



Jaroslav Záhora, Karel Klem, Milan Hluchý, Petr Holub, Ivan Tůma,
Sneha Patra, Helena Dvořáčková, Daniel Růžička, Jana Vavříková

Metodika intenzifikace rostlinné produkce v ekologickém zemědělství

certifikovaná metodika

Mendelova univerzita v Brně

Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i.

BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o.

Jaroslav Záhora, Karel Klem, Milan Hluchý, Petr Holub,
Ivan Tůma, Sneha Patra, Helena Dvořáčková,
Daniel Růžička, Jana Vavříková

Metodika intenzifikace rostlinné produkce v ekologickém zemědělství

CERTIFIKOVANÁ METODIKA

2025

Autoři

Ing. Jaroslav Záhora, CSc.¹, Ing. Karel Klem Ph.D.², Dr. Ing. Milan Hluchý³, Mgr. Petr Holub, Ph.D.², Ing. Ivan Tůma, Ph.D.¹, MSc. Sneha Patra, Ph.D.², Ing. Helena Dvořáková, Ph.D.¹, Ing. Daniel Růžička¹, Ing. Jana Vavříková¹

¹ Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

² Ústav pro výzkum globální změny, AVČR, v.v.i., Bělidla 986/4a, 603 00 Brno

³ BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o., Mayerova 784, 664 42 Modřice

Oponenti

Posudek odborníka v daném oboru:

Dr. Ing. Milan Sánka., Masarykova univerzita

Posudek pracovníka příslušného odborného orgánu státní správy:

Ing. Jaroslav Hynšt Ph.D., Ústřední zkušební a kontrolní ústav zemědělský

Předkladatel metodiky

Ing. Jaroslav Záhora, CSc., Mendelova univerzita v Brně, e-mail: zahora@mendelu.cz

Prohlášení

Předkladatel metodiky prohlašuje, že zpracovaná metodika nezasahuje do práv jiných osob z průmyslového nebo jiného duševního vlastnictví. Předkladatel souhlasí s uveřejněním jeho práce na webových stránkách MZe.

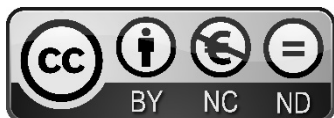
Dedikace

Projekt QK22020056 Metody intenzifikace ekologického hospodaření na orné půdě, NAZV, Veřejná soutěž ZEMĚ 5

© Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

ISBN 978-80-7701-045-0 (online ; pdf)

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-045-0>



Publikace „Metodika intenzifikace rostlinné produkce v ekologickém zemědělství“ je chráněna licencí CC BY-NC-ND 4.0 –
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

OBSAH

CÍL METODIKY	6
VLASTNÍ POPIS METODIKY	7
1. Revitalizace půdního prostředí	7
1.1. Úvod.....	7
1.2. Zintenzivnění interakcí mezi rostlinnými kořeny, půdními organismy a půdou.....	11
1.3. Zvýšení nabídky živin a zásob organické hmoty	16
1.4. Budování driloféry	23
1.5. Nutnost zařazení druhově pestrých směsek meziplodin.....	24
1.6. Hnojení půdy povrchovou aplikací kompostu.....	27
1.7. Aplikace potřebných aditiv na příkladu kompostovaného biouhlu	32
1.8. Revitalizace půdního prostředí – souhrn	34
1.9. Revitalizace půdního prostředí na farmě Jugovits	35
2. Metody regulace plevelů v EZ	41
2.1. Metody regulace jednoletých plevelů založené na snížení zásoby semen plevelů ve svrchní vrstvě půdy	41
2.1.1 Metoda tzv. falešného setového lůžka (false seedbed).....	41
2.1.2 Metoda tzv. starého setového lůžka (stale seedbed).....	43
2.2. Regulace vytrvalých plevelů v mezíporostním období	44
2.2.1 Regulace pýru plazivého v mezíporostním období	44
2.2.2 Regulace pcháče rolního v mezíporostním období	46
2.3. Metody mechanické a fyzikální regulace jednoletých plevelů v průběhu vegetace v průběhu vegetace hlavní plodiny	47
2.3.1 Regulace před vzejitím hlavní plodiny pomocí mělkého kypření povrchu půdy	47
2.3.2 Regulace před vzejitím hlavní plodiny pomocí fyzikálních metod	49
2.4. Regulace po vzejití u hustě setých (úžkořádkových) plodin	50
2.4.1 Plecí brány s pružnými hroty	50
2.4.2 Hvězdicové rotační plecí brány	51
2.5. Regulace jednoletých plevelů po vzejití u širokořádkových plodin	53
2.5.1 Regulace plevelů v meziřádku	53
2.5.2 Regulace plevelů v řádku	55
2.6. Pozdní regulace plevelů	56
3. Ochrana proti chorobám a škůdcům v systému EZ	58
3.1. Vliv způsobu hospodaření na škodlivost chorob a škůdců (Rozdílná škodlivost patogenů a škůdců v ekologickém a konvenčně obhospodařovaném agroekosystému.)	58
3.2. Polní kontroly.....	58
3.2.1 Pšenice, ječmen	59

3.2.1.1 Padlí travní	60
3.2.1.2 Kohoutci	61
3.2.1.3 Mšice na obilninách.....	62
3.2.2 Kukuřice	63
3.2.2.1 Zavíječ kukuřičný	64
3.2.2.2 Bázlivec kukuřičný.....	65
3.2.2.3 Bzunka ječná	66
3.2.3 Brambor	66
3.2.3.1 Plíseň bramboru.....	66
3.2.3.2 Mandelinka bramborová.....	68
3.2.3.3 Mšice broskvoňová.....	69
3.2.4 Řepka olejka	69
3.2.4.1 Bílá hniloba	69
3.2.4.2 Blýskáčci	70
3.2.4.3 Krytonosec šešulový.....	72
3.2.4.4 Bejlomorka kapustová	72
3.2.4.5 Krytonosec čtyřzubý	72
3.2.4.6 Mšice zelná	73
3.2.5 Hrách setý	74
3.2.5.1 Strupovitost	74
3.2.5.2 Kořenová a stonková hniloba a vadnutí hrachu.....	75
3.2.5.3 Kyjatka hrachová.....	76
3.2.5.4 Plodomorka hrachová.....	77
3.2.5.5 Listopas čárkovaný.....	78
3.2.5.6 Třásněnky	79
3.2.5.7 Obaleč hrachový.....	79
3.2.6 Bob obecný	80
3.2.6.1 Hnědá skvrnitost bobu.....	80
3.2.6.2 Strupovitost bobu	81
3.2.6.3 Virové svinování listů bobu.....	81
3.2.6.4 Mšice maková.....	82
3.2.6.5 Listopas čárkovaný	82
3.2.7 Slunečnice roční	83
3.2.7.1 Šedá plísnovitost slunečnice.....	83

3.2.7.2 Bílá hniloba slunečnice	84
3.2.7.3 Černá stonková skvrnitost slunečnice	85
3.2.7.4 Phomopsis	86
3.2.7.5 Plíseň slunečnice	87
3.2.7.6 Mšice slívová.....	87
SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“	89
POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	89
EKONOMICKÉ ASPEKTY	90
SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	91
SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZEJÍ METODICE.....	92

CÍL METODIKY

Metodika zpřístupňuje výsledky projektu QK22020056 „Metody intenzifikace ekologického hospodaření na orné půdě“ široké odborné i laické veřejnosti. Její podstatou je popis takových přístupů, které mají potenciál změnit dosavadní praktiky a zajistit intenzifikaci ekologického hospodaření na orné půdě. Je založena na skutečné revitalizaci půdy, která umožní pokrýt nároky pěstovaných plodin prostřednictvím zvýšení množství interakcí mezi živými složkami půd – mezi kořeny rostlin a oživenými povrchy půdních částic. Uplatnění metodiky maximalizuje funkční vazby mezi kořeny, které dodávají organické látky a energii, a půdními organismy, jež kontrolují dostupnost živin. Jde například o cílené rozšiřování driloféry, tedy té části půdy, kterou obývají a udržují žížaly. Tím se mnohonásobně zvětšuje kontaktní plocha mezi rostlinnými kořeny a atraktivními povrchy stěn chodbiček a půdních agregátů, které jsou kolonizovány půdními organismy a mikrobiálními biofilmy. Je popsán postup, jak omezit (ale ne zcela vyloučit) zpracování půdy, a přitom zvýšit dostupnost živin kořenům a půdním organismům, za současného postupného navyšování obsahu organické hmoty. Součástí metodiky je popis způsobu obnovy zásob celého spektra živin povrchovou aplikací kompostu, včetně kompostovaných aditiv. Revitalizace půdy vyžaduje rozšíření osevních postupů a zařazení vhodně zvolených druhově bohatých mezplodinových směsí s možností uplatnění nových poznatků v oblasti biologické ochrany rostlin, půdoochranných postupů obdělávání a agrotechniky omezující výskyt škodlivých organismů. Metodika je rozdělena do tří částí: 1. Revitalizace půdního prostředí, 2. Metody regulace plevelů v EZ a 3. Ochrana proti chorobám a škůdcům v systému EZ. Informace o realizovatelných metodách ekologického zemědělství na orné půdě byly získávány z literárních pramenů, konzultací se zahraničními odborníky a poznatků z konferencí, seminářů a polních dnů. Dalším zdrojem informací byly maloparcelkové a poloprovozní pokusy.

VLASTNÍ POPIS METODIKY

Hlavní principy intenzifikace rostlinné produkce v ekologickém zemědělství. Intenzifikace rostlinné produkce v ekologickém zemědělství je založena na komplexním uplatňování několika základních principů: na principu skutečné revitalizace půdního prostředí (část 1), na nových poznatcích v oblasti půdoochranných postupů obdělávání a agrotechniky, které omezují výskyt škodlivých organismů (část 2), a konečně na nových poznatcích v oblasti biologické ochrany rostlin (část 3). Popisovaná metodika intenzifikace rostlinné produkce v ekologickém zemědělství je v některých částech textu označována zkráceně jako „nová koncepce EZ“.

1. Revitalizace půdního prostředí

1.1. Úvod

Zemědělství jako takové čelí jedné z největších výzev naší doby. Mělo by produkovat dostatek kvalitních potravin i při soustavném úbytku výměr zemědělské půdy, a zároveň při snižování vnějších vstupů a minimalizaci negativních dopadů na životní prostředí. Konvenční zemědělství sice přispívá k vysoké produkci, nicméně je založeno na používání minerálních hnojiv a toxických přípravků na ochranu rostlin. Vychází z Liebigova paradigmatu, podle něhož je výnos omezen nedostatkem živin, což vede k bludnému kruhu závislosti na „dolaďování“ nabídky chybějících živin prostřednictvím agrochemických testů v laboratořích. Konvenční zemědělství je v pasti představ o nutnosti neustále opravovat nabídku půdního prostředí pomocí aplikace minerálních hnojiv. Zákonitým jevem je degradace fyzikálních, chemických a zejména biologických charakteristik orné půdy. Zemědělské půdy postupně přestávají plnit ekosystémové služby v krajině, což negativně ovlivňuje infiltraci a retenci vody v půdě. Zhoršuje se životní prostředí, dochází k poklesu biodiverzity, znečištění a eutrofizaci vod a ke zhoršování kvality půdy. Zemědělské ekosystémy se stávají zranitelnějšími vůči nemocem, škůdcům a klimatickým výkyvům. Naštěstí i část zemědělců kriticky vnímá jednostranné produkční zaměření konvenčního zemědělství a souvislost mezi degradací půdy a ztrátou jejích funkcí během klimatických extrémů. Mezi touto částí zemědělců se postupně šíří podezření, že chápání půdního prostředí nelze zúžit na vylepšování špatně namíchané směsi živin.

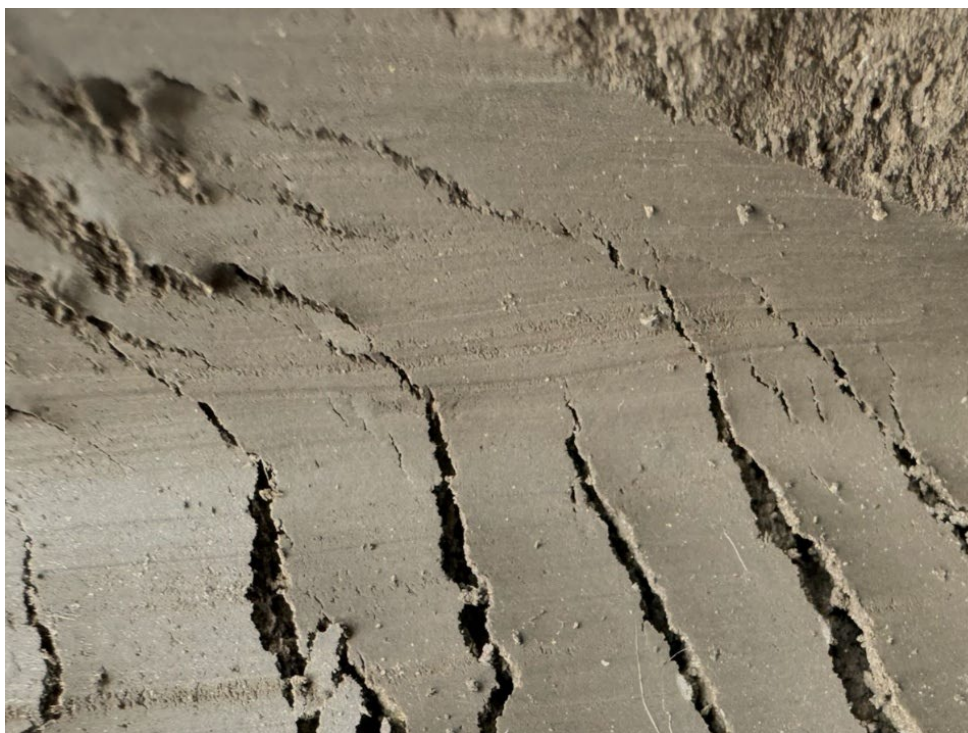
Ekologické zemědělství (EZ) vychází z jiného základu. Chápe ústřední roli živé půdní složky, kterou považuje za výměník živin a energií. Podmínkou je významné omezení orby. Povýšení živé půdní složky do role partnera je výhodné, neboť chrání a současně zprostředkovává dostupné živiny (obr.1.1). Je to důsledek souběhu aktivit půdních organismů (zprostředkovatelů živin) a aktivit pěstovaných plodin, které jsou dodavateli organicky vázané energie. Půdní organismy jsou adaptovány na lokální klimatické podmínky, půdní typy a druhy (obr. 1.1).



Obr. 1.1 Anektické, hlubinné žízály obecné Lumbricus terrestris jsou příkladem větších půdních organismů, které svými aktivitami urychlují úspěšnou intenzifikaci ekologického zemědělství.

EZ vychází z nutnosti zabezpečit půdní organismy energií a živinami. Teprve poté je možno očekávat zintenzivnění výměny rostlinných asimilátů (cukrů) za mikrobiálně uvolněné živiny. Bez toho by se nemohla rozběhnout výživa rostlin, která by zároveň obohacovala půdní prostředí organickými látkami. Pokud se zemědělec naučí stimulovat a znásobit produkci kořenových exsudátů, je doručování energie z rostlin do půdy překvapivě snadné.

Ekologické zemědělství vylučuje hnojení minerálními formami dusíku. Proto je v půdních roztocích často velmi nízká koncentrace minerálního dusíku. Takové situace jsou ideálním předpokladem pro zvýšení produkce životodárných kořenových výměšků. Předkládaný koncept intenzifikace je založen na zvýšení dodávky živin prostřednictvím povrchově aplikovaného kompostu a zároveň na zvýšení dodávky energie ve formě kořenových výměšků bohatých na cukry, které fotosyntetizující rostliny uvolňují. Tímto se zasahuje do tradičního pojetí dodávání organické hmoty zaoráváním organických hnojiv. Ekologické zemědělství vyžaduje širší spektrum znalostí. Nová koncepce může vzbuzovat dojem, že jsou nahlodávány tradiční, ověřené postupy ekologického zemědělství, které spočívají v zaorávání statkových hnojiv hlubokou orbou. Zbytečně. Je nutné zdůraznit, že model ekologického hospodaření byl v rámci dostupných pravidel tím nejlepším možným řešením. Zastánci nové koncepce EZ by měli umět pochopit domnělé výhody tradiční zaorávky hnoje a jeho transformace na dostupné živiny. Musí také umět pochopit a obhájit souběh kompostování statkových hnojiv a běžných rostlinných materiálů jako alternativní způsob využívání a následné aplikace cenných materiálů pocházejících ze živočišné výroby, aniž by se muselo orat, aniž by docházelo ke ztrátě dlouhodobě budované půdní struktury a masovému úhynu půdních organismů, aniž by se vytvářelo umělé rozhraní mezi ornici a podorničím (obr. 1.2). K tomu by měla být předložena metodika nápomocná.



*Obr. 1.2 Orba za nevhodných vlhkostních podmínek na půdách s vyšším obsahem jílu vede k **vytváření podorniční podlahy**. Jde o postupný proces tmelení povrchu podorničí, při kterém se trhliny zaplňují splavenými částčkami prachu a jílu. Při následných změnách vlhkostního režimu a rozdílné dynamice následné hydratace a dehydratace působí tyto zaplněné trhliny jako klíny a vznikající bariéra se zpevňuje. Jev je častější v konvenčním zemědělství, přičemž prosakující půdní roztoky obsahují také ionty dusičnanů a bazických kationtů, které mohou podorniční podlahu ještě více zpevnit procesem sekundární karbonatizace, vzniká „dešťová past“ (Záhora, 2021).*

Ekologické a regenerativní zemědělství. Podezření, že pravidelná hluboká orba škodí půdním organismům a nedovoluje regeneraci půdních agregátů, vedlo v rakouském výzkumném ústavu Bioforschung Austria již na začátku osmdesátých let 20. století k pokusům o omezení pravidelné hluboké orby a k pokusům s výsevy mezplodinových směsí. Ačkoli se tyto pokusy nedostaly do širšího povědomí, ekologické zemědělství již tehdy začínalo testovat principy, které jsou dnes široce využívány i v regenerativním zemědělství. A pokud pozorně posloucháme Gabe Browna ze Severní Dakoty, jednu z nejvyšších autorit regenerativního zemědělství, objevuje se v jeho radách pravidelně doporučení, že v regenerativním zemědělství by bylo žádoucí zastavit aplikaci minerálních hnojiv a pesticidů. Lze tedy konstatovat, že nová koncepce EZ a budoucí vize regenerativního zemědělství mají mnoho společného (obr. 1.3).



*Obr. 1.3 Důraz na **budování co nejrozvinutější sítě drilosféry** je společný nové koncepci ekologického zemědělství i regenerativnímu zemědělství*

O intenzifikaci ekologického zemědělství se hovoří již 20 let a dosažení potřebného pokroku, který je klíčový pro jeho další rozvoj a snížení závislosti na státní podpoře, není stále odpovídající. Hlavním důvodem je obtížné zvládání plevelů a zajištění dostatečné dostupnosti živin. Obojí je řešitelné. V tomto ohledu se jako slibné ukazují nové techniky praktikované v EZ. Současně byly v posledních dvou desetiletích publikovány převratné poznatky o půdní organické hmotě, které umožňují dokonalejší využití možností půdního prostředí a současně zlepšení péče o půdu. Určitým omezením přenosu vědeckých poznatků do praxe je ale názorová nejednotnost vědecké obce. Docela zásadním problémem je rozdíl mezi tradičním chápáním humusu, které je odvozované od stupně polymerizace, resp. od stupně složitosti chemické stavby humusových látek, a novějším pojetím, které vysvětluje stabilitu půdních organických látek na základě kontinuálních interakcí mezi živou a neživou půdní složkou bez nutnosti zavádět chemické charakteristiky molekul humusu.

Podle tradičních představ je humus definován jako složitá směs rezistentních hnědých a tmavě hnědých amorfních a koloidních vysokomolekulárních organických látek charakteru kyselin, které vznikají resyntézou a polymerizací v průběhu rozkladných mikrobiálních procesů a které mají chemické a fyzikální vlastnosti velmi důležité pro rostliny a půdu. Jejich atomová hmotnost se pohybuje od několika stovek do několika set tisíc. Výchozí sloučeninou je často lignin, do reakcí vstupují ale i jiné látky. Rizikem tradičního chápání humusu je propojení postupné polymerizace s pevnými, hmotnými složkami půdní organické hmoty a nedostatečné vysvětlení postupného obohacování humusu o dusík.

Nové humusové teorie vysvětlují stabilitu humusových látek postupnou přestavbou pevných a tekutých látek převážně rostlinného původu do širokého spektra látek mikrobiálního původu, které se spontánně agregují do supramolekulárních útvarů (Piccolo, 2002) za neustálého snižování množství biochemicky vázané energie. Tím je možno vysvětlit relativní nárůst obsahu dusíkatých látek až k poměru C:N 10:1 a také stabilitu humusových látek založenou na kontinuální mikrobiální kontrole organických látek, jejichž další rozklad je limitován nedostatkem dostupné energie. Rozdíl mezi oběma pojetími se promítá do přístupu k půdě. Zatímco v představách tradičního pojetí není orba nějakou vážnou překážkou pro proces humifikace, novější pojetí nabádá k omezení orby a k co největšímu zachování půdní integrity, jinými slovy k respektu k fyzikální struktuře půdního prostředí. V novějším pojetí do sebe zapadá role rostlin jako dodavatelů energie a role mikroorganismů jako ostražitých strážců živin, kteří ale nemohou odolat atraktivním uhlíkatým látkám vylučovaným z kořenů.

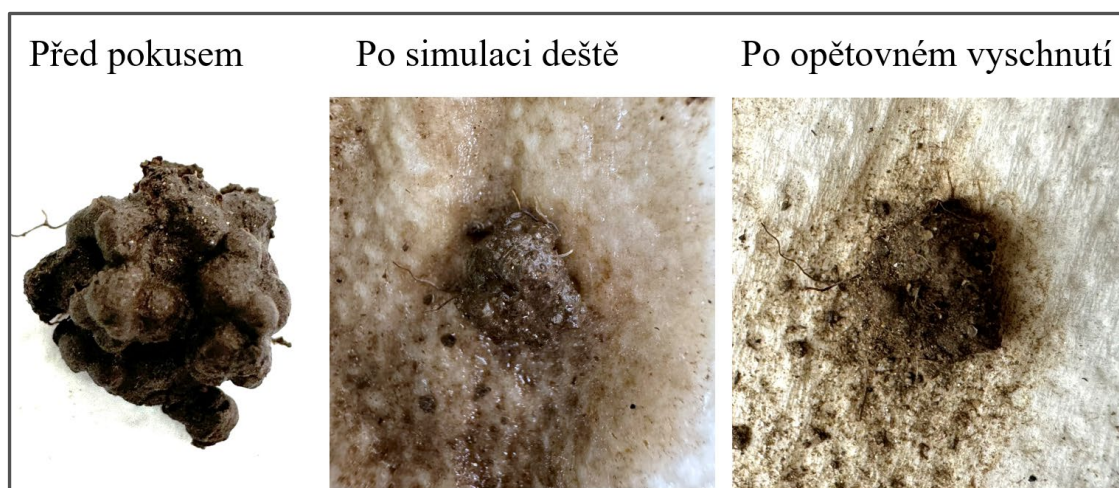
Lze rovněž zaznamenat rozdílné názory na význam půdních agregátů. Někteří je vnímají na úrovni nano měřítka jako samostatně fungující bioreaktory, jiní na ně pohlíží z pohledu celého ekosystému, ve kterém se mohou jako samostatné bioreaktory projevit pouze výjimečně. Shoda v názorech se těžko hledá i v otázkách významu aplikace biouhlu pro zvýšení půdní úrodnosti, potenciálu návratu k tradičním zemědělským technikám, vlivu minerálního hnojení na ukládání uhlíku v půdě, významu sekvestrace uhlíku v půdě pro zmírňování účinků klimatické změny, nebo záměrného ovlivňování půdních mikrobiálních populací. Jen o málo lepší situace je v encyklopedických znalostech charakteristik půdy, což pravděpodobně souvisí se zvyšujícím se tlakem veřejnosti na omezení dávek agrochemikálií a se zájmem o ochranu půdy. Není snadné se v této situaci orientovat.



*Obr. 1.4 Potravu žížal tvoří tlející rostlinné materiály společně s částčkami půdy, případně drobní uhynulí živočichové, kteří se rozkládají v půdě. Jak je patrné z různých barevných tónů exkrementu (koprolitu), jsou částčky půdy vynášeny z různých hloubek půdy. Za rok dosahovala hmotnost sušiny koprolitů vnesených na povrch půdy podle Charlese Darwina v Anglii až 25 tun na jeden hektar (Frouz et Poklopová, 2011). Pro novou koncepci EZ je důležité, že tyto **hromádky žížaliho trusu se snadno rozplavují**.*

1.2. Zintenzivnění interakcí mezi rostlinnými kořeny, půdními organismy a půdou (mikrobiálně řízené uvolňování a doplňování zásob živin a organické hmoty v půdě)

Následující pojednání přibližuje situaci v půdě z dynamického pohledu interakcí mezi neživou a živou složkou půdy. Cílem je nabídnout pochopení vnitřního světa půdy, z něhož vyplynou základní zásady péče o půdu směřující k intenzifikaci ekologického hospodaření: (a) podporovat v půdě vše živé a směřovat tím k co největší biodiverzitě půdy, která je místně nejlépe adaptovaná (obr. 1.4; 1.5), (b) maximálně omezit dobu, po kterou není půda kryta vegetací – využívat druhově co nejpestřejší meziplodiny, (c) provádět hlubokou orbu pouze v odůvodněných případech, s vědomím nenahraditelného významu symbiotických a saprofytických vláknitých hub a hlubokých kontinuálních biopórů, (d) zjištěný deficit konkrétní živiny v plodině řešit povrchovou aplikací kompostu.

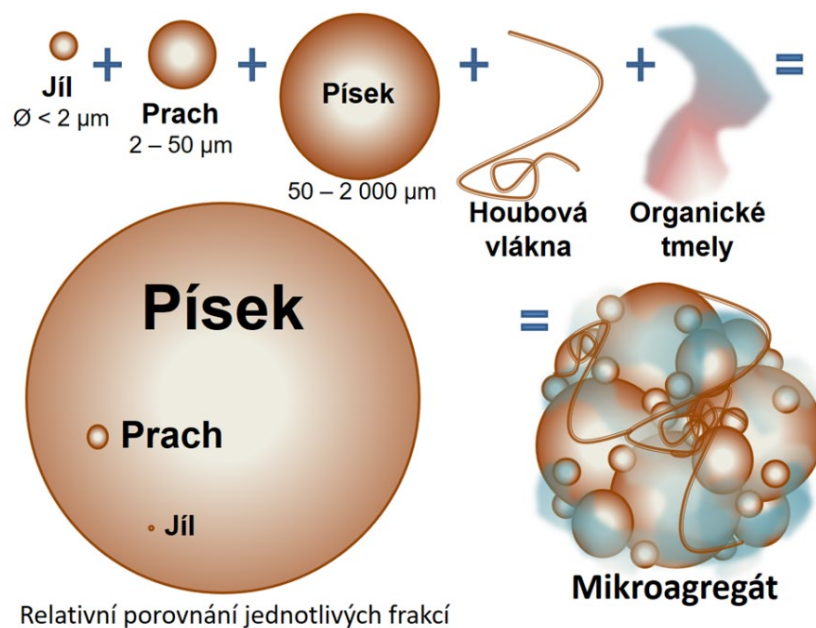


Obr. 1.5 Jednoduchým pokusem s rozplavením žízáliho exkrementu (koprolitu) simulací deště rozprašovačem lze doložit nenahraditelný význam žížal pro intenzifikaci ekologického zemědělství. Vidíme, jak snadno se strávené strukturní materiály rostlinného původu mění na jemné, odplavitelné materiály bohaté na živiny, na živou a odumřelou mikrobiální biomasu včetně mikrobiálních enzymů. Můžeme si představit přírodní proces hnojení zpracovaným žížalím kompostem (přírodním vermikompostem). Stejně tak si můžeme představit vnášení organické hmoty drilosférou do hloubky půdy, aniž by přitom byla použita zemědělská mechanizace.

Pevná složka půdy se skládá z minerálního a organického podílu. Minerální podíl je tvořen minerálními částicemi různé velikosti, tvaru a chemického složení, které závisí na složení, textuře a zvětvávání matečné horniny. Primární minerály tvoří v půdě hrubší částice (skelet, písek, prach), zatímco sekundární jílové minerály tvoří nejjemnější frakci půdy. Minerální podíl se dělí obecně na jíl, prach, písek a skelet. Organický podíl zahrnuje živé organismy, odumřelé rostliny, živočichy, mikroorganismy a přeměněnou organickou hmotu. Různé zastoupení hrubých a jemných částic ovlivňuje mechanické vlastnosti půdy, její pórovitost, schopnost vázat vodu, živiny a organickou hmotu, provzdušnění, pronikání kořenů a osídlení půdními organismy. Jemnozrnné půdy mají malý podíl pórů s větším průměrem, proto se hůře provzdušňují, ale pevněji vážou vodu a živiny. Nedochozí v nich k tak velkému kolísání podmínek prostředí jako v hrubozrnných půdách. Kořeny do nich hůře pronikají a životní prostor pro větší půdní organismy je limitovaný. Naopak mikroorganismy využívají s výhodou vysokého podílu jílových částic. Takové půdy mají problematický vodní režim, snadno se přemokří, jsou citlivé na mechanické utužení a rostliny v nich často trpí nedostatkem vzduchu.

Z hrubozrnných písčitých půd voda rychle oteče, půdy snadno a rychle vysychají, jsou chudé na živiny, které se mohou snadno vymývat. Vodní a teplotní režim těchto půd je nestabilní, hromadění půdní organické hmoty je velmi limitované. Na druhé straně se půdní organismy snadněji pohybují a kořeny prorůstají lépe.

Velikost půdních částic určuje zrnitostní složení půdy a má velký význam pro klasifikační systém, pro určení půdního druhu. Všechny částice větší než 2 mm se označují jako skelet. Po oddělení skeletu zůstane jemnozem, která se dále dělí na frakci písku (0,05–2 mm), prachu (0,002–0,05 mm) a frakci jílu (méně než 0,002 mm) (obr. 1.6).



Obr. 1.6 **Shlukování půdních částic** půdotvorného materiálu, jílu, prachu a písku do půdních mikroagregátů (útvary menších než $250 \mu\text{m}$). Jsou spojené především různými gelovitými produkty, tmely mikrobiálního původu a houbovými vlákny.



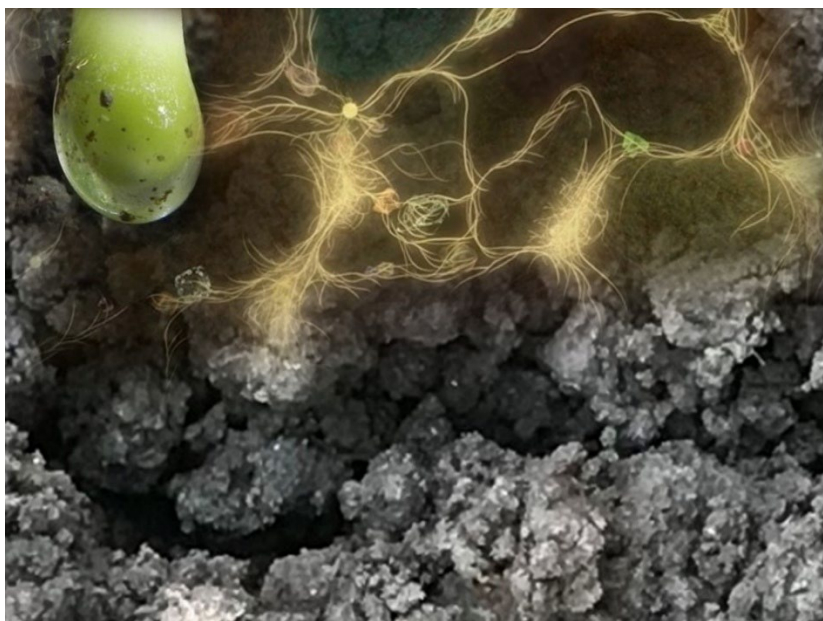
Obr. 1.7 **Reálné prostředí půdních mikroagregátů** stmelených organominerálními pojivy bez viditelných povrchových kolonizací mikrobiálními společenstvy. Hypotetické prorůstání rostlinných kořenů do tohoto prostředí narušuje povrchovou integritu mikroagregátů a tím se může uvolnit přístup k mikrobiálním společenstvům a k jejich zásobárnám živin a energií.

Menší půdní částice půdotvorného materiálu, rozdělené podle velikosti pevných částic na jíl, prach a písek, se shlukují do různě velkých hrudek, do půdních agregátů. Tyto agregáty jsou spojeny organickými nebo

organominerálními tmely. Podle velikosti lze agregáty rozdělit na mikroagregáty (menší než 250 μm), které jsou nejstabilnější, až po makroagregáty (větší než 250 μm). Schopnost půdy shlukovat se určuje její strukturou. Stmelování organominerálními pojivy do půdních mikroagregátů je znázorněno na obr. 1.6 a 1.7.

Půdní agregáty, tedy základní prostorové jednotky půdy, vznikají v důsledku mnohočetných dynamických procesů obohacování a odbourávání původních minerálních částic organominerálními pojivy (oxidy, humusotvorné látky, mikrobiální biofilmy, vlákna půdních hub, kořeny rostlin a jejich výměšky apod.). Tyto agregáty ovlivňují velikost a množství pórů, které jsou vyplněny vzduchem nebo vodou. Shlukování půdních částic do mikroagregátů a jejich spojování do větších agregačních celků zvyšuje infiltrační (vsakovací) a retenční (zadržovací) schopnost půdy, tedy schopnost zadržet srážkovou vodu. Uvnitř půdních agregátů je dobře chráněno to nejcennější půdní bohatství: dormantní („spící“) půdní mikroorganismy a jejich zachovné útvary (např. spory), mikrobiální biomasa a nekromasa v mikrobiálních biofilmech, organominerální komplexy a živiny. Čím větší půdní agregáty půda má, tím více je omezen přímý kontakt mezi kořenem a půdou, což znamená, že rostliny jsou ve větší míře „odkázány“ na spolupráci s mikroorganismy. Na získání odpovídajícího množství živin a na „vnitropůdní obchodování“ rostliny vynaloží více uhlíkatých investic – více sacharidů bohatých na energii. Tím je zajišťována regenerace organické hmoty a infiltrační a retenční schopnost půdy.

Jako zemědělci nemáme v podstatě možnost ovlivňovat vzájemný poměr částic jílu, prachu, písku a skeletu. Určitou výjimkou je vyplavování nejmenších jílovitých a prachových částic z orničního horizontu do hloubky půdy při procesech půdní degradace, při rozpadu fyzikální struktury půdy. Předložená metodika pojednává ale o jiných procesech, o procesech stabilizace půdy stimulací tvorby půdních agregátů a o obráceném pohybu nejmenších půdních částic cestou jejich vynášení na povrch půdy činností žížal (obr. 1.4; 1.5).

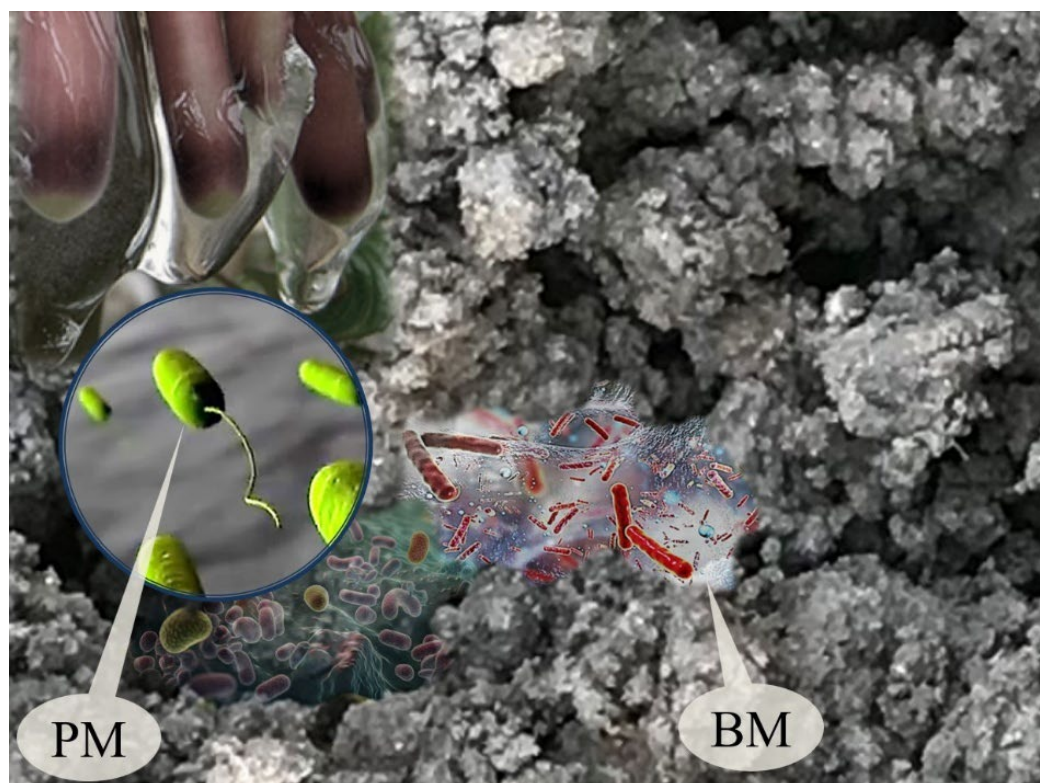


Obr. 1.8 Prorůstání kořene do půdy s „nedostatkem“ dostupných živin. Do levého horního rohu obrázku je vložen snímek špičky kořene kukuřice s hlenovitou kapkou mucigelu. Na obrázku je představen jakýsi žádoucí, cílový stav půdního prostředí, ve kterém je dostupnost živin kontrolována mikrobiálními biofilmy uvnitř velkých půdních agregátů. Do těchto „živinových spižiren“ se rostlina dostává zprostředkovaně přes vlákna symbiotických mykorhizních hub.

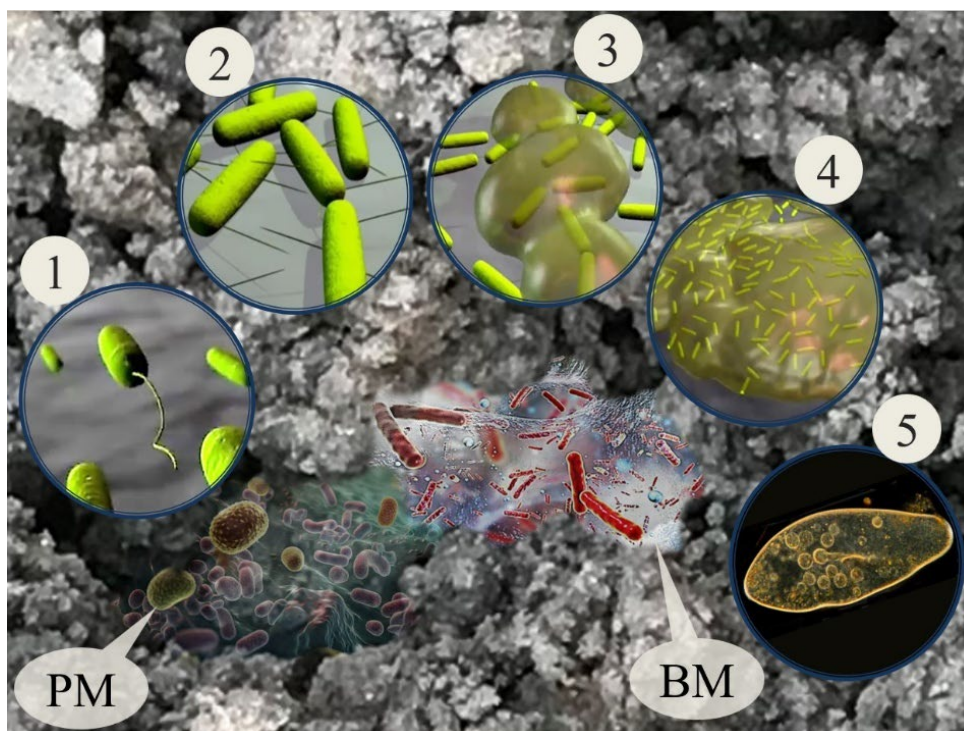
Mucigel (obr. 1.8) je slizovitá látka, kterou vylučují povrchové buňky kořene v oblasti kořenové čepičky, jež je takto chráněna. Současně umožňuje kořenům účinněji pronikat do půdy a vytvářet symbiotické prostředí pro půdní bakterie podporující růst rostlin (běžně označované jako PGPB – Plant Growth Promoting Bacteria), včetně bakterií, které fixují vzdušný dusík (diazotrofy), a pro houby, jako je tomu v

našem případě. Produkovaný mucigel umožňuje vytvoření „difuzního mostu“ mezi kořenovým systémem a půdními agregáty, jejichž povrch byl tlakem rostlinného kořene narušen. Prostřednictvím tohoto „difuzního mostu“ může rostlina zjistit, jaká je v okolí kořene koncentrace signálních látek mikroorganismů. Jsou to látky, kterými se mikroorganismy dorozumívají mezi sebou.

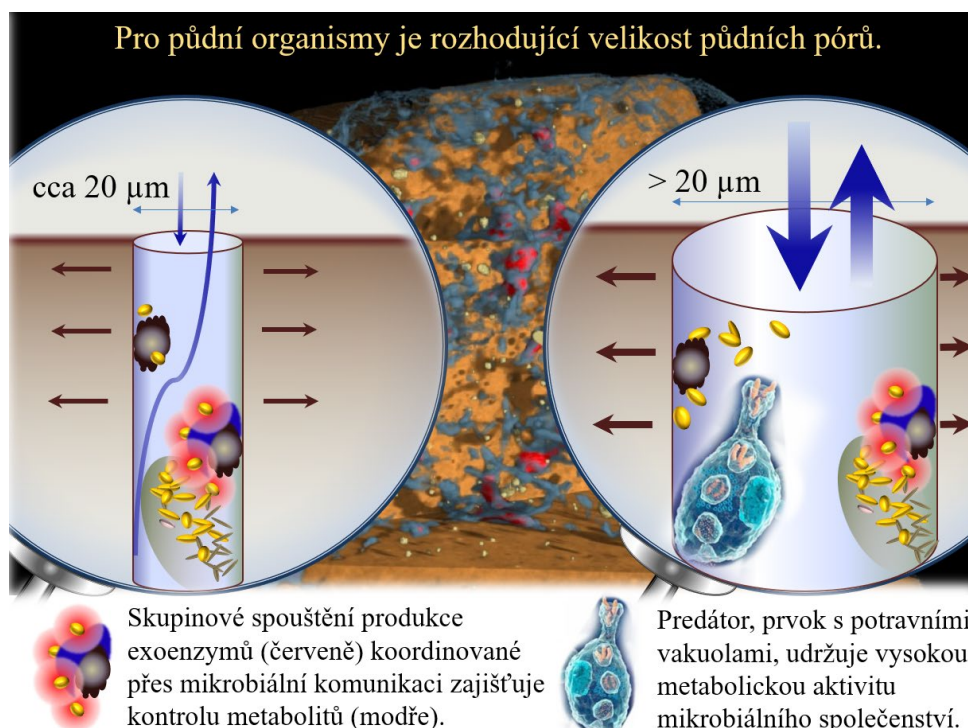
Aby mohly PGPB bakterie změnit své chování, tedy začít se bouřlivě množit a napomáhat rostlině s výživou, musí se na tom všechny přítomné mikroorganismy „domluvit“ dostatečnou produkcí signálních látek, tzv. „induktorů“. Ke změně strategie potřebují bakterie dostatečně velké množství signálních látek vlastního druhu (klonu) a současně dostatečně malé množství univerzálních signálních látek, které produkují všechny bakterie. Tyto univerzální signální látky informují mikroorganismy o dosažení meze kapacity únosnosti prostředí. Jde o dlouho známý, jednoduchý systém koordinace aktivit příbuzných a nepříbuzných mikroorganismů, osvědčený miliardami let. Tato koordinace mikrobiálních aktivit dělá z mikrobů nejrychleji se probouzející, nejaktivněji reagující a nejrychleji usínající mnohobuněčné společenství. Při popisování změn aktivit bakterií z prostředí mikrobiálního biofilmu (ze stadia tzv. „biofilmových bakterií“) do volného prostředí (do tzv. „planktonních bakterií“) a naopak, hovoří popularizátoři mikrobiologie o zvláštní „esenci mnohobuněčného života“, která je schopná zrychlit vlastní mikrobiální aktivity až deset tisíckrát a stejně tak rychle je zpomalit (obr. 1.9).



Obr. 1.9 Stimulace množení PGPB bakterií. V situaci, kdy jsou v půdě přítomny signální komunikační sloučeniny volně žijících PGPB bakterií, jsou tyto přijímány receptory na povrchu rostlinného kořene, což vede k odpovídajícímu dávkování stimulačních kořenových exsudátů z prorůstajících kořenů (kořeny s exsudáty jsou znázorněny v horní části snímku). V tomto okamžiku se PGPB bakterie začnou množit exponenciálně (stadium bouřlivé reakce u tzv. planktonních mikroorganismů „PM“). Nevyužité exsudáty zatékají do mikropřasklin a mikropórů, kde je množení mikroorganismů limitováno prostorem. Dochází k formování stabilnějších mikrobiálních biofilmů (biofilmové mikroorganismy „BM“).



Obr. 1.10 **Formování mikrobiálního biofilmu.** PGPB bakterie umí přecházet ze stadia bouřlivých aktivit (1), do stadia stabilizování své pozice v prostoru proteinovými nanovláknky (2), shromažďování hlenovitých zásobních látek v meziprostorech (3), a konečně „maturace“ biofilmu (4). Živiny a organické látky z mikrobiální biomasy a biofilmových matric vrací zpátky do dostupných forem v půdním roztoku bakteriální predátoři – na příkladu půdního prvka s prosvítajícími potravními vakuolami (5).



Obr. 1.11 **Velikost půdních pórů rozhoduje o osudu organické hmoty v půdě** (formování Mineral Associated Organic Matter MAOM). Klíčovou charakteristikou, na kterou by se měla současná praxe ekologického zemědělství zaměřit s ohledem na zvýšení efektivity produkce EZ a zesilující klimatickou změnu, je spektrum velikosti půdních pórů, které těsně souvisí se stabilitou půdních agregátů, strukturou

půdy a sekvestrací uhlíku. Pokud budou v půdě póry menší než 20 µm (např. po rozkladu houbového vlákna nebo formováním mikroskopických štěrbin vznikajícím v důsledku objemových změn jílových minerálů), bude docházet k problémům s výměnou plynů s atmosférou, infiltrací srážkové vody a enzymatickými aktivitami mikroorganismů v mikropórech. Kolonizace částecek čerstvě dodané organické hmoty může rychle zablokovat úzké póry mikrobiálními gely, což místo souhrnného nárůstu enzymatických aktivit povede k jejich poklesu (viz situace na levé části snímku v póru o průměru 20 µm). Zablkovaná mikrobiální společenstva budou příležitostí pro formování dlouhověkých mikrobiálních biofilmů, což zvýší sekvestraci uhlíku. Naopak větší prostor, a tím i lepší ventilace půdních pórů ve velikostní kategorii 30–150 µm (viz situace na pravé části snímku u póru o průměru 50 µm), umožní aktivitu mikroskopických predátorů, kteří regulují četnost mikrobiálních populací a tím zvyšují jejich aktivitu a obrat.

Spontánní schopnosti půdních mikroorganismů reagovat bouřlivě na stimulaci rostlinnými sacharidy, schopnosti zprostředkovat za tyto rostlinné energetické investice výživu rostlin na principu obchodní výměny „za cukry živiny“ a současně spontánní přechod do klidových stádií, který na velmi dlouho chrání část nově syntetizované organické hmoty, to vše srozumitelně vysvětluje roli živé půdní složky při snahách o intenzifikaci ekologického zemědělství (obr. 1.10; 1.11).

1.3. Zvýšení nabídky živin a zásob organické hmoty (role POM a MAOM, dvou frakcí půdní organické hmoty, které umožňují pochopit osudy půdních organických látek)

Zpřesnění představ o formách a vazbách půdní organické hmoty jsou nejnovějším příspěvkem vědecké obce k funkčním představám o organické hmotě v půdě. Cotrufo a Lavellee (2022) vysvětlují téma perzistence, odolnosti půdní organické hmoty vůči rozkladu jinak, než bylo dosud popisováno. Předpokládají, že půdní organická hmota SOM (Soil Organic Matter) se tvoří dvěma odlišnými cestami v závislosti na tom, zda organická hmota vstupuje do půdy ve formách snadno rozpustných ve vodě, případně ve formách rozpustných, solubilizovatelných v půdním prostředí (DOM – Dissolved Organic Matter), nebo jde o organické látky strukturní. DOM ale tvoří jen malý podíl (1–2 %) v celkovém množství půdní organické hmoty. Tyto odlišné vstupy umožňují jednak tvorbu organické hmoty spojené s minerály (MAOM) a jednak organickou hmotu ve formě částic (POM). Tyto dvě cesty vedou k různým typům organické hmoty v půdě, přičemž každá z těchto forem SOM má jiné fyzikální vlastnosti, které se liší podle velikosti částic a jejich spojení s minerály:

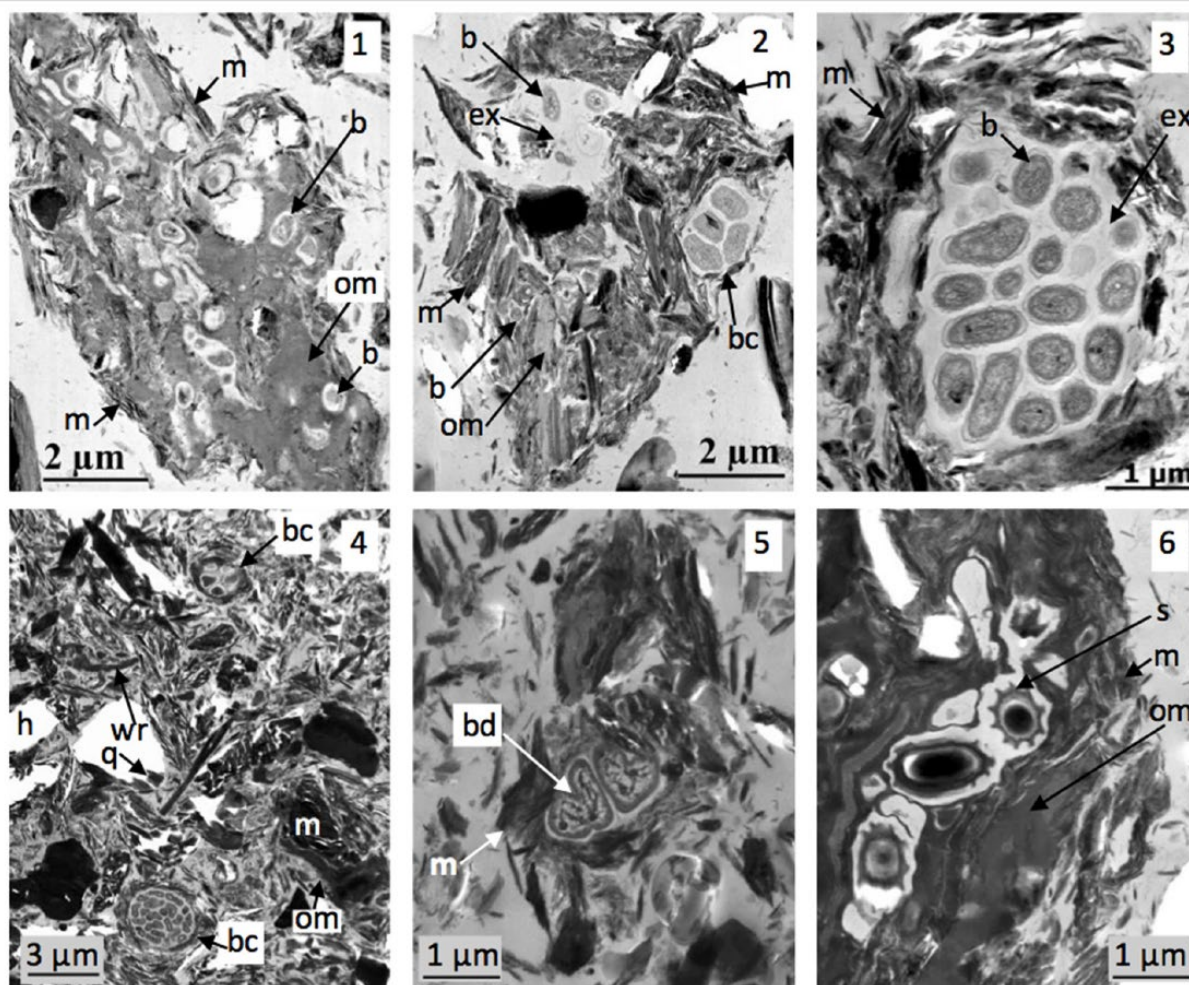
MAOM (organická hmota spojená s minerálními frakcemi) má větší podíl látek mikrobiálního původu a vzniká bezprostředními interakcemi organické hmoty s minerálními látkami v půdě, např. při postupných procesech tvorby mikrobiálních biofilmů (obr. 1.12; 1.13; 1.14).

POM (organická hmota částic) je tvořena většími částicemi organické hmoty a obsahuje více rostlinných složek (obr. 1.13; 1.14).

DŮLEŽITÉ PRO PRAXI, PRO SKUTEČNOU INTENZIFIKACI EZ

Procesy tvorby a rozkladu SOM směřující ke stabilizaci SOM v půdě. Tvorba a stabilizace půdní organické hmoty probíhá na mikroskopických úrovních (v rozmezí 1–1000 µm), které jsou základem pro její dynamiku a pro to, jak se SOM nakonec projevuje v celém ekosystému. Včetně toho, do jaké míry může být současně efektivním zdrojem a úložištěm živin pro půdní organismy. Abychom mohli s určitou mírou pravděpodobnosti předpovídat změny v procesech stabilizace SOM v různých typech půdních systémů, je nutno pochopit tyto procesy především v mikro měřítcích (obr. 1.12 až 1.16). V současnosti je k dispozici ucelený soubor nových poznatků, který umožňuje popsat složité interakce mezi kořeny rostlin a s nimi spojenými komplexními mikrobiálními společenstvy. Tato společenstva mohou stejně tak stimulovat růst a vývoj rostlin jakož i spoluvytvářet půdní prostředí pomocí biochemických interakcí. Prostřednictvím vylučování bioaktivních molekul rostlinami do rhizosféry může být ovlivněn rhizobiom a půdní mikrobiom, což předurčuje míru stabilizace SOM v půdě. Poznatky z předpokládatelných interakcí mezi kořeny a půdními organismy jsou přenositelné do měřítek větších, které jsou důležité pro

praktické uplatnění při intenzifikaci EZ na orných půdách. Pro snazší pochopení je užitečné popisovat odděleně osudy rozpustných a nerozpustných organických látek.

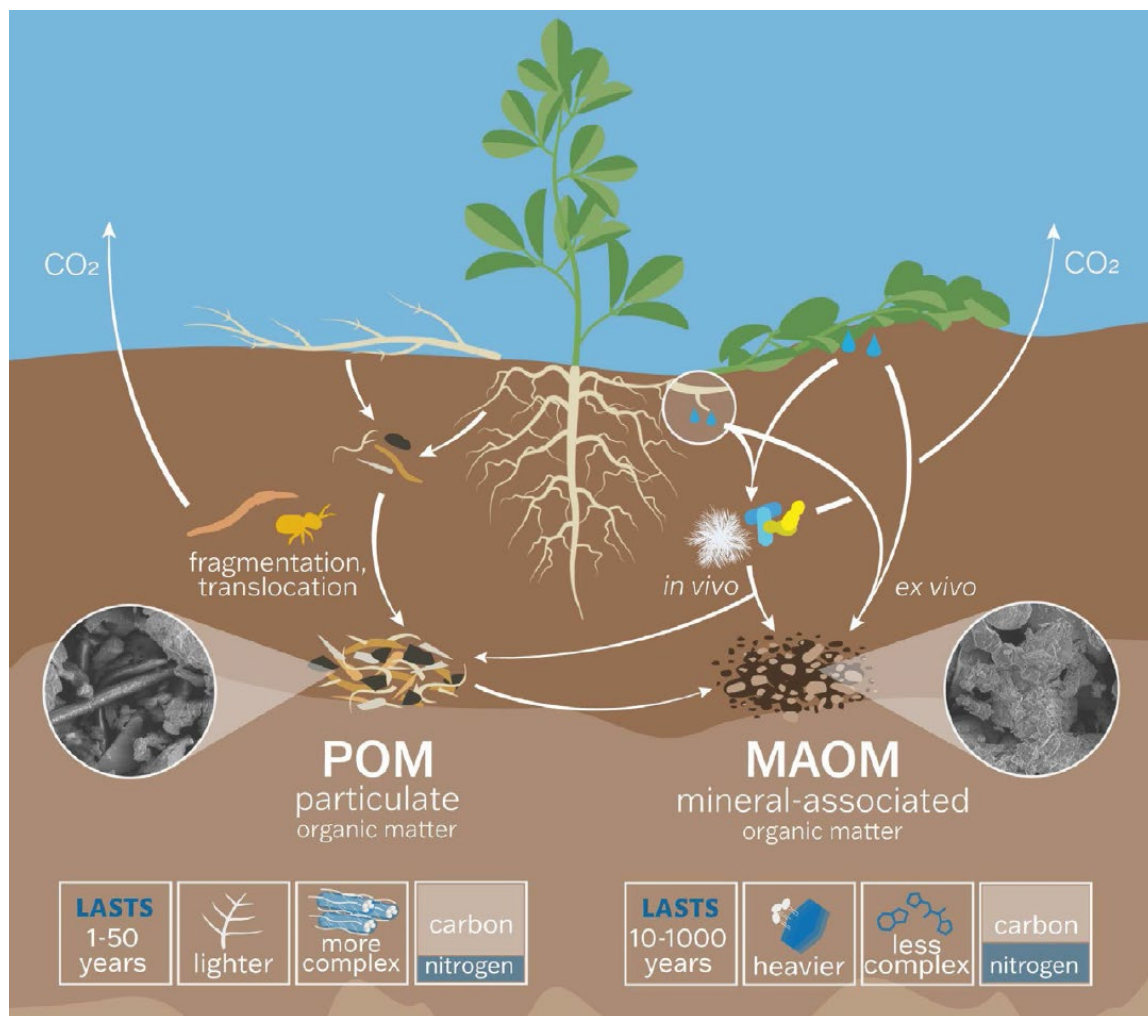


Obr. 1.12 **Minerálně asociovaná organická hmota (MAOM).** Lokalizace mikroorganismů v půdních mikrostrukturách podle snímků půdních mikroagregátů transmisním elektronovým mikroskopem (převzato z publikace Watteau et Villemain, 2018). (1) organické látky kolonizované bakteriemi a obklopené minerály; (2) převážně minerální agregát obsahující málo organických látek a bakterie produkující EPS (individualizované nebo v koloniích); (3) typický mikrobiální biofilm tvořený bakteriemi produkujícími EPS, na kterém jsou adsorbovány minerály; (4) celkový pohled na frakci 2-20 μm zobrazující minerální nebo organické částice a bakteriální agregáty jako bakteriální kolonie spojené s minerály; (5) dělící se bakterie uvnitř agregátu; (6) bakteriální spory lokalizované v organické hmotě spojené s minerály. Použité zkratky: b bakterie; bc bakteriální kolonie; bd dělící se bakterie; cm cytoplazmatická membrána; ex, EPS extracelulární polymerní substance; om organická hmota; m minerál; q mikrokřemen; s bakteriální spora. Na snímcích je patrná světle zabarvená organická hmota kolem jednotlivých buněk bakterií nebo v okolí mikrobiálních kolonií.

Význam rozpustných organických látek

Souhrnně lze říci, že rozpustné organické sloučeniny v půdě jsou rozmanité a pocházejí z různých zdrojů. Určujícím zdrojem jsou rostlinné kořeny, které prostřednictvím rozpustných organických sloučenin

modulují společenstva půdních organismů v kořenové zóně rostlin. Tyto látky jsou označovány jako kořenové exsudáty. Další rozpustné organické látky vznikají rozkladem pevných organických látek nebo přeměnou jiných rozpustných organických látek. Jsou přítomné v půdních roztocích, kde interagují s živými nebo neživými složkami půdy. Hlavní typy rozpustných organických sloučenin, které se nacházejí v půdě, jsou sacharidy, aminokyseliny, mastné kyseliny, nukleové kyseliny, fenolické sloučeniny, alifatické a aromatické sloučeniny, těkavé organické látky (VOC), huminové kyseliny, rozpustné bílkoviny apod.



Obr. 1.13 Přehled klíčových rozdílů mezi POM a MAOM, mezi organickou hmotou ve formě částic (Particulate Organic Matter /POM/) a organickou hmotou agregovanou s minerály (Mineral Associated Organic Matter /MAOM/), včetně dominantních způsobů jejich vytváření. Fragmentace a translokace strukturních zbytků rostlinného, živočišného a mikrobiálního opadu tvoří primární POM, zatímco přímá asociace (ex vivo) nebo mikroby zprostředkovaná transformace a ukládání (in vivo) rozpustných a nízkomolekulárních sloučenin z opadu nebo z kořenových exsudátů tvoří primárně MAOM. Ve srovnání s POM má MAOM tendenci vydržet déle v půdě, má vyšší objemovou hmotnost (díky minerálům, se kterými se pojí), v průměru obsahuje chemicky méně komplexní sloučeniny a má nižší poměr uhlíku k dusíku (Cotrufo et al., 2022).

V půdním ekosystému hrají rozpustné organické látky zásadní roli a ovlivňují vše od koloběhu živin až po mikrobiální interakce a zdraví půdy. Na rozdíl od strukturních organických látek mají schopnost proniknout na velkou vzdálenost až do nejnedostupnějších míst od zdroje. V mikroskopických půdních pórech, kam se tyto látky dostanou společně s planktonními mikroorganismy nemají mikrobiálně

produkované autoinduktory kam uniknout, zvyšuje se jejich koncentrace, díky které se mikroorganismy začínají chovat jinak. Působením autoinduktorů dosahují mikrobiální aktivity až o několik řádů vyšších rychlostí. Mikroorganismy se rychle pomnoží a postupně zformují prostorově a druhově omezené biofilmové mikrospolečenstvo (obr. 1.10). Reálné podoby mikrobiálních konsorcií, které vytváří mikroskopické ostrůvky biofilmů jsou patrné na snímcích z transmisního elektronového mikroskopu (obr. 1.12). Mikrobiální biofilmy představují pověstný výměník živin, do kterého se rostlinám vyplácí investovat asimiláty. Mohou být současně efektivním zdrojem a současně úložištěm živin pro půdní organismy, mohou být tím, co Cotrufo a Lavellee (2022) označují jako MAOM s nízkým poměrem C:N (10:1 – 15:1) a s dlouhou perzistencí v půdě díky nízkým záchovným energetickým nárokům.

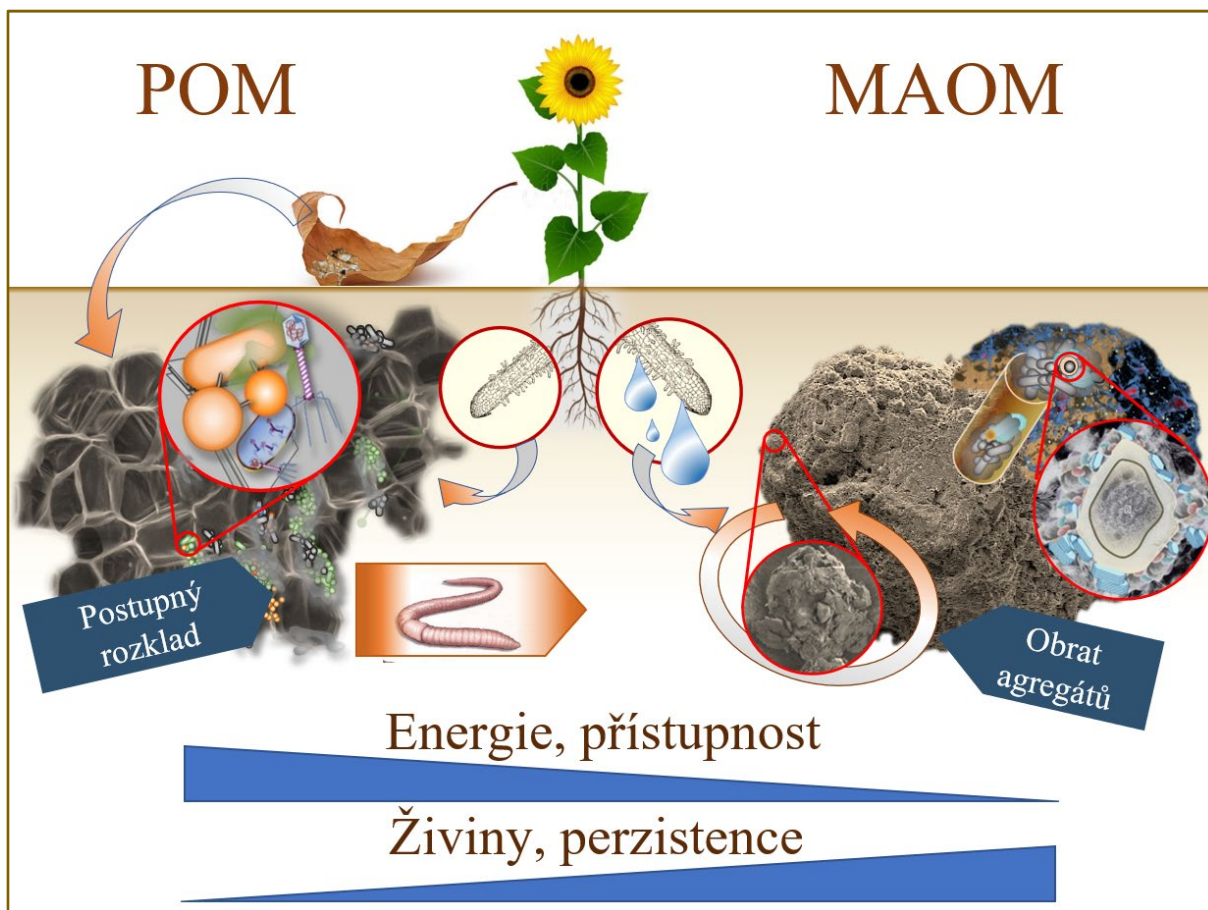
Význam strukturních organických látek.

Takovými látkami mohou být posklizňové zbytky, sláma, kompost, pevná statková hnojiva apod. Předložená metodika intenzifikace rostlinné produkce v ekologickém zemědělství se nezabývá tradičním způsobem aplikace statkových hnojiv, protože jde především o způsob uplatnění zvířecích exkrementů, při kterém dochází k velkým únikům nejcennějších živin, dusíku a síry. Rovněž způsob aplikace těchto materiálů zaoráváním není pro intenzifikaci rostlinné produkce v ekologickém zemědělství dostatečně obhajitelný. Žádoucí je naopak úprava, navýšení obsahu uhlíkatých látek ve statkových hnojivech tak, aby mohly být kompostovány a poté aplikovány na povrch půdy tak, jak je popsáno v kap. 1. 6. Potom se na povrch půdy dostávají částičky organické hmoty, které mají relativně vysoký podíl biochemicky vázané energie a relativně malý obsah živin. To je důležité mít na paměti při zaorávání těchto materiálů. Proč? Pomineme-li zbytečnou ztrátu existující půdní organické hmoty při zaorávání, můžeme odpověď najít v povrchových horizontech lesní půdy, kde také nedochází k zapravování listů a jiné organické hmoty do půdy. Biomasa odumřelých částí rostlin případně živočichů je ukládána na povrch půdy a je postupně rozkládána. Rozklad této hmoty je urychlován v zaživacích traktech půdních bezobratlých, hlavně žížal. Rozkladem je původní organická hmota jednosměrně ochuzována o uhlíkaté látky, zatímco relativní podíl živin se zvyšuje - dostává se pod mikrobiální kontrolu rozkladačů (tzv. mikrobiální imobilizaci). Nadbytečné živiny jsou částečně mineralizovány a s prosakující dešťovou vodou distribuovány zpět do půdy. Nejde přitom jen o rozpuštěné produkty mineralizace, jde také o distribuci depolymerizačních meziproduktů rozkladu. O distribuci rozpustných forem organických látek při rozplavování produktů rozkladu z povrchu půdy (viz rozplavování žížalích exkrementů nebo částiček kompostu - obr. 1.5 a obr. 1. 22). Postupnými přeměnami strukturních organických látek dochází k jejich nepřetržitému ochuzování o snadno dostupné zdroje uhlíku a energie a současně k relativnímu obohacování o živiny. Vstupující rostlinný materiál má poměr C:N cca 40:1 až 60:1. Snižování poměru C:N s postupujícím rozkladem indikuje zvyšující se množství dusíkatých látek (bílkovin) a je charakteristické pro vyšší podíl biomasy mikroorganismů. Poměr C:N ve stabilizované půdní organické hmotě dosahuje 10 až 12 : 1. Bylo by ale chybou domnívat se, že takto nízký poměr C:N koresponduje se snadnou dostupností živin z půdní organické hmoty. Právě ale v takovém prostředí mohou rostliny pro získání živin uplatnit svou výhodu investování energeticky bohatých látek z kořenových exsudátů a malé koloběhy a mikro koloběhy živin mohou být uzavírány (obr. 1.15).

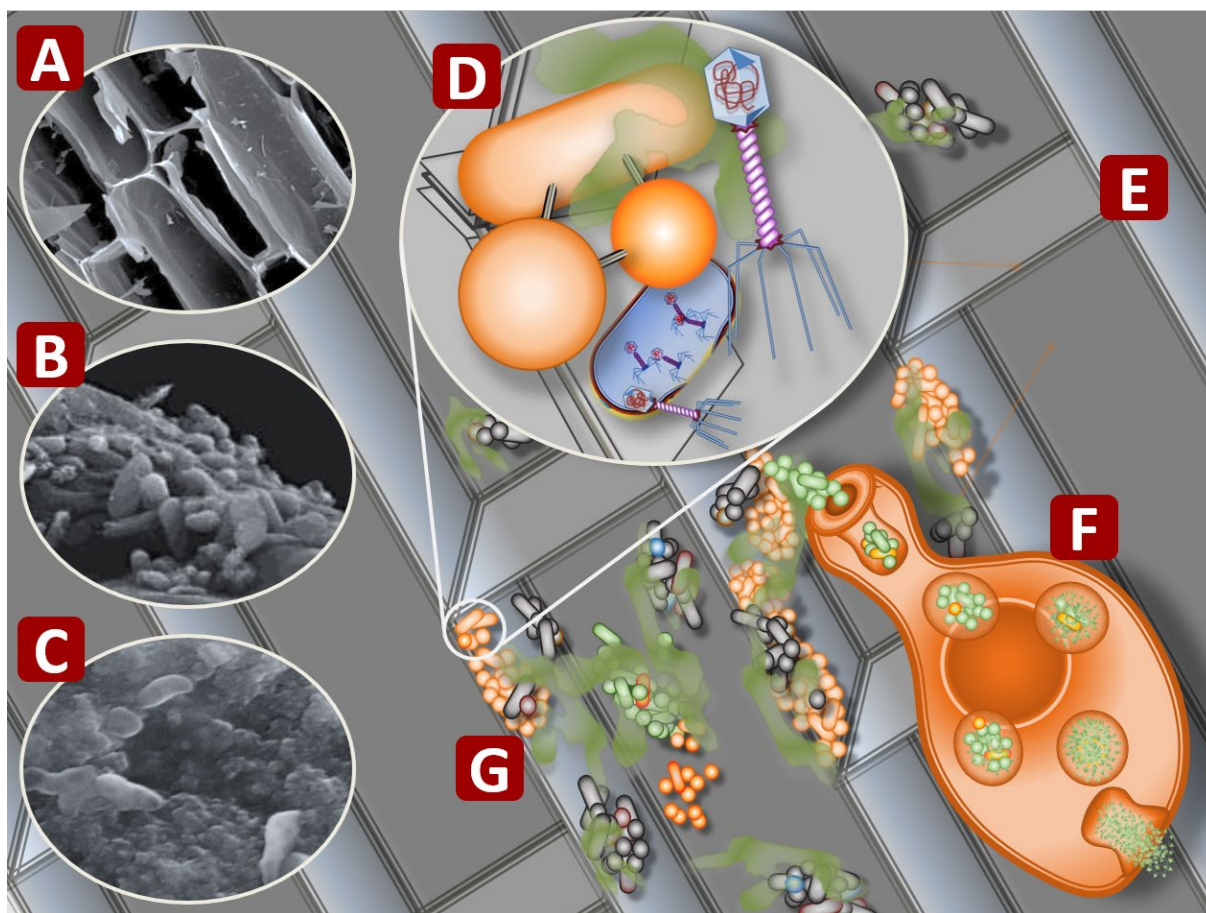
Z výše uvedeného by mohlo vyplývat šablonovité odmítání orby. To je ale omyl. Jsou situace, kdy je orba nenahraditelná a do budoucna se v EZ počítá s větším uplatněním strip-till technik pro zakládání porostů širokořádkových plodin. Takové zpracování půdy zachovává na většině půdy její strukturu, její drilosféru, původní výšku půdního povrchu. Mineralizované organické látky v mechanicky zpracované části půdy mohou být chráněny sousední půdou před potenciálním vyplavením apod.

Zjednodušeně: Půdní organická hmota se tvoří různými způsoby a její stabilita (perzistence) závisí na tom, jak je v půdě uložena. Pokud dobře chráněná (např. v mikrobiálních biofilmech uvnitř půdních agregátů), zůstane v půdě déle, což je důležité pro zdraví půdy a pro ekologické funkce, jako je zadržování vody, podpora růstu rostlin a zmírnění změny klimatu. Obě frakce půdní organické hmoty mají vlastní rostlinné

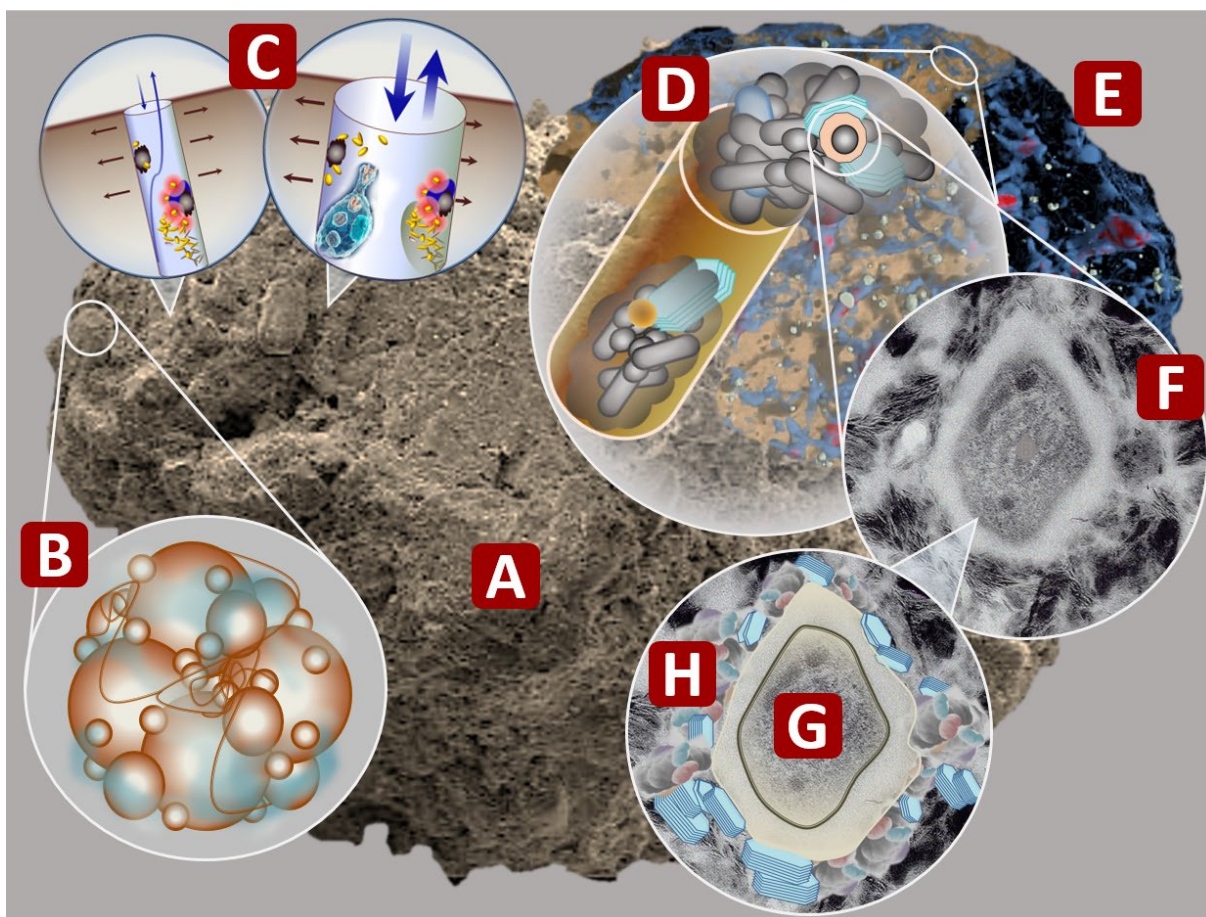
a mikrobiální složky, ale v různých poměrech a v různých stupních rozkladu, přičemž podstatou MAOM je vyšší podíl mikrobiálních složek. Perzistence půdní organické hmoty bude záviset na inhibici mikrobiální aktivity, na stupni jejího omezení, na účinnosti využití uhlíku a omezení mikrobiálního přístupu, primárně kvůli asociaci s minerály a okluzemi v mikroagregátech (obr. 1.13).



Obr. 1.14 Souvislosti **mezi POM a MAOM**. Organická hmota strukturních organických částic POM je přístupná pro rozkladače, pro půdní bezobratlé a půdní mikroorganismy. Je bohatá na stavební polymery rostlin, na celulózu, hemicelulózu a lignin. Je naopak chudá na živiny. Doba jejího setrvání v půdě je zhruba desetkrát kratší, než je tomu u MAOM. Z obrázku vyplývá, že se pro modelovou rostlinu nevyplácí investovat do blízkosti POM kořenové exsudáty. Konkurence o živiny je zde příliš vysoká. Pokud se mikroorganismům podaří uvolnit živiny z POM, jsou jimi bezprostředně imobilizovány. Opačná situace je v blízkosti MAOM, charakterizované „trvalou energetickou nouzí“. Zde se investice kořenových exsudátů vyplácí. Klíčovým procesem, který propojuje POM a MAOM je konzumace POM žížalami a transformace části tráveniny na rozpustné formy (DOM). Obrázek nabízí odpověď na snahu zvýšit množství organické hmoty zaoráváním strukturních organických hnojiv do půdy v EZ.



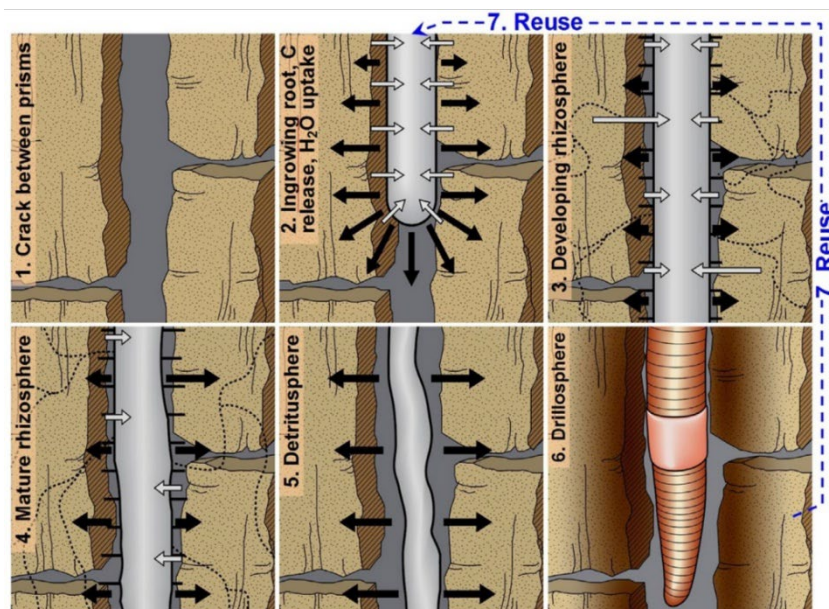
Obr. 1.15 Část rozkládající se rostlinné organické hmoty, která je označovaná jako POM (Particulate Organic Matter). Obrázek byl sestaven na základě charakteristik, které popisují Cotrufo et Lavellee (2022). (A) nekolonizovaná část buněčných stěn původní rostlinné biomasy, (B) povrch buněčných stěn kolonizovaný mikroorganismy, (C) postupné vytváření mikrobiálních biofilmů v pozdější fázi rozkladu pokud mikroorganismy nejsou vystaveny predáčním tlakům /SEM snímky A-C: Zhou et al., 2014; Weng et al., 2022/, (D) detail propojení jednotlivých mikrobiálních buněk bílkovinnými nanovláknky a hlenovitými biofilmovými produkty, současně je zobrazena infekce bakteriálními viry (bakteriofágy) a následný rozpad bakteriální buňky, čímž je kontrolována druhová bohatost a početnost bakteriálních populací, (E) zjednodušený podklad odpovídající buněčným stěnám původních pletiv rostlinné biomasy, který je odvozen z detailu (A), (F) zástupce predáční části potravního řetězce – prvok, který rovněž kontroluje početnost mikrobiálních rozkladačů a který buněčnými ústy loví shluky bakterií a plní jimi své potravní vakuoly, (G) shluky bakteriálních rozkladačů přichycených na stavebních polysacharidech zachovaných rostlinných buněčných stěn. Postupnými přeměnami organických látek od stavu (A) přes (B) až k (C) dochází k nepřetržitému ochuzování o snadno dostupné zdroje uhlíku a energie a současně k relativnímu obohacování celého systému POM dusíkem. Vstupující rostlinný materiál má poměr C:N cca 40:1 až 50:1. Snižování poměru C:N s postupujícím rozkladem indikuje relativně více dusíkatých látek (bílkovin) a je charakteristické pro vyšší podíl biomasy mikroorganismů. Poměr C:N ve stabilizované půdní organické hmotě dosahuje 10 až 12 : 1. Bylo by ale chybou domnívat se, že takto nízký poměr C:N koresponduje se snadnou dostupností živin z půdní organické hmoty. Opak je pravdou, nízký poměr C:N odpovídá spíše účinné ochraně zdrojů živin, která je podmíněna limitací půdních mikroorganismů snadno dostupnými energetickými zdroji.



Obr. 1.16 Příklad organické hmoty agregované s minerály (Mineral Associated Organic Matter /MAOM/) na základě charakteristik, které popisuje Cotrufo et al. (2022). (A) stabilní půdní agregát, (B) dílčí stavební podjednotka mikroagregátů, která se sestává z částic jílu a prachu, zrněk písku, houbových vláken a mikrobiálních tmelů, (C) různá intenzita výměn plyných a tekutých látek odvozovaná od velikosti pórů na povrchu půdního agregátu, (prahovou hranicí je 20 – 30 μm ; blíže viz obr. 1.11), (D) neprůchodný pór, ve kterém může být po velmi dlouhou dobu uchovávaná neaktivní mikrobiální biomasa a nekromasa, včetně produktů mikrobiálního metabolismu a mikrobiálních biofilmů, (E) schématické znázornění sítě biopórů bez minerální a organické půdní matrice, (F) ultratenký kryořez stabilním agregátem s bakteriální buňkou obalenou vrstvou extracelulární polymerů uprostřed detailního snímku (převzato a upraveno z Emerson et al., 1986), (G) překreslení detailního snímku se zvýrazněním bakteriální buněčné stěny a vnější vrstvou exopolymerů (EPS). Tato obalová vrstva se podílí na upevnění biofilmu k povrchu, zadržuje množství vody dostatečné k přežití i v nehostinných podmínkách, zajišťuje odolnost proti nespecifickým i specifickým obranám hostitele během infekce a poskytuje toleranci vůči různým antimikrobiálním látkám. EPS umožňuje akumulaci živin z vnějšího prostředí a jejich následnou degradaci za účelem poskytnutí energie a stavebního materiálu, (H) vrstevnaté jílové minerály interagující se supramolekulárními organickými látkami dominantně mikrobiálního původu, změny vodního režimu půdy vedoucí k hydrataci a dehydrataci živých struktur a ke změnám objemu jílových minerálů a mikrobiálního společenství, což přispívá ke změnám uspořádání krystalických mřížek fylosilikátů a k jejich agregaci se supramolekulárními organickými látkami, k úhynům citlivých druhů a k následnému využívání jejich odumřelé biomasy jako zdroje energie a živin apod.

1.4. Budování drilosféry (a určující úloha žížal)

O rozhodující aktivitě žížal pro intenzifikaci rostlinné produkce v ekologickém zemědělství již bylo řečeno mnoho: o rozšíření drilosféry, zvětšení kontaktní plochy mezi rostlinnými kořeny a atraktivními povrchy stěn chodbiček a půdních agregátů, transportu částeczek půdy z různých hloubek, rozplavování exkrementu (koprolitu), hnojení přírodním vermikompostem, obráceném pohybu nejmenších půdních částic a propojení POM a MAOM konzumací strukturních organických látek. Vraťme se ještě krátce ke komplexnějším poznatkům.



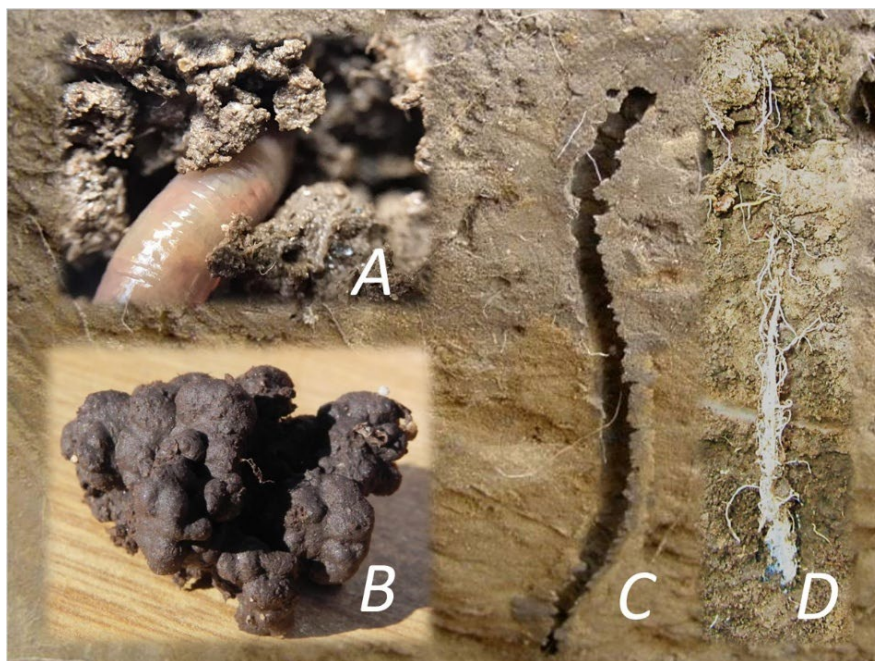
Obr. 1.17 Vznik a udržování drilosféry. Drilosféra může mít často smíšený původ. Různé procesy a zdroje uhlíku přispívají k jejich vzniku současně nebo postupně. V hlubších půdních horizontech vrůstají kořeny kvůli vysoké objemové hmotnosti do trhlin a vyvíjejí se na površích agregátů (1). Uvolňováním uhlíkatých látek a stimulací půdních organismů se vytváří rhizosféra (2). Postupně se snižuje dotace kořenových výměšků a kořen čerpá více látek ze svého okolí (3), rostlina ukončuje svůj vegetační cyklus, povrchové části pletiv se začínají rozkládat (4), kořeny odumírají a vzniká detritosféra (5). Po mikrobiálním rozkladu odumřelého materiálu mohou být zbývající biopóry po kořenech využívány půdními bezobratlými, např. žížalou, čímž se vyvine drilosféra (6). Je charakteristická tím, že je v ní lepší provzdušnění a vyšší vlhkost než v okolní půdě, vyšší obsah živin a labilního uhlíku a snadnější pohyb směrem dolů a nahoru díky nižší objemové hustotě a vyšší pórovitosti. Takové biopóry mohou být opakovaně využívány nově rostoucími kořeny. Přeměny rhizosféry na detritosféru a dále na biopóry ukazují, jak mezi těmito různými způsoby využívání může docházet k cyklům. Mnoho takových míst má nejen smíšený původ a variabilní využívání, ale také různé stáří. Jsou opakovaně využívány kvůli příznivým podmínkám pro kořeny a (mikro)organismy. Život se tak opakovaně soustřeďuje na místech s příznivými podmínkami ve srovnání s okolní půdou. To je způsob, jak lze půdu relativně rychle s pomocí „žížalích inženýrů“ přetvářet, což vede k budování vnitřní struktury půdy za ekologického rozvoji (mikro)stanovišť (převzato z Kuzyakov et Blagodatskaya, 2015).

Při svých aktivitách žížaly přijímají a míchají organickou hmotu s minerální půdou, přidávají snadno rozložitelné sloučeniny, jako jsou aminokyseliny, cukry a glykoproteiny, a vylučují tuto směs ve formě trusu. Tento trus může tvořit významnou část celkového půdního profilu, přičemž míra příjmu půdy žížalami může dosáhnout až 500 Mg sušiny půdy/ha/rok v mírných ekosystémech. Trus obsahuje o více než 50 % vyšší množství vodorozpustných sloučenin a o více než 84 % vyšší obsah dostupného dusíku a fosforu ve srovnání s okolní půdou.

Bylo dobře zdokumentováno, že v trusu žížal dochází k významnému zvýšení mikrobiální biomasy a aktivity. Tato změna je však dočasná, protože mikrobiální biomasa a aktivita v trusu se po několika dnech vrátí na úroveň kontrolní půdy. Díky rychlým změnám v trusu žížal, který se liší od vnitřního zažívacího ústrojí žížal a ve kterém jsou přítomné mikroorganismy vystavené mnoha dalším vlivům, dochází k významnému urychlení odumírání mikrobů. Generovaná mikrobiální nekromasa se stabilizuje na delších časových škálách díky silnému vázání na minerální povrchy a uzavření do agregátů trusu, což jsou procesy podporované žížalami a které činí zbývající SOC odolnější vůči narušení.

Zatímco centrální role žížal při tvorbě mikrobiální SOM je podpořena nedávnými experimentálními důkazy (zvýšení mikrobiálně odvozených aminosacharidů o 37 až 145 %), role mikrobiální nekromasy původem z žížalích exkrementů zůstává ještě otevřená (Angst et al., 2022).

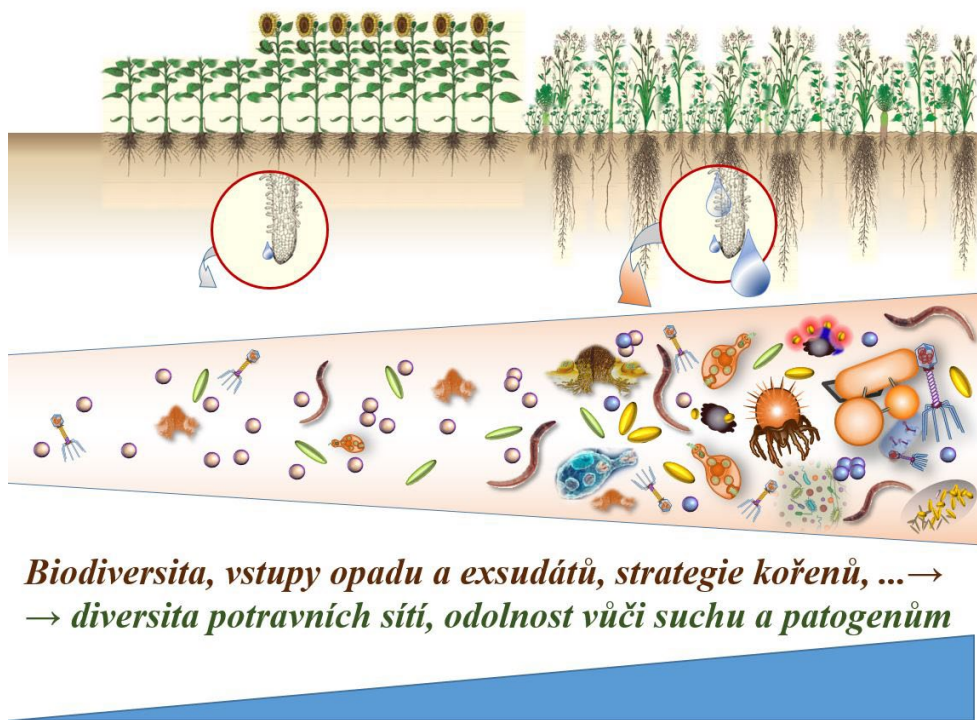
Ke zvýšení sekvestrace uhlíku v půdě a k růstu biomasy žížal by měla přispět implementace různých opatření na úrovni parcely (až po krajinnou úroveň), které přinášejí další výhody pro zdraví půdy a pomáhají přizpůsobit se a zmírnit změnu klimatu. Jde například o zvyšování diverzity plodin, sázení luštěnin, omezování orby v určitých půdách (např. postižených erozí nebo teplem), povrchovou aplikaci kompostu v oblastech s nízkými výnosy plodin apod.



Obr. 1.18 Hlavní přínos žížal pro intenzifikaci rostlinné výroby v EZ. Transport rozkládaných látek do půdy (A); vynášení obohacených exkrementů na povrch půdy; budování drilosféry vystlané směsí vlastního slizu a exkrementů (C); a opakované využívání drilosféry kvůli příznivým podmínkám pro kořeny a (mikro)organismy.

1.5. Nutnost zařazení druhově pestrých směsek meziplodin

Bohatá nabídka minerálních živin v půdním roztoku je pro rostliny důležitou informací o nedostatku energie v půdě. O tom, že půdní mikroorganismy nemají dostatek uhlíkatých látek pro příjem živin, pro efektivní kontrolu jejich osudů. Vysoká nabídka živin pohání rostliny k co největší produkci nadzemní biomasy. Jednak proto, aby v následujícím roce bylo v celém agroekosystému více energie, a jednak proto, aby se v daném roce zamezilo ztrátám živin vyplavením. Pravidelné dodávání hlavních živin v minerálních formách můžeme z hlediska půdního ekosystému vnímat jako určitý podvod pro maximalizaci rostlinné produkce, kterou ale nelze provozovat bez nežádoucích změn v půdě dlouhodobě.



***Biodiversita, vstupy opadu a exsudátů, strategie kořenů, ... →
→ diversita potravních sítí, odolnost vůči suchu a patogenům***

Obr. 1.19 Význam zařazení mezplodin pro vitalizaci půdy. Na levé straně je schematicky znázorněná monokultura kulturní plodiny, která je pěstována pro co největší produkci. Tato plodina není v půdě schopna plně využít nabízené prostorové a živinové možnosti. A do půdy neproudí dostatečné množství organických vstupů pro vitalizaci živých organismů. Druhově pestrá mezplodinová směska na pravé straně by měla být vyseta ideálně bezprostředně po sklizni hlavní plodiny. Kombinací druhů domestikovaných a méně prošlechtěných s různými růstovými strategiemi, různými kořenovými architekturami a různou mírou produkce rozdílných exsudátů dochází ve stejném okamžiku k nesrovnatelně většímu využití prostorových a živinových možností půdy. Konkuruje si mezplodiny produkují kořenové exsudáty pro půdní (mikro-)organismy, aby se s jejich pomocí dostaly rychleji k potřebným živinám. Zprůchodňují se potravní sítě. Živý půdní svět se stává pestřejším.

S častějším stresem plodin z delších period sucha se zájem vědců přesouvá pod povrch půdy, na charakteristiky podzemních částí rostlin, na dynamiku vylučování kořenových exsudátů a na interakce mezi půdními organismy. Podle Preecové a Peñuelase (2020) je ale zatím takových studií velmi málo. A pokud jsou, potom dosud nebyly zaměřeny na šlechtění domestikovaných kultivarů křížením s jejich divokými příbuznými s cílem získat plodinu s vysokou produkcí exsudátů. Nicméně porovnání exsudace u domestikovaných rostlin s jejich vzdálenými příbuznými přineslo slibné výsledky jednak v oblasti zvýšení odolnosti proti škůdcům a jednak v oblasti získávání živin přirozenými cestami. V prvním případě jde zejména o indukci produkce volatilních (těkavých) organických látek, v druhém o stimulaci přírodě blízkých cest spolupráce s půdními organismy k získání dusíku, fosforu a stopových prvků. Zajímavou oblastí, která zatím stojí stranou pozornosti, je snížení tlaku plevelů prostřednictvím exsudátů s přítomností alelopatických látek (bio-chemikálií, které negativně ovlivňují jiné organismy).

Překážkou studia exsudace plodin je extrémní variabilita produkce těchto látek. Jde o cukry, organické kyseliny, aminokyseliny, sekundární metabolity, strukturální sacharidy, informační látky apod. Liší se nejen na úrovni jednotlivce nebo druhu, ale také v závislosti na typu půdy, dostupnosti vody nebo živin, věku rostlin, intenzitě světla a dalších faktorech. Kromě toho ovlivňují exsudaci kořenů rozdíly v experimentálních podmínkách a použité metodické přístupy. Největším zádrhelem je ale absence spolehlivých měření produkce exsudátů z kořenů ve skutečných polních podmínkách. Nepřekvapí proto konstatování uvedených autorů, že: „možná jediným konzistentním výsledkem všemožných studií o

exsudacích je nekonzistence zaznamenaných výsledků“ (Preece et Peñuelas, 2020). Přesto by aktivní vstupy z kořenů a kořeny samotné jako hlavní části rostlin odpovědné za získávání vody i živin neměly být s ohledem na zmírnění současných hrozeb pro potravinovou bezpečnost a na zlepšení výnosů a snížení vstupů hnojiv a pesticidů v budoucnu ignorovány.



Obr. 1.20 Takto nějak by mohl vypadat pohled do přezimujících meziplodinové směsky na jaře před jejím mechanickým ukončením, které musí být provedeno v okamžiku nakvétání jednotlivých meziplodinových komponent. Právě v tomto okamžiku se totiž ukončují „investice“ exsudátů do půdy. Zdejší meziplodinová směska nebyla tak bohatá, jako jsou dnešní směsky – je složená pouze z žita, vike panonské, jetele inkarnátu a řepky. Přesto je z obrázku zřejmé, že zastínění povrchu půdy je osvědčeným prostředkem proti plevelům.

Navzdory nejasnostem se stanovením množství a kvality vylučovaných kořenových exsudátů jsou tyto považovány za klíčové mediátory interakcí mezi rostlinami a půdními organismy. Svědčí o tom i spontánní nárůst celosvětového zájmu o regenerativní zemědělství, které fenoménu exsudace kořenů dovedně využívá. Jednoduše zařazuje do osevních postupů meziplodinové směsky a půdu nezpracovává do hloubky, využívá bezorebných agrotechnik. „Regenerativní“ by ale mělo být v uvozovkách, neboť ke škodě dobrého záměru se nezříká použití syntetických pesticidů a minerálních hnojiv. Propagátoři regenerativního zemědělství tvrdí, že dochází ke skokovému zlepšení kvality a zdraví půdy. Na svých pracovních seminářích se dokonce vymezují proti ekologickému zemědělství. Poukazují na to, že regenerativní zemědělství je šetrnější vůči půdě a jejím organismům než ekologické, které připouští orbu. A nejen to, prvními měřeními dokládají nárůst ukládání atmosférického CO₂ do půdy. Podle ředitele jedné společnosti pomohla finanční motivace k přechodu na regenerativní zemědělství u vybraných českých zemědělců k uložení téměř 50 tisíc tun oxidu uhličitého. V roce 2021 se do projektu zapojilo 15 zemědělců, kteří byli za každou tunu oxidu uhličitého uloženu do půdy odměněni průměrnou částkou 6 123 Kč za hektar. Celkový příjem pro zemědělce činil 12,3 milionů korun. Odborná veřejnost je zatím na rozpacích, jak přijmout současnou strategii regenerativního zemědělství. Proti argumentu, že je to ten nejlepší posun, který mohl v konvenčním zemědělství nastat, lze jen těžko něco namítnout. Navíc vizuální porovnání ornice vyznívá již po několika letech lépe pro regenerativní zemědělství než pro ekologické s orbou. Na druhé straně bude nutno tzv. „uhlíkové odpustky“ spolehlivě doložit. Dosud neumíme objektivně stanovit stabilitu uloženého uhlíku tak, aby se v konečném důsledku platilo pouze za jeho dlouhodobé uložení!



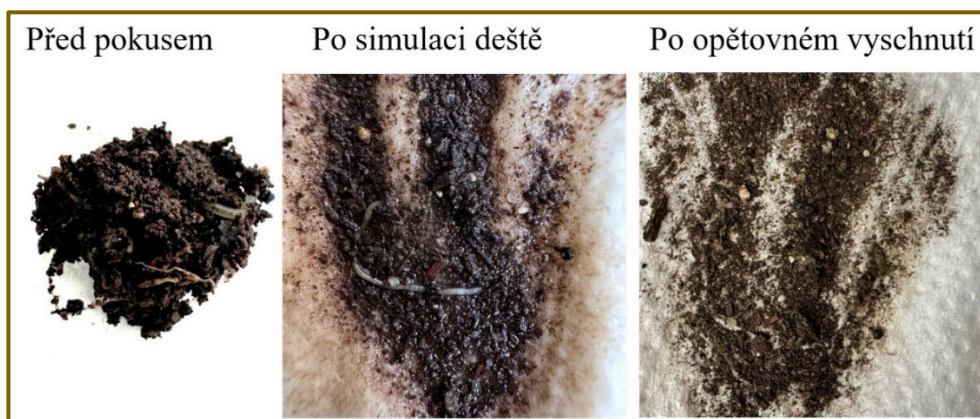
Obr. 1.21 V červenci založená a na podzim rozkvetlá meziplovinová směska s dominantním podílem brukvovitých rostlin na ekologické farmě ve Velkých Hostěrádkách dne 21.10. 2022.

Zároveň je také zjevné, že pokud chtějí zemědělci změnit dlouhodobé využívání potenciálu půdy, musí zcela ustoupit od používání pesticidů. Zabezpečení potravin nesmí být založeno na používání toxických látek, které hubí houby, žížaly, aktinomycety, mikroorganismy, půdní bezobratlé atd. A to je snad v celé problematice nejsmutnější. Situace ve společnosti dospěla do takového stavu, že žádná společenská autorita, ani politická, ani akademická, ani profesionální, nechce na odpovídajícím stupni řízení společnosti říct nahlas, že závislost na pesticidech je zbytná, že je přiživována uměle, že jsou nepravdivé alarmující zprávy o kolapsu naší populace, když vysadíme pesticidy. Při zohlednění různých odborných studií ze skutečných zemědělských ekosystémů dochází vědci k varovnému závěru: pokud nezměníme nastavení zemědělství, hmyz jako celek se ocitne na prahu vyhynutí během několika málo dekad, dojde k ohrožení celých ekosystémů, jichž je hmyz neodmyslitelnou součástí, což jen urychlí přeměnu Země na neobyvatelné místo – stavu, do kterého postupně spějeme i kvůli klimatické změně. Tolerance ke zbytečnému používání pesticidů v regenerativním zemědělství opravdu není na místě. Pokud by se přece jen zdálo, že by použití pesticidů v regenerativním zemědělství bylo u nás oprávněné, je na místě vypravit se za inspirací k rakouským ekologickým zemědělcům. Určitě poradí.

Z pohledu diverzity půdních organismů si je možno postesknout nad tím, že se meziplovinové směsky společně s šetrnějším povrchovým zpracováváním půdy a s povrchovou aplikací kompostu nestaly základní strategií našeho ekologického zemědělství na orné půdě hned na začátku. Podobně jako je tomu už více než třicet let ve spolkové zemi Dolní Rakousko, ve které chybí živočišná výroba a kde se složení meziplovinových směsek testuje již od 80. let minulého století. Od roku 1995 je tam zakládání meziplovinových směsek součástí podpůrných plateb ÖPUL 95 a ÖPUL 98 (zdroj: BMLF, 1998).

1.6. Hnojení půdy kompostem

Při promýšlení způsobů, jak zintenzivnit produkci rostlin v ekologickém zemědělství, je nutnost zabezpečení dostatečného množství dostupných živin ve vzájemně vyrovnaném poměru daleko naléhavější než v konvenčním zemědělství. Přitom se v EZ přímo nabízí materiál, který můžeme bez nadsázky označit jako vůbec nejkvalitnější organické hnojivo.



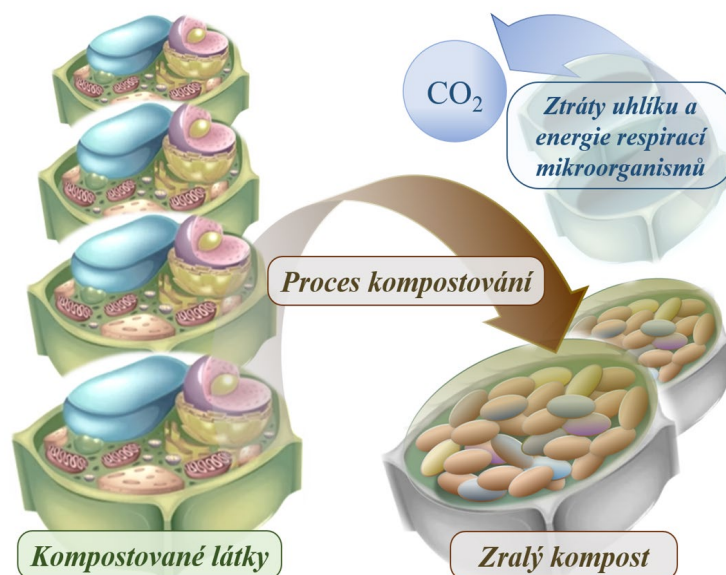
Obr. 1.22 Jednoduchý pokus s **rozplavením hrstky vyzrálého kompostu simulací deště** dokládá, že se po aplikaci takto cenného materiálu na povrch půdy nemusíme bát o osud výluhů a jemných částíček kompostu, po několika deštích budou součástí povrchu půdy. Jak je vidět na prostředním snímku, je toto prostředí atraktivní i pro mladé žížaly. Stejně tak jako u žížaliho koprolitu, i zde si můžeme představit možnost vnášení organické hmoty drilosférou do hloubky půdy, aniž by přitom byla použita zemědělská mechanizace.

Kompost je vyzrálá organická hmota, která během mikrobiálního rozkladu ztratila přibližně polovinu své hmotnosti, čímž došlo ke koncentraci přítomných živin. Ekologický zemědělec by měl v kompostu vidět příležitost nakoupit si mikrobiálně zpracovanou úrodu z větší výměry, než na jaké sám hospodaří. Prakticky přes noc může, obrazně řečeno, hospodařit třeba i na trojnásobné výměře. Samozřejmě za předpokladu, že skladba použitých materiálů je dostatečně pestrá a že proces kompostování byl prováděn správně. Takový kompost obsahuje všechny potřebné živiny, o jejichž osud po aplikaci na povrch půdy se zemědělec nemusí vůbec obávat.

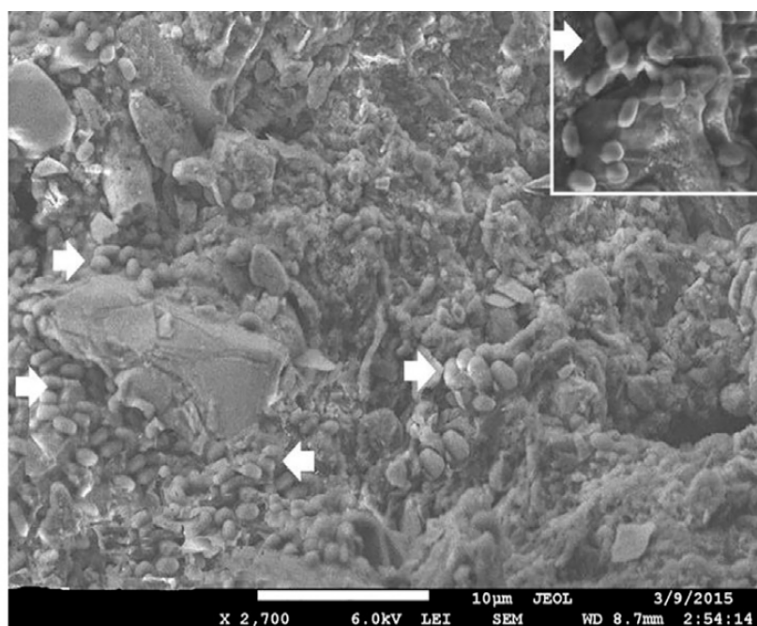
Každá organická hmota používaná pro výrobu kompostu je heterogenní směs složek, které se liší svou rozložitelností. Tyto složky, původně pocházející z rostlinné biomasy, obsahují vše, co budou budoucí rostliny potřebovat. Rozkladači preferují nejprve rozklad snadněji rozložitelných organických látek. Přibližně 80 % uhlíkatých látek, které jsou pro ně dostupné, využívají jako zdroj energie pro svůj vlastní metabolismus, přičemž je „prodýchají“ a přemění na oxid uhličitý, který následně uniká z kompostu. Zbýlých 20 % těchto látek slouží jako stavební materiál pro mikrobiální biomasu.

Postupně se podíl mikrobiální biomasy rozkladačů, včetně hlenovitých látek mikrobiálních biofilmů, zvyšuje, což vede k úbytku prodýchaného uhlíku. Tímto procesem dochází k redukci hmotnosti kompostu, a materiál, původně bohatý na energii, se postupně mění na materiál bohatý na živiny.

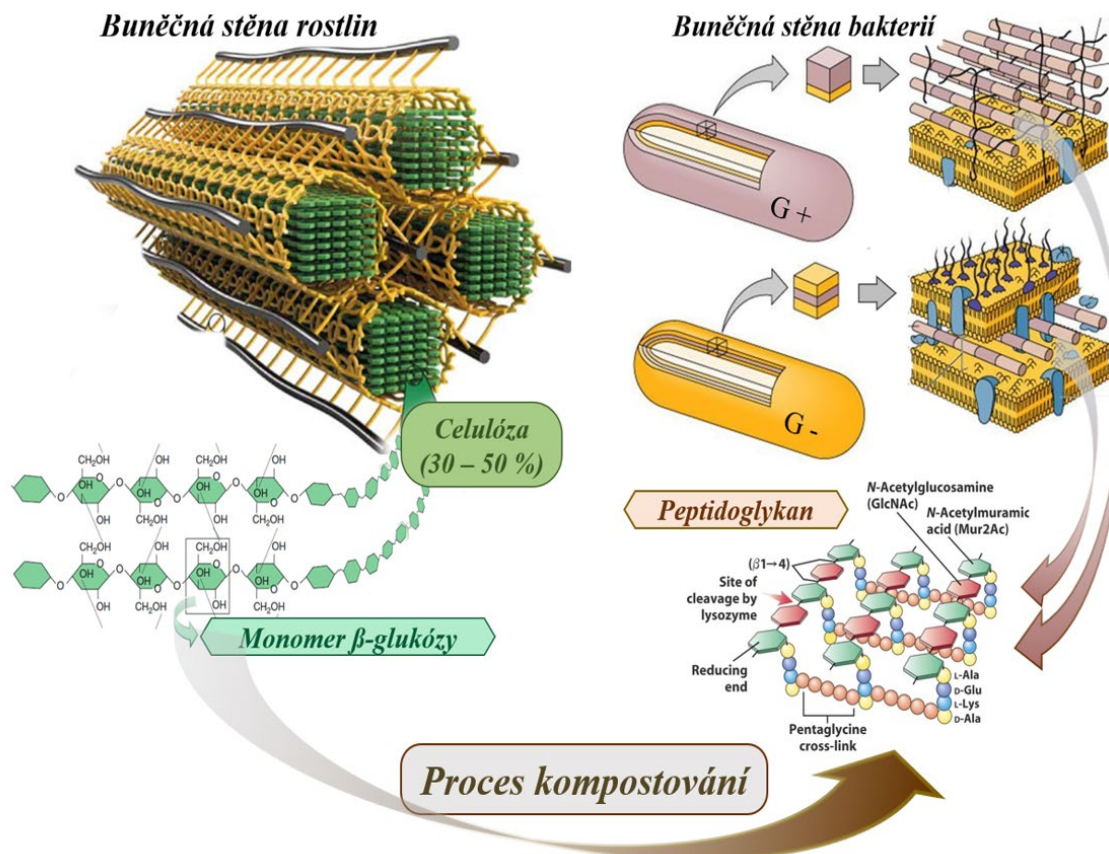
Schéma na obr. 1.23 představuje změny, které nastávají během kompostování. Popisuje proces, který vede k vytvoření zralého kompostu, který má sice poloviční hmotnost, ale díky biomembránám na povrchu mikroorganismů minimálně o řád větší kontaktní plochu s okolním prostředím. Aktivita různých „dormantních“ mikroorganismů na povrchu částíček kompostu a v mikrobiálních biofilmech dělá kompost potenciálně velmi reaktivní (obr. 1.24). Na rozdíl od původní rostlinné biomasy, jejíž buněčné stěny jsou tvořeny sacharidovými polymery, jsou buněčné stěny mikroorganismů tvořeny aminosacharidy (sloučeninami sacharidů s aminokyselinami – obr. 1.25). Dusík, klíčová živina, je tak velmi efektivně chráněn proti ztrátám. Schéma na obr. 1.23 ukazuje, že pro využití živin z kompostu musí rostliny proces kompostování „obrátit“, tedy investovat uhlík a energii ve formě kořenových výměšků a exsudátů.



Obr. 1.23 **Schéma procesu kompostování.** Modelovými kompostovanými látkami na levé straně jsou poškozené rostlinné buňky. Uvnitř buněk jsou zobrazeny orgány tvořené různými bílkovinami, sacharidy, lipidy, nukleovými kyselinami a jinými organickými sloučeninami. Tyto látky jsou rozkladnými aktivitami kompostových mikroorganismů, za cenu ztrát uhlíku a energie, přeměňovány na mikrobiální bílkoviny, sacharidy, lipidy, nukleové kyseliny a další organické sloučeniny. Část těchto látek se využije pro syntézu pestré mikrobiální biomasy, část se přemění na mikrobiální hleny a gelovité látky mikrobiálních biofilmů, které pokrývají částičky kompostu. Tyto látky jsou znázorněny vpravo dole jako obtížně rozložitelný lignohemicelulózový zbytek původních buněčných stěn. Pod vrstvou hleny, který představuje jak ochranu, tak mobilizovatelný zdroj energie, jsou viditelné různé mikroorganismy. Existence hlenových povlaků vysvětluje hydrofobicitu zralého kompostu po jeho vyschnutí a obtížnou zpětnou hydrataci kompostu. Chceme-li pochopit roli kompostu v zemědělství, je nutné porozumět tomuto schématu, které vyvrací domněnky o dodávání organické hmoty pouhým zapravováním kompostu do půdy. Místo toho kompost představuje komplexní hnojivo s mikrobiálně řízeným uvolňováním živin.



Obr. 1.24 **Kompostová mikroflóra** přítomná ve formě planktonních a biofilmových buněk mikroorganismů na povrchu částiček kompostu (Imran et al., 2022)



Obr. 1.25 Schéma přeměny stavebních uhlíkatých polymerů rostlin na aminosacharidové polymery mikroorganismů. Na obrázku je znázorněn proces mikrobiálních přeměn kompostovaného materiálu rostlinného původu, který je bohatý na energii, na mikrobiální biomasu bohatou na živiny. Modelovým příkladem je osud části dusíku během kompostování. Tři stavební uhlíkaté polymery rostlin – celulóza, hemicelulóza a lignin – společně tvoří velmi odolný komplex buněčných stěn rostlin. Nejodolnějším polymerem je lignin (tmavá podélná vlákna), který může být obsažen v buněčné stěně v proměnlivém množství od 5 do 25 %. Méně odolnou složkou je hemicelulóza (10–40 %; žlutě zabarvené rozvětvené zesíťované polymery, které obklopují skupiny dlouhých vláken celulózy). Nejméně odolná je celulóza, která je tvořena monomery β -glukózy. Mikrobiálními enzymy uvolněná glukóza pohání mikrobiální transformace směrem k syntéze buněčných stěn bakterií, které jsou tvořeny peptidoglykany. Základními stavebními kameny peptidoglykanů jsou aminosacharidy (*N*-acetylglukózámin a kyselina *N*-acetylmuramová), které jsou propojeny oligopeptidy – krátkými řetězci aminokyselin.

Kompostováním se organická hmota stává hůře rozložitelnou, kompost se stává méně atraktivním pro rozkladače a relativní podíl ligninu se zvyšuje, což vede k stabilizaci kompostu. Žádné nové živiny se v kompostu nevytvářejí, pouze se koncentrují stávající živiny, což zvyšuje jejich relativní podíl vůči celkové hmotnosti kompostu. V kompostu obsažené živiny jsou pod biologickou kontrolou různých skupin vzájemně si konkurujících organismů. Jsou součástí jejich živých, spících a mrtvých buněk a jejich biofilmových maticí (hlenovitých povlaků na částech kompostu). Jen zanedbatelná část živin je v kompostu přítomná ve formě přímo využitelných minerálních sloučenin, které jsou snadno vyluhovatelné ke kořenům.



*Obr. 1.26 **Technika aplikace kompostu na povrch půdy** není novinkou. Poprvé jsme měli možnost seznámit se s technikou přímé aplikace kompostu na povrch půdy do čerstvě zapojeného porostu mezipločin před více než deseti lety v prezentacích pana Floriana Amlingera, agronoma a ředitele společnosti Compost – Consulting & Development (Rakousko), který je registrovaným poradcem v oblasti odděleného sběru a kompostování organických odpadů a aplikace kompostu. Na obrázku je znázorněna aplikace kompostu do porostu bezorebně setých mezipločin, což maximalizuje účinek kompostu.*

Po aplikaci kompostu na povrch půdy jsou částčky kompostu vystaveny rychlým změnám fyzikálních podmínek na povrchu půdy, jako jsou teplota, vlhkost a intenzita slunečního záření. To vede k odpovídajícímu střídání mikrobiálních aktivit v novém prostředí a k nahrazování méně úspěšných populací mikroorganismů těmi úspěšnějšími. Dochází ke stimulaci konzumace a mineralizace biomasy odumřelých mikroorganismů a jejich biofilmů. Opakování těchto mikrobiálních a predátorských aktivit, následované deštěm, umožňuje vyluhování a zpřístupnění minerálních forem živin do hloubky půdy.

Popisovanými biologickými aktivitami ubývá v kompostu energie, a protože žádná nová energie není dodávána, organicky vázané živiny se postupně mění na minerální formy, které jsou vyluhovány k rostlinným kořenům. Povrchová aplikace kompostu (na rozdíl od zapravení kompostu do ornice) podporuje aktivitu a množení žížal v jejich nenarušeném prostředí, v prostředí kontinuálních chodbiček a pórů. Žížaly následně vnášejí oživený organický materiál vysoké biologické hodnoty do hloubky půdního profilu, společně s koncentrovanými, organicky vázanými živinami. Pestré společenství mikroorganismů a jejich produktů se dokonale mísí s jílovými minerály v zaživacím traktu žížal, přičemž jsou vytvářeny organominerální komplexy, které efektivně stabilizují půdní organickou hmotu. Tímto procesem se zvyšuje půdní biodiverzita a obnovuje místně adaptovaná mikroflóra.



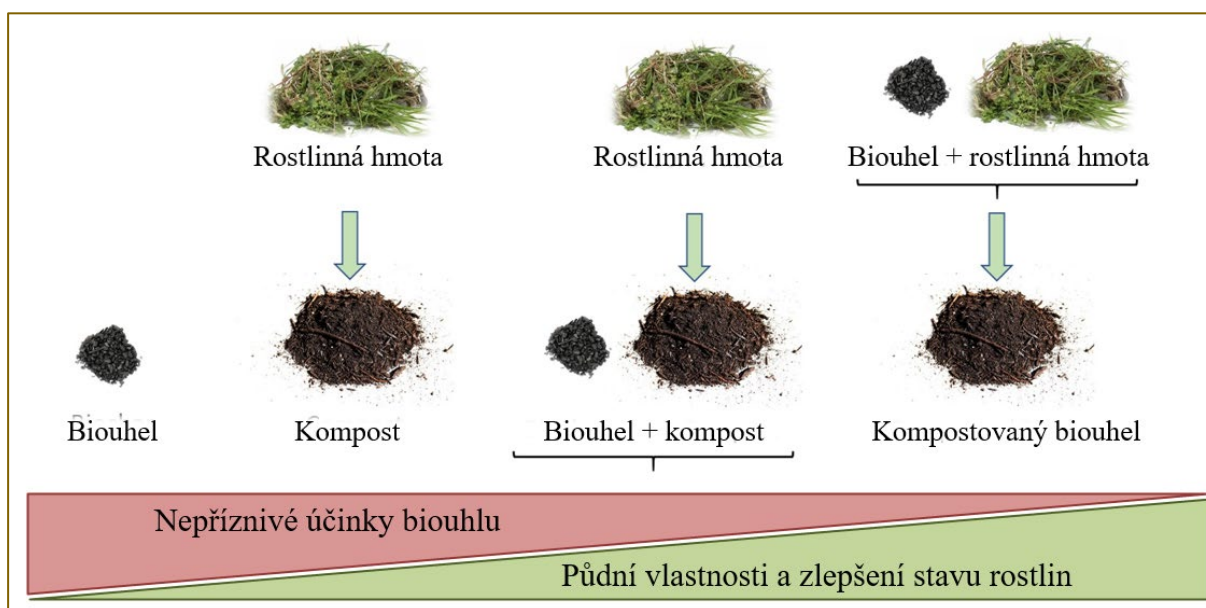
Obr. 1.27 Pro **distribuci kvalitního kompostu** aplikovaného na povrch půdy přes zapojený porost mezplodinové směsky do celého půdního profilu jsou klíčovým „převozníkem“ půdní bezobratlí se svým nejvýznamnějším tvorem, s žížalou.

Dávkování povrchově aplikovaného kompostu. Uvažuje se o dávkách kompostu 10–20 t/ha, které podle poměru C:N v kompostu mohou dodat 30–180 kg N/ha. Částičky kompostu propadnou přes mladý porost mezplodin na povrch půdy a tam, pokud nejsou přirozeně vtahovány do půdy žížalami, jsou vystaveny střídání teploty a vlhkosti, což vede k různým degradačním cyklům mikrobiálního ožívování a odumírání. To umožňuje postupný, mikrobiálně kontrolovaný vstup „tekutého dusíku“, který je potřebný pro sekvestraci uhlíku v půdních mikrobiálních biofilmech a samozřejmě také pro výživu mezplodin.

Za předpokladu, že skladba materiálů použitých pro kompostování je dostatečně pestrá a že proces kompostování byl prováděn správně, se půda dlouhodobou aplikací kompostu přirozeně obohacuje o fosfor a o stechiometricky vyvážený vstup stopových prvků. Je však nutné umět obhájit osud kompostového uhlíku, který není primárně určen pro sekvestraci, ale pro kolonizující mikroby, které díky němu pozvolna dávkují živiny do půdy. Dobrým argumentem může být ušetření spontánní mineralizace organických látek, ke které by jinak došlo, pokud by byl kompost zaorán do půdy, a nikoliv aplikován povrchově.

1.7. Aplikace potřebných aditiv na příkladu kompostovaného biouhlu

V ojedinělých případech se může stát, že ani popisovaná péče o půdu, organickou hmotu, živé organismy a vše související nepřináší očekávané výsledky. Tehdy je na místě „zeptat se“ některé ze zúčastněných složek, zda není růst plodin něčím limitován. V konvenčním zemědělství se nejčastěji volí chemická analýza půdy. V ekologickém zemědělství bychom měli být prozíravější a analyzovat až pěstované rostliny, zda jim něco nechybí. Často bývá v takových případech zjištěn nedostatek zásaditých a stopových prvků. Přímá aplikace některých chybějících prvků v minerálních sloučeninách sice není v EZ zakázána, ale touto činností bychom popřeli řadu zde popisovaných pravidel. Na příkladu aplikace kompostovaného biouhlu bychom si mohli demonstrovat způsob, jak se vyhnout nepříznivým účinkům přímo aplikovaných minerálních sloučenin na živou složku půd.



Obr. 1.28 Grafické porovnání nepříznivých účinků a benefitů při samostatné aplikaci, po smíchání s kompostem z rostlinných odpadů nebo až po zkompostování stejné směsi ve formě kompostovaného biouhlu. Největším přínosem měřitelným produkcí rostlin a aktivitami půdních mikroorganismů byla aplikace kompostovaného biouhlu (bliže viz Mikajlo et al, 2024)

Biouhel je široce uznáván jako přídatek, který zlepšuje vlastnosti půdy a zadržuje uhlík, zejména v degradovaných půdách. Nicméně samotné použití biouhlu na půdu může také bránit rozvoji rostlin kvůli toxickým vedlejším produktům vznikajícím během pyrolýzy nebo kvůli omezení dostupnosti živin. Aby se zmírnily tyto negativní účinky, bylo navrženo buď smíchat biouhel s kompostem, nebo jej zpracovat kompostováním s čerstvými organickými materiály. Dosud však chybělo srovnání účinnosti těchto dvou přístupů. V této studii byly zkoumány tři typy biouhlu, které se lišily původními surovinami (bukové dřevo, směs habru, buku a dubu, a směs digestátu a obilné slámy). Tyto různé druhy biouhlu byly aplikovány samostatně, smíchané s kompostem z rostlinných odpadů nebo až po zkompostování stejné směsi ve formě kompostovaného biouhlu na dvě půdy s rozdílnou úrodností (Luvisol a oglejený Fluvisol). V rámci experimentu byl pěstován salát v nádobách za kontrolovaných podmínek po dobu tří měsíců. Po sklizni byla měřena vyprodukovaná biomasa rostlin a mikrobiologické a fyzikálně-chemické vlastnosti půdy. Kompostovaný biouhel a přídatky kompostu udržovaly pH půdy na neutrální úrovni, na rozdíl od samostatné aplikace biouhlu nebo aplikace směsi biouhlu a kompostu. Vodorozpusitelné sloučeniny organického uhlíku a množství celkového dusíku byly vyšší ve variantách kompostovaného biouhlu, což vedlo k vyššímu podílu humifikovaného materiálu s vysokým stupněm kondenzovaných aromatických skupin ve srovnání s ostatními variantami. Mikrobiální aktivity byly vyšší ve variantách kompostovaného biouhlu ve srovnání s variantami přímé aplikace kompostu a biouhlu, přičemž byl tento jev výrazněji patrný v méně úrodném Luvisolu. Nakonec kompostovaný biouhel zvýšil růst rostlin téměř šestkrát ve srovnání s kontrolou bez přísad, zatímco směs biouhlu a kompostu jej zvýšila pouze třikrát. Samostatně aplikovaný biouhel neměl vliv na růst pokusných rostlin. Tato studie ukazuje, že kompostování biouhlu je výhodnější než jeho míchání s kompostem, pokud jde o zlepšení úrodnosti půdy a zmírnění negativních účinků spojených s aplikací čistého biouhlu. Obdobně lze doporučit aplikace potřebných přísad (např. horninové moučky nebo minerálních směsí stopových prvků) nejprve do směsi rostlinných zbytků před vlastním kompostováním a teprve po mikrobiální imobilizaci potřebných přísad do organických sloučenin ve vyzrálém kompostu jej aplikovat na povrch půdy.



Obr. 1.29 Pan Josef Jugovits ukazuje, do jaké hloubky prorostly na jeho poli kořeny řepky v polovině října v roce 2022

1.8. Revitalizace půdního prostředí – souhrn

V první části metodiky jsou vysvětleny a doporučeny přístupy, které mají potenciál změnit dosavadní praktiky a zajistit intenzifikaci ekologického hospodaření na orné půdě.

Zintenzivnění interakcí mezi rostlinnými kořeny, půdními organismy a půdou - jde o skutečnou revitalizaci půdy, tedy o představení půdních (mikro)organismů jako živé složky, která se vyznačuje jedinečnou schopností přecházet explozivně prostřednictvím signálních látek a stimulačních uhlovodíků do jedinečných mnohobuněčných společenstev připravených zprostředkovat dostupnost živin, které jsou chráněny na povrchu a uvnitř zrevitalizovaných půdních agregátů dormantními (spícími) a nedostatkem energie strádajícími půdními mikroorganismy. Zjednodušeně řečeno: rostlinný kořen „reprezentuje trubici zažívacího rostlinného ústrojí“, který dodává cukerné látky z fotosyntézy. Kolem kořene se postupně budují spolupracující „půdní mikrobiální játra“, která zajišťují metabolismus obou partnerů. Jde o společenství vzájemně dobře koordinovaných půdních mikroorganismů, které se podobají mnohobuněčnému orgánu. Tyto mikroorganismy produkují enzymy nezbytné pro štěpení organických látek, přičemž jejich hlavní zásoby jsou uloženy v mikrobiálních spižárnách mikrobiálních biofilmů.

Zvýšení nabídky živin a zásob organické hmoty – lepší pochopení forem a vazeb půdní organické hmoty je nejnovějším příspěvkem vědecké obce k funkčním představám o organické hmotě v půdě. Cotrufo a Lavellee (2022) vysvětlují téma perzistence, odolnosti půdní organické hmoty vůči rozkladu jinak, než bylo dosud popisováno. Dokládají, že půdní organická hmota SOM (Soil Organic Matter) se tvoří dvěma odlišnými cestami v závislosti na tom, zda organická hmota vstupuje do půdy ve formách snadno rozpustných ve vodě, případně ve formách solubilizovatelných v půdním prostředí (DOM – Dissolved Organic Matter), nebo zda jde o organické látky strukturní. DOM ale tvoří jen malý podíl (1–2 %) v celkovém množství půdní organické hmoty. Tyto odlišné vstupy tvoří organickou hmotu spojenou s minerály (MAOM) a organickou hmotu částic (POM). Tyto dvě cesty vedou k různým typům organické hmoty v půdě, přičemž každá z těchto forem SOM má jiné fyzikální vlastnosti, které se liší podle velikosti částic a jejich spojení s minerály. Pochopení souvislostí mezi POM a MAOM nabízí odpověď na málo úspěšnou snahu zvýšit množství organické hmoty tradičním zaoráváním strukturních organických hnojiv do půdy v EZ.

Budování drilosféry – pro intenzifikaci rostlinné produkce v ekologickém zemědělství je aktivita žížal nezastupitelná. Ta část půdy, která je pod přímým vlivem žížal, nazývaná drilosféra, představuje bezprostřední okolí žížalích chodeb, a je charakterizována jako jedna ze základních funkčních domén půdy: zvětšuje kontaktní plochy mezi rostlinnými kořeny a oživenými povrchy stěn chodbiček a půdních agregátů. Žížaly ovlivňují půdní prostředí především produkcí exkrementů (během jednoho roku může zaživacím traktem žížal projít i více než čtvrtina svrchní vrstvy půdy) a tvorbou chodeb. Tyto chodby, s rozměry od 1 do více než 10 mm, patří k největším půdním pórům, může jich být až 800 na čtvereční metr. Chodby žížal mají vliv hlavně na vodní a plyný režim půdy. Takové biopóry mohou být opakovaně využívány nově rostoucími kořeny. Přeměny rhizosféry na detritosféru a následně na biopóry ukazují, jak mezi těmito způsoby využívání může docházet k cyklickým procesům.

Nutnost zařazení druhově pestrých směsek meziplodin – monokultury hlavních plodin nejsou v půdě schopny plně využít nabízené prostorové a živinové možnosti. A tak do půdy neproudí dostatečné množství organických vstupů pro vitalizaci živých organismů. Druhově pestrá meziplodinná směska, vysetá bezprostředně po sklizni hlavní plodiny s různými růstovými strategiemi, různými kořenovými architekturami a různou mírou produkce rozdílných exsudátů zajišťuje dokonalejší využití prostorových a živinových možností půdy. Konkuruující si meziplodiny produkují kořenové exsudáty pro půdní mikroorganismy, aby se s jejich pomocí dostaly rychleji k potřebným živinám. Zprůchodňují se potravní sítě, stimuluje se budování drilosféry, regenerují se půdní mikrobiální biofilmy, půda se oživuje.

Hnojení půdy povrchovou aplikací kompostu – další nutný krok k zintenzivnění produkce rostlin v ekologickém zemědělství. Zabezpečuje dostatečné množství dostupných živin ve vzájemně vyrovnaném poměru, což je v ekologickém zemědělství daleko nálehavější než v konvenčním. Po aplikaci kompostu na povrch půdy jsou částičky vystaveny rychlým změnám environmentálních podmínek na povrchu půdy, jako jsou teplota, vlhkost a intenzita slunečního záření. To vede k odpovídajícímu střídání mikrobiálních aktivit v novém prostředí a k nahrazování méně úspěšných populací mikroorganismů těmi úspěšnějšími. Dochází ke stimulaci konzumace a mineralizace biomasy odumřelých mikroorganismů a jejich biofilmů. Opakování těchto mikrobiálních a predátorských aktivit, následované deštěm, umožňuje vyluhování a zpřístupnění živin v půdě.

Aplikace potřebných aditiv až po jejich zkompostování – ukazuje se, že kompostování různých potřebných aditiv (např. horninové moučky nebo minerálních směsí stopových prvků) je výhodnější než jejich přímé míchání s kompostem, pokud jde o zlepšení úrodnosti půdy a zmírnění negativních účinků spojených s aplikací čistých látek. Je nutno umožnit mikrobiální imobilizaci potřebných přísadků do organických sloučenin ve vyzrálém kompostu a teprve takto je aplikovat na povrch půdy.

1.9. Revitalizace půdního prostředí na farmě Jugovits

Zdařilé výsledky ekologického hospodaření na farmě Josefa Jugovitse podnítily spolupráci se všemi projektovými partnery, jejímž cílem bylo teoreticky vysvětlit a doporučit přístupy, které mají potenciál změnit dosavadní praktiky a zajistit intenzifikaci ekologického hospodaření na orné půdě. Josef Jugovits zavedl tyto přístupy do praxe intuitivně a byl proti vytváření jakéhokoli obecného schématu nebo metodiky vycházející z jeho hospodaření. Naše cíle byly odlišné, což plně respektoval. Neměl žádná tajemství. Naopak, působil dojmem šťastného člověka, který ožívá, když může něco předat. Přesto varoval před přílišným šablonovitým přejímáním hospodářského modelu jeho farmy. Při tom ukázal na blízké kopečky a varoval, že kdyby na vzdálené farmě selhala i jen jedna z věcí, které by doporučil, celý provázaný systém by mohl být zpochybněn.



Obr. 1.30 Souběh pěstování řepky a vymrzající meziplodiny (J. Jugovits)

LW Meisterbetrieb Jugovits (Zemědělský mistrovský podnik Jugovits)

Ekologický zemědělec a vyhlášený mistr v pěstování dýní, Josef Jugovits a jeho žena Anita převzali rodinný podnik v roce 1995. V 70. letech 20. století patřilo tradiční smíšené hospodářství (do roku 1985) k největším v oblasti Schachendorfu ve spolkové zemi Burgenland. V roce 2008 přešli Jugovitsovi na ekologické zemědělství. Josef Jugovits se tak stal průkopníkem v této oblasti a jako jeden z prvních získal certifikát "Bio-Austria". Farma byla součástí dvou programů pro rozvoj kvality biozemědělství, jednak „Gutes vom Bauernhof“ (Zboží ze statku) a jednak „Schule am Bauernhof“ (Škola na statku).

Společně se svou ženou se Josef Jugovits stále více zaměřoval na výrobu dýňového oleje, za což získal řadu ocenění. V roce 2019 Jugovits obdržel také cenu za inovaci v oblasti ekologického zemědělství spolkové země Burgenland. Jugovitsovi byl také udělen titul „Ökonomierat“ (rada/poradce/ pro ekonomii). Působil rovněž v zemědělské komoře a v místním zastupitelstvu. Zemřel nečekaně 30. prosince 2022 ve věku 56 let.

Farma „Jugovits“ má cca 150 ha. Vypěstované produkty se prodávají většinou přímo na farmě (z cca 100 ha).



Obr. 1.31 Na obou snímcích je monokultura řepky – vlevo na farmě Jugovits, vpravo na sousedním poli v režimu konvenčního zemědělství (fotografováno v jeden den, 7. 10. 2022)

Složení pracovníků bylo v roce 2022 následující: vedoucí podniku, jeho žena na částečný úvazek, jeden pomocný pracovník, pracovník pro přímý prodej na částečný úvazek, čtyři sezónní pracovníci a dva praktikanti.

Podnik se nachází na hranicích mezi Rakouskem a Maďarskem v oblasti, kde Panonská nížina pomalu přechází do jihovýchodní kopcovité krajiny. Obhospodařovaná pole leží v nadmořské výšce od 270 do 520 m.n.m.

Půdní typy jsou velmi pestré: pseudoglej na sprašových hlínách, černozem na spraši, Panonská vlhká černozem, hnědé půdy, hnědozem na břídlíci, anmoor (s velmi nepříznivým vodním režimem s celoročně vysokou hladinou podzemní vody).

Průměrné množství srážek: 750 mm (2014: 1200 mm; 2015: cca. 520 mm; 2017: 635 mm; 2022 aktuálně: do 21. 5. 102 mm, 4. – 5. 6. 120 mm, 7. 6. 50 mm); přívalové srážky – není výjimkou 40–60 mm za 20 minut.

Problémy, které přináší klimatická změna: chybějící mráz, snižující se množství srážek, nepříznivé rozložení srážek, narůstající počet horkých dnů, chybějící rosa, zrychlující se šíření nebezpečných plevelů (Ambrosie peřenolistá /*Ambrosia artemisiifolia*/; durman obecný /*Datura stramonium*/; kokotice ladní /*Cuscuta campestris*/; bázlivec kukuřičný /*Diabrotica virgifera*/; kněžice obilná /*Eurygaster maura*/; cikády /např. *Eupteryx melissae*/; mšice; nové virové a houbové choroby.

Významné milníky:

- * od 1985 bezorebně a bez hospodářských zvířat, zahájení zeleného hnojení,
- * od 1995 částečně přezimující zelené hnojení
- * od 2000 částečně přímá setba
- * od 2012 strip-till pod kukuřici, sóju a dýně
- * od 2014 kompostové hospodářství cca. 3 000 m³/ročně (část pícnin je zdrojem biomasy pro kompost); rozdělení podniku na donorová pole: jetelotrávy, stimulační směsi, částečně meziplodiny; recipientní pole: kukuřice na zrno, zelenina, brambory, slunečnice, dýně olejné a leguminózní pole: sója, hrách, čočka, cizrna (na recipientní pole se dostává biomasa z donorových polí s kompostovaným koňským hnojem)

- * od 2016 strip-till pod všechny řádkové plodiny
- * od 2017 Cut and carry v řádkových kulturách
- * od 2019 100 % meziplodiny, dvoustupňové meziplodiny
- * od 2020 povoleno kompostování přímo na půdě
- * od 2022 nová secí technika a rozšiřování podniku
- * od 2023 dceřiný podnik v severní Makedonii

Osevní postup: ozimý ječmen, o. pšenice, o. žito, o. hrách, o. řepka, o. víkev panonská, letní mák, koriandr, koňský bob, hrách na semeno, fazole mungo, fenykl, kmín, majoránka, lnička, svazenka, slunečnice, čočka (Beluga, zelená a normální), cizrna, olejová dýně, jedlá dýně, kukuřice na popcorn, cukrová kukuřice, brambory, sladké brambory (batáty), sója, polní zelenina atd.



Obr. 1.32 Na obou snímcích jsou směsky mezipločin – vlevo nad cestou, na farmě Jugovits, vpravo pod cestou na sousedním poli v režimu konvenčního zemědělství (fotografováno v jeden den, 7. 10. 2022).

Základní pravidla pro provoz:

- rozšířené osevní postupy (7-14 roků, dýně v časovém rozestupu 5-6 roků)
- půda je živý organismus, mikroorganismy se překotně probouzejí k bouřlivé spolupráci a stejně rychle usínají!
- pěstuje se to, co dovolí půda, a ne to, čím lze dosáhnout nejlepší tržní ceny.
- půda musí být kryta vegetací - 100 % zelené pole!
- humus, humus, humus, humus!
- test rýčem před každým zpracováním půdy!
- pokud to nefunguje – je lepší nedělat nic, než způsobit škodu!

Příprava půdy (ozelenění) je stejně důležitá jako hlavní plodina

- různorodé ozelenění pro využití vegetace jako „ukazatele“.
- půdu narušovat (kultivovat) co nejméně.
- pracovat s přírodou, a ne proti přírodě

- snažte se brát to, co příroda dává, a ne něco „vynucovat“

Mezplodiny se míchají pro každé pole zvlášť, v závislosti na

- typu půdy
- vlhkostních podmínkách
- předchozí plodiny / následné plodiny a
- plánovaném způsobu obdělávání půdy
- používají se plodiny a odrůdy odolné vůči suchu, např: letní mák, fenykl kořený, koriandr, apod.
- pokusy o využití alelopatického účinku některých zelených rostlin.

Základní principy obdělávání půdy

- obdělávat půdu co nejméně, tak mělce, jak je to jen možné, půdy vždy rozrušit, ne rozřezávat.
- umožněte, resp. dovolte rostlinám a půdním organismům zpracovávat půdu
- traktory a nářadí by měly být tek lehké, jak je to jen možné
- všem operacím s půdou by měla předcházet nejprve rýčová zkouška, teprve poté správný traktor se správnou kombinací nářadí
- strip till pod všechny řádkové plodiny



Obr. 1.33 Nezapomenutelná chvíle, kdy zanícený ekologický zemědělec Josef Jugovits odebral na svém poli v rakouském Schachendorfu ornou půdu přímo rukou, aby ji pak začal popisovat, jako by šlo o běžnou rýčovou zkoušku.



Obr. 1.34 Detail odebrané půdy v ruce Josefa Jugovitse. I když sám nebyl půdní biolog, rozuměl půdnímu prostředí více než mnozí univerzitní profesori. Stal se tak průkopníkem ekologického zemědělství a jako jeden z prvních získal certifikát „Bio-Austria“. Později byl jmenován metodikem ekologického zemědělství a praktickým učitelem na střední zemědělské škole („Schule am Bauernhof“ – Škola na statku). V roce 2020 se mu na zemské úrovni podařilo obhájit kompostování přímo na orné půdě. Popisované návrhy, které směřují k intenzifikaci produkce v EZ jsou ověřeny praxí a jsou v souladu s jeho doporučeními.

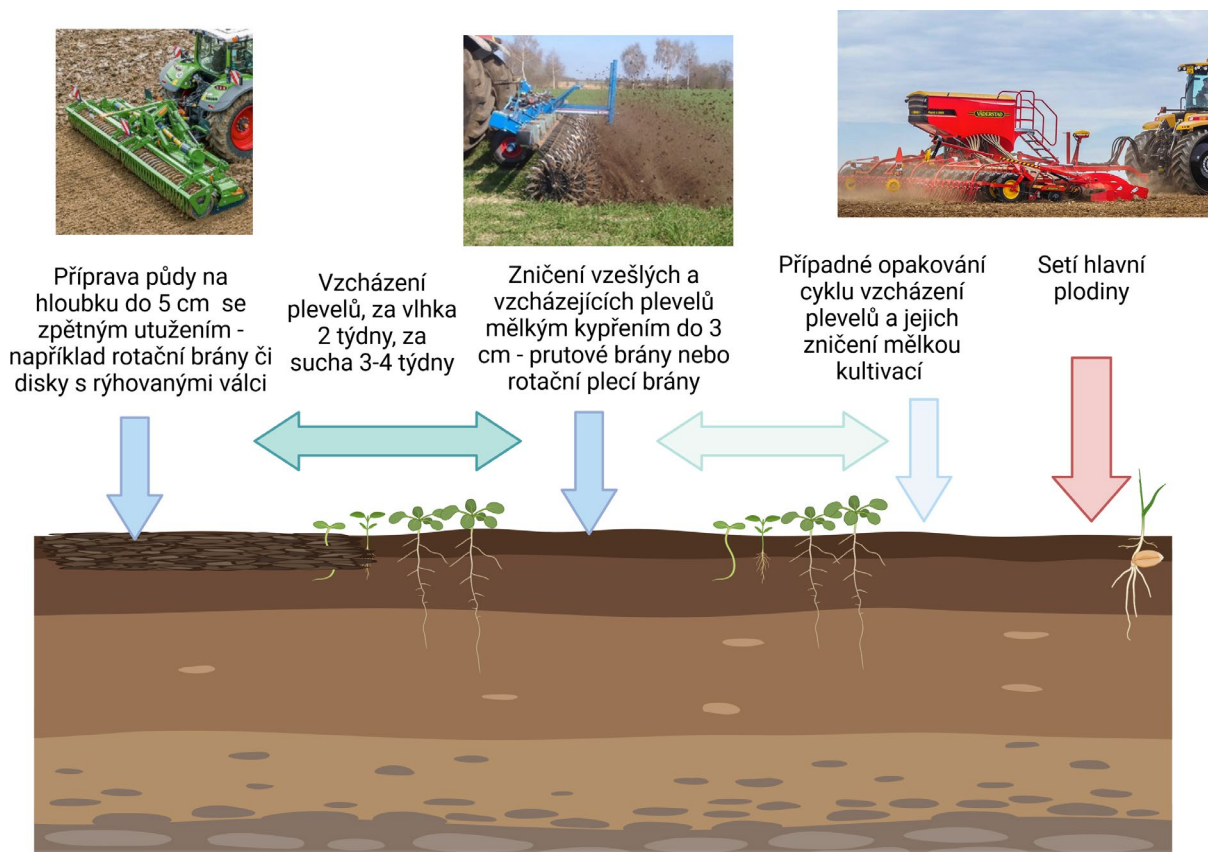
2. Metody regulace plevelů v EZ

2.1 Metody regulace jednoletých plevelů založené na snížení zásoby semen plevelů ve svrchní vrstvě půdy

Klíčení a vzházení většiny jednoletých plevelných druhů probíhá efektivně pouze z povrchových vrstev půdy. U velmi drobných semen se efektivní vzházení plevelů významně snižuje již při hloubkách pod 1 cm, u středně velkých semen při hloubkách pod 3 cm a pouze u plevelných druhů, které mají velká semena (menší část druhů), může efektivní vzházení probíhat i z hloubek větších jak 5 cm. Současně velká většina plevelných druhů reaguje pozitivně na kypření půdy, protože malé semenáčky plevelů nejsou v počátečních fázích růstu schopné konkurovat již vzešlým rostlinám. Jednoleté plevele tak byly do značné míry vyselektovány na schopnost iniciovat klíčení v podmínkách, kdy dochází k mechanickému nakypření půdy, přičemž faktory, které k tomu přispívají mohou být například lepší provzdušnění, vyšší teplota nebo vyšší koncentrace nitrátů. Mechanické zpracování půdy ve svrchní vrstvě 3-5 cm proto vede ke stimulaci klíčení zásoby semen plevelů a v případě následujícího zničení vzházejících rostlin plevelů opakovanou kultivací nebo některým z fyzikálních způsobů hubení plevelů, tak je možné výrazně snížit potenciál zaplevelení v této klíčové vrstvě půdy. Podle techniky, jakou dojde k následnému zničení vzházejících plevelů rozlišujeme metody: a) tzv. falešného či nepravého set'ového lůžka (false seedbed) a b) tzv. starého set'ového lůžka (stale seedbed). Vzhledem k tomu, že v krátkém časovém úseku mezi uplatněním technik falešného či starého set'ového lůžka a setím hlavní plodiny dochází k prolomení dormance jen v omezené míře, snižuje se v hlavní plodině průkazně hustota vzešlých plevelů. Podmínkou ovšem je, aby při založení falešného set'ového lůžka či starého set'ového lůžka nastaly příznivé podmínky pro klíčení a vzházení plevelů (zejména dostatek vláhy a příznivá teplota).

2.1.1 Metoda tzv. falešného set'ového lůžka (false seedbed)

Tato metoda je založena na zpracování půdy v mělké vrstvě (odpovídající předset'ové přípravě půdy) s několikátýdenním předstihem před setím hlavní plodiny. Obvykle toto zpracování směřující k vytvoření falešného set'ového lůžka navazuje na předchozí základní zpracování půdy, ať již se jedná o zpracování orbou či redukované zpracování půdy na menší hloubku radličkovými kypřiči nebo diskovým nářadím. V případě použití kombinovaných strojů a příznivých vláhových podmínek pak může být set'ové lůžko vytvořeno současně se základním zpracováním půdy. Důležité je, aby tímto zpracováním půdy byly vytvořeny příznivé podmínky pro klíčení a vzházení plevelů. V případě dostatku vláhy se jedná pouze o kypření většinou pasivními či aktivními branami, případně o velmi mělké zpracování diskovým nářadím či radličkovými kypřiči. Naopak za suchých podmínek je vhodné provádět přípravu s opětovným utužením různými typy pčů či použitím kombinovaných strojů zajišťujících nakypření, srovnání a opětovné utužení povrchu půdy (kompaktory). Vzešlé a vzházející plevele jsou následně zničeny předset'ovým zpracováním půdy těsně před setím hlavní plodiny. Dostatek vláhy a rovněž dostatečné časové okno pro vzházení plevelů jsou v našich podmínkách klíčové faktory úspěšnosti této metody. Za suchého počasí je vhodnější ponechat časové okno od založení falešného set'ového lůžka do setí hlavní plodiny po dobu 3-4 týdnů, za vlhčích podmínek může být dostačující perioda 2 týdnů. V případě nerovnoměrného klíčení a vzházení plevelů je pak nejvhodnější, pokud je příprava falešného set'ového lůžka (včetně zpětného utužení povrchu za sucha) opakována zhruba ve dvoutýdenních intervalech. Rovněž při vysoké zásobě semen plevelů v půdě je vhodné období falešného set'ového lůžka protáhnout až na 8 týdnů a následně provádět ve 2-3týdenních intervalech opakované zpracování, zajišťující jednak zničení vzešlých rostlin plevelů, a také opětovné vytvoření falešného set'ového lůžka.



Obr. 2.1 Schematické znázornění metody tzv. falešného seťového lůžka pro snížení zásoby semen ve svrchní vrstvě půdy

Rovněž by mělo platit, že poslední zpracování půdy před setím hlavní plodiny by mělo být provedeno, pokud možno mělčeji (například vytvoření falešného seťového lůžka s kypřením na hloubku 5 cm by mělo být následováno kypřením na 3 cm), avšak tak, aby došlo k dokonalému zničení vzešlých plevelů. Mělčí kypření před setím hlavní plodiny by mělo zajistit, že ke klíčení nebudou stimulována semena plevelů ve větších hloubkách. Jak je zřejmé z výše uvedeného, úspěšnost metody tzv. falešného seťového lůžka je závislá na řadě faktorů, zejména pak na druhovém složení plevelů a na vláhových podmínkách, nicméně v příznivých podmínkách může vést k redukci hustoty plevelů o 63-85% (Upadhyaya a Blackshaw, 2007). Naopak účinnost metody snižuje výskyt později vzházejících plevelů (Riemens et al., 2007). Méně úspěšná může být metoda tzv. falešného seťového lůžka v případě vysokého výskytu plevelů vzházejících z povrchu půdy či z půdní vrstvy do 1 cm. V tomto druhém případě opětovné kypření vynáší na povrch půdy další semena, která se dostávají do optimálních podmínek pro klíčení. Při výskytu například chundelky metlice, ptačince prostředního, úhorníku mnohohlávného, merlíku bílého, laskavce ohnutého je pak vhodnější použít metodu tzv. starého seťového lůžka. Určitým rizikem použití metody falešného seťového lůžka může být rovněž opoždění výsevu hlavní plodiny s cílem čekání na vzházení plevelů, které se může negativně projevit na výnose (Rasmussen, 2004).

Jednoznačně by metoda tzv. falešného seťového lůžka neměla být používána na pozemcích s vyšším zastoupením vytrvalých plevelů, protože s uplatněním falešného seťového lůžka může docházet naopak k jejich rozšíření.

Základní principy pro uplatnění metody tzv. falešného set'ového lůžka:

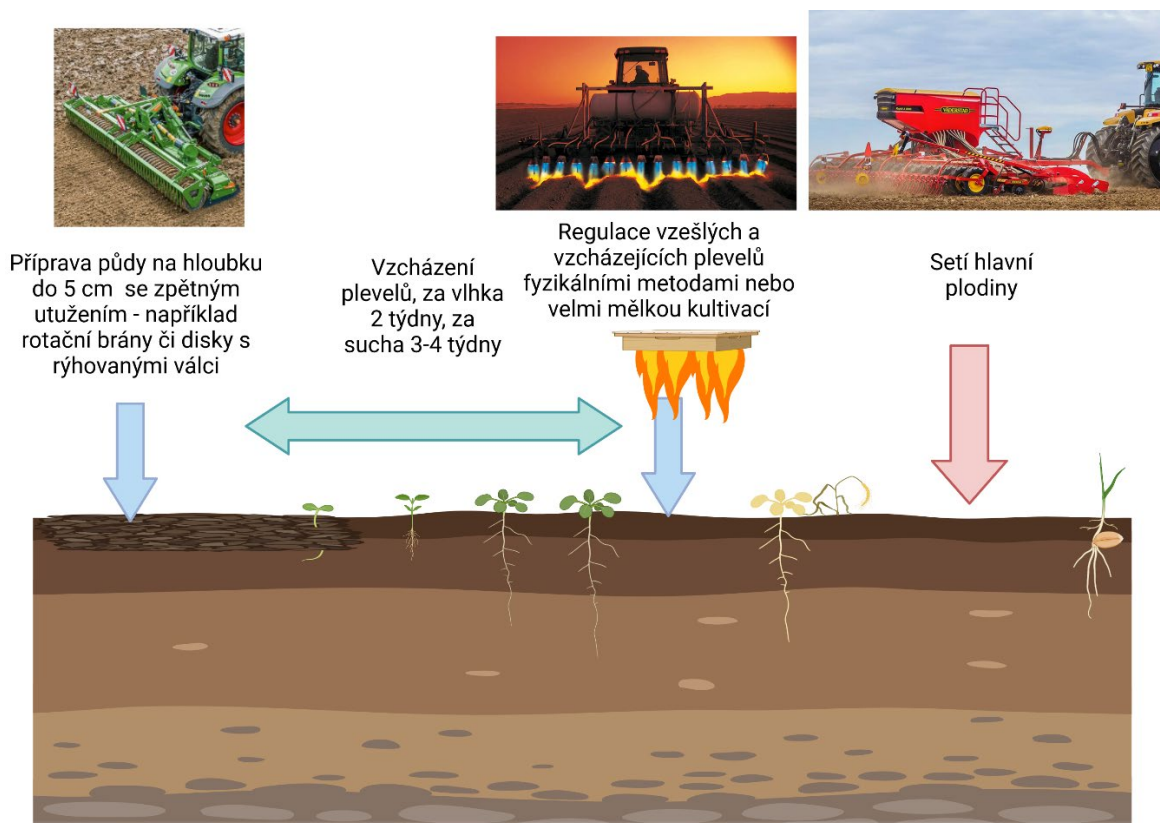
- a) Dostatečný časový odstup od vytvoření falešného set'ového lůžka do setí plodiny: za vlhka minimálně 3 týdny, za sucha 4-5 týdnů, při potřebě opakovaného cyklu vzcházení plevelů až 8 týdnů.
- b) Příprava set'ového lůžka na hloubku 4-5 cm s vytvořením jemné drobtovité struktury vhodné pro vzcházení plevelů. Za sucha je vhodné zpětné utužení půdy rýhovanými válci nebo pěchy pro obnovení kapilárního vztlínání.
- c) Při mechanické likvidaci plevelů kypření půdy na menší hloubku (do 3 cm) například s použitím prutových bran nebo rotačních (hvězdicových) plecích bran, případně i klasických lehkých bran. Velmi dobrou alternativou může být diskové nářadí s ostře zalomenými disky – tzv. cross-cutter který je schopen velmi dobře udržovat hloubku kypření 1-3 cm.
- d) Nepoužívat metodu tzv. falešného set'ového lůžka na pozemcích s vyšším výskytem vytrvalých plevelů, zejména pak pýru či pcháče, které mohou být touto metodou naopak stimulovány v růstu.

2.1.2 Metoda tzv. starého set'ového lůžka (stale seedbed)

Základní principy této metody jsou obdobné jako v případě falešného set'ového lůžka, avšak před setím hlavní plodiny nedochází k opětovnému zpracování půdy, a vsele plevele jsou zničeny fyzikálními metodami, například vysokou teplotou. Výhodou oproti falešnému set'ovému lůžku je skutečnost, že opakované kypření, které v případě tzv. falešného set'ového lůžka může stimulovat další klíčení (ačkoliv v omezené míře) semen plevelů a jejich vynášení z hlubších vrstev na povrch, je v případě starého set'ového lůžka omezeno na minimum. Význam metody starého set'ového lůžka nabývá na významu zejména v případě plevelů, které vzchází z povrchu půdy či z hloubek do 1 cm. U těchto plevelných druhů jako je chundelka metlice, ptačinec prostřední, úhorník mnohodílný, merlík bílý, laskavec ohnutý a dalších je metoda starého set'ového lůžka vhodnější vzhledem k tomu, že vrstva půdy do 1 cm u které došlo k vyčerpání zásoby semen není opětovně mísená se zásobou semen z hlubších vrstev půdy. V ekologickém zemědělství je ovšem uplatnění starého set'ového lůžka podmíněno dostupností techniky pro fyzikální ničení plevelů (například plamenem, horkou párou, elektrickým polem či mikrovlnné), případně pak mechanických metod, které minimálně zasahují do půdy (abrazivními tryskami či kartáčové plečky). Tato mechanizace je ovšem v rámci ČR používána pouze v ojedinělých případech. Nicméně velmi mělce nastavené prutové brány, rotační hvězdicové plečí brány nebo diskové nářadí s ostře zalomenými disky cross-cutter mohou sloužit k podobnému účelu, pokud je zajištěno, že kultivace probíhá pouze ve svrchních 1-2 cm a nedochází tak k intenzivnímu vynášení nových semen na povrch půdy. Nicméně proces stimulace klíčení zde může nastat, a proto tento postup nemůže být zcela srovnatelný s fyzikálními metodami jako je například použití plamene či horké páry.

Základní principy pro uplatnění metody tzv. starého set'ového lůžka:

- a) Dostatečný časový odstup od vytvoření set'ového lůžka do setí plodiny: za vlhka minimálně 3 týdny, za sucha 4-5 týdnů.
- b) Příprava set'ového lůžka na hloubku 4-5 cm s vytvořením jemné drobtovité struktury vhodné pro vzcházení plevelů. Za sucha je vhodné zpětné utužení půdy rýhovanými válci nebo pěchy pro obnovení kapilárního vztlínání.
- c) Metoda starého set'ového lůžka by neměla být využívána při zvýšeném výskytu vytrvalých plevelů, nebo s omezením pro případy kdy použité fyzikální metody mají vysoký účinek i na vytrvalé plevele.
- d) Jsou preferovány fyzikální metody ničení plevelů, které nevedou ke kultivaci půdy, popřípadě kultivují půdu pouze ve vrstvě 1-2 cm jako je například kartáčové nářadí.



Obr. 2.2 Schematické znázornění metody tzv. starého setového lůžka pro snížení zásoby semen ve svrchní vrstvě půdy

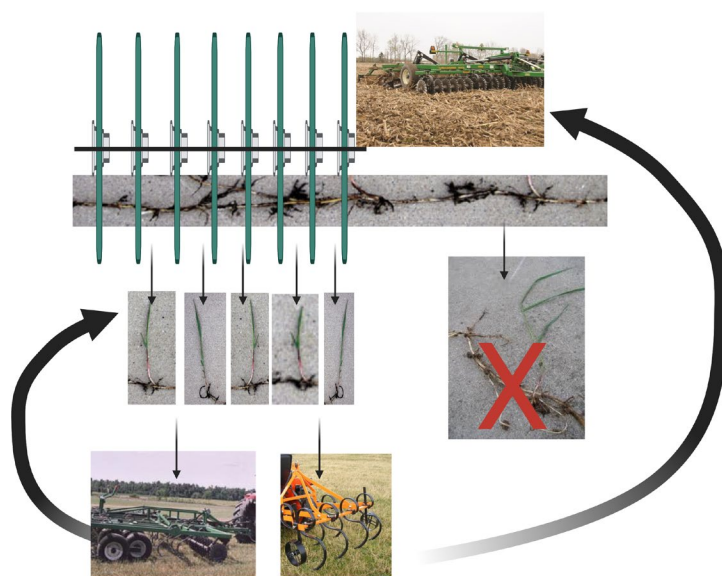
2.2 Regulace vytrvalých plevelů v meziporostním období

Kromě meziřádkové kultivace je regulace vytrvalých plevelů v ekologickém zemědělství přímo v plodině značně problematická, vzhledem k tomu, že dochází k postupné regeneraci z vegetativních rozmnožovacích orgánů uložených v půdě obvykle v různých hloubkách. Základním opatřením proti vytrvalým plevelům by proto měla být regulace v meziporostním období. Vzhledem k tomu, že úspěšná regulace vytrvalých plevelů vyžaduje obvykle několik opakovaných epizod kultivace a regenerace, je zapotřebí mít pro tato opatření dostatečně dlouhé časové okno. Ideálním případem je meziporostní období po časně sklizené plodině, jako je ozimý ječmen nebo řepka ozimá s následným výsevem jařiny. Při sklizni v první polovině července je tak možné během podzimu zajistit až tři cykly regenerace vytrvalých plevelů z vegetativních orgánů. Právě opakovaná regenerace a zničení vzešlých rostlin je hlavním základem úspěchu regulace vytrvalých plevelů v meziporostním období. Díky opakovanému rašení vytrvalých plevelů totiž dochází k vyčerpání zásobních látek z oddenků či kořenových výběžků a tyto pak jsou zničeny snadněji následnou kultivací, mrazem nebo konkurencí plodiny. Ačkoliv hlavní princip regulace vytrvalých plevelů v meziporostním období je stejný, postupy a nástroje, které k tomuto cíli vedou, jsou do značné míry odlišné s ohledem na charakter vegetativních orgánů a jejich distribuci v půdě. Z tohoto důvodu je nutné odlišit regulaci v meziporostním období alespoň u dvou nejvýznamnějších vytrvalých plevelů: pýru plazivého a pcháče rolního.

2.2.1 Regulace pýru plazivého v meziporostním období

Vegetativní orgány pýru plazivého představují dlouhé a tenké oddenky, které jsou rozloženy převážně ve svrchní vrstvě půdy v hloubce 2-10 cm. Na oddencích se nacházejí pupeny chráněné tuhou trojúhelníkovou šupinou, které jsou poměrně odolné vůči mechanickému poškození. Zpracování půdy proto obvykle nevede k výraznému snížení potenciálu regenerace pýru z oddenků. Velká část pupenů bývá

na dlouhém oddenku dormantních, přičemž k dormanci do značné míry přispívá apikální dominance. To znamená, že pokud je oddenek celistvý raší pouze vrcholové pupeny. Proto, aby došlo k co možná nejvýraznějšímu oslabení pýru vyčerpáním zásobních látek z oddenků, je nezbytné tuto dormanci přerušit a zajistit regeneraci z co možná největšího počtu pupenů. K prolomení dormance vzhledem k vlivu apikální dominance přispívá zejména nařezání oddenků na krátké segmenty co nejdříve po sklizni. Nejvhodnějším typem nářadí jsou stroje s tzv. „coultery“. Jedná se o disky, které dobře pronikají do půdy a provádí nařezání oddenků bez kultivace půdy. Zpracování půdy, ke kterému dochází například u klasických diskových podmítačů, může vést totiž k proschnutí vrchních 10 cm půdy a regenerace pýru se tak opoždí a je nerovnoměrná. Nicméně při dostatku vláhy lze docílit obdobných výsledků jako u „coulterů“ s použitím diskových podmítačů. V případě velmi silného výskytu pýru je vhodné provést toto první nařezání oddenků dvakrát, přejezdem do kříže. Následuje období regenerace pýru. Díky přerušení dormance se zvyšuje podíl regenerujících pupenů i výrazně nad 50 %. Jakmile pýr dosáhne fáze 2-3 listů dochází k vyčerpání významné části zásobních látek z oddenků a jejich zničení je proto jednodušší. Nejvhodnějším způsobem, jak regenerované rostliny pýru zničit je jejich vytažení na povrch půdy, kde dojde k proschnutí. Vhodným nářadím jsou radličkové kultivátory, optimálně s pérovou slupicí, protože vibrační pohyb, který vykonávají, vede k lepšímu vytažení rostlin s oddenky na povrch půdy. Jeho nasazení ovšem závisí na stavu půdy a v případě suchého a tvrdého povrchu půdy je pak nutné použít radličkové kypřiče s pevnou slupicí. Současně s tímto zásahem je nutné vyprovokovat další část dormantních pupenů k regeneraci, a tudíž provést opětovné nařezání oddenků optimálně nářadím s disky typu „coulter“. Optimálním strojem, který provede obě operace současně, tedy nařezání oddenků a vytažení vzešlých rostlin na povrch je kombinace „coulterových“ disků a radličkového kypřiče s pérovými slupicemi. Díky této kombinaci pak rovněž radličky kypřiče lépe pronikají do půdy. Tento postup je pak vhodné zopakovat během podzimu ještě jednou a poslední kypření zajišťující vytažení vzešlých rostlin pýru pak může proběhnout při nedostatku času či nevhodných podmínkách na podzim až na jaře před setím. Účinnost z pohledu snížení výskytu pýru u takto opakovaného cyklu nařezání, regenerace a vytažení na povrch se pohybuje na úrovni 70-80 %.



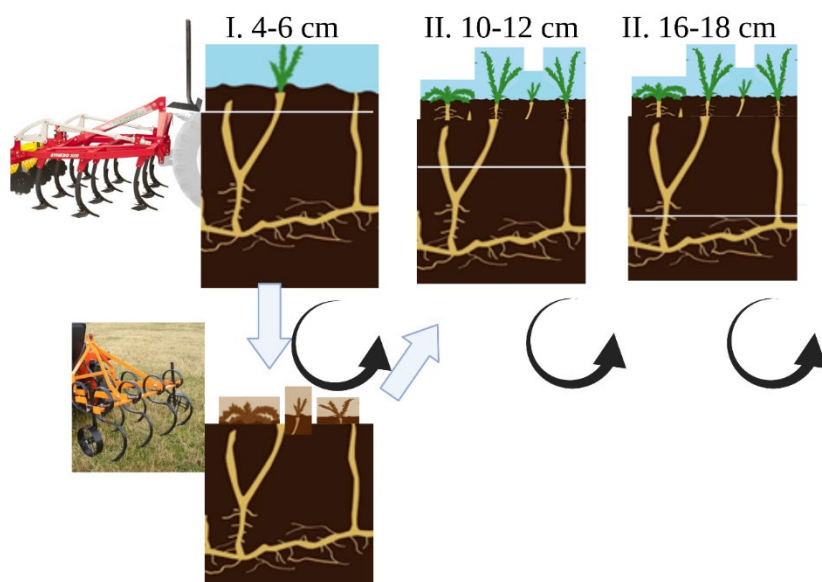
Obr. 2.3 Schematické znázornění postupu regulace pýru plazivého v meziporostním období s nařezáním oddenků coulterovými disky, regenerací pýru a vytažením vzešlých rostlin kypřičem s pérovými slupicemi. Celý cyklus je vhodné v průběhu meziporostního období opakovat 2-3krát. Šipka vlevo představuje oddělené použití coulter disků a kultivátoru s pérovými slupicemi, šipka vpravo představuje variantu s kombinovaným použitím coulter disků a kultivátoru s pérovými slupicemi

Základní principy pro regulaci pýru plazivého v meziporostním období:

- a) Vytvoření dostatečně dlouhého meziporostního období optimálně od první poloviny července (například po sklizni ozimého ječmene či řepky) až do jara, tak aby bylo možné zopakovat cykly regenerace pýru a jeho zničení 2-3krát.
- b) Použití vhodného nářadí, které nařeže oddenky pýru do hloubky 10 cm na segmenty o délce ca 10 cm, aniž by docházelo k nadměrnému kypření půdy (z důvodu omezení vysychání). Nejvhodnější jsou tzv. „coultery“, ale účel může být splněn i s použitím diskových podmiťáčů (dochází ovšem ke kypření půdy).
- c) Vzešlé rostliny pýru ve fázi 2-3 listů jsou vytahány optimálně radličkovými kypřiči s pérovými slupicemi. Cílem je, aby došlo k jejich vysušení na povrchu půdy.
- d) Cyklus nařezání oddenků, regenerace a vytažení regenerovaných rostlin na povrch půdy je optimální opakovat 2-3krát s tím, že poslední vytažení vzešlých rostlin pýru radličkovými kypřiči s pérovými slupicemi může proběhnout i na jaře.

2.2.2 Regulace pcháče rolního v meziporostním období

Regulace pcháče rolního v meziporostním období sice využívá obdobných obecných principů jako v případě pýru plazivého, ale s ohledem na odlišnou distribuci a orientaci kořenových výběžků v půdě je tato regulace obtížnější, a rovněž musíme počítat s její nižší účinností. Hlavní rozdíl oproti pýru je v tom, že orientace kořenových výběžků v horních 20 cm půdy je převážně vertikální, velká část kořenových výběžků se pak nachází i ve větších hloubkách a teprve v hlubších vrstvách půdy převládá horizontální orientace. Rovněž v případě pcháče je ale regulace založena na maximálním vyčerpání zásobních látek z kořenových výběžků, a oslabené výběžky pak snadněji vymrzají, případně regenerující rostliny mají oslabenou konkurenční schopnost. Podobně jako v případě pýru, je i u pcháče důležité zajistit dostatečně dlouhé období pro opakování cyklů regenerace a zničení vzešlých rostlin 2-3krát, takže optimální je provádět regulaci po sklizni ozimého ječmene nebo řepky při výsevu následné plodiny až na jaře. Rozdíl oproti pýru spočívá v tom, že pro oslabení vegetativních orgánů pcháče musíme využívat jiný typ nářadí. Vertikálně orientované kořenové výběžky je vhodné nejprve seříznout mělce do hloubky 4-6 cm a při každém dalším cyklu pak zvyšovat hloubku seříznutí ca o 5 cm. Tím dojde k opakovanému rašení vrcholových pupenů a postupnému vyčerpávání zásobních látek a eliminaci kořenových výběžků až do hloubky 20 cm. Kořenové výběžky ve větších hloubkách ovšem nejsou kromě vyčerpání zásobních látek významněji omezeny, a mohou být proto zdrojem zaplevelení pcháčem v následujících letech. K eliminaci oslabených kořenových výběžků ve větších hloubkách ovšem může dojít při promrznutí půdního profilu do větších hloubek. Horizontální podřezání kořenových výběžků na různé hloubky je možné provádět kypřiči s křídlovými radličkami (s pevnými slupicemi). Při každém podřezání kořenových výběžků je vhodné, aby byly regenerované rostliny společně se segmentem kořenových výběžků vytaženy na povrch půdy a došlo tak k jejich vysušení. Proto je vhodné, aby radličkové kypřiče s křídlovými radličkami byly přímo kombinovány například se silnými zavlačovacími pruty nebo branami, které pak dokáží vytáhnout regenerované rostliny pcháče, nebo aby k vytažení došlo v samostatné operaci například kypřičem s pérovými slupicemi.



Obr. 2.4 Schematické znázornění postupu regulace pcháče rolního v mezíporostním období s podřezáním vertikálních kořenových výběžků kypřičem s křídlovými radličkami v jednotlivých cyklech vždy o ca 5 cm hlouběji a vytahání (a zničení) regenerovaných rostlin pcháče na povrch půdy kypřičem s pérovými radličkami. Celý cyklus je vhodné v průběhu mezíporostního období opakovat 2-3krát.

Základní principy pro regulaci pcháče rolního v mezíporostním období:

- Vytvoření dostatečně dlouhého mezíporostního období optimálně od první poloviny července (například po sklizni ozimého ječmene či řepky) až do jara, tak aby bylo možné zopakovat cykly regenerace pcháče a jeho zničení 2-3krát.
- Použití vhodného nářadí, které podřezá vertikální kořenové výběžky pcháče v odstupňovaných hloubkách přibližně po 5 cm (např 6, 11 a 16 cm). Nejvhodnější jsou tzv. kypřiče s křídlovými radličkami. Regenerované rostliny pcháče by měly být následně účinně vytahány na povrch například radličkovými kypřiči s pérovými slupicemi. Cílem je, aby došlo k jejich vysušení na povrchu půdy.
- Cyklus podřezání kořenových výběžků, regenerace a vytažení regenerovaných rostlin na povrch půdy je optimální opakovat 2-3krát s tím, že poslední vytažení vzešlých rostlin pcháče může proběhnout i na jaře při předset'ové přípravě půdy.

2.3 Metody mechanické a fyzikální regulace jednoletých plevelů v průběhu vegetace hlavní plodiny

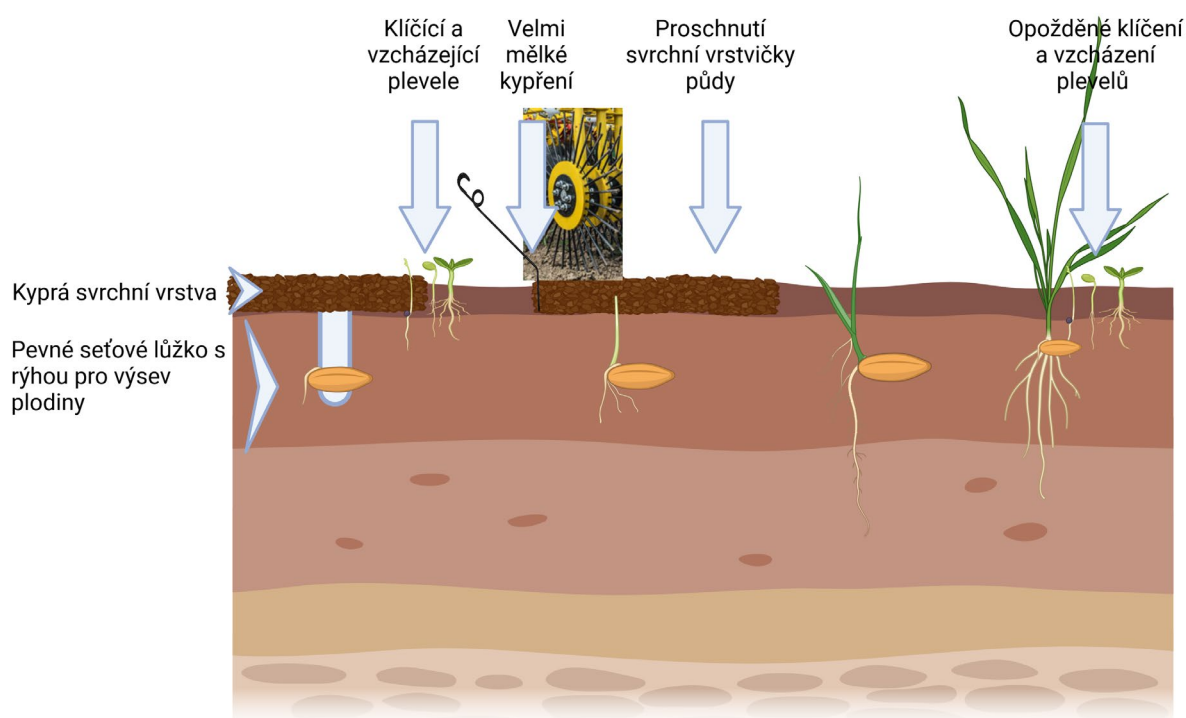
Metody mechanické regulace jednoletých plevelů v průběhu vegetace zahrnují nejprve metody využitelné během krátkého období od setí až do začátku vzcházení hlavní plodiny. V rámci těchto metod je možné uplatňovat obdobné principy jak pro širokořádkové, tak i hustě seté (úžkořádkové) plodiny. V období od vzejití až do začátku prodlužovacího růstu hlavní plodiny je pak již nezbytné rozdělit metody regulace pro širokořádkové a pro hustě seté (úžkořádkové) plodiny.

2.3.1 Regulace před vzejitím hlavní plodiny pomocí mělkého kypření povrchu půdy

Regulace jednoletých plevelů před vzejitím hlavní plodiny je založena obecně zejména na velmi mělkém kypření na hloubku, která je minimálně 0,5 cm nad hloubkou výsevu plodiny. Při tomto kypření dochází jednak ke zničení klíčících a vzcházejících plevelů ve svrchní vrstvě půdy a současně dochází k nakypření této vrstvičky půdy tak, že za vhodných podmínek dojde k jejímu vysušení a tím se zpožďuje následné vzcházení dalších plevelů, které v důsledku toho mají výrazně oslabenou konkurenční schopnost. Druhou možností je regulace vzešlých plevelů před vzejitím plodiny fyzikálními metodami, jako je

především použití plamene nebo horké páry. Fyzikální metody mají přednosti zejména za vlhkého počasí, kdy je efekt mělkého kypření půdy velmi omezený.

Úspěšnost mělkého kypření před vzejitím hlavní plodiny je podmíněna kvalitním setím, přičemž by měla být zajištěna zejména rovnoměrná hloubka výsevu. Optimální stav je, když před setím nebo přímo při setí pomocí pýchů vytvoříme pevné seťové lůžko, které jednak zajišťuje kapilární vztlínání vody k osivu a také omezuje hloubku kypření například prutovými branami. Cílem by mělo být při setí vytvořit pomocí secí botky rýhu v seťovém lůžku s hloubkou minimálně 1 cm a nad seťovým lůžkem nakypřenou vrstvičku půdy minimálně 0,5 cm (ideálně více pokud to daná plodina umožňuje). Mělké kypření by mělo být provedeno ve fázi kdy kořínky či klíček klíčících semen plodiny nepřesáhnou délku 0,5 cm. Toto kypření by pak nemělo být provedeno do větší hloubky než 0,5 cm nad úroveň hloubky uložení osiva. Takto pak dojde k minimálnímu poškození klíčících rostlin plodiny. Obecně používáme co nejméně agresivní nastavení prutových bran či jiného nářadí, které ale závisí na půdním druhu, vlhkosti půdy a také na tom, zda se na povrchu půdy vytvořil po deštích škraloup. Velmi vhodným nářadím, které zajišťuje dostatečně intenzivní kypření svrchní vrstvičky půdy (zajišťující zničení klíčících a vzházejících plevelů) a současně poměrně přesné dodržení hloubky kultivace, představují hvězdicové plecí brány. Termín velmi mělkého kypření pomocí prutových či hvězdicových bran nastává v závislosti na teplotě a vlhkosti, které určují rychlost klíčení plodiny, po asi 5-10 dnech od výsevu. Prakticky to tedy znamená, že kromě zničení vzházejících rostlinek plevelů dochází i k opoždění vzházení dalších plevelů minimálně o tuto dobu.



Obr. 2.5 Schematické znázornění postupu regulace jednoletých plevelů v období před vzejitím hlavní plodiny pomocí velmi mělkého kypření půdy.

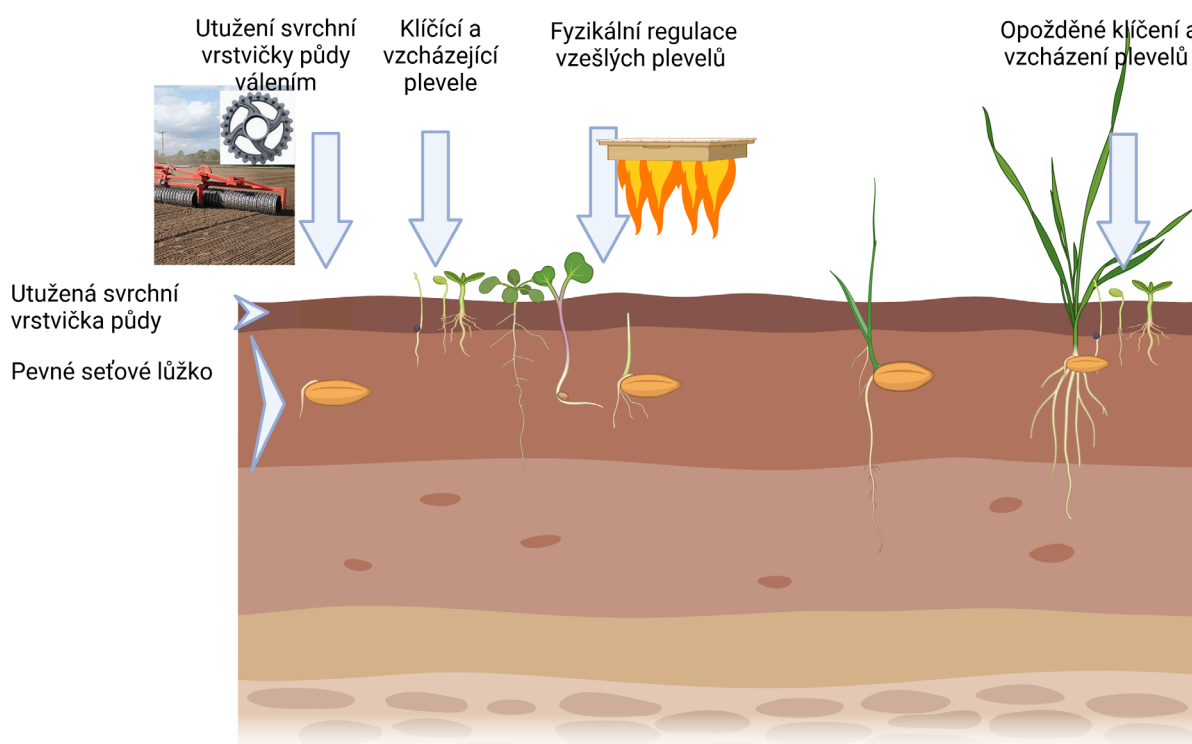
Základní principy pro regulaci jednoletých plevelů před vzejitím hlavní plodiny pomocí mělkého kypření povrchu půdy:

- Hlavním cílem tohoto postupu je zachovat povrch půdy nad osivem nakypřený, aby snadno prosychal a zpožďovalo se vzházení plevelů vůči vzházení plodiny, která je zaseta do pevného seťového lůžka zajišťujícího naopak dostatečný přívod kapilární vláhy k osivu.

- b) Nakypření povrchu půdy se vytváří během setí a obnovuje se přibližně po 5-10 dnech od zasetí prutovými branami nebo hvězdicovými plecemi branami ve fázi začátku klíčení plodiny.

2.3.2 Regulace před vzejitím hlavní plodiny pomocí fyzikálních metod

Alternativní metodu regulace plevelů před vzejitím plodiny představuje použití fyzikálních metod jako je například plamen nebo horká pára. Na rozdíl od předchozího postupu, kdy bylo hlavním cílem během setí vytvoření kypré vrstvičky půdy na povrchu, která rychle prosychá a zpožďuje tak vzcházení plevelů a její obnovení velmi mělkým kypřením zhruba po týdnu od výsevu, při kterém rovněž dochází ke zničení vzcházejících a vzešlých plevelů, v případě použití fyzikálních metod je naopak cílem zajistit utuženou svrchní vrstvičku půdy během setí nebo těsně po výsevu, tak aby byly zajištěny optimální podmínky pro rychlé vzcházení plevelů. Těsně před vzejitím plodiny je pak použito fyzikálních metod jako je plamen či horká pára ke zničení vzešlých rostlinek plevelů. Tím, že nedochází dalším kypřením půdy k další stimulaci klíčení, je celkový počet plevelů redukován a současně jsou ve svém vývoji opožděny vůči plodině asi o 10 dní, což znamená již významné omezení jejich konkurenční schopnosti.



Obr. 2.6 Schematické znázornění postupu regulace jednoletých plevelů v období před vzejitím hlavní plodiny pomocí fyzikálních metod regulace

Základní principy pro regulaci jednoletých plevelů před vzejitím hlavní plodiny pomocí fyzikálních metod:

- Hlavním cílem této metody je zajištění co nejrychlejšího vzcházení plevelů z povrchové vrstvy půdy, a proto je při výsevu nutné zajistit utuženou svrchní vrstvičku půdy válením, která zajišťuje dostatečný přívod kapilární vláhy k semenům plevelů.
- Ve fázi před vzejitím plodiny je provedena fyzikální regulace vzešlých plevelů například s použitím plamene či horké páry.

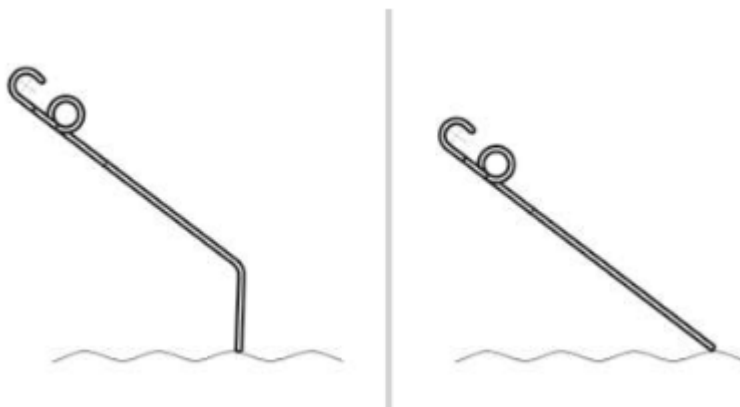
2.4. Regulace po vzejití u hustě setých (úzkorádkových) plodin

Metody mechanické regulace využitelné pro hustě seté plodiny jsou obecně založeny na metodách velmi mělké plošné kultivace půdy, při kterém dochází ke zničení mělce kořenicích a menších rostlin plevelů. U těchto metod je nutné obvykle počítat s určitou mírou poškození plodiny a pokud je tento zásah plánován, zejména pak při jeho opakovaném použití, měl by být navýšen výsevek o 10-20 %. Rovněž je vhodné provádět výsev do větší hloubky (na horní hranici doporučené hloubky setí), aby docházelo k minimálnímu poškození kořenů či odnožovacího uzlu. Použití těchto metod není limitováno pouze na hustě seté (úzkorádkové) plodiny, ale jejich použití, případně nastavení pracovních orgánů a tím i výslednou účinnost, limituje citlivost plodiny k mechanickému poškození, hloubka výsevu a rychlost vývoje. Zatímco tyto metody jsou obecně hojně využívány u obilnin, luskovin, kukuřice nebo brambor, velmi omezené je jejich použití v porostech máku či řepky.

2.4.1 Plecí brány s pružnými hroty

Princip fungování plecí bran s pružnými hroty je založen na tom, že se jedná o poměrně dlouhé hroty, které jsou pružné k pohybu všemi směry (díky pružině, která je součástí hrotu především ve směru jízdy). Pohybem v půdě dochází k rozvibrování prutů, které pak kypří svrchní vrstvičku půdy a vytrhávají rostlinky plevelů, které pak na povrchu uschnou. Základním předpokladem účinného zásahu je vyšší růstová fáze, hlubší zakořenění a vyšší mechanická odolnost plodiny než přítomných plevelů. Zatímco plodina by měla být obvykle ve vyšší růstové fázi jak 3 pravé listy, plevele by optimálně měly být ve fázi děložních lístků až dvou pravých listů. Při velmi šetrném nastavení je možné použít prutové plecí brány u plodin odolných k mechanickému poškození (zejména obilnin a kukuřice) již od růstové fáze 2 pravých listů. V zásadě rozlišujeme 2 základní typy hrotů používaných u prutových plecí bran, a to hroty rovné, které jsou výrazně šetrnější k plodině, ale jejich plecí účinek je nižší, a hroty zahnuté, které umožňují agresivnější pletí, avšak je zde vyšší riziko poškození plodiny. Agresivita pletí je současně nastavitelná úhlem hrotu vůči povrchu půdy. Při kolmém postavení je agresivita pletí ale i poškození plodiny nejvyšší a se snižujícím se úhlem vůči povrchu půdy se agresivita pletí snižuje.

Volba hrotů a nastavení jejich úhlu, závisí do značné míry na půdním druhu, přítomnosti půdního škraloupu, růstové fázi plevelů a plodiny. Při vyšším podílu jílovitých částic a také při tvorbě půdního škraloupu je nutné více agresivní nastavení než u půd písčitých. Významnou úlohu z pohledu agresivity pletí a poškození plodiny hraje také rychlost pojezdu. Zatímco u citlivých plodin či v citlivých růstových fázích se využívá pojezdová rychlost v rozpětí 3-5 km h⁻¹, u tolerantních plodin jako je kukuřice či obilniny a ve vyšších růstových fázích lze využívat rychlost pojezdu v rozpětí 8-12 km h⁻¹. Vzhledem k tomu, že jak půdní vlastnosti, tak i růstová fáze plevelů či plodiny se mohou v rámci pozemku lišit a vykazovat značnou prostorovou variabilitu, vyvíjí se v současnosti prutové brány, které umožňují automatické variabilní nastavení úhlu prutových bran například na základě mapy variability půdních druhů. Z pohledu účinnosti použití prutových plecí bran na regulaci plevelů může hrát významnou úlohu také směr pojezdu vůči řádkům, přičemž vyšší účinnosti při stejném nastavení prutů je dosahováno při pojezdu podél řádků nebo lehce našikmo k řádkům, a naopak nižšího účinku je dosahováno při pojezdu kolmo na řádky.



Obr. 2.7 Základní typy hrotů využívané u prutových plecích bran. Vlevo hroty zahnuté pro agresivnější pletí, vpravo hroty rovné pro pletí šetrné k plodině.

2.4.2 Hvězdicové rotační plecí brány

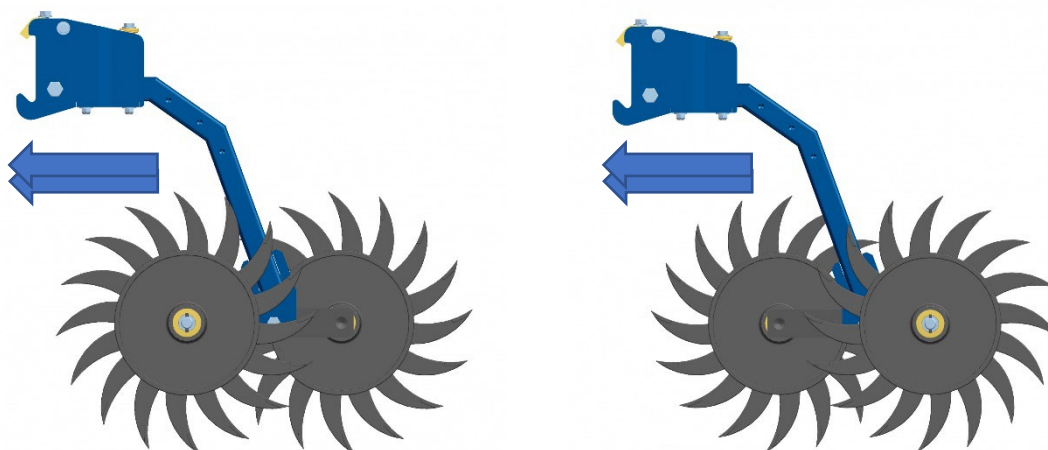
Hvězdicové rotační plecí brány znamenaly významný pokrok v regulaci plevelů v hustě setých plodinách, přičemž u nich bylo v posledních 20 letech dosaženo významného technického pokroku. V zásadě se nyní oddělily 2 skupiny hvězdicových rotačních plecích bran, a to hvězdicové brány s pevnými paprsky, které jsou zahnuté jedním směrem a hvězdicové plecí brány s paprsky tvořené pružnými pruty. První typ nářadí má obvykle hvězdice uspořádané ve dvou řadách tak, aby byly zajištěny dostatečné mezery mezi jednotlivými hvězdicemi a nedocházelo k jejich ucpávání posklizňovými zbytky, rostlinami plevelů nebo kameny. Tento typ stroje většinou používá pouze dvě nastavení agresivity pletí, přičemž hvězdice jsou otočeny souběžně se směrem jízdy, a to buďto tak, že hroty paprsků směřují dopředu po směru jízdy a lépe tak pronikají do půdy, nebo proti směru jízdy a jsou tak šetrnější k plodině. Nastavení hrotů proti směru jízdy se také používá na kamenitých půdách, protože je tak minimalizováno zaklínění kamenů mezi paprsky. Tento typ hvězdicových bran je obecně více používán k rozrušování půdního škraloupu.



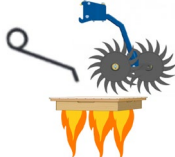
Obr. 2.8 Dva hlavní typy hvězdicových plecích bran. Vlevo hvězdicové brány s pružnými pruty, u nichž je agresivita pletí nastavována úhlem vůči směru jízdy. Větší odklon vůči směru jízdy znamená vyšší agresivitu pletí. Vpravo hvězdicové brány s pevnými a jedním směrem zahnutými paprsky. Agresivita pletí je zajišťována otočením paprsků po směru nebo proti směru jízdy.

Hvězdicové plecí brány s pružnými pruty obvykle pracují se samostatným uložením každé hvězdice na otočné slupici, která umožňuje nastavení úhlu vůči směru jízdy. Z pohledu variability citlivosti plodiny, růstové fáze plevelů, půdního druhu a vytvořeného škraloupu tak tento typ hvězdicových plecí brán umožňuje větší šíři nastavení a přizpůsobení specifickým podmínkám.

Výhodou hvězdicových plecí brán je rovněž vysoká pojezdová rychlost. Optimální pojezdová rychlost z pohledu plecího účinku se pohybuje nad 18 km h^{-1} a za vhodných podmínek může činit pracovní rychlost až 25 km h^{-1} . V případě použití v citlivých plodinách je pak možné začínat s pojezdovou rychlostí od 4 km h^{-1} .



Obr. 2.9 Dva základní způsoby postavení hvězdicových rotačních plecí brán. Vlevo méně agresivní nastavení pro lehčí půdy, citlivou plodinu a kamenité půdy, vpravo více agresivní nastavení pro půdy těžké, slévané, s vytvořeným půdním škraloupem nebo pro dosažení agresivnějšího plecího účinku u odolných plodin.

Plodina	BBCH 01-05	BBCH 12	BBCH 13-22
			
Plevele			
Mechanizace			
Nastavení	Velmi mělce (min 0,5 cm nad hloubku výsevu)	Málo agresivní nastavení	Agresivní plecí nastavení

Obr. 2.10 Shrnutí možných způsobů regulace plevelů u hustě setých plodin a nastavení v různých růstových fázích plodiny a plevelů.

Základní principy pro regulaci jednoletých plevelů v průběhu vegetace v hustě setých plodinách:

- a) Použití prutových plecích bran i hvězdicových rotačních plecích bran je u plodin odolných k mechanickému poškození možné od fáze 2 pravých listů, ovšem nastavení v této nejčasnější růstové fázi musí být na co nejnižší agresivitu pletí.
- b) S pokračující růstovou fází plodiny i plevelů, u těžších jílovitých půd a u půd s vytvořeným půdním škraloupem se nastavuje zvyšující se agresivita pletí.
- c) Agresivita pletí se nastavuje úhlem prutů u prutových bran, orientací hrotů u hvězdic s pevnými paprsky, nebo úhlem polohy hvězdic s pružnými pruty vůči směru jízdy.

2.5 Regulace jednoletých plevelů po vzejití u širokořádkových plodin

Ačkoliv je u některých širokořádkových plodin možné úspěšně použít metody vhodné pro hustě seté plodiny jako je použití prutových plecích bran či hvězdicových rotačních plecích bran, jejich použití je pro většinu plodin omezené na úzký časový úsek a optimální stav půdy, a proto se mnohem častěji využívá možnosti meziřádkového plečkování spojené s použitím specifických nástrojů pro regulaci plevelů v řádku.

2.5.1 Regulace plevelů v meziřádku

Meziřádkové plečkování patří obecně k nejlépe rozvinutým technologiím regulace plevelů nejen v ekologickém ale i v konvenčním zemědělství, protože kromě vlastní regulace dochází také k rozrušení půdního škraloupu a provzdušnění půdy. Mimo to meziřádková kultivace může do určité míry přispívat i k regulaci vytrvalých plevelů.

Metody regulace plevelů v meziřádku lze rozdělit na pasivní a aktivní. Pasivní plečky jsou obvykle založeny na šípovitých radličkách nebo radličkách ve tvaru L, které podřezávají plevele mělce pod povrchem půdy. Radličky mohou být upevněny na pérových slupicích, které vedou k vibračnímu pohybu ve směru jízdy a dochází tak k lepšímu vytahování rostlin plevelů z půdy. Optimální funkčnost radliček s pérovými slupicemi je ovšem omezena spíše na lehké a sušší půdy bez většího množství rostlinných zbytků, zatímco na půdách jílovitých, utužených, vlhkých či s půdním škraloupem a tam kde je větší množství rostlinných zbytků se lépe uplatňují pevné slupice. Optimální hloubka kultivace pasivními plečkami je méně jak 4 cm proto jsou sekce pro jednotlivé řádky obvykle umístěny na paralelogramu kopírujícím povrch půdy s opěrným nastavitelným kolečkem před radličkami. Obvykle je vhodné, pokud jsou radličky kombinovány s pružnými pruty (obdobnými jako u prutových plecích bran), které svými vibracemi oddělují u podřezaných rostlin plevelů půdu od kořenů a dochází tak k jejich snadnějšímu zničení/vysušení.

Aktivní metody regulace plevelů v meziřádku zahrnují v našich podmínkách nejčastěji rotavátorové řádkové sekce se zahnutými noži na rotující hřídeli, které kypří půdu do hloubky několika centimetrů. Tyto rotavátorové sekce vyžadují aktivní pohon od vývodového hřídele traktoru, což zvyšuje nároky na jeho tažnou sílu. Kromě těchto nejpoužívanějších typů aktivních pleček jsou ovšem ve světě často využívány stroje, které mají významně nižší energetickou náročnost. Může se jednat například o kartáčové plečky, které jsou rovněž aktivně poháněné (obvykle hydromotorem) a jedná se o kartáče s vertikální osou nebo kartáče s horizontální osou otáčení. V obou případech je ale použití kartáčové plečky omezeno na lehčí neslévavé půdy, v optimálním (spíše sušším) stavu vlhkosti půdy. Použití kartáčových pleček je rovněž omezeno na nízké růstové fáze plevelů, protože později nedojde k úplnému vytržení rostlinky z půdy.



Obr. 2.11 Dva hlavní typy kartáčových pleček. Vlevo kartáčová plečka s horizontální osou otáčení a vpravo kartáčová plečka s vertikální osou otáčení.

Aktivní typ plečky s nízkou energetickou náročností představují plečky využívající k aktivnímu pohonu odvalování rotujících orgánů, obvykle ve dvou řadách, přičemž osy jsou zpřevodovány mezi sebou tak, že zadní osa se točí rychleji. Jednou z takových pleček je tzv. košíková (basket) plečka, u které přední válcový košík pohání zadní válcový košík, a částečně svým pohybem narušuje půdní škráloup, zatímco zadní klec kypří svým rychlejším otáčivým pohybem povrch půdy a ničí plevely jejich vytahováním i s kořeny na povrch půdy, kde dochází k jejich proschnutí. Válcový košík je tvořený dvěma disky, na kterých jsou upevněny pruty uhnuté do tvaru U. Spodní části prutu se pak pohybují otáčivým pohybem celého košíku mělce pod povrchem půdy a fungují jako plecí motyčka.



Obr. 2.12 Košíková plečka. První osa slouží jako hnací a válcové klece narušují rovněž povrch půdy. Zadní osa se otáčí rychleji a válcové klece kypří půdu a ničí plevely.

Významnou roli ve zvýšení efektivity meziřádkového plečkování sehrává automatické navádění plečky. To je většinou založeno na detekci řádku plodiny pomocí kamery a hydraulickým přesným naváděním plečky do meziřádku. Přesné navádění pak umožňuje regulaci plevelů plečkováním až do vzdálenosti několika centimetrů od řádku plodiny a tím se pak snižují nároky na regulaci plevelů v řádku.

2.5.2 Regulace plevelů v řádku

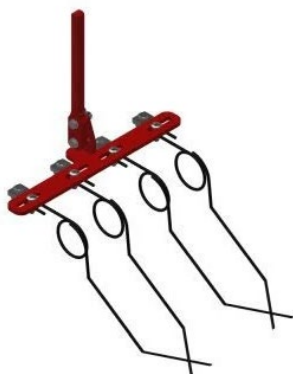
Jedním z nejvíce používaných nástrojů pro regulaci plevelů v řádku se v posledních dvou desetiletích stala prstová plečka. Prstová plečka pro každý řádek je tvořena dvěma slupicemi (každá z jedné strany řádku), které ve své spodní části mají na krátké hřídeli s ložiskem upevněn kotouč s jednou řadou prstů a jednou řadou ocelových hrotů. Kotouč je vůči slupici i vůči povrchu půdy uložen přibližně v úhlu 45°. Prsty v horní řadě směřují kolmo k ose kotouče, jsou vyrobeny z pružného plastu nebo pryže, mohou mít různý stupeň tuhosti a jsou to hlavní pracovní orgány, které vytahují plevele z půdy. Spodní řada hrotů je umístěna tak, aby v půdě byly přibližně svisle. Jejich cílem je pasivní pohon kotouče, přičemž plastové či pryžové plecí prsty se následně pohybují rychleji, než je rychlost pojezdu. Spodní řada hrotů může být vyrobena rovněž z plastu, ale častěji bývají s ohledem na opotřebení kovové. Vzdálenost kotoučů po obou stranách řádku je nastavitelná, v časných růstových fázích je maximální a postupně se snižuje až se prsty z obou stran překrývají. U tohoto nastavení je pletí nejagresivnější. Určitou nevýhodou prstových pleček je fakt, že musí pracovat v těsné blízkosti řádku, vyžadují proto velmi přesné navádění a jejich pracovní výkon je nízký. Obecně je ovšem možné prstové plečky při správném nastavení považovat za nejšetrnější a současně nejefektivnější způsob regulace v řádcích širokořádkových plodin. Jejich výhodou je mimo jiné i skutečnost, že drobné plevely jsou při pohybu kotoučů unášeny mimo řádek a v případě opětovného zakořenění mohou být následně zničeny meziřádkovým plečkováním. Použití prstových pleček je obvykle možné nejdříve od druhého pravého listu (záleží ovšem na citlivosti plodiny - u citlivých plodin se začíná až od čtvrtého pravého listu) a pojezdová rychlost v těchto růstových fázích se pohybuje jen okolo 5 km h⁻¹. V pozdějších růstových fázích je možné používat rychlost pojezdu až okolo 15 km h⁻¹.



Obr. 2.13 Jednotka prstové plečky pro jeden řádek (vlevo) a prstová plečka při práci v řádku cukrovky (vpravo). Vzdálenost mezi plastovými prsty je nastavitelná a zajišťuje tak intenzitu kypření v řádku. Pohyb kotoučů je zajišťován kotouči s ocelovými hroty, které zasahují hlouběji do půdy.

Levnější alternativou regulace plevelů v řádku představuje torzní plečka. Torzní plečka pracuje na podobném principu jako prutové brány, protože se jedná o ocelové pruty, které jsou obvykle pružnější než v případě prutových bran a jsou obvykle zalomeny ve dvou směrech. Vyšší pružnosti a tím i vyšší šetrnosti k plodině je dosaženo obvykle pružící smyčkou vytvořenou na ocelovém prutu. Zalomení do strany umožňuje, že ocelový prut torzní plečky nevniká do půdy kolmo ale pod úhlem, což zajišťuje pouze mělké kypření půdy v řádku a současně také odpružení od větších rostlin plodiny. V pozdějších fázích je pak ale možné agresivnější nastavení torzní plečky otočením prutů. Pruty torzní plečky jsou obvykle tenčí než u prutových bran. Obvykle mají v průměru pět

až sedm milimetrů. V pozdějších růstových fázích je ale možné použít pruty až o průměru 10 mm. Šetrnost k plodině je nastavována vzdáleností prutů od sebe. V časných růstových fázích se mezi konci prutů ponechává mezera. V pozdějších růstových fázích se pruty torzní plečky mohou překrývat. Podobně jako u prutových plecích bran je pro účinnost pletí využíváno vibrace prutů, které tak oddělují půdu od kořenů malých rostlinek plevelů.



Obr. 2.14 Pruty torzní plečky při vyšší agresivitě nastavení (hroty prutů se překrývají)

U plodin, které snášejí lehké přihrnutí jako například u kukuřice, čiroku, sóji či pórku je možné použít mělké hrůbkování. Princip spočívá v tom, že malé plevely v řádku jsou přihrnuty vrstvou půdy o tloušťce několika centimetrů. Účinnost tohoto způsobu regulace závisí na velikosti plevelů a nejúčinnější je, pokud plevel nepřekročí fázi děložních listů. Další dostupné metody regulace plevelů v řádku jako například pneumatická plečka, využívající silného proudu vzduchu vstřikovaného těsně pod povrchem půdy směrem k řádku, mají jen velmi omezené použití. Například zmiňovaná pneumatická plečka funguje pouze v malých růstových fázích plevelů a současně jen na lehkých písčitých půdách. Podobné omezení mají také kartáčové plečky pro použití v řádku plodiny.

2.6 Pozdní regulace plevelů

V ekologickém zemědělství je poměrně běžné, že část plevelů není regulována metodami před setím nebo po vzejití, a tyto plevely ke konci vegetace přerůstají plodinu. Jejich škodlivost již většinou nemůžeme eliminovat, ale jejich přítomnost může stále způsobovat velké problémy při znesnadnění sklizně. Vedle ručního pletí je možné použít vytrhávače plevelů, které pracují na principu proti sobě běžících kol s pneumatikami. Tyto kola jsou umístěna šikmo pod úhlem asi 45°, což vede k zachycení rostliny plevelu nad porostem plodiny mezi dvěma pneumatikami a k jejímu unášení šikmo nahoru, při kterém je rostlina plevelu vytržena ze země a následně usychá. Druhou možností představuje desikace plevelů nad porostem plodiny pomocí vysokého napětí. Vysoké plevely přichází do kontaktu s elektrodou s vysokým napětím, které rostliny plevelů zničí.



Obr. 2.15 Vytrhávač velkých plevelů na principu poháněných protiběžných pneumatik

3. Ochrana proti chorobám a škůdcům v systému EZ

3.1 Vliv způsobu hospodaření na škodlivost chorob a škůdců (Rozdílná škodlivost patogenů a škůdců v ekologickém a konvenčně obhospodařovaném agroekosystému.)

Základní rozdíly mezi ekologickým a konvenčním hospodařením

- Úroveň znalostí farmáře a schopnost tyto znalosti aplikovat
- Kvalita půdy (struktura, složení, množství a diverzita organismů v půdě), z toho plynoucí rozdíl ve schopnosti půdy poskytovat rostlinám vhodný poměr voda/vzduch a živiny
- Volba způsobů a látek používaných k hnojení (organická hnojiva, komposty) a ekologických prostředků ochrany rostlin
- Volba odolnějších kultivarů pěstovaných kulturních rostlin
- Různá úroveň diverzity organismů (rostliny, členovci, půdní edafon aj.)

Výše uvedené a mnohé další parametry rozhodují mnohdy zásadním způsobem o škodlivosti patogenů a škůdců v takto různě obhospodařovaných agroekosystémech.

Kvalita půdního prostředí a genetická výbava rostlin rozhoduje o schopnostech rostlin bránit se škodlivým projevům mnoha patogenů a škodlivých členovců.

Zde je několik příkladů:

- Koncentrace virových partikulí v rostlinných pletivech, a tím mj. i jejich škodlivost je významně ovlivňována prostředím (především půdním), v němž rostliny rostou.
- Škodlivost houbových patogenů z řádu Erisiphales (padlí), které jsou výrazně dispozičními patogeny je výrazně ovlivněna fyziologickým stavem hostitelských rostlin.
- Populační hustoty mnoha druhů členovců (mšice, třásnokřídli, larvy motýlů aj.) je významně ovlivňována množstvím a diverzitou přirozených antagonistů (parazitů, predátorů, patogenů) vyskytujících se v agroekosystému.

Viz např. Haeni F.J a kol.: Ochrana polních plodin v udržitelném zemědělství. Biocont, 2022.

3.2 Polní kontroly

Při polních kontrolách se sleduje průběh růstu, zdravotní stav plodiny a půdy a výskyt patogenů a antagonistů. Agronom tak včas získává podklady pro rozhodování o vhodných agrotechnických opatřeních a zásazích v ochraně rostlin s cílem dosažení optimálního výnosu.

Kdy? Kontrola se provádí nejlépe pravidelně, v každém případě však po prudké změně počasí a zhruba po dvou týdnech stálého počasí. Nejdůležitější termíny kontrol jednotlivých plodin jsou uvedeny v „Kalendářích pro integrovanou ochranu rostlin“ a v „Kalendářích pro regulaci plevelů“.

Co? Doporučujeme nejprve se v „Kalendáři pro integrovanou ochranu rostlin“ a v tabulce ke klíčení a vývoji plevelů (str. 40) podívat na původce významné v termínu provádění kontroly. Na prvním místě je vždy orientační prohlídka k rozpoznání možných nedostatků nebo výskytu patogenů a antagonistů a k posouzení nutnosti provést jejich cílené sčítání. Porost se úhlopříčně prochází a důkladně pozoruje. Kromě toho se projdou nápadná kritická místa, jako jsou ohniska nebo okrajové partie. Ke sledování výskytu některých škůdců dobře poslouží feromonové nebo barevné lapače (str. 37). Z barevných lepových desek se používají především žluté, protože tato barva láká mnoho druhů hmyzu. Některé druhy reagují na jiné barvy, například bzunka ječná na fialovou.

Jak? Sčítají se jen ti původci, u nichž hrozí překročení prahu zásahu. Je třeba zvolit takový způsob sčítání, aby se jeho výsledek dal srovnat s prahem škodlivosti. Počítá se tedy napadení nebo počet živočichů na rostlinu, na výhon, na list nebo na jednotku plochy. Není-li u jednotlivých plodin uvedeno nic jiného, kontroluje se zpravidla na deseti místech na pozemku vždy deset rostlinných jednotek (např. 10 listů na každém z 10 kontrolních míst).

Je-li práh škodlivosti uveden v hodnotě více než deset na sto jednotek a patogen se v porostu vyskytuje rovnoměrně, lze počet jednotek, na nichž se provádí sčítání, snížit na 10×5 .

U plevelů se pole celkově zhodnotí a na deseti místech napříč polem se spočítají jednotlivé druhy na jednom metru čtverečním, v případě silného výskytu na 0,1 m². Současně lze odhadnout procentuální pokryvnost plevelů (% pokrytého povrchu půdy).

Kde? Jelikož se prahy zásahu vztahují k průměrnému napadení, nesmí se agronom nechat svést k tomu, aby kontroloval jen určité části rostlin nebo např. jen starší rostliny. Nejlépe je důsledně dodržovat daný postup.

Příklad – první kontrola: projít 20 řádků od okraje pole, pak 15 kroků podél řádku – druhá kontrola: dalších 20 řádků, pak 15 kroků podél řádku atd.

Aby byly náležitě zohledněny i okrajové partie, je vhodné rozdělit kontrolní trasu na dvě poloviční úhlopříčky o pěti kontrolních místech. Na každém kontrolním místě se – bez ohledu na napadení či vývoj – kontroluje vždy celá série po sobě následujících deseti (nebo pěti) rostlinných jednotek. V některých případech by rostliny měly být vytrženy nebo odříznuty/odstřiženy a teprve na okraji pole zkontrolovány (viz pokyny u jednotlivých plodin).

3.2.1 Pšenice, ječmen

Polní kontroly

Pšenice

Projít úhlopříčně pozemkem a v pravidelných intervalech vytrhnout na 20 bodech po 2 hlavních odnožích. Na okraji pozemku vyhodnotit jejich (celkem 40 odnoží) zdravotní stav.

V případě stéblolamu se kontroluje, na kolika stéblech jsou oválné „medailonky“ napadeného pletiva.

U žluté a hnědé rzivosti pšenice, padlí travního a foesferiové skvrnitosti pšenice (braničnatky) se hodnotí, kolik ze tří horních, plně vyvinutých listů je napadeno (3 listy krát 40 rostlin = 120 listů).

U septorióz a hnědé skvrnitosti (DTR) vyhodnotit 4 nejvyšší listy.

Fuzariózy klasů: viz str. 41 - Haeni a kol, 2023

Mšice, kohoutci: Před odběrem vzorku rostlin ke kontrole zdravotního stavu na 20 místech odběrů vyhodnotit napadení vždy 5 hlavních stébel.

Ječmen

Padlí travní, spála ječmene, síťovitá skvrnitost, hnědá rzivost, tmavohnědá skvrnitost ječmene: Stejně hodnocení jako u pšenice; nicméně v kontrole III (fáze 37–49) hodnotit na druhém, třetím a čtvrtém nejvyšším listu včetně listové pochvy.

V případě prahů zásahu je v každém případě definováno jedno kritérium: Například 20–50 % listů s napadením. Nižší hodnoty platí pro náchylné odrůdy a pro podmínky s vysokým rizikem poškození.

I. Vzházení až konec odnožování Stadium 10–29

Posouzení napadení sněžnou plísnovitostí (*Microdochium majus* / *M. nivale*) a dalšími chorobami vzházejících rostlin – tyflovou skvrnitostí (*Typhula* sp.), bzunkou ječnou, květilkou obecnou, drátovci, háďátko a nemocemi z nedostatku živin.

Kritická hodnota pro zaorání: 120–150 rostlin/m².

Populaci plevelů je třeba vyhodnotit dle údajů v kapitole „Kontrolní postupy“, s. 49. Kromě veškerých přijatých opatření je třeba vyhodnotit situaci dle kalendáře pro regulaci plevelů (s. 61) a hodnotami populačních hustot plevelů (s. 57). Plevelná flóra musí být pravidelně hodnocena až do fáze 29.

II. Začátek sloupkování až fáze 2. kolénka Stadium 30–32

Kontrola napadení pšenice stéblolamem, padlím travním a žlutou rzivostí (rzí plevovou). Kontroly pozdě seté jarní pšenice a pozdě setého jarního ječmene na počet vajíček zelenušky žlutopásé. Kontrolují se příznaky nedostatku živin, kontroluje se hustota porostu a pozdní zaplevelení (např. svízel přitula, pcháč oset, svlačec). V příliš hustých porostech anebo při intenzivní nabídce dusíku je na místě jako nouzové opatření vyzkoušet retardaci růstu růstovým regulátorem.

III. Kontrola ve fázi praporcového listu Stadium 37–49

Kontrola pšenice na napadení Feosferiovou skvrnitostí (septorií), padlím travním, žlutou a hnědou rzivostí. Nejdůležitější kontrola ječmene na napadení spálou ječmene (rhynchosporiovou skvrnitostí) a hnědou skvrnitostí, jakož i padlím travním a hnědou rzivostí ječmene. Kontroly pozdě seté jarní pšenice a jarního ječmene. Hodnotí se počet vajíček zelenušky žlutopásé. U pšenice a ječmene se hodnotí také výskyt tmavohnědé skvrnitosti ječmene (Rcc, str. 97) a u ječmene navíc nespecifické příznaky poškození (PLS, str. 98).

Kontrola všech obilnin na výskyt kohoutků. Hodnocení příznaků nedostatku živin. V případě potřeby regulace růstu ječmene, žita a tritikale.

IV. Kontrola po ukončení vymetání klasů Stadium 59

Kontrola pšenice na napadení žlutou a hnědou rzivostí, Feosferiovou skvrnitostí, padlím travním a výskyt mšic.

3.2.1.1 Padlí travní *Erysiphe graminis*

Příznaky: Převážně na horní straně listů zpočátku malé vatovité polštářky mycelia nebo žluté a hnědé skvrny (nekrózy rezistence, tzv. « Dehtové skvrny », nezaměňovat se shodně označenými nespecifickými příznaky poškození, s. 98). Pozdější vznik šedohnědých povlaků s kulovitými, černými, 0,1–0,2 mm velkými plodnicemi (kleistothecia). Silně napadené listy žloutnou a předčasně odumírají. Napadeny mohou být všechny nadzemní části rostlin.

Význam: Význam padlí vzrostl s intenzifikací produkce obilnin. Ztráty výnosu způsobené výhradně padlím mohou v případě ječmene (časné napadení) a pšenice (pozdní napadení) v jednotlivých případech dosáhnout až 10 % i více procent. Na přezimovavším ječmeni může vést časné silné napadení dokonce k totálnímu poškození (nulové odnožování, oslabené kořeny, snížený počet zrn v klasech). Žito a oves bývají výrazně poškozeny jen zřídka.

Biologie

Hostitelské rostliny: Všechny obilniny kromě kukuřice, četné trávy. Každý druh obilniny má svou specializovanou formu padlí. Například padlí ječmene se nepřenáší na pšenici. Kromě toho existuje mnoho ras padlí, které jsou specializovány na různé odrůdy. Neustále vznikají nové rasy, které prolamují odrůdovou rezistenci.

Vývojový cyklus: Padlí přezimuje jako mycelium na živém pletivu hostitele (ozimé obilniny). Větrém přenášené letní infekce jsou způsobené konidiosporami tvořícími se na vatovitém myceliu. Houba proniká pouze do nejsvrchnější vrstvy listů. To je důvod, proč listy zůstávají zelené a zpočátku probíhá asimilace i pod polštářky mycelia. Černé plodnice (*kleistothecia*) přežívají horké období a zejména v chladných a vlhkých podmínkách podzimu uvolňují askospory, které infikují klíčící ozimy.

Ekologie: Zvyšující se hnojení dusíkem zvyšuje náchylnost rostlinných pletiv. Kromě toho je v hustých porostech pro houbu vhodnější mikroklima. Dlouhotrvající ovlhčení listů rozvoj padlí inhibuje. Optimální pro houbu jsou teploty 18–22 °C při vysoké vzdušné vlhkosti. Při teplotě 20 °C je inkubační doba pouze 3–4 dny, což vysvětluje občasné explozivní šíření padlí. Silnější zamoření často vzniká po suchém a

teplém počasí v dubnu až květnu. Při teplotách nad 25 °C se obvykle netvoří žádné myceliové polštářky, ale pouze žluté až hnědé skvrny (stejně jako na rezistentních odrůdách).

Ječmen je obzvláště citlivý mezi vzcházením a koncem sloupkování (později částečná „odolnost stářím“). **Pšenice** od odnožování až do mléčné zralosti. Také v pšenici jsou mladé listy náchylnější než staré, toleruje ale časné napadení lépe. Na druhé straně pšenice reaguje citlivě, pokud jsou napadeny citlivé praporcové listy a pluchy. Padlí vytváří vstupní brány pro jiné patogeny (paluška travní, Feosferiová skvrnitost (braničnatka), fuzariózy listů atd.). Padlí může být stimulováno herbicidy (např. isoproturon).

Ochrana

Nepřímá: Nepěstovat jarní ječmen vedle ozimého ječmene. Preferovat méně náchylné odrůdy a směsi odrůd. Ozimý ječmen nevysévat příliš brzy, jarní ječmen ne příliš pozdě. Ne příliš husté setí. Harmonické hnojení (ne příliš mnoho dusíku). Používejte opatrně přípravky zkracující stéblo, ne příliš pozdě.

Přímá: Práh zásahu pro použití fungicidů v pšenici ve fázi 31–61 (1 kolénko do nástupu kvetení): 25–50 % (30–60 % na 120 listů) napadených tří vrcholových listů. Práh hospodářské škodlivosti pro ječmen: napadení 25–50 % prvních tří vrcholových listů (ze 120 listů je postiženo 30–60) ve fázi 30–51 (nástup metání až viditelné špičky klasů).



Obr. 3.1 Padlí travní – napadení listů ozimé pšenice

3.2.1.2 Kohoutci Kohoutek černý: *Oulema melanopa*; kohoutek modrý: *O. lichenis*

Příznaky: 5–6 mm dlouzí brouci vyžírají v listech pozerky ve tvaru štěrbin. Larvy způsobují na horní straně listu typický pásovitý okénkovitý žír, pouze dolní povrchová vrstva (epidermis) zůstává. Žluté, až 5 mm dlouhé larvy jsou pokryty špinavě zelenou vrstvou výkalů, jsou proto často zaměňovány se slimáčky.

Význam: Kohoutci se vyskytují pravidelně. Již několik let lze pozorovat zvyšování populační hustoty, možná jako negativní efekt zvyšování intenzity hospodaření.

Biologie

Hostitelské rostliny: Preferovány jsou všechny obilniny, zejména jarní oves a pšenice, vzácněji žito, ječmen a luční trávy.

Vývojový cyklus: Brouci přezimují ve vrstvě hrabanky nebo v půdě luk. V dubnu se objevují v polích. Kladení cca. 1 mm dlouhých, žlutooranžových vajíček probíhá od konce dubna do konce června. Larvy se kuklí v půdě (*O. melanopa*) nebo v pěnových zámotcích na klasech (*O. lichenis*). Mladí brouci se líhnou v červenci a žijí až do podzimu na obilninách a travách. Oba druhy mají pouze jednu generaci v roce.

Ekologie: Suché a teplé počasí během kladení vajíček vede ke zvýšenému napadení. Slunéčka, střevlíci, drabčící, larvy zlatooček a dravé ploštice požírají vajíčka a larvy. Různé parazitické vosičky parazitují larvy a vajíčka. Larvy mohou být také napadeny entomopatogenní houbou rodu *Entomophthora* sp.

Účinek přirozených nepřátel je však velmi omezený a nespecifický, takže v případě vhodných podmínek (např. suché jaro) snadno dochází k masové reprodukci.

Ochrana

Nepřímá: Ochrana přirozených nepřátel.

Přímá: Práh zásahu ve fázích 39–50 (objevení se jazýčku posledního listu do metání) dvě larvy na stéblo, ve fázích 51–61 (metání až do začátku kvetení) dvě larvy na praporcový list (nejméně na 10 místech nepřetržitě prohledávejte praporcové listy na 5 stéblech). Proti larvám kohoutků je v ČR registrován ekologický přípravek Oroganic na bázi silic pomerančového oleje.



Obr. 3.2 Larva kohoutka černého

3.2.1.3 Mšice na obilninách: Kyjatka osení *Sitobion avenae*, kyjatka travní *Metopolophium dirhodum*, mšice střemchová: *Rhopalosiphum padi*

Poškození

Škůdci: Kyjatka osení (2–3,3 mm) se nachází hlavně v klasech, kyjatka travní (1,9–2,8 mm) na listech a mšice střemchová (1,6–2,2 mm) na stéblech a stopkách klasů.

Význam: V případě masového napadení mšice vyvolávají různé typy poškození: sání šťávy, intoxikace rostlin jedovatými slinami a vylučování medovice. K poškození dochází od kvetení až do konce mléčné zralosti. Škodlivě se projevuje především napadení klasů, méně i napadení listů. Důsledky napadení obilnin: menší zrna, snížená hmotnost zrna a méně bílkovin. Ztráty nad 10 % jsou vzácné.

Biologie

Hostitelské rostliny: Všechny obilniny a mnoho druhů trav. Zimní hostitelé: mšice střemchová – střemcha; kyjatka travní – růže. Kyjatka osení – trávy a obilniny.

Vývojový cyklus: Obilní mšice přezimují ve stadiu vajíčka. V časném jaře se líhnou tzv. zakladatelky. Asexuálně (parthenogeneze) vzniká nejprve neokřídlené, pak okřídlené potomstvo. To opouští zimní hostitele a napadá obilniny a další trávy, dokud na podzim znovu nepřeletí na zimní hostitelské rostliny. Zde vznikají sexuální jedinci, jejichž samice po oplození kladou přezimující vajíčka.

Ekologie: Obilní mšice se silně množí za teplého a suchého počasí. Pozdní zrání zrna rozvoj populace podporuje. Slunéčka, pestřenky a zlatoočka jsou významnými predátory. Dalšími antagonisty jsou parazitické vosičky a patogeny (houby r. *Entomophthora*).

Ochrana

Nepřímá: Ochrana užitečného hmyzu; vytváření oblastí na podporu biologické rozmanitosti, omezená chemická ochrana rostlin, přípravky šetřící užitečné organismy používat v nejnižších možných dávkách (také například při kontrole obilních kohoutků).

Přímá: Práh zásahu ve fázi 65 (v polovině kvetení): 60 % klasů s mšicemi a malým množstvím užitečného hmyzu (na nejméně 10 místech prohlédnout po 5 klasech)



Obr. 3.3 Kyjatka osení

3.2.2 Kukuřice

Polní kontroly

I. Před setím

Zejména ve druhém roce po rozorání luk může dojít k zamoření drátovci nebo ponravami. V tomto případě je třeba na podzim nebo na jaře na poli úhlopříčně na deseti místech na 1/4 m² půdních vzorcích (hloubka 20 cm) udělat za vhodné vlhkosti půdy (neprovádět za přílišného sucha) kontrolu.

II. Vzcházení až stadium 2 listů

Během vzcházení je třeba kontrolovat poškození porostu ptáky, patogeny vzcházejících rostlin a drátovci. Pokud existují tato nebezpečí, je třeba zkontrolovat hustotu porostu na minimálně 5 místech o 10 m délky řad. Pokud chybí více než 30–40 % rostlin, je třeba lokálně nebo celoplošně pozemek znovu osít.

Ve fázi dvou listů zkontrolovat pět krát deset rostlin na výskyt vajíček bzunky ječné, larev tiplic a žír housenek osenic.

Věnujte pozornost příznakům nedostatku živin. Na základě zaplevelení je třeba rozhodnout o potřebě ochranného zásahu proti plevelům.

III. Stadium šesti až osmi listů

Na základě příznaků nedostatku živin se rozhoduje o možném přihnojení. Kontrola poškození drátovci. V případě pozdního zaplevelení je ještě možnost poslední okopávky.

IV. V době zrání

Jako základ pro rozhodování o ochraně před zavíječem kukuřičným v příštím roce je třeba na začátku září alespoň na 10 místech zkontrolovat vždy na 10 rostlinách napadení zavíječem kukuřičným. S ohledem na budoucí plodinu, odrůdu a opatření posoudit také napadení chorobami stébel a listů.

3.2.2.1 Zavíječ kukuřičný *Ostrinia nubilalis*

Příznaky: Zpočátku jsou zvenčí viditelné pouze 3–4 mm velké otvory ve stéblech nebo palicích a hromádky drtě v okolí těchto otvorů. Drť se hromadí v úžlabí listů. Stébla napadená housenkami se někdy lámou. V červenci až srpnu se obvykle lámou pouze laty, později dochází k lámání hlavně nad palicí, méně často i mezi palicí a půdou.

Škůdce: Motýl je hnědožlutý a má rozpětí křídel od 2,5–3 cm. Jedním z rozlišovacích znaků samečků je delší zadeček, který vzadu přesahuje v klidu složená křídla o cca 2 mm (viz foto). Žlutohnědé housenky jsou až 30 mm dlouhé a mají černohnědou hlavovou kapsli, 3 páry hrudních nohou a 6 párů panožek na zadečku.

Význam: Zavíječ kukuřičný je nejvýznamnějším škůdcem kukuřice v hlavních oblastech pěstování kukuřice. Napadené rostliny dávají o 30–40 % snížený výnos. Následně může dojít k dalším ztrátám během skladování. Některé klasy leží v době sklizně na zemi nebo v průběhu sklizně padají na zem. Napadení zavíječem zvyšuje úroveň napadení a škodlivost fuzárií.

Hostitelské rostliny: Masové namnožení umožňuje kukuřice. Napadeny bývají i různé druhy divoce rostoucích rostlin, plevelů a pěstovaných rostlin, ale s výjimkou sóji jsou pro namnožení populace nevýznamné.

Vývojový cyklus: Housenky přezimují v kukuřičných stéblech, která zůstanou ležet na povrchu půdy. V květnu se kuklí a motýli 1. generace se líhnou od první dekády června. Po jednom dni začíná kladení vajíček. Let a ovipozice univoltinní (1 generace ročně) středoevropské populace zavíječů kukuřičných trvá od poloviny června do poloviny srpna. Bílá šupinám podobná vajíčka (cca 1 mm) jsou kladena ve snůškách asi 10–30 kusů v blízkosti středního žebra na spodních stranách listů. Housenky se vylíhnou po 10–15 dnech a zpočátku vyžírají drobná okénka do listů nebo žerou prašníky, po druhém svlékání se zavrtávají do stébel nebo palic. Zpočátku migrují nahoru, později dolů. U kolének opouštějí housenky stébla a znovu se pod nimi zavrtávají. Plně vyvinuté housenky vcházejí do klidové fáze, která trvá do jara příštího roku. Kuklí se v květnu příštího roku. V jižnějších oblastech (jižní Morava existuje bivoltinní populace, která má během roku 2 generace. Let druhé generace trvá až do poloviny září. Tato populace se i u nás postupně rozšiřuje do dalších oblastí.

Ekologie: Původními živnými rostlinami zavíječe kukuřičného v Evropě byly různé druhy rostlin (rdesna, kopřiva, konopí) a jeho výskyt byl redukován řadou antagonistů, jako jsou ptáci, parazitické vosy a různý dravý hmyz. Teprve velkoplošné pěstování kukuřice umožnilo masovou reprodukci škůdce. Čím více je v krajině kukuřice, zejména kukuřice na zrna, tím jsou podmínky pro zavíječe kukuřičného příznivější. Podrost podporuje užitečný hmyz, zejména dravé plošnice.

Ochrana

Nepřímá: U kukuřice s podrostem je zamoření zavíječem kukuřičným zřetelně nižší, protože tento podrost poskytuje dravému hmyzu lepší podmínky k existenci (více pylu a nektaru) a ten zlikviduje více larev škůdce. Pokud byla kukuřice silně zamořena, je vhodné povrchové rozdrcení posklizňových zbytků mulčovačem, což zničí část housenek. S nerozdrcenou slámou zaorané housenky nehynou, část z nich vylézá na povrch půdy a snaží se najít zbytky kukuřičné slámy, do které se znovu zavrtávají. Kvalitní orba, při které dojde do konce dubna k zaorání většiny rostlinných zbytků má také významný pozitivní efekt. Nízké sečení a drcení slámy prevencí usnadňuje. Pokud po kukuřici následuje bezorebná plodina, mohou být zbytky kukuřice mulčovačem rozdrceny na asi 5 cm kousky, což také snižuje úspěšnost přezimování larev.

Přímá: Práh škodlivosti v kukuřici na zrna je výskyt 10–20 % napadených rostlin na okolních polích, kde byla loni kukuřice. U kukuřice na siláž je to 20–30 % napadených rostlin (loni). (Na více polích zkontrolujte na 10 místech po 10 vedle sebe rostoucích rostlin. Biologická ochrana vaječnými parazitoidy rodu *Trichogramma* se provádí na počátku letu (a kladení vajíček) zavíječe. V ČR jsou k ochraně kukuřice před zavíječem registrovány tři přípravky na bázi parazitoidů rodu *Trichogramma*. Nejrozšířenější

Tricholet® je letecky aplikovaná *T. evanescens*. Druhým produktem je směs *T. pinto* a *T. evanescens* v biologicky odbouratelných kapslích pod názvem Trichoplus®. Tyto kapsle se aplikují buď ručně, nebo dronem. Třetím produktem je TrichoTop® obsahující *T. brassicae*. Tricholet® a Trichoplus® se aplikují 2x, TrichoPlus® pouze jednou. V případě cukrové kukuřice, která je zavíječem více napadána a v případě bivoltinní populace je třeba více aplikací většího množství Trichogrammy. Povolena je rovněž aplikace přípravků na bázi bakterie *B. thuringiensis* (Lepinox® Plus).



Obr. 3.4 Typické příznaky napadení stébla kukuřice zavíječem kukuřičným

3.2.2.2 Bázlivec kukuřičný *Diabrotica virgifera virgifera*

Poškození: Brouci se živí kukuřičnými listy a pylem. Kromě toho žerou blizny kvetoucí kukuřice, což narušuje opylení kukuřičných palic. Larvy jsou mnohem škodlivější. Larvy nejprve požírají vlasové kořínky, později i větší kořeny. Poškození kořenů vede k tendenci vyvracení rostlin kukuřice. Ztráty výnosů jsou obvykle 10–15 %, ale možné jsou až 90 % ztráty. Je to hlavní škůdce kukuřice v USA, pochází ze Střední Ameriky. V Evropě byl zjištěn poprvé v roce 1992 v Bělehradu. Je to nový invazivní škůdce (Neozoa). V ČR byl poprvé zjištěn v roce 2002 na Hodonínsku. Dnes je rozšířen ve všech oblastech pěstování kukuřice v ČR a šíří se dále na sever Polskem. Od roku 2014 již tento druh není v Evropě karanténním objektem, protože je rozšířen ve většině oblastí pěstování kukuřice a eradikace již není možná.

Biologie: Brouci doletí na jeden let až 20–30 km daleko. Létají od června do září. Každá samice klade do půdy kukuřičných polí 600 až 1000 vajíček. Kukuřice je preferovanou hostitelskou rostlinou (alternativní hostitelé jsou např. sója, slunečnice, řepka). Vajíčka zůstávají během zimy v půdě, kde přežívají i teploty -10 °C. Od května při teplotě půdy 12–13 °C, se larvy líhnou a již v červnu působí první škody na kořenech kukuřice. Za pět až devět týdnů (tři larvální instary) mají vzhled bělavě žlutých larev se třemi páry nohou a bělavě hnědou hlavovou kapslí, délka larev 10–18 mm. Poté probíhá během jednoho až dvou týdnů kuklení.

Ochrana

Nepřímá: Nepěstovat kukuřici po kukuřici!

Přímá: V integrované produkci by měla být upřednostňována aplikace entomopatogenních hád'átek *Heterorhabditis bacteriophora* do půdy ke kořenům kukuřice. V konvenci moření osiva (tefluthrin) nebo

postřik proti dospělcům širokospektrými insekticidy. Nadějně jsou výsledky registračních testů matení samic sexuálním feromonem (metoda „Mating disruption“).



Obr.3.5 Samička bázlivce kukuřičného

3.2.2.3 Bzunka ječná *Oscinella frit*

Příznaky: Na listech mladých rostlin jsou bledě žlutá, zjizvená, často podélná poranění nebo deformace. Občas zůstávají špičky dvou listů do sebe zaklesnuty a normálně se nerozvinou. Typické jsou příčně probíhající řady otvorů v listu. Napadené rostliny mají často zbrzděný růst a tvoří boční stébla.

Význam: Úroveň napadení a výsledná ztráta velmi silně kolísají v závislosti na roce, termínu výsevu a lokalitě. Ztráty vyšší než 10 % nebývají časté. K poškození dochází hlavně v případě, že vývoj mezi vzejitím a stadiem 10 listů je narušen.

Biologie

Hostitelské rostliny: Kukuřice, obilniny (hlavně oves a ječmen), lipnice luční, jílky a kostrava červená. Ostatní trávy jsou méně významné.

Vývojový cyklus: Bzunka ječná má tři generace. Kukuřici poškozuje první generace. Moucha klade bílá, 0,7 mm dlouhá vajíčka, v závislosti na průběhu počasí na jaře v dubnu a květnu na spodní stranu listů a stéblo. Kukuřičné rostliny s jedním nebo dvěma listy jsou preferovány. Již ve fázi 3 listů rostliny téměř nejsou atraktivní. 2–4 mm dlouhé larvy se živí v blízkosti vegetačního vrcholu ještě nerozvinutými listy. Viz také „Obiloviny“.

Ekologie: Bzunka ječná preferuje vlhká stanoviště. Důležitými přírodními antagonisty jsou střevlíci (*Bembidion* sp. a *Agonum* sp.) a parazitické vosičky.

Ochrana

Nepřímá: Podpora vývoje a růstu mladých rostlin výběrem odrůd a optimálního výsevu (seťové lůžko, doba setí).

Přímá: Práh zásahu (orientační hodnota) pro použití insekticidního zásahu: 6 vajíček/10 rostlin; doba použití-fáze 2 listů.

3.2.3 Brambor *Solanum tuberosum*

3.2.3.1 Plíseň bramboru: *Phytophthora infestans*

Poškození

Příznaky na listech: Velké šedohnědé nebo tmavě hnědé skvrny se žlutozeleným okrajem. Na spodní straně listu je při dostatečné vlhkosti v zeleném porostu vidět jemný bílý povlak plísně. Na horní straně listu a na odumřelém hnědém pletivu toto není přítomno. Pokud je na horní straně listu nebo na mrtvých částech listu viditelné mycelium, pak se jedná o neškodné plísně, většinou botrytidu.

Příznaky na stoncích: Napadené části jsou tmavě hnědé, suché a nápadně křehké. Na přechodové zóně je někdy viditelný povlak bílé plísně. Příležitostně bývají lokálně napadeny především stonky. V těchto případech jsou nad napadenými místy rostoucí listy žluté a vadnou.

Příznaky na hlízách: Napadené části hlíz jsou na povrchu zbarvené šedě. Za sucha se tyto skvrny propadají. Uvnitř je neostře ohraničená napadená část se změněnou barvou, často mramorovaná, rezavě hnědá a suše shnilá (hnědá hniloba). Při vysoké vlhkosti v půdě nebo ve skladu dochází k sekundárnímu napadení bakteriemi způsobujícími mokrou hnilobu, které také napadají zdravé hlízy.

Význam: U středně a vysoce citlivých odrůd jsou možné totální ztráty. Při skladování dochází při příliš vlhkých podmínkách k velmi vysokým ztrátám.

Biologie

Hostitelské rostliny: Brambor, rajče, lilek.

Vývojový cyklus: Tato pravá plíseň (Oomycetes) přezimuje v napadených hlízách ve skladech. V otevřeném terénu nemocné hlízy přezimují jen vzácně. Z epidemiologického hlediska jsou asi nejvýznamnější mírně napadené hlízy sadbových brambor. Z nich vyrůstají napadené stonky, na kterých se dříve, než odumřou, vyvíjejí sporangia. Tato sporangia jsou rozstříkována dešťovými kapkami a přenášena větrem na sousední rostliny. Vzniká primární ohnisko, z něhož se do okolí šíří stále více sporangií. Zdrojem infekce jsou také napadené hlízy, které se dostanou na skládky. Za 3–8 dní po infekci je choroba viditelná jako nové sporangiofory (bílý povlak sporangioforů). Sporangia jsou zčásti větrem přenášena na dlouhé vzdálenosti, většina nicméně padá na okolní povrch půdy a rostliny. S vodou (déšť, závlaha) se dostávají sporangia a uvolněné zoospory do půdy, kde jsou nově napadány hlízy. Při sklizni jsou hlízy infikovány také kontaktem se sporulujícím patogenem na bylinné části rostlin.

Ekologie: Severně od Alp se objevují první primární ohniska v první polovině června. Pod fóliemi se vyskytují mnohem dříve, někdy již na začátku května. Tvorba sporangií a infekce je možná pouze při relativní vlhkosti vzduchu nad 90 % (rosa, déšť). Pro šíření patogena jsou optimální dva teplotní rozsahy: 10–14 °C a 20–21 °C. Při teplotě nad 32 °C a suchu mycelium plísně v listech odumírá, ale přežívá ve stoncích a může vyvolat novou epidemii během 2–3 týdnů.

Ochrana

Nepřímá: Pěstujte méně náchylné odrůdy. Odstraňte před výsadbou napadené hlízy. Na jaře řádně zlikvidujte bramborový odpad. Hniloba hlíz může být snížena dobrým nakopčením a včasným odstraněním natě: ničení natě mechanicky, chemicky (sikace, nazývaná také desikace), tepelné odstranění natě kombinované s použitím elektrického proudu (srov. str. 46). Preventivní opatření proti hnilobě ve skladech: sklizeň za suchého počasí, odstranění nemocných hlíz během sklizně, meziskladování hlíz na suchém místě a po 3–4 týdnech jejich vytrídění, skladování při dobré ventilaci.

Přímá: U vysoce náchylných odrůd (např. Bintje, Gourmandine, Gwenne) a u středně citlivých (např. Agria, Victoria, Ditta, Erika) je třeba nat' po celou dobu trvání letu spor chránit fungicidy. První ošetření provést, jakmile v širším okolí dojde k prvnímu výskytu plísně, nejpozději však při uzavření porostu. Po prvním napadení v regionu je třeba porost chránit od chvíle, kdy se i malé trsy v řádcích začnou dotýkat. Další ošetření v intervalu 1–3 týdnů, v závislosti na počasí a růstu.

V případě méně náchylných odrůd (např. Vitabella, Markies) stačí od chvíle prvního napadení v dané oblasti dvě ošetření. Pokud nedojde k napadení, mělo by být provedeno na začátku zralosti jedno ošetření. Je-li k dispozici prognostický systém (např. „FytoPRE“), mohou být data ošetření na základě konkrétních údajů o terénu a počasí definována přesněji. Nať v primárních ohniscích musí být okamžitě zničena (sečení, vytrhání, použití sikačního prostředku). Zbytek pole je třeba dvakrát během 3–5 dnů ošetřit semisystémovým fungicidem. Existují kmeny patogena, které jsou vůči určitým účinným látkám odolné. Kvůli riziku rezistence je třeba střídat přípravky s různými mechanismy účinku.

Vhodná je jejich kombinace přípravků na bázi mědi (maximálně 4 kg čisté mědi na ha a rok) s aktivátory signálního systému rostlinné imunity (např. Memcomba) a přípravky na bázi bakterií (Altela).



Obr. 3.6 Příznaky napadení bramboru plísň bramboru. Typické jsou skvrny se světlezelenou okrajovou zónou

3.2.3.2 Mandelinka bramborová *Leptinotarsa decemlineata*

Příznaky: Zpočátku se na listech objevují dírkové požerky, později okrajový žír brouků (10–12 mm dlouhých) a larev (až 15 mm). V případě silného napadení může dojít až k holožiru, takže z rostlin zůstanou jen stonky.

Význam: Při časném holožiru mohou ztráty dosáhnout 30 až 50 %. Takové poškození je však při normálním průběhu počasí vzácné.

Biologie

Hostitelské rostliny: Brambory, ale také rajčata, baklažány a plevely, jakým je lilek černý.

Vývojový cyklus: Dospělí brouci přezimují v půdě, především na pozemku, kde se vylíhli. V květnu osidluji porosty brambor. Po asi 10–14 dnů trvajícím úživném žiru začíná kladení vajíček. Červeno-černé larvy nové, škodící generace se třikrát před kuklením v zemi svlékají. Brouci nové generace se objeví koncem června a začátkem července. Doba vývoje jedné generace trvá od nakladení vajíček až po líhnutí brouků 40–60 dní. V normálních letech se u nás vyvíjí pouze jedna generace. Část brouků přezimuje dvakrát.

Ekologie: Vysoké teploty v červnu a začátkem července zvyšují množství nakladených vajíček. Suché a horké počasí vede k silnému namnožení a zvýšeným škodám, což se projevuje i následující rok. Přirozenými nepřáteli s omezeným účinkem jsou ptáci, dravý nebo parazitický hmyz, hlístice a entomopatogenní houby.

Ochrana

Nepřímá: Rozsáhlejší střídání plodin (v následujícím roce také sousední pozemky bez brambor), stejně jako časná výsadba a předklíčení sadby může snížit pravděpodobnost poškození.

Přímá: Po náletu brouků zkontrolujte 10 x 5 rostlin. Práh škodlivosti je 30 % rostlin s larvami a/nebo 1 napadený trs/ar. nebo azadirachtin (extrakt ze semen stromu *Azadirachta indica*) nebo směsné ošetření v intervalu 7–10 dnů: Spinosad (účinná látka aktinobakterie *Saccharopolyspora spinosa*) Proti všem larválním stádiím a broukům použijte maximálně dvakrát/rok.

Přípravky na bázi *Bacillus thuringiensis tenebrionis* zatím nejsou v ČR znovu povoleny.



Obr. 3.7 Dospělec, mandelinky bramborové, larvy různých instarů a snůška vajíček.

3.2.3.3 Mšice broskvoňová *Myzus persicae*

Tato mšice je dlouhá 1,7–2,7 mm. Její škodlivost spočívá v přenosu virových chorob (vektor) cukrovky a brambor. Přímá poškození sáním jsou zanedbatelná. Při přímé insekticidní ochraně je třeba mít na paměti rezistenci vůči insekticidům. Dalšími, ale výrazně významnějšími vektory některých virových onemocnění řepy a brambor jsou např. kyjatka zahradní (*Macrosiphum euphorbiae*) a kyjatka zemáková (*Aulacorthum solani*). Aplikací insekticidu (volte účinné látky šetřící užitečný hmyz) může být přenos virů omezen. Práh zásahu: sledujte poradenské zprávy specializované služby pro pěstování brambor a cukrové řepy. Z ekologicky vhodných insekticidů by byla vhodná registrace přípravku Oroganic. Aplikace rostlinného insekticidu NeemAzal®T/S proti mandelince bramborové je vůči mšicím rovněž účinná.



Obr. 3.8 Mšice broskvoňová

3.2.4 Řepka olejka *Brassica napus* var. *napus*

3.2.4.1 Bílá hniloba *Sclerotinia sclerotiorum*

Příznaky: Od poloviny června se na stoncích objevují bělavé zóny, ojediněle s bílým vatovitým myceliem a jednotlivými sklerocii. Duté stonky obsahují vločkovité mycelium s černými, různě velkými sklerocii. Části rostliny nad místem napadení nouzově dozrávají.

Význam: především na vlhkých stanovištích je onemocnění běžné, významné pouze sporadicky. Následkem špatného vývoje semen a předčasným praskáním šesulí mohou ztráty dosahovat 10–30 %.

Biologie

Hostitelské rostliny: prakticky všechny silnokořenné plodiny či rostliny se dřením ve stoncích (např. slunečnice), sekundárně kořenové plodiny ve skládkách a mnoho příbuzných planých rostlin.

Biocyklus: sklerocia přežívají v půdě více než 3 roky. Houba může ale dlouho přežívat saprofytický. Od konce dubna vyrůstají ze sklerocií na povrch půdy plodnice (apothecia), z nichž se počátkem června uvolňují askospory. Řepka je infikována především v místech osy listů, kde na stoncích zůstaly přichyceny korunní lístky květů. Během zrání řepky houba tvoří jen mycelium a sklerocia, ale netvoří spory.

Ekologie: V úzkých osevních sledech a na špatně osychajících stanovištích se zvyšuje nebezpečí infekce. Napadení je silně závislé na průběhu počasí, protože uvolnění spor, kvetení a vlhkost musí být v časovém souladu. Teplé a střídavě vlhké počasí před a během kvetení podporuje silné infekce; sucho nebo období dešťů naproti tomu snižují uvolňování spor.

Ochrana

Nepřímá: Dodržování doporučeného přerušení pěstování řepky a dalších náchylných druhů hostitelských rostlin, stejně jako regulace plevelů v mezidobí udržují zamoření půdy v přijatelných hranicích. Vývoj patogena potlačují tolerantní odrůdy, nadměrné dávky N jej podporují.

Přímá: Na jaře aplikujte 200–400 kg/ha kyanamidu vápenatého. (Ve Švýcarsku je při vysokém nebezpečí napadení povoleno jednorázové ošetření fungicidem pouze v době, kdy je ukončený let včel (večer), od poloviny butonizace do plného kvetení (pokud možno pouze před začátkem kvetení).

Biologická ochrana je možná pomocí půdní houby *Coniothyrium minitans* (Contans).



Obr. 3.9 Stonek řepky napadený bílou hnilobou

3.2.4.2 Blýskáčci *Brassicogethes* (Syn. *Meligethes*) spp.: *B. aeneus*, *B. viridescens*

Příznaky a škůdce: Černí, lesklí, 1,5–2,5 mm dlouzí brouci vžírající se do květních pupat. Rostliny později vykazují četné prázdné květy nebo stonky bez šesulí. Jednotlivé šesule jsou zkroucené.

Význam: Často se vyskytující významný škůdce. Snížení výnosu může dosahovat až 50 %. V případě velmi silného napadení je možná úplná ztráta výnosu, protože řepka v důsledku probíhající tvorby nových výhonků nedozrává a nelze vymlátit.

Biologie

Hostitelské rostliny: řepka a brukev řepák. Blýskáčci navštěvují květy mnoha druhů rostlin, aniž by zde škodili.

Vývojový cyklus: Brouci prezimují v hrabance lesních okrajů a křovin. Začátkem dubna naletují ve velkém množství do řepkových polí. Živí se téměř výhradně pylem. Před rozkvetem se brouci vžírají do pupat, aby se dostali k prašníkům. Poškozená pupata vadnou a obvykle později opadávají. Od rozkvetu

dospělci nezpůsobují téměř žádné škody. Brouci kladou vajíčka do pupat. Až 4 mm dlouhé žlutavě bílé larvy s černohnědou hlavou se živí hlavně pylem. Jsou pro pupata velmi škodlivé. Kuklí se v půdě a nová generace brouků se objevuje v červenci. Do srpna se nacházejí na různých druzích rostlin. Poté vyhledávají místa k přezimování.

Ekologie: Zimní úkryty brouci opouštějí při teplotách půdy 10–11 °C. Hromadný přelet do řepky začíná od 15 °C. Larvy parazitují různé druhy blanokřídlých parazitoidů.

Ochrana

Nepřímá: Metoda push-pull. Na okraji pole vysejte 6–12 m široký pruh řepky s přídavkem 5 % osiva dříve kvetoucího řepáku: brouci přednostně nalétnou na pupata řepáku (pull effect) a tím je odlákáte od citlivých pupat řepky. Odrůdy s rychlým vývojem se rychleji dostanou z citlivé fáze. Push efekt lze zesílit aplikací kaolinu. Kontrola náletu brouků žlutými miskami nebo žlutými lepovými deskami na vrtuli třešňovou.

Přímá: Práh zásahu: 6 brouků (4 ve slabších porostech řepky) na rostlinu ve stadiu 53–55. 10 brouků (7 ve slabších porostech) na rostlinu ve fázi 57–59. Výběr a střídání insekticidů dle stávajících informací o rezistenci populací blýskáčků.

Částečný účinek kaolinu (bílá zemina) s lepidlem. Mechanické vysávání brouků (asi 60–70 % účinek). Je naděje, že brzy bude povolen přípravek na bázi houby *Beauveria bassiana*.



Obr. 3.10 Larva blýskáčka

3.2.4.3 Krytonosec šesulový *Ceutorhynchus assimilis*

Příznaky a škůdce: 2,5–3 mm dlouzí nosatcovití brouci jsou stejnoměrně šedě zbarvení. Nohy jsou černé. Migrují před květem do řepkových polí a vyžirají do mladých šesulí dírky, do nichž samice kladou vajíčka. Bílé, beznohé larvy s hnědou hlavou vyžirají ze šesule 3–5 zrn. Z vnějšku se napadení stává viditelným, až když se larva před kuklením prokousá stěnou šesule malým (asi 0,8 mm) kulatým otvorem ve stěně ven. Larvy se kuklí v půdě. Mladí brouci po vylíhnutí poměrně brzy vyhledávají křoviny a okraje lesů, kde v opadance přezimují. Kromě přímé ztráty zrna dochází rovněž k nepřímému poškození, protože tento nosatec umožňuje napadení šesulí bejlomorkou kapustovou. Hodnota prahu zásahu před kvetením: 1 brouk na rostlinu; při silném výskytu bejlomorky kapustové: 0,5 brouka na rostlinu.



Obr. 3.11 Krytonosec šešulový

3.2.4.4 Bejlmorka kapustová *Dasineura brassicae*

Napadené lusky jsou před dozráním nažloutlé a ztlustělé. Uvnitř jsou četné bílé, štíhlé drobné (1-2 mm) beznohé larvičky. Šešule předčasně praskají, což způsobí vypadávání zrn. Napadení je časté, ale obvykle je silnější pouze na okrajích polí. Uvnitř polí dochází jen zřídka ke ztrátám dosahujícím asi 10 %. Bejlmorka kapustová má tři generace ročně. První přilétá z loňských řepkových polí v době květních pupat. Samice kladou přímo do mladých, 1–2 cm dlouhých šešulí. Do starších a větších šešulí mohou zpravidla klást vajíčka pouze ranami – otvory po larvách krytonosce šešulového, nebo ranami po krupobití. Druhá generace následuje v červnu. Z kukel této druhé generace se před přezimováním líhne jen část dospělců, kteří tvoří třetí generaci. V případě ozimé řepky olejné je hospodářsky důležitá pouze první generace. Jedinci druhé a třetí generace napadají brukvovité rostliny v meziplodinových a krmných směskách a v zeleném hnojení. Aplikace chemických insekticidů proti blýskáčkům a krytonosci šešulovému částečně hubí i bejlmorku kapustovou. Použití insekticidu pouze proti bejlmorce není opodstatněné.



Obr. 3.12 Poškození řepky bejlmorkou kapustovou

3.2.4.5 Krytonosec čtyřzubý *Ceutorhynchus quadridens*, Syn.: *Ceutorhynchus pallidactylus*

Krytonosec čtyřzubý se vyskytuje na všech polích řepky olejné. Je ale výrazně méně škodlivý než krytonosec řepkový. I při silném napadení zůstává ztráta výnosu pod 20 %. Brouci jsou 2,5–3,5 mm dlouzí a obvykle mají na hřbetě mezi krovkami jednu jasnou skvrnu. Typické jsou hnědé až načervenalé nohy (chodidlové články noh).

Na napadených rostlinách nejsou žádné deformace, zvenčí jsou viditelná pouze vykousaná místa pro naklazení vajíček. Na rozdíl od krytonosce řepkového klade vajíčka hlavně v bazálních částech řapíků, méně často v hlavních stoncích. V sousedících řapících bývá několik vpichů. V napadeném stonku se nachází v květnu až červnu více larev, které habituálně nelze rozlišit od larev krytonosce řepkového. Napadené rostliny jsou méně stabilní a zčásti nejsou zralé. Ochrana před krytonoscem řepkovým funguje také proti krytonosci čtyřzubému.



Obr. 3.13 Krytonosec čtyřzubý

3.2.4.6 Mšice zelná *Brevicoryne brassicae*

Až 2,5 mm velké mšice pokryté jakoby moučnou voskovou vrstvou. V době mezi kvetením a zráním mohou tvořit početné kolonie, které vytváří „hnízda“ dosahují průměru i více metrů. Napadené rostliny předčasně odumírají a zrna vypadávají. Řepka olejná bývá silně napadena jen vzácně, nanejvýš v letech s nízkou hustotou antagonistů mšic. Tato mšice bývá jen málo napadána houbovými patogeny, takže masová reprodukce trvá v kritických letech déle než u jiných druhů mšic napadajících polní plodiny. Práh zásahu: 2 kolonie/m² od konce kvetení do 40 dnů před sklizní. Někdy stačí ošetřit pouze okraj pole.



Obr. 3.14 Kolonie mšice zelné na řepce

3.2.5 Hrách setý *Pisum sativum*

Polní kontroly

I. Kontroly po vzejití

Po vzejití je u 10 za sebou jdoucích rostlin, odebraných na různých místech pozemku, kontrolován na bazálních listech výskyt požerků listopase čárkovaného. Pokud dlouhodobě převládají špatné podmínky pro růst hrachu, kontrola se opakuje. Současně by měla být věnována pozornost včasnému zachycení napadení rostlin plísni hrachovou, která se ale časně vyskytuje jen zřídka.

Silně deformované rostliny nebo špatně klíčící semena jsou při náhodné kontrole vyjmuty z půdy a stanoví se původce poškození (původce spály či vadnutí). Tímto způsobem lze již nyní vyvodit závěry týkající se patogenů přenášených osivem a půdou. O regulaci vytrvalých plevelů je třeba rozhodnout od výšky 5–10 cm.

II. Kontroly před květem až do tvorby lusků

U hrachu pěstovaného na zrna, zejména pokud byl pozdě vysetý, je nutné 1–2krát týdně kontrolovat výskyt mšic. Na 10 místech pozemku se sklepává 5 výhonů. Při silném infekčním tlaku se při diagonálním průchodu pozemkem prohlédne 100 vrcholků stonků a zjišťuje se přítomnost dospělých plodomorky.

U krmného hrachu je vhodné umístit feromonové lapače ke stanovení populační hustoty obaleče hrachového. Monitorování mšic je potřebné až od počátku kvetení.

Od počátku kvetení je třeba počítat s napadením trásněnkami. Při kontrole koncem kvetení je za vlhkého teplého počasí viditelné na odumřelých korunních lístcích napadení houbou *Botrytis cinerea*. Nyní bychom si také měli utvořit obrázek o rozsahu infekce plísni a o četnosti výskytu rostlin napadených původci spály a vadnutí, a přijmout tak správná nepřímá ochranná opatření pro následující plodiny (osevní sled, výběr odrůd a stanoviště).

Jakmile jsou nasazeny lusky, je u krmného hrachu, a u později vysetého hrachu pro potravinářské účely, u náhodných vzorků listů sledován výskyt larev obaleče hrachového.

3.2.5.1 Strupovitost *Mycosphaerella pinodes* (synonyma: *Didymella pinodes*, *Ascochyta pinodes*), *Ascochyta pisi* a *Phoma medicaginis* var. *pinodella* (synonymum: *A. pinodella*)

Příznaky: různé symptomy strupovitosti se mohou vyskytovat na všech nadzemních částech, v závislosti na původci.

Mycosphaerella pinodes tvoří až 7 mm velké, neostře ohraničené, červenohnědé skvrny, často uspořádané do koncentrických prstenců. Skvrny *Ascochyta pisi* jsou až 1 cm velké, kulaté, světle hnědé, mírně vkleslé, s tmavým, mírně vyvýšeným okrajem. Ve středu skvrn se vyvíjejí tmavé pyknidy. *Phoma medicaginis* způsobuje na listech nepravidelné, tmavě hnědé skvrny, na luscích menší, fialově černé, tečkovité nekrózy. Houba je také původcem skvrnitých, černohnědých kořenů, báze a celých stonků. Napadené pletivo trouchniví a rostliny zahnívají.

Význam: Výskyt onemocnění je častý. Napadení kořenů a stonků vede k vyšším škodám než napadení lusků a semen a může vést k nutnému zaorání porostu. Strupovitost lusků ztěžuje produkci osiva a u hrachu na zrna může snížit jeho kvalitu.

Biologie

Hostitelské rostliny: hrách, bob koňský, bob zahradní, lupina, vojtěška, jetel červený a cizrna.

Biocyklus: na listech a luscích se tvoří hnědé až černé pyknidy, z nichž jsou uvolňovány pyknostry. Nové symptomy se opět objevují za 6–10 dnů. Houba se přenáší především osivem, pyknidy mohou přežívat i na posklizňových zbytcích a v půdě.

Ekologie: při dlouhotrvajícím špatném počasí s vysokou vlhkostí vzduchu, deštěm a větrem se patogen šíří v porostu velmi rychle.

Ochrana

Nepřímá: Používejte zdravé uznané osivo. Pěstování přerušte na 4–5 let a z osevního sledu vyřaďte hostitelské rostliny. Vybírejte tolerantní odrůdy.

Přímá: Účinnost moření osiva je jen částečná. Ošetření fungicidy se provádí na počátku napadení, nejdříve od počátku kvetení. Za vegetaci maximálně 2 ošetření.



Obr. 3.15 *Mycosphaerelová hnědá strupovitost na listu hrachu*

3.2.5.2 Kořenová a stonková hniloba a vadnutí hrachu *Fusarium oxysporum* a *Fusarium solani* f.sp. pisi, *Aphanomyces euteiches*, *Ascochyta* spp., *Rhizoctonia* sp., *Pythium* sp. a další

Příznaky: Od konce května rostliny v hnízdech zaostávají v růstu, jsou šedozelené, se svinujícími se listy, vadnou, žloutnou a během krátké doby zasychají. Cévní svazky jsou v bazální části červenožluté.

Vadnutí hrachu může být viditelné také až koncem června: vadnou nejprve bazální listy, později i výše postavené. Báze stonku a hlavní kořen jsou tmavě hnědé až černé, převážně s odumřelými postranními kořeny. Cévní svazky ve spodní části stonků jsou červeno hnědě zbarveny. Rostliny žloutnou a odumírají. Na pozemcích se vyskytují většinou směsné infekce několika různých patogenů.

Význam: Choroby stonků a vadnutí patří k nejvýznamnějším onemocněním hrachu. Jejich původci jsou značně rozšířeni a vyskytují se především ve všech oblastech s intenzivní produkcí hrachu. Škody mohou být místně tak vysoké, že další pěstování plodiny už nemá smysl.

Biologie

Hostitelské rostliny: houby přežívají několik let saprofytický v půdě nebo jsou přenášeny osivem. Klíčící spory napadají kořeny rostlin a děložní lístky. Na odumřelých pletivech na bázi stonku se tvoří ložiska spor. Při sklizni infikují spory dosud zdravá semena.

Ekologie: V mírně vlhkých, teplých podmínkách může při častém pěstování hrachu docházet k zvyšování zamoření půdy. Volně žijící kořenová hádátka poškozují kořeny a zvyšují nebezpečí napadení.

Ochrana

Nepřímá: Pokud je dodrženo 6–8leté přerušení osevního sledu, napadení se sníží. Použití zdravého osiva.

Přímá: Mořením osiva lze zabránit napadení patogeny přenosnými osivem. Patogeny nacházející se v půdě však potlačuje jen nedostatečně.



Obr. 3.16 Porost hrachu napadený původci kořenové hniloby a vadnutí

3.2.5.3 Kyjatka hrachová *Acyrtosiphon pisum*

Škůdce: První mšice se nacházejí ve složených listech na vegetačním vrcholu. Při silném napadení a suchém počasí dochází ke stáčení vegetačního vrcholu. Mladé listy jsou částečně srolovány a zbarvují se do žluta. Neokřídlené mšice jsou 3, 5-5 mm dlouhé, vřetenovité, světle zelené (některé populace jsou růžové až červené), s dlouhými tykadly a tmavě červenýma očima. Okřídlené formy jsou o něco menší.

Význam: Nasazení květů a lusků může být v případě silného napadení sáním mšic redukováno. Lusky opadávají, zrna jsou menší. Kyjatka hrachová navíc přenáší různé viry.

Biologie

Hostitelské rostliny: Hrách, fazole, vojtěška, jetel luční.

Biocyklus: Mšice přezimují ve stadiu zimních vajíček na vytrvalých bobovitých rostlinách. Částečně přezimují i dospělci. Od druhé generace se objevují první okřídlené formy, které přeletují do hrachu a bobu. Do léta se vyvine ještě několik generací. Od října kladou mšice zimní vajíčka.

Ekologie: Při průměrné teplotě 20 °C se každých deset dnů vyvine nová generace. Slunéčka, larvy pestřenek a zlatooček, parazitické vosičky a houby rodu *Entomophthora* jsou nejdůležitějšími přirozenými nepřáteli mšic.

Ochrana

Nepřímá: Hrachy na zrno sít dřív, koncem března až počátkem dubna. Výsevy konzervářských hrachů (od počátku května) jsou také méně ohroženy. Volte méně náchylné odrůdy.

Přímá: V případě silného výskytu u středně pozdních výsevů použijte od začátku kvetení vůči užitečným organismům šetrné insekticidy.

Práh zásahu: u hrachů na zrno (zkouška třepáním hrachů na tmavou podložku): Výskyt živých mšic na 80 % rostlin (od fáze pupenů do tří týdnů před sklizní). Práh zásahu v ekologickém zemědělství: Stejně jako u ÖLN nebo více než 90 % stonků nad posledními květy je napadeno mšicemi; lokální ošetření mazlavým mýdlem nebo plošná aplikace přípravkem na bázi přírodního pyrethra.



Obr. 3.17 Kyjatka hrachová

3.2.5.4 Plodomorka hrachová *Contarinia pisi*

Příznaky: Přibližně 3 mm dlouhé bílé larvy plodomorky ničí základy květů žírem a exkrementy v poupatech. Kalich napadených květů je zduřelý a hálkovitě rozšířený, okvětní plátky jsou deformované, pupeny odpadávají. Pokud jsou napadeny vegetační vrcholy, rostlina tvoří pouze malé, znetvořené lusky.

Význam: Plodomorka hrachová se vyskytuje ve všech oblastech Evropy, kde se pěstuje hrách. V oblastech s častějším pěstováním hrachu se vyskytuje hojně a může působit značné škody.

Biologie

Hostitelské rostliny: Hrách, bob.

Biocyklus: Od poloviny května se líhnou 2 mm dlouhé, světle hnědé larvy první generace. Doba líhnutí může trvat až do léta. Dospělci jsou aktivní od 14 °C. Samice kladou vajíčka do květních poupat, vzácněji i do špiček výhonků. Larvy se po dvou týdnech vývoje kuklí v půdě. Od konce června se objevují dospělci druhé generace. Škodlivost druhé generace je většinou bezvýznamná.

Ekologie: Dospělci se objevují na jaře poté, co teplota půdy v hloubce půdy 2 cm dosáhne 15 °C. Poloměr jejich šíření je maximálně jeden kilometr. Nejvíce ohroženy jsou porosty ze středně pozdních až pozdních výsevů. Známými přirozenými nepřáteli je několik druhů parazitických vosiček, které parazitují ve vajíčkách a larvách.

Ochrana

Nepřímá: Časné setí. Volba brzy kvetoucích odrůd. Čtyřleté přerušení v rámci střídání plodin. Hrách sít nejméně jeden kilometr od místa jeho pěstování v předchozím roce. Využití přírodních překážek letu mezi poli hrachu (např. ozimé obilniny).

Přímá: Insekticidní ošetření proti mšicím může být částečně účinné i proti plodomorce hrachové, pokud je provedeno brzy (do začátku kvetení hrachu).



Obr. 3.18 Hrách poškozený plodomorkou hrachovou

3.2.5.5 Listopas čárkovaný *Sitona lineatus*

Poškození brouky: Požerky 4–5 mm velkých, protáhlých, šedohnědých brouků (obr. viz kap. „Bob“) jsou obloukovité výkrojky v okrajích listů. Samice upouští při žíru živné rostliny vajíčka náhodně na zem. V případě silného napadení, zejména u pomalu rostoucích letních výsevů hrachu v letech s chladným a suchým počasím na jaře, může dojít k poškození (hlavně larvami z vajíček, viz níže). Brouci opouští v březnu až dubnu zimní úkryty (jetelová a vojtěšková pole, pukliny v půdě, trávničky) a napadají kromě preferovaného hrachu také fazole, bob, vikve, vojtěšku a různé druhy jetelů.

Poškození larvami: Larvy vyžirají hlízky rhizobií na kořenech a mohou tak narušit příjem dusíku rostlinami. Pokud vykazuje polovina mladých rostlin po vzejití žír larev na kořenech a v důsledku chladného počasí dojde k zastavení růstu, může dojít k poškození porostu larvami.

Ochrana: Odstup nejméně 6 let mezi hrachy a 2 roky po ostatních luštěninách. V případě ozimých hrachů je poškození obvykle nízké, protože v době výskytu brouků jsou již rostliny velmi dobře vyvinuté. Hodnota prahu zásahu: 5–10 požerků na list prvních dvou pater listů S. Místo insekticidu stačí v případě viditelného nedostatku dusíku mírné korekční přihnojení.



Obr. 3.19 Typický okrajový žír listopasa na listech hrachu

3.2.5.6 Třásněnky: Třásněnka úzkohlavá (*Thrips angusticeps*), Třásněnka hrachová (*Kakothrips robustus*)

Poškození: Když napadne třásněnka úzkohlavá rostliny v dubnu až květnu, dojde v důsledku sání k deformacím výhonků a odumírání vegetačních vrcholů. V červnu až červenci napadají larvy třásněnky hrachové květy a lusky, které se následně deformují. Mladé lusky vysychají, starší jsou abnormálně ohnuté a vykazují stříbřitě lesklé plochy s hnědými korkovými skvrnami. Larva je nažloutlá, až 1,5 mm dlouhá, dospělci jsou asi 2 mm dlouzí, hnědočerně zbarvení. Třásněnky jsou široce rozšířené po celé Evropě. Kromě hrachu napadají také bob a další bobovité.

Ochrana: preventivní účinek má časný výsev a volba raných odrůd, stejně jako delší časový odstup mezi hrachy a boby v osevním sledu. Při ochraně před mšicemi insekticidy je částečně regulována i třásněnka hrachová.

Aeolothrips intermedius je fakultativní predátor. Tyto dravé třásněnky se živí pylem různých druhů rostlin (často žlutě kvetoucích) a třásněnkami, které se na kvetoucích rostlinách zdržují a množí. Zvýšená biodiverzita rostlin s vysokou nabídkou květů může podpořit tento užitečný hmyz.



Obr. 3.20 Mikroskopická fotografie třásněnky hrachové

3.2.5.7 Obaleč hrachový *Cydia nigricana*; Syn.: *Laspeyresia nigricana*

Poškození: Bělavé, 8–10 mm velké housenky s hnědou hlavovou kapslí a hřbetním štítkem vyžírají od poloviny června uvnitř lusků semena. Lusky jsou plné hromádek trusu, které jsou protkány jemným předivem držícím trus pohromadě. Nahnědlý motýl má rozpětí křídel 12–16 mm. Široce rozšířený druh žijící ve stadiu housenky hlavně v hrachu. V letech se suchým a teplým počasím může být napadeno i více než 30 % zrn.

Ochrana: Časné setí. Izolační vzdálenost od loňských hrachových polí jeden kilometr. Práh zásahu: více než 100 obalečů na feromonový lapač za období od začátku letu po fenofázi nalévání lusků. Protože odpárníky feromonových lapačů neodpařují standardní množství feromonu, je jistější informací průměrný nálet na sérii 3 lapačů vzdálených cca 50 m od sebe.



Obr. 3.21 Obaleč hrachový

3.2.6 Bob obecný *Vicia faba*

3.2.6.1 Hnědá skvrnitost bobu *Botrytis fabae*

Příznaky: Na všech nadzemních částech rostlin se tvoří mnoho 0,1–2 mm velkých, kulatých, ostře ohraničených, čokoládově hnědých skvrn, často s šedo zeleným nebo červeným lemem a později se světlejším, zasychajícím středem. Za vlhkého, teplého počasí se houba rychle šíří. Skvrny se slévají, listy zasychají a opadávají. Části stonků hnědnou, nebo celé rostliny odumírají.

Význam: onemocnění se vyskytuje na celém světě. K hospodářským škodám dochází za chladného a deštivého počasí. Ozimé odrůdy jsou silněji napadány než jarní.

Biologie

Hostitelské rostliny: bob obecný, vikev, částečně i zahradní bob, hrách, čočka.

Biocyklus: Houba přežívá na posklizňových zbytcích a na přezimujících rostlinách bobu tmavými sklerocii v půdě nebo na osivu. Za vlhka se tvoří konidiofory s konidiemi, které jsou větrem a deštěm dále roznášeny.

Ekologie: Dlouhodobé ovlhčení podporuje rozšíření patogena v pletivech hostitele. Náchylnost rostlin zvyšuje nedostatečné zásobování fosforem a draslíkem a dlouhodobé ovlhčení.

Ochrana

Nepřímá: Rychlé osychání porostu podporují nepříliš hustý výsev, vzdálenost mezi řádky 30–40 cm a ochrana proti plevelům. Z pěstování vyloučit zamokřené pozemky, zajistit rychlý rozklad posklizňových zbytků. Přerušení osevního sledu na 4–5 let.

Přímá: Moření osiva je jen částečně účinné. Fungicidy se aplikují na počátku napadení.



Obr. 3.22 List bobu napadený hnědou skvrnitostí

3.2.6.2 Strupovitost bobu *Ascochyta fabae*

Příznaky: Na listech se nejprve tvoří světle hnědé, mírně vkleslé, až 1 cm velké skvrny s tmavě hnědým okrajem. Ve středu skvrn se často vyskytují černé pyknidy. Na luscích jsou skvrny tmavší, hlouběji vkleslé a často se slévají.

Choroba se vyskytuje často, ale škody jsou většinou bezvýznamné.

Biologie: Patogen přežívá myceliem v semenech. Zdrojem infekce jsou posklizňové zbytky a porosty přezimujícího bobu. V porostu jsou pyknostry patogena velmi rychle roznášeny větrem a kapkami deště.

Ochrana: Použití uznaného zdravého osiva, přerušení osevního sledu na 3–4 roky.



Obr. 3.23 Strupovitost na listu bobu

3.2.6.3 Virové svinování listů bobu Bean leaf roll virus, BLRV

Poškození: Infikované listy jsou mírně zašpičatělé a od okraje a mezi listovými žilkami nažloutlé. Jednotlivé listky jsou zesílené a tvrdé, mírně stočené vzhůru a na řapících stojí vzpřímeně proti sobě. Virózní rostliny jsou často silně postiženy hnědou skvrnitostí (*Botrytis fabae*). Při časných infekcích je značně redukováno nasazení lusků, ztráty na výnose u jednotlivých rostlin dosahují až 90 %.

Biologie: Virus je přenosný perzistentně mšicí hrachovou.

Ochrana: Časný výsev bobu. Nepěstovat v blízkosti hrachu, volečky, jetele lučního a j. plazivého (významní víceletí hostitelé viru).



Obr. 3. 24 Vpravo rostlina bobu napadená virem svinování listů bobu

3.2.6.4 Mšice maková *Aphis fabae*

Poškození: Na začátku léta, hlavně na nejvyšších částech stonků letního bobu rychle rostoucí kolonie černých mšic, které jsou dlouhé 1,5–2,5 mm. V důsledku intenzivního sání mšic dochází k deformacím květů a mladých lusků. Napadení je často omezeno na okraje polí. V případě časného výskytu mšic, suchého a teplého počasí a pokud chybí užitečný hmyz, dochází k velmi rychlému množení. Okřídlené formy se šíří s větrem dál do porostů.

Ochrana: Práh zásahu: 40–60 % rostlin s koloniemi mšic. Od začátku kvetení ošetřit insekticidem šetřícím užitečný hmyz. Postřik pouze v době, kdy nelétají včely (večer). ÖLN . Většinou bývá dostatečné jen ošetření okrajů pole.

3.2.6.5 Listopas čárkovaný *Sitona lineatus*

Poškození: 4–5 mm dlouzí, protáhli, šedohnědí brouci způsobující typický žír (obloukovité výkrojky) na okrajích listů. Jejich larvy se živí kořenovými bakteriálními hlízkami a kořeny vikvovitých rostlin a tím mohou rostliny oslabovat. Od března až dubna brouci opouštějí místa přezimování (trávníky, pukliny v půdě) a přecházejí z krmných luskovin na vzházející bob a hrách. Brouci jsou aktivní hlavně v noci. Při silném napadení a špatných podmínkách pro růst rostlin na jaře (suché, chladné počasí) mohou brouci listy téměř úplně sežrat.

Ochrana: Střídání plodin. Viz „Hrách“.



Obr. 3. 25 Listopas čárkovaný na bobu

3.2.7 Slunečnice roční *Helianthus annuus*

3.2.7.1 Šedá plísnovitost slunečnice *Botrytis cinerea*

Príznamy: *Botrytis cinerea* napadá všechny nadzemní části slunečnice. Odkvétající trubkovité květy začínají zahnívat a pokrývají se šedivým porostem houby. Na zadní straně úboru se objevují nejprve malé, kulaté, hnědé zahnívající skvrny, které jsou měkké a při mírném tlaku se propadávají. I na těchto skvrnách se objevuje porost houby a dále se rozrůstá. Za vhodných podmínek může zahnívat celé květenství a semena mohou vypadávat.

Význam: Pokud je na podzim vlhké počasí, je onemocnění velmi nebezpečné, patogen se může velmi rychle a silně vyvinout. Proto je pěstování slunečnice doporučováno především na nejdříve prohříváných a spíše suchých, slunečných stanovištích.

Biologie

Hostitelské rostliny: Velmi početný okruh hostitelských rostlin. Významné onemocnění slunečnice, révy vinné, bobulovin, zeleniny.

Biocyklus: houba přezimuje sklerocii v infikovaných posklizňových zbytcích. Na jaře vyrůstá infekceschopné mycelium, na němž se tvoří konidiofory s konidiemi, které jsou roznášeny větrem. Ve vlhkých podmínkách konidie klíčí, klíčící vlákno proniká do pletiva rostliny a rozrůstá se v mycelium. Na něm se vytvářejí četné konidiofory s mnoha konidiemi, které jsou viditelné jako šedivý prášivý povlak.

Ekologie: Hlavní fáze infekce nastává, jakmile začnou odkvéstat první trubkovité květy. K napadení je nezbytná vysoká vlhkost. Cukernaté látky na květech během kvetení poskytují nejlepší podmínky pro infekci a šíření houby. Houba napadá především oslabená a odumřelá pletiva. Pro šíření houby v květenství je rozhodující počasí během dokvétání a zrání.

Ochrana

Nepřímá: Pěstování slunečnice pouze na vhodných stanovištích. Především na stanovištích s hraničními hodnotami pro pěstování vysévat rané odrůdy. Vyhnout se příliš hustým, stejně jako bujně rostoucím porostům, protože hůře osychají.



Obr. 3.26 Zahnívající květenství slunečnice

3.2.7.2 Bílá hniloba slunečnice *Sclerotinia sclerotiorum*

Příznaky: Na kořenovém krčku a na stonku se napadení projevuje světle hnědými zahnívajícími skvrnami s bílým vatovitým myceliem. Uvnitř stonku se tvoří černá sklerocia (vytrvalé mycelium). V pokročilém stadiu napadení se stonky vláknitě rozpadají. Pozdější napadení květů vede k měkkým, světlým, hnědobílým zahnívajícím skvrnám na rubové straně květenství. Pletivo se rozkládá, mezi semeny se tvoří černá sklerocia, která stejně jako semena, vypadávají.

Význam: Typická choroba osevního sledu. Časné napadení (před květem) sice vede ke ztrátám jednotlivých rostlin, nebezpečnější je ale napadení květenství. Čím více se odkládá sklizeň napadených porostů, tím větší jsou ztráty na výnosech.

Biologie

Hostitelské rostliny: Houba napadá rostliny z různých rodů: slunečnici, řepku, sóju, bob stejně jako mnohé přadné kulturní plodiny a také plevely.

Biocyklus: Ze sklerocií v půdě může vyrůstající mycelium proniknout do rostliny přímo přes kořeny či kořenový krček a dále se šířit stonkem. Sklerocia v půdě mohou přežívat několik let a od dubna na nich vyrůstají žlutooranžové plodnice (apothecia), z nichž jsou uvolňovány askospory. Ty infikují listy, mycelium prorůstá přes řapíky do stonků. Během kvetení pronikají askospory do květenství přes trubkovité kvítky. Mycelium se rozrůstá v květenství a úbor se rozkládá.

Ekologie: Za dlouhotrvajícího suchého počasí přechází patogen do klidového stadia; k infekci je potřebné přibližně 2denní ovlhčení květenství. Také k infekci listů je nezbytné déle trvající ovlhčení. Infekční tlak z půdy je silně závislý na zamoření půdy sklerocii.

Ochrana

Nepřímá: Mezi hostitelskými rostlinami je nezbytná minimálně 3letá přestávka. Zohlednění odrůdových rozdílů; tolerance k napadení stonků či květenství může být velmi rozdílná. Nepříliš husté porosty a nižší dávky dusíku. Napadení květních poupat mšicemi může usnadnit pronikání houby.

Přímá: Fungicidy povolené proti patogenům r. *Phoma* a *Phomopsis* vykazují částečný účinek i proti *Sclerotinia*.

Biologická ochrana je možná za použití fungicidu Contans (půdní houba *Coniothyrium minitans*): BIO, IPS.



Obr. 3.27 Sclerotia bílé hniloby ve stonku kukuřice

3.2.7.3 Černá stonková skvrnitost slunečnice *Phoma macdonaldii* (*Leptosphaeria lindquistii*)

Příznaky: Na listech, především na listových žilkách, tmavě hnědé skvrny. Listy a řapíky zasychají. V paždí listů na stonku se objevují charakteristické podlouhlé, tmavě hnědé až černé léze. Ty se dále rozšiřují a slévají, takže v jednotlivých případech odumírají celé stonky. Postižené pletivo zůstává tvrdé, jasné ohraničené. Nejnebezpečnější je napadení kořenového krčku a kořene, protože rostliny předčasně usychají (nouzové dozrávání).

Význam: Se vzrůstajícím rozšířením mšic se zvyšuje infekční tlak. Nejsilnější je ve vlhkých letech, s brzkým počátkem napadení.

Biologie

Hostitelská rostlina: Slunečnice.

Biocyklus: Mycelium houby může 2–3 roky přežívat v posklizňových zbytcích. Díky tomu mohou být kořeny rostlin napadeny již v půdě. Rozšiřování na nadzemních částech zajišťují pyknostry uvolňované z pyknid (nepohlavní), které jsou přenášeny vzduchem. Pyknidy se vyvíjejí na skvrnách na napadených rostlinách či posklizňových zbytcích. Pohlavní rozmnožování s tvorbou askospor má menší význam; i zde jsou zdrojem infekce napadené posklizňové zbytky. Typické symptomy na stoncích jsou viditelné až koncem kvetení.

Ekologie: V oblastech s rozšířeným pěstováním slunečnice se zvyšuje infekční tlak patogena, který se šíří z pozemků se slunečnicí v předchozím roce. Šíření houby podporují teploty 14–23 °C a vysoká vzdušná vlhkost v důsledku pravidelných srážek.

Ochrana

Nepřímá: Ochrana proti prorůstání slunečnice z výdrolu, podpora rozkladu posklizňových zbytků. Zaorávání zbytků je tím účinnější, čím důsledněji se v dané oblasti provádí. Bujné porosty jsou náchylnější k napadení houbou *Phoma*: používejte nižší dávky N, hustota porostu nesmí překročit 6,5 rostlin/m². Mezi odrůdami jsou rozdíly v napadení; vyhodnocení však zatím není k dispozici.

Přímá: Použití fungicidu může být vizuálně účinné, ale vliv na výnos je malý. Vzhledem k dlouhému období infekce, limitovanému období pro aplikaci fungicidu a omezenému trvání účinnosti fungicidu je ošetření většinou neekonomické.



Obr. 3.28 Napadení černou stonkovou skvrnitostí začíná na osách listů

3.2.7.4 Phomopsis *Phomopsis helianthi* (*Diaporthe helianthi*)

Příznaky: Na listech se tvoří hnědé, trojúhelníkovité skvrny, které se šíří od okraje listu k řapíku. Čepele a řapíky listů zasychají. Napadení stonků začíná v listových osách. Tvoří se protáhlé skvrny podobné jako při napadení *Phoma*. Jsou ale světle hnědé, neostře ohraničené a pletivo je měkké. V místě napadení jsou stonky duté a nestabilní, a během větru či deště se mohou lámat. Napadení květenství se projevuje na rubové straně světle hnědými, trojúhelníkovitými skvrnami. *Phomopsis* se většinou vyskytuje ve směsné infekci s *Phoma*, a proto je obtížné je přesně určit.

Význam: V některých státech (Francie, Švýcarsko) nejobávanější choroba slunečnice. Vyskytuje se však podstatně méně než *Phoma*. Časně napadení může zničit celé květenství, pozdější infekce narušují tvorbu semen, snižují obsah oleje a hmotnost tisíce zrn.

Biologie

Hostitelská rostlina: Slunečnice.

Biocyklus: Houba přezimuje myceliem v napadených zbytcích stonků. Na jaře se vyvíjejí perithecia, z nichž jsou uvolňovány askospory, které mohou být přenášeny větrem na vzdálenost několika kilometrů. Infekce schopné jsou pouze posklizňové zbytky posledního roku, starší ale ne. Infikovány jsou mj. listy a přes řapík houba proniká do stonku. Období od stadia 10 listů až do počátku kvetení je k infekci nejcitlivější.

Ekologie: Infekce schopné askospory jsou uvolňovány za vlhkého počasí při teplotách nad 10 °C. K infekci listů je nezbytná vysoká vzdušná vlhkost (90 %) po dobu více než 15 hodin. Rozrůstání mycelia v rostlině podporuje konstantní vlhkost a teploty kolem 25 °C.

Ochrana

Nepřímá: Ochrana proti prorůstání slunečnice z výdrolu, podpora rozkladu posklizňových zbytků. Zaorávání zbytků je tím účinnější, čím důsledněji se v dané oblasti provádí. Čím je růst rostlin silnější, tím více jsou podporovány infekce a vývoj houby: používejte nižší dávky N, hustota porostu nesmí překročit 6,5 rostlin/m². Závlaha před květem podporuje výskyt onemocnění. Mezi odrůdami jsou rozdíly v napadení.

Přímá: Fungicidy. Hodnocení jako u *Phoma*.



Obr. 3.29 Trojúhelníkovité skvrny šířící se od okraje listu

3.2.7.5 Plíseň slunečnice *Plasmopara halstedii* (P. helianthi)

Příznaky: Primární infekce mohou vést k odumírání klíčících rostlin. Časté je zakrnění rostlin, které se projevuje zesílenými, prohnutými stonky až trpasličím vzrůstem. Podél žilek listů je pletivo světle zelené až nažloutlé. Za vlhka se na rubové straně listů objevuje bělavý povlak rozmnožovacích orgánů. Při infekci rostlin po stadiu 8–10 listů dochází k chlorotické skvrnitosti, která ale již nemá žádný větší vliv na tvorbu výnosu.

Význam: Plíseň je nejobávanější choroba slunečnice; ve Švýcarsku byla poprvé nalezena v r. 1997 na výdrolu slunečnic určených k řezu květů. U slunečnice pěstované na olej se patogen vyskytuje jen zřídka. Onemocnění podléhá ohlašovací povinnosti.

Biologie

Hostitelské rostliny: různé druhy hvězdnicovitých (Asteraceae).

Biocyklus: Oospory přežívají v půdě více let (8–10). Po jejich vyklíčení se tvoří sporangia, z nichž jsou uvolňovány zoospory, které infikují rostliny. Mycelium se systemicky šíří celou rostlinou. Na rubové straně se tvoří další sporangia (nepohlavně). Současně může plíseň tvořit další oospory (pohlavně), které jí umožňují přežít několik let. Další šíření patogena je možné infikovaným osivem. Napadené rostliny z výdrolu jsou zdrojem infekce pro sousední porosty a zvyšují infekční potenciál půdy.

Ekologie: Další pohyb a infekce oosporami závisí na vlhkosti. Sporulaci plísně na rubové straně listu podporuje vlhké počasí.

Ochrana

Nepřímá: Výběr rezistentních odrůd. Volbou termínu setí a zpracování půdy se vyhněte zamokřeným půdám v době klíčení. Ochrana rostlin z výdrolu slunečnice v následujících plodinách. Přerušení osevního sledu na 3–4 roky.

Přímá: Moření osiva (metalaxylem) je ve Švýcarsku povoleno, ale pouze ve výjimečných případech, aby se zabránilo vzniku rezistence. BIO

V bioprodukcí je povoleno použít pouze nemořené osivo; výběr osiva pouze z oblastí bez výskytu *Plasmopara halstedii*.



Obr. 3.30 Porost sporangií na rubu listu

3.2.7.6 Mšice slívová *Brachycaudus helichrysi*

Příznaky: Nažloutlé zelené, až 2 mm velké mšice. Sliny, které vylučují při sání, mají fyto toxický účinek a způsobují kadeření, kroucení a inhibici růstu listů. Jsou jen obtížně naležitelné. Většinou jsou na malých, ještě nerozvinutých srdéčkových lístcích. Na jejich přítomnost upozorňují mravenci nebo slunéčka.

Význam: Podle dosavadních zkušeností jsou ekonomické ztráty na výnosech vzácné. Může k nim dojít pouze v případě časného vývoje početné populace mšic a současného stresu rostlin způsobeného suchem.

Ostatní druhy mšic, jako například mšice maková, kolonizují slunečnice také. Protože však jejich sliny nejsou fyto toxické, nedochází k žádným škodám. Zkadeření listů může vést díky horšímu osychání listů ke zvýhodnění podmínek pro napadení rostlin houbovými chorobami (*Sklerotinia*).

Biologie

Hostitelské rostliny: Zimní hostitelé: švestky, renklódy, trnky. Letní hostitelé: různé polní plodiny, krmné a okrasné rostliny, mimo jiné i slunečnice.

Biocyklus: Po přezimování ve stadiu vajíček na zimních hostitelích se ještě před rašením líhnou neokřídlené mšice. Po několika generacích se od května objevují první okřídlení jedinci, kteří přeletují na letní hostitele (mimo jiné i slunečnice). V září až říjnu, přeletují okřídlení jedinci na zimní hostitele.

Ekologie: Suché, horké počasí může vést k explozivnímu množení této mšice. Obvykle pomáhá potlačovat nárůst populace mšic rozvoj populací užitečného hmyzu, zejména slunéček. Od fáze 14 listů, jakmile jsou viditelná květní poupata, se škodlivost výrazně snižuje. Jednotlivé odrůdy reagují na napadení různě.

Ochrana

Nepřímá: Podporovat včasný a rychlý rozvoj rostlin. Podpora užitečného hmyzu.

Přímá: V současné době nejsou povoleny proti mšicím ve slunečnici žádné insekticidy. Orientační práh škodlivosti: ve stadiu 10 až 14 listů zkadeřeno více než 50 % plně rozvinutých listů.



Obr. 3.31 Poupě slunečnice napadené mšicí slivovou

SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

V metodice jsou vysvětleny a doporučeny přístupy, jejichž cílem je revitalizace půdy, která má potenciál změnit dosavadní praktiky a zajistit intenzifikaci ekologického hospodaření na orné půdě. Revitalizaci půdy chápou autoři předkládané metodiky jako úpravu fyzikálních charakteristik půdy, jejímž cílem je zvětšení kontaktních ploch a příležitostí pro přímé interakce kořenů plodin a živých složek půdy. Tím se současně zvyšuje biodiverzita půdních organismů a odolnost půdního prostředí a pěstovaných plodin vůči biotickým a abiotickým škůdcům a klimatickým výkyvům. Úpravou fyzikálních charakteristik rozumí autoři metodiky funkční propojení ornice a podorníčí, čímž postupně dochází ke změnám biochemických parametrů půdního prostředí. Jde o skutečnou revitalizaci půdy, o obnovu a rozšíření rhizosféry a drilosféry. Jde o představení půdních mikroorganismů a půdních bezobratlých jako jedinečné živé složky, která se vyznačuje schopností přecházet explozivně prostřednictvím signálních látek a stimulačních rozpustných organických látek do mnohobuněčných společenstev připravených zprostředkovat jak dostupnost živin, tak i jejich účinnou ochranu proti vyplavování.

Novostí postupů je uplatnění provozních pravidel a technik, které byly dlouhodobě úspěšně ověřovány a ověřeny pro revitalizaci půdy na modelové farmě pana Josefa Jugovitse v oblasti Schachendorfu ve spolkové zemi Burgenland v Rakousku, v kombinaci s uplatněním nových agrotechnik umožňujících regulaci plevelů a biologickou ochranu rostlin proti chorobám a škůdcům v systému ekologického zemědělství. Pro revitalizaci půdy, která je podmínkou pro intenzifikaci rostlinné produkce v ekologickém zemědělství, je zásadní: rozšíření osevních postupů na 6–14 roků; uplatnění druhově pestrých meziplodinových směsí (včetně dvoustupňových meziplodin); pečování o meziplodiny a hlavní plodiny se stejnou důležitostí, udržování půdy pod neustálým vegetačním krytem; do zapojených meziplodin aplikovat na povrch půdy pravidelně vyzrálý kompost (nezapravovat!); mechanické zpracování půdy co nejvíce omezit (nahradit mechanické zpracování půdy biologickým - dovolit rostlinám a půdním organismům zpracovávat půdu); zpracovávání půdy by mělo být tak mělké, jak je to jen možné; půdy vždy rozrušit, ne rozřezávat; před každým zpracováním půdy provést test rýčovou zkouškou; strip-till pod všechny širokořádkové plodiny; pěstovat to, co dovolí půda a nikoliv to, co má nejlepší tržní ceny; traktory a nářadí by měly být tak lehké, jak je to jen možné; atd.

POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Výsledky metodiky lze využít ve všech podnicích, které hospodaří podle pravidel ekologického zemědělství. Pokud budou dodrženy hlavní zásady uvedené v metodice, jako je rozšíření osevních postupů, použití druhově bohatých směsí mezplodin, udržování půdy pod stálým vegetačním krytem, aplikace kompostu na povrch půdy a minimalizace orby, lze dosáhnout nejen zvýšení produkce, ale také účinnější sekvence uhlíku v půdě a zlepšení schopnosti půdy zadržovat a propouštět srážkovou vodu. Tyto zásady mohou mít podobně pozitivní účinky i v konvenčním zemědělství.

EKONOMICKÉ ASPEKTY

Prezentovaná realizace souboru zásad a pravidel pro nastartování intenzivnější produkce v ekologickém zemědělství vede k revitalizaci půdního prostředí, která má v delší perspektivě lépe zabezpečit nároky rostlin na vodu a živiny. Je to cesta k efektivnějšímu hospodaření s živinami ve fyzikálně, chemicky, a především biologicky pozměněné půdě. Jde o proces, o formování půdních agregátů, o formování potřebných úložišť živin v půdě, o budování „půdní ventilace“ pomocí driloféry atd. Tento proces může být ekonomicky hodnocen až po delší době. Podle typu a druhu půdy po době 6-15 roků. I po této době může nastat situace ukázaná na obr. 1.31 a 1.32, kdy se na srovnávaných plochách neurodí nic nebo tak málo, že by vyhodnocení nebylo objektivní.

Nicméně existují položky, které by mohly představovat finanční úsporu, např. nezapravování kompostu do půdy. Tato úspora může být podle konkrétních podmínek podniku v rozmezí od cca 2000 do 3000 Kč na hektar. Na druhou stranu je však nutno investovat do nákupu osiva druhově bohatých mezplodinových směsí a na jejich zasetí speciálním secím strojem, na které pravděpodobně ani tato úspora stačit nebude. Mohou odpadnout i další náklady, např. na podmítku nebo na předseťovou přípravu, ale zároveň přibudou nové, jako např. na mechanické ukončování vegetace mezplodin, pletí prutovými bránami apod. Klíčovým prvkem pro revitalizaci půdy je ale pravidelné aplikování vyzrálého a kvalitního kompostu, a to se může propisovat do zvýšení nákladů každoročně. Pokud je dávka kompostu nižší než 30 t/ha a vzdálenost pro jeho dovoz přesahuje 10 km, může být výhodné provozovat kompostárnu přímo na hnojeném pozemku nebo v jeho blízkosti, aby bylo možné aplikovat kompost s co nejnižšími náklady.

SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- ANGST, G., FROUZ, J., VAN GROENIGEN, J. W., SCHEU, S., KÖGEL-KNABNER, I., EISENHAUER, N. 2022. Earthworms as catalysts in the formation and stabilization of soil microbial necromass. *Global Change Biology*. 28, 4775–4782. <https://doi.org/10.1111/gcb.16208>
- COTRUFO, M. F., LAVALLEE, J. M. 2022, Chapter One - Soil organic matter formation, persistence, and functioning: A synthesis of current understanding to inform its conservation and regeneration. In: Donald, L., Sparks, D. L. (Eds.). *Advances in Agronomy*. Academic Press, Volume 172, 1-66, <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.11.002>
- EMERSON, W. W., FOSTER, R. C., OADES, J. M. 1986. Organo-mineral complexes in relation to soil aggregation and structure. *Interactions of soil minerals with natural organics and microbes*. 17 (1986), 521-548.
- FROUZ, J., POKLOPOVÁ, J. 2011. Darwin a žížaly, Žížala jako krajínotvorný prvek. *Vesmír*. 90, 48-50
- IMRAN, A., SARDAR, F., KHALIQ, Z., NAWAZ, M. S., SHEHZAD, A., AHMAD, M., YASMIN, S., HAKIM, S., MIRZA, B. S., MUBEEN, F., MIRZA, M. S. 2022. Tailored Bioactive Compost from Agri-Waste Improves the Growth and Yield of Chili Pepper and Tomato. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 9, 787764. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.787764>
- KUZYAKOV, Y., BLAGODATSKAYA, E. 2015. Microbial hotspots and hot moments in soil: concept & review. *Soil Biol Biochem*. 83, 184–199.
- MIKAJLO, I., LERCH, T. Z., LOUVEL, B. *et al.* 2024. Composted biochar versus compost with biochar: effects on soil properties and plant growth. *Biochar*. 6, 85. <https://doi.org/10.1007/s42773-024-00379-2>
- PICCOLO, A. 2002. The Supramolecular Structure of Humic Substances: A Novel Understanding of Húmus *Chemistry and Implications in Soil Science*. *Advances in Agronomy*. 75, 57-134. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(02\)75003-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(02)75003-7)
- PREECE, Catherine; PEÑUELAS, Josep. 2020. A return to the wild : root exudates and food security. *Trends in plant science*. 25(1), 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.09.010>
- RASMUSSEN, I. A. 2004. The effect of sowing date, stale seedbed, row width and mechanical weed control on weeds and yields of organic winter wheat. *Weed Research*. 44, 12–20. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00367.x>
- RIEMENS, M., VAN DER WEIDE, R., BLEEKER, P., LOTZ, L. 2007. Effect of stale seedbed preparations and subsequent weed control in lettuce (cv. Iceboll) on weed densities. *Weed Research*. 47, 149–156. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2007.00554.x>
- UPADHYAYA, M. K., BLACKSHAW, R. E. 2007. *Non-chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology*. CABI.
- WATTEAU, F., VILLEMIN, G. 2018. Soil microstructures examined through transmission electron microscopy reveal soil-microorganisms interactions. *Frontiers in Environmental Science*. 6, 106.
- WENG, Z.(H)., VAN ZWIETEN, L., TAVAKKOLI, E. *et al.* 2022, Microspectroscopic visualization of how biochar lifts the soil organic carbon ceiling. *Nat Commun*. 13, 5177. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32819-7>.
- ZHOU, J. Y., ZHAO, X. Y., DAI, C. C. 2014, Antagonistic mechanisms of endophytic *Pseudomonas fluorescens* against *Athelia rolfsii*. *J Appl Microbiol*. 117, 1144–1158. <https://doi.org/10.1111/jam.12586>

SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- BRÁZDIL, R., TRNKA, M., ŘEZNÍČKOVÁ, L., BALEK, J., BARTOŠOVÁ, L., BIČÍK, I., ...ŽALUD, Z. 2015. *Sucho v českých zemích: minulost, současnost a budoucnost*. Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, v.v.i., Brno. ISBN 978-80-87902-11-0.
- FIALA, K., TŮMA, I., HOLUB, P. 2009. Effect of manipulated rainfall on root production and plant belowground dry mass of different grassland ecosystems. *Ecosystems*. 12, 906-914.
- HÄNI, F. J., SCHWARZ, A., POPOW, G., REINHARD, H., VOEGELI, U. 2023. Ochrana polních plodin v udržitelném zemědělství. Biocont Laboratory. ISBN 978-80-904254-4-6
- HOLUB, P., KLEM, K., TŮMA, I., VAVŘÍKOVÁ, J., SURÁ, K., VESELÁ, B., ...ZÁHORA, J. 2020. Application of organic carbon affects mineral nitrogen uptake by winter wheat and leaching in subsoil: Proximal sensing as a tool for agronomic practice. *Science of the Total Environment*. 717, 137058.
- HOLUB, P., TŮMA, I., ZÁHORA, J., FIALA, K. 2012. Different nutrient use strategies of expansive grasses *Calamagrostis epigejos* and *Arrhenatherum elatius*. *Biologia*. 67(4), 673-680.
- KLEM, K., AČ, A., HOLUB, P., KOVÁČ, D., ŠPUNDA, V., ROBSON, T. M., URBAN, O. 2012. Interactive effects of PAR and UV radiation on the physiology, morphology and leaf optical properties of two barley varieties. *Environmental and experimental botany*. 75, 52-64.
- KLEM, K., ZÁHORA, J., ZEMEK, F., TRUNDA, P., TŮMA, I., NOVOTNÁ, K., ...HOLUB, P. 2018. Interactive effects of water deficit and nitrogen nutrition on winter wheat. Remote sensing methods for their detection. *Agricultural Water Management*. 210, 171-184.
- ŠARAPATKA, B., ABRAHÁMOVÁ, M., ČÍŽKOVÁ, S., DOTLAČIL, L., HLUCHÝ, M., KŘEN, J., ...ŽALUD, Z. 2010. *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Bioinstitut.
- ZÁHORA, J. 2021. Dešťová past. *Ochrana přírody*. 5/2021, 16-18

Název: Metodika intenzifikace rostlinné produkce v ekologickém zemědělství

Autoři: Ing. Jaroslav Záhora, CSc., Ing. Karel Klem Ph.D., Dr. Ing. Milan Hluchý, Mgr. Petr Holub, Ph.D., Ing. Ivan Tůma, Ph.D., MCs. Sneha Patra, Ph.D., Ing. Helena Dvořáčková, Ph.D., Ing. Daniel Růžička, Ing. Jana Vavříková

Vydavatel: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Vydání: první, 2025

ISBN 978-80-7701-045-0 (online ; pdf)

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-045-0>

