Soil degradation by erosion. *Land Degradation and Development* 12, 519–539.
- Lal R. (2009): Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. *Food Security* 1, 45–57.
- Leguèdois S., Planchon O., Legout C., Le Bissonnais Y. (2005): Splash projection distance for aggregated soils: Theory and Experiment. *Soil Science Society of America Journal* 69(1), 30–37.
- Maeda E. E., Pellikka P. K. E., Siljander M., Clark B. J. F. (2010): Potential impacts of agricultural expansion and climate change on soil erosion in the Eastern Arc Mountains of Kenya. *Geomorphology* 123(3–4), 279–289.
- Martínez-Casasnovas J. A., Ramos M. C., Benites G. (2016): Soil and Water Assessment Tool Soil Loss Simulation at the Sub-Basin Scale in the Alt Penedès - Anoia Vineyard Region (Ne Spain) in the 2000s. *Land degradation & development* 27(2), 160–170.
- Masri Z., Ryan J. (2006): Soil organic matter and related physical properties in a Mediterranean wheat-based rotation trial. *Soil and Tillage Research* 87.2, 146–154.
- Mohamadi M. A., Kavian A. (2015): Effects of rainfall patterns on runoff and soil erosion in field plots. *International Soil and Water Conservation Research* 3(4), 273–281.
- Mondal A., Khare D., Kundu S., Meena P. K., Mishra P. K., Shukla R. (2015): Impact of Climate Change on Future Soil Erosion in Different Slope, Land Use, and Soil-Type Conditions in a Part of the Narmada River Basin, India. *Journal of Hydrologic Engineering* 20(6), 1–12.
- Montgomery D. R. (2007): Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(33), 13268–13272.
- Morgan R. C. P. (2009): Soil erosion and conservation. John Wiley & Sons, 320.
- Musgrave G. W. (1947): The quantitative evaluation of factors in water erosion: a first approximation. *Journal of soil and water conservation* 2, 133–138.
- MZe (2018): Situační a výhledová zpráva - Půda. Ministerstvo zemědělství České republiky, 146.
- Nearing M. A., Pruski F. F., O'Neal M. R. (2004): Expected climate change impacts on soil erosion rates: a review. *Journal of soil and water conservation* 59(1), 43–50.
- Novara A., Gristina L., Saladino S. S., Santoro A., Cerdà A. (2011): Soil erosion assessment on tillage and alternative soil managements in a Sicilian vineyard. *Soil and Tillage Research* 117, 140–147.

- Olson K., Ebelhar S. A., Lang J. M. (2014): Long-term effects of cover crops on crop yields, soil organic carbon stocks and sequestration. *Open Journal of Soil Science* 4, 284–292.
- Paltineanu I. C., Starr J. L. (2000): Preferential water flow through corn canopy and soil water dynamics across rows. *Soil Science Society of America Journal* 64, 44–54.
- Paroissien J. B., Darboux F., Couturier A., Devillers B., Mouillot F., Raclot D., Le Bissonnais Y. (2015): A method for modeling the effects of climate and land use changes on erosion and sustainability of soil in a Mediterranean watershed (Languedoc, France). *Journal of Environmental Management* 150, 57–68.
- Pelosi C., Bertrand M., Roger-Estrade J. (2009): Earthworm community in conventional, organic and direct seeding with living mulch cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 287–295.
- Pennock D. J. (2003): Terrain attributes, landform segmentation, and soil redistribution. *Soil and Tillage Research* 69.1–2, 15–26.
- Poesen J., Nachtergaele J., Verstraeten G., Valentin C. (2003): Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena* 50(2), 91–133.
- Price A. G., Dunham K., Carleton T., Band L. (1997): Variability of water fluxes through the black spruce (*Picea mariana*) canopy and feather moss (*Pleurozium schreberi*) carpet in the boreal forest of northern Manitoba. *Journal of Hydrology* 196, 310–323.
- Quevauviller P., Olazabal C. (2003): Links between the water framework directive, the thematic strategy on soil protection and research trends with focus on pollution issues. *Journal of Soils and Sediments* 3(4), 243–244.
- Quiroga A., Funaro D., Noellemeyer E., Peinemann N. (2006): Barley yield response to soil organic matter and texture in the Pampas of Argentina. *Soil and Tillage Research* 90.1–2, 63–68.
- Richter G. (1998): Bodenerosion. Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. *Wissenschaftliche Buchgesellschaft*, 264.
- Roarty S., Hackett R. A., Schmidt O. (2017): Earthworm populations in twelve cover crop and weed management combinations. *Applied Soil Ecology* 114, 142–151.
- Rohošková M., Valla M. (2004): Comparison of two methods for aggregate stability measurement - a review. *Plant, Soil and Environment* 50.8, 379–382.
- Sharma P. P., Gupta S. C., Rawls W. J. (1991): Soil detachment by single raindrops of varying kinetic energy. *Soil Science Society of America Journal* 55(2), 301–307.
- Schmidt O., Clements R. O., Donaldson G. (2003): Why do cereal-legume intercrops support large earthworm populations? *Applied Soil Ecology* 22, 181–190.
- Šantrůčková H., Kaštovská E., Bárta J., Miko L., Tajovský K. (2018): *Ekologie půdy*. Episteme, 260.
- Šímek M. (2007): *Základy nauky o půdě*, 2. upravené a rozšířené vydání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 157.
- Tang J. L., Cheng X. Q., Zhu B., Gao M. R., Wang T., Zhang X. F., Zhao P., You X. (2015): Rainfall and Tillage Impacts on Soil Erosion of Sloping Cropland with Subtropical Monsoon Climate - A Case Study in Hilly Purple Soil area, China. *Journal of Mountain Science* 12(1), 134–144.
- Uteau D., Pagenkemper S. K., Peth S., Horn R. (2013): Root and time dependent soil structure formation and its influence on gas transport in the subsoil. *Soil and Tillage Research* 132, 69–76.

- Valla M., Kozák J., Němeček J., Matula S., Borůvka L., Drábek O. (2000): Pedologické praktikum. Česká zemědělská univerzita v Praze, 148.
- Van den Akker J. J. H., Schjønning P. (2004): Subsoil compaction and ways to prevent it. Chapter 10, 163–184. In: Schjønning, P., Elmholt, S., Christensen, B. T. (2004): Managing soil quality: challenges in modern agriculture. Kluwer Academic Publishers. CAB International, 368.
- Van Dijk A. I. J. M., Meesters A. G. C. A., Bruijnzeel L. A. (2002): Exponential distribution theory and the interpretation of splash detachment and transport experiments. *Soil Science Society of America Journal* 66(5), 1466–1474.
- Van Dijk P. M., Van der Zijp M., Kwaad F. J. P. M. (1996): Soil erodibility parameters under various cropping systems of maize. *Hydrological Processes* 10(8), 1061–1067.
- Várallya G. (1989): Soil degradation processes and their control in Hungary. *Land Degradation and Development* 1, 171–188.
- Vejražka K., Holý K., Křivánek J., Vavera R., Procházka P., Kudrna T. (2017): Pěstování podplodin v meziřadí chmelnic. *Zemědělský výzkum, spol. s.r.o.*, 35.
- Vidal A., Watteau F., Remusat L., Mueller C. W., Nguyen Tu T. T., Buegger F., Derenne S., Quenea K. (2019): Earthworm cast formation and development: a shift from plant litter to mineral associated organic matter. *Frontiers in Environmental Science* 7(55), 1–15.
- Vopravil J., Khel T., Vrabcová T., Novák P., Novotný I., Hladík J., Vašků Z., Jacko K., Rožnovský J., Janeček M., Vácha R., Pivcová J., Kvítek T., Novák P., Fučík P., Čermák P., Janků J., Pírková I., Papaj V., Banýrová J. (2010): Půda a její hodnocení v ČR. 2. vydání, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., 148.
- Wollny E. (1898): Untersuchungen über den Einfluß der mechanischen Bearbeitung auf die Fruchtbarkeit des Bodens. *Forschungen auf dem Gebiet der Agrikultur-Physik* 20, 231–290.
- Zachar D. (1982): Soil erosion. Elsevier, 544.
- Zhang Z., Peng X. (2021): Bio-tillage: A new perspective for sustainable agriculture. *Soil and Tillage Research* 206, 1–8.
- Zhang X. C. (2012): Cropping and Tillage Systems Effects on Soil Erosion under Climate Change in Oklahoma. *Soil Science Society of America Journal* 76(5), 1789–1797.



## VII. SEZNAM PUBLIKACÍ A PREZENTACE VÝSLEDKŮ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

### Publikační výstupy:

Brant V., Kroulík M., Krofta K., Zábanský P., Procházka P. (2019): Zonální kypření a hnojení ve chmelnicích - kořenový systém a půda (1. část). *Úroda* 67 (8), 85–88.

Brant V., Kroulík M., Krofta K., Zábanský P., Procházka P. (2019): Zonální kypření a hnojení ve chmelnicích - praktické ověřování (dokončení). *Úroda* 67 (9), 66–69.

Brant V., Krofta K., Kroulík M., Zábanský P., Procházka P., Pokorný J. (2020): Distribution of root system of hop plants in hop gardens with regular rows cultivation. *Plant, Soil and Environment* 66, 317–326.

Brant V., Kroulík M., Procházka P., Dreksler J., Krofta K., Kunte J., Matějka J. (2021): Cílené výsevy meziplodin do meziřadí chmelnice (1). *Agromanual* 2, 142–145.

Brant V., Kroulík M., Procházka P., Dreksler J., Krofta K., Kunte J., Matějka J. (2021): Cílené výsevy meziplodin do meziřadí chmelnice (2). *Agromanual* 3, 142–145.

Brant V., Kroulík M., Dreksler J., Procházka P., Krofta K. (2021): Technika pro osevy meziřadí chmelnic. *Zemědělec* 16, 19–20.

Brant V., Kroulík M., Procházka P., Dreksler J., Vostřel J., Krofta K. (2021): Odstranění zhutnění v kolekových stopách ve chmelnicích. *Agromanual* 6, 129–131.

Brant V., Eminger V., Dreksler J., Procházka P., Kroulík M., Krofta K., Kunte J. (2021): Dlouhodobý pokryv půdy v meziřadí chmelnic. *Agromanual* 16, 83–87.

Brant V., Krofta K., Kroulík M., Procházka P., Zábanský P., Vopravil J., Kabelka D., Ježek J. (2021): Agrotechnická opatření respektující rozmístění kořenového systému chmele. *Agrární komora ČR*, 100.

Brant V., Krofta K., Zábanský P., Ježek J., Donner P., Kroulík M., Pokorný J. (2021): Management of infiltration processes in hop gardens. *Acta Horticulturae* 1328, 115–120.

Kabelka D., Kincl D., Čáp P. (2019): Ochrana půdy před vodní erozí je důležitá i ve chmelnicích. *Chmelařství* 3, 26–28.

Kabelka D., Kincl D., Vopravil J. (2020): Podplodiny ve chmelnicích a jejich význam z hlediska vodní eroze. *Úroda* 11, 56–58.

Kabelka D., Kincl D., Vopravil J., Vráblík P. (2021): Impact of cover crops in inter-rows of hop gardens on reducing soil loss due to water erosion. *Plant, Soil and Environment* 67(4), 230–235.

Kumhálová J., Chyba J., Krofta K., Brant V. (2021): Evaluation of UAV and Sentinel 2 images to estimate condition of hop (*Humulus lupulus* L.) plants. *Acta Horticulturae* 1328, 95–102.

Vopravil J., Brant V., Krofta K., Kabelka D., Kincl D., Khel T., Veselý A., Pokorný J., Ježek J., Kumhálová J., Kroulík K. (2019): Hodnocení optimalizačních technologií na chmelnici a stanovení změn vodního režimu půdy - interní metodika. *Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy*, 22.

## **Prezentace výsledků:**

Kumhálová J., Krofta K., Chyba J., Brant V., Lukáš J., Kabelka D., Starý K. (2019): Sledování růstu chmele pomocí distančních metod a senzorové techniky. Konference GIS Esri v ČR, 6. a 7. listopadu 2019.

Brant V., Kroulík M., Zábranský P., Procházka P., Krofta K., Ježek J., Donner P., Pokorný J. (2020): Zpracování půdy ve vztahu k prostorovému rozmístění kořenového systému chmele. Seminář k agrotechnice chmele, Žatec, 20. 2. 2020.

Kumhálová J., Chyba J., Krofta K. (2020): Sledování chmelových odrůd pomocí bezpilotního prostředku a družic Sentinel 2. Seminář k agrotechnice chmele, Žatec, 20. 2. 2020.

Brant V., Kroulík M. (2021): Praktické ukázky strojů do chmelnic, senzorové techniky a dronů. Chmelařský den konaný dne 12. 8. 2021 ve Stekníku.

Ježek J. (2021): Pokus s pomocnou půdní látkou Alginit při výsadbě chmele. Chmelařský den konaný dne 12. 8. 2021 ve Stekníku.

Brant V., Krofta K., Procházka P., Kroulík M., Dreksler, J. (2022): Zonalita meziřadí a jeho funkce ve vztahu k produkci chmele. Seminář k agrotechnice chmele, Žatec, 3. 2. 2022.

Dreksler, J., Brant V., Procházka P., Kroulík M., Krofta, K. (2022): Dlouhodobý pokryv v meziřadí chmelnice. Seminář k agrotechnice chmele, Žatec, 3. 2. 2022.

Procházka P., Brant V., Dreksler, J., Kroulík M., Krofta, K. (2022): Celoroční pokryv půdy ve chmelnicích. Chmelařský kongres 2022, Senohraby, 25. 1. 2022.

