

Zonální podpovrchová aplikace kapalných látek v porostech polních plodin

Certifikovaná metodika



Václav Brant, Karel Kubín, Milan Kroulík, Václav Křepčík,
Josef Chára, Pavel Procházka

2025

Zonální podpovrchová aplikace kapalných látek v porostech polních plodin

Certifikovaná metodika

Autorský kolektiv:

Doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.

Ing. Karel Kubín, Ph.D.

Doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

Ing. Václav Křepčík, Ph.D.

Ing. Josef Chára

Ing. Pavel Procházka, Ph.D.

Autorský kolektiv

Doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.

Česká zemědělská univerzita v Praze,
Centrum precizního zemědělství při ČZU,
BRANT ATEEC

Ing. Josef Chára

Česká zemědělská univerzita v Praze,
Centrum precizního zemědělství při ČZU,
SAS AGRO

Doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

Česká zemědělská univerzita v Praze,
Centrum precizního zemědělství při ČZU

Ing. Karel Kubín, Ph.D.

BEDNAR FMT

Ing. Václav Křepčík, Ph.D.

BEDNAR FMT

Ing. Pavel Procházka, Ph.D.

Česká zemědělská univerzita v Praze,
Centrum precizního zemědělství při ČZU

Vydavatel: Kurent, s.r.o.

Rok vydání: 2025

Dedikace: Metodika byla vytvořena s podporou projektu Technologické agentury České republiky č. FW06010358 „Precizní zonální aplikace kapalných hnojiv“.

Oponentní posudky vypracovali:

Ing. Jiří Souček, Ph.D.

Národní centrum zemědělského
a potravinářského výzkumu, v. v. i.

Ing. Zuzana Pšererová

Ministerstvo zemědělství ČR

Publikaci bylo přiděleno osvědčení č. MZE-77658/2025-13123

ISBN: 978-80-88620-09-9

Obsah

I. Cíl metodiky (Brant)	4
II. Vlastní popis metodiky (Brant a Chára)	5
II.1. Úvod	5
II.1.1. Historie vzniku zonální injektážní aplikace kapalných látek	6
II.1.2. Současný stav využití aplikačních kol s injektážními hroty	7
II.1.3. Modifikace systémů injektážní aplikace kapalných látek	8
II.1.4. Souběžná aplikace rozdílných kapalných látek	9
II.1.5. Zásobníky kapalných látek	10
II.1.6. Alternativní technologie aplikace kapalných látek	13
II.2. Ověřování systému bodové injektážní aplikace (Brant a Kroulík)	14
II.2.1. Penetrační odpor injektážních hřebů	14
II.2.2. Infiltrace kapaliny do půdy	15
II.2.3. Aplikace hnojiva DAM 390 u ozimé pšenice (Brant, Chára, Procházka)	16
II.2.4. Aplikace hnojiva DAM 390 u kukuřice seté (Kroulík a Brant)	21
II.2.5. Aplikace hnojiva DAM 390 u kedlubnu bílého (Kroulík)	24
II.3. Technologické koncepty (Brant, Křepčík, Kroulík a Kubín)	26
II.3.1. Využití systému a jeho modifikací v polní výrobě	26
II.3.2. Koncepty systémů aplikací kapalných látek	33
II.3.3. Využití systému a jeho modifikací v trvalých kulturách	34
II.3.4. Systém on-line přípravy postřikové jichy při aplikaci	36
II.3.5. Principy účinku aplikovaných látek do půdy	36
II.3.6. Technologické postupy využití injektážní aplikace	37
III. Srovnání novosti postupů (Brant)	43
IV. Popis uplatnění certifikované metodiky (Brant)	43
V. Ekonomické aspekty (Kroulík a Křepčík)	43
VI. Realizace aplikátorů dle zadání projektu	46
VII. Seznam literatury	47
VIII. Seznam publikací, které předcházejí metodice	48

I. Cíl metodiky

Cílem metodiky je seznámit odbornou veřejnost a zemědělskou praxi s novými technologickými postupy pro bodovou injektážní aplikaci kapalných látek do půdy. Podmínkou funkčnosti technologií je dostupnost adekvátních technických prostředků pro bodovou injektážní aplikaci kapalných látek či jejich modifikací do půdy pro dané pěstební postupy u polních plodin, zelenin a vytrvalých kultur. Cílem těchto technologií je zajištění nejen ekonomické efektivity pracovních operací, ale i snížení ekologických rizik ve vztahu k životnímu prostředí. Na základě získaných poznatků na úrovni konstrukce technických řešení a víceletého ověřování strojů v rozdílných pěstebních systémech jsou v metodice ověřeny a popsány stávající technologické postupy a alternativní přístupy, ale i nové principy jejich využití. Systémy zonální injektážní aplikace kapalných látek vycházejí z principů tvorby zásobních dep a představují moderní trend v přístupu k systémům precizního hnojení polních plodin, stabilizaci půdních vlastností půdy a podpory biologických funkcí půdy na úrovni toku hmoty a podpory biotechnologií. Primárně si tyto technologie kladou za cíl omezení degradace půdy v důsledku omezení zpracování půdy potřebného k zapravení látek, zvýšení efektivity využití látek na bázi hnojiv a stimulantů rostlin v půdě v zóně kořenů ve vztahu k rizikům nedostatku vody, urychlení rozvoje mikroorganismů na základě jejich přímého vnosu do půdního prostředí ve srovnání s aplikacemi na povrch půdy, optimalizaci či snížení spotřeby aplikovaných látek při cílené zonální aplikaci ve srovnání s plošnou aplikací a zajištění vhodných technických možností pro vnos kapalných látek do systémů s úplnou absencí zpracování půdy (setí do nezpracované půdy) či některých konceptů regenerativního zemědělství. V metodice jsou představena konstrukční a technologická řešení pro využití bodové injektážní aplikace kapalných látek mimo vegetační období, před setím, během vegetace, včetně jejich systémového propojení se standardními pracovními operacemi (zpracování půdy mimo vegetaci, setí a kultivace během vegetace). Publikace rovněž zahrnuje informace o využití technických řešení v trvalých kulturách. Výsledky obsažené v metodice jsou především souborem nových originálních výsledků autorského kolektivu vycházejících z provedení modelových a poloprovozních polních experimentů, které byly následně využity pro vývoj a modifikaci nových strojů a jejich součástí pro cílenou zonální aplikaci kapalných organických hnojiv do půdy. Ověřování technických řešení v návaznosti na jejich praktické využití a následná implementace výsledků výzkumu a vývoje do nových výrobků probíhala v rámci projektu FW06010358 nazvaného „Precizní zonální aplikace kapalných hnojiv“ v letech 2023 až 2025.

II. Vlastní popis metodiky

II.1. Úvod

Vývoj technologických prostředků pro cílenou podpovrchovou aplikaci kapalných látek do půdy je jednoznačně spojen s přizpůsobováním se zemědělské výroby klimatické změně, s rozvojem systémů zakládání porostů do velmi mělce zpracované půdy či do nezpracované půdy, s principy regenerativního zemědělství, ale také ve vztahu ke snížení ekonomických vstupů při pěstování rostlin a k zajištění eliminace degradace životního prostředí.

Podpovrchová zonální aplikace kapalných látek je dlouhodoběji využívána ke vnosu minerálních hnojiv v kapalně formě, ale zásadním způsobem se uplatňuje při aplikaci bioagens (bakterie a houby), stabilizátorů půdního prostředí, suspenzí kapalných látek organického a anorganického původu (humáty, jílovité minerály, nanočástice apod.) do půdního prostředí mimo vegetační období, nebo během vývoje rostlin na stanovišti.

Nově vyvíjené technologie by z hlediska agronomických, ekonomických a ekologických požadavků na aplikaci kapalných organických hnojiv měly plnit následující funkce:

- Zajistit cílené zonální uložení kapalně látky do požadované vrstvy půdy a vytvořit hnojivové či kultivační depo mikroorganismů či aplikační podpovrchovou zónu dalších látek.
- Pomocí podpovrchové aplikace kapalně látky zajistit zvýšené využití hnojiv a omezení mortality živého bioagens při nedostatku vody v půdním prostředí či v obdobích s nedostatkem srážek s rizikem nástupu vodního stresu.
- Umožnit provedení aplikace látek do půdy bez potřeby jejího zpracování a bez omezení funkce živého či mrtvého mulče na povrchu půdy, včetně systémů setí do nezpracované půdy a regenerativního zemědělství.
- Provést cílenou zonální aplikaci kapalných látek do kořenové zóny rostlin během vegetace, která může snížit spotřebu aplikované látky na jednotku plochy a zajistí vyšší využití rostlinami v porostech založených jak do úzkých, tak do širokých řádků.
- Cílená aplikace ke kořenové zóně kulturní rostliny, především u širokořádkových plodin, omezuje využití hnojiv, efektu bakterií a dalších látek plevelnými rostlinami v meziřádku, včetně omezení degradace struktury půdy na povrchu v důsledku chemického působení látek.
- Zajistit podpovrchovou aplikaci kapalných látek do půdy ke kořenovým systémům rostlin souběžně při kultivaci půdy během vegetace, při obhospodarování prostoru meziřadí u trvalých kultur (vinice, chmelnice a sady), ale také při výsadbě či výsevu plodin do hrůbků.
- Omezit ztráty především u dusíkatých hnojiv volatilizací a k omezení odplavování hnojiv nacházejících se na povrchu půdy při deštích v rámci mikroreliefu pozemku, tak při erozních událostech. Rychlé využití hnojiv kořeny rostlin by mělo přispět ke snížení rizika jejich vyplavení do spodních vrstev půdy.
- Zajišťovat vysokou variabilitu strojů pro jejich aplikaci v rámci agrotechnických postupů za účelem rychlé ekonomické návratnosti pořizovacích nákladů.

II.1.1. Historie vzniku zonální injektážní aplikace kapalných látek

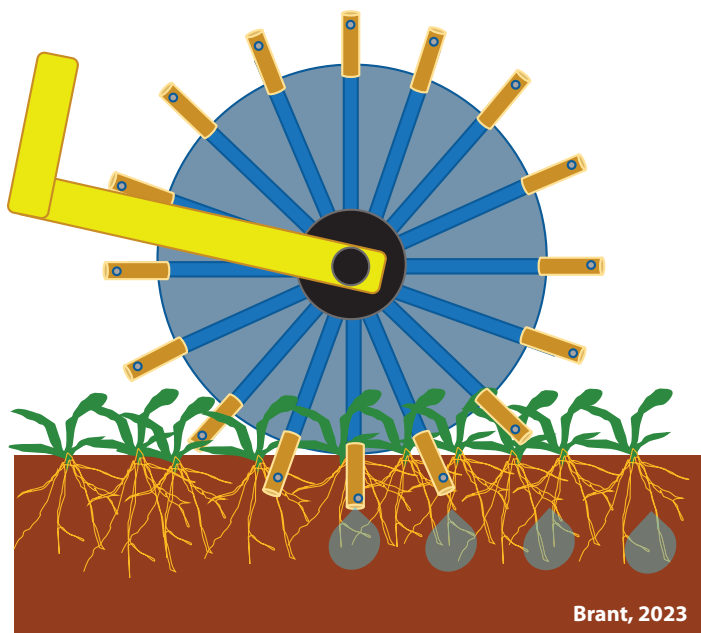
Princip podpovrchové zonální aplikace kapalných látek vychází ze systému CULTAN. Systém CULTAN (Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition) se v podobě prototypu začal ověřovat kolem roku 2000 ve Spolkové republice Německo (např. Sommer 2002, Pommes 2002 a Kücke a Scherer 2006). Princip technologie vychází z dřívějších ověřovacích prací z devadesátých let (např. Viehausen 1983). Z hlediska vývoje byl primárně určen pro zonální hnojení dusíkem na lehčích půdách, kde docházelo k tvorbě hnojivového depa v hloubce kolem 50 až 70 mm půdy. Na přítomnost hnojivového depa dle literárních zdrojů velmi dobře reagují především obilniny a další lipnicovité druhy (například trávy), které na základě chemotropismu vytvářejí v místě uložení hnojiva intenzivní kořenovou zónu čerpání živin. Zásadní význam z hlediska atraktivnosti hnojiv pro kořeny je využití dusíkatých hnojiv s amonnou formou (NH_4^+), které vyvolávají danou pozitivní reakci kořenového systému. Balík a kol. (2012) uvádějí, že při klasické plošné aplikaci dusíkatých hnojiv přijímají rostliny dusík (jetel i trávy) převážně ve formě nitrátů. Současně jetel, obdobně jako další bobovité rostliny při výživě minerálním dusíkem, omezují zakládání hlízek na fixaci vzdušného N_2 . Toto chování je založeno na skutečnosti, že nitrát po jeho redukci a asimilaci v listech jetele podporuje růst nadzemní části na úkor rozvoje kořenů. Sacharidy jsou přednostně využity pro růst dřívě, než byly přetransformovány k rhizobiím v kořenech. Právě v důsledku nedostatečného přívodu sacharidů přerušují rhizobia fixaci N_2 . Uvedený průběh však nenastává při metodě CULTAN. Tato metoda je úspěšně aplikována v Německu, kde je jí dosahováno vyšších výnosů většiny zemědělských plodin (např. Sommer a kol. 2005 a 2010). Injektáží hnojiv do půdy dochází k výraznému omezení ztrát dusíku ve formě amoniaku, ale naopak mohou významně stoupnout ztráty dusíku ve formě oxidů NO_x (Richardson a kol. 2009).

V České republice byla metoda ověřována v rámci projektu NAZV č. QH 71077. Autoři řešitelského týmu projektu (Balík a kol. 2012) považují, ve vztahu k době jejího vzniku, metodu CULTAN za poměrně nový systém dusíkaté výživy rostlin. Základem metody CULTAN je aplikace celé dávky dusíku potřebné pro vegetaci jednorázově. Hnojivo je aplikováno v amonné formě přímo do půdy. Takto aplikovaný dusík je v půdě méně pohyblivý, proto nedochází k jeho výrazným ztrátám vyplavením či povrchovým smyvem. Proces volatilizace představuje ztráty dusíku z půdy způsobené těkáním amoniaku z povrchu půdy nebo z jejích horních vrstev (např. Huijsmans a kol. 2003 a Zhang a kol. 2010).

Využití dusíku z hnojiva by mělo být vyšší než při konvenčních hnojeních v dělených dávkách na povrch půdy, proto pro dosažení stejného výnosu stačí nižší dávky hnojiva. S tím jsou také spjata významná ekologická pozitiva metody CULTAN. Navíc možnost jednorázové aplikace šetří čas, náklady na práci a pohonné hmoty. Metoda CULTAN se tak jeví jako perspektivní alternativa výživy rostlin. Hlavním limitujícím faktorem je však nutnost použití speciální aplikační techniky. Pro správné pochopení principů metody CULTAN je nezbytná znalost chování dusíku v půdě i rostlině.

II.1.2. Současný stav využití aplikačních kol s injektážními hroty

V současné době je na trhu k dispozici značné množství technických řešení rozdílných výrobců a tzv. „domácích“ (zemědělci svépomocí vyrobených) konstrukcí, které stále vycházejí z prvotního principu a technického řešení systému CULTAN. Technická řešení se vyznačují rozdílnou šířkou pracovního záběru a kapacitou zásobníku na hnojivo (dominantní je stále aplikace N-hnojiv). Technická řešení jsou primárně postavena na konstantní vzdálenosti aplikačních kol, která zajišťují bodovou injektážní aplikaci kapalných látek do půdy (obr. 1). Dlouhodobě se u daných systémů aplikace počítalo s prací strojů na pravidelně kultivovaných půdách (základní zpracování půdy pomocí orby či systémů rozdílně hlubokého celoplošného kypření), čemuž odpovídala i konstrukce aplikačních hřebů. V poslední době dochází k intenzivnímu rozvoji těchto technologií především na východě Evropy a v Asii, tedy v tzv. zemích bývalého Sovětského svazu. Rozvoj technologií je spojen s uplatněním systémů zonální bodové aplikace kapalných látek především v souvislosti s rozvojem technologií setí do částečně zpracované či nezpracované půdy. Zásadní modifikace je poté spojena s tvarem zakončení aplikačních hřebů, které jsou konstruovány pro rozdílné půdní, ale i technologií určené půdní podmínky (obr. 2).



Obr. 1: Injektážní aplikace kapalných látek zajišťují aplikační kola s aplikačními hroty.



Obr. 2: Rozdílné modifikace aplikačních hřebů ve vztahu k technologiím zpracování půdy (foto Brant).

II.1.3. Modifikace systémů injektážní aplikace kapalných látek

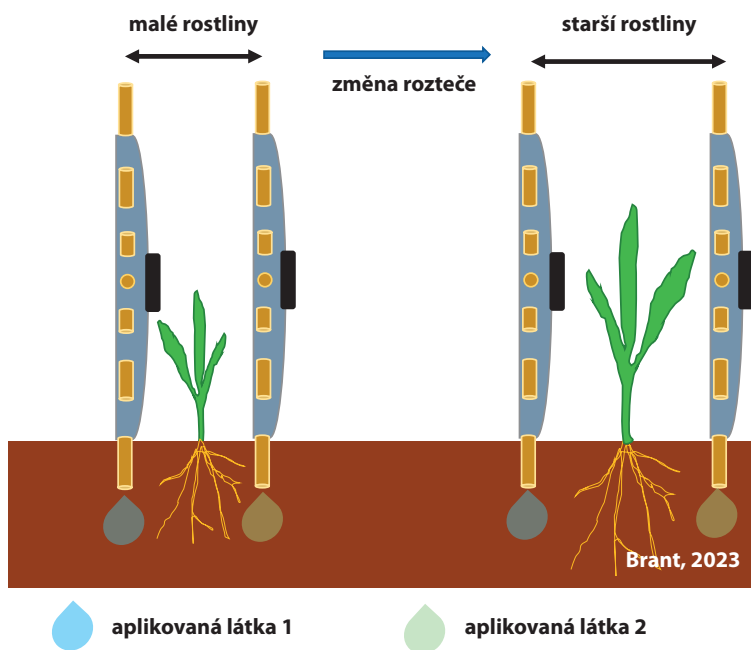
Na základě dostupné literatury a veřejně publikovaných informací jsou z hlediska nabídky výrobců strojů a svépomocí vyrobené konstrukce dostupné následující informace o modifikacích systému bodové injektážní aplikace kapalných látek. Jedná se primárně o aplikaci kapalných látek při výsadbě brambor (např. Sommer a kol. 2005). Zároveň jsou dostupné informace o využití aplikačních kol s injektážními hroty v porostech širokořádkových plodin (obr. 3).



Obr. 3: Implementace systému CULTAN pro aplikaci k řádku rostlin pěstovaných v širších řádcích (foto Chára).

II.1.4. Souběžná aplikace rozdílných kapalných látek

Brant a kol. (2023a) uvádějí, že přestože prvotním cílem injektáže byla aplikace amonných forem dusíku do hnojivového depa, dochází k ověřování systému bodových aplikací pro další kapalně látky. Kromě dusíku se může jednat o aplikace rozdílných složek kapalných vícesložkových hnojiv pro rychlou reakci rostlin, včetně mikroprvků. Princip aplikace kapalných látek do půdy však zásadním způsobem otevírá možnosti vnosu bakterií a hub na pozemek, především v systémech setí do nezpracované půdy a regenerativního zemědělství. Aplikace rozdílných forem bioagens do půdy v kombinaci s cílenou aplikací k řádku či rostlině je základem zvýšení efektivity účinku a snížení spotřeby biopřípravků. Aplikace podpůrných látek a živých organismů těmito systémy může být v kombinaci s přesným uložením k rostlině zajímavým intenzifikačním faktorem pro ekologické zemědělství. Ověřovány jsou i systémy umožňující adekvátní změnu rozteče aplikačních kol ve vztahu k vývoji rostliny (podzemní a nadzemní část), včetně aplikace dvou odlišných látek (obr. 4). Na obrázku 5 je zachycen systém rozvodů pro individuální přívod dvou kapalin k aplikačním kolům a čelně nesený zásobník kapaliny se dvěma nádržemi a nezávislými čerpadly, který zajišťuje možnost aplikace dvou kapalin k jednotlivým aplikačním kolům.



Obr. 4: Systémy aplikace kapalných látek s variabilní změnou rozteče aplikačních disků a s možností oddělené aplikace dvou kapalných látek.



Obr. 5: Systém rozvodů pro individuální přívod dvou kapalin k aplikačním kolům a čelně nesený zásobník kapaliny se dvěma nádržemi a nezávislými čerpadly (foto Brant a Kroulík).

II.1.5. Zásobníky kapalných látek

Stroje s nádrží na kolovém podvozku aplikátoru

U komerčně nabízených řešení se nejčastěji jedná o konstrukce, kdy je na rámu s jednonápravovým podvozkem umístěna nádrž na kapalinu a pomocí tříbodového závěsu je poté připojen samotný aplikátor pro injektážní aplikaci (obr. 6). Dosavadní technická řešení se vyznačují jednodukomorovými nádržemi, což vychází z prvotního využití strojů pro aplikaci jednoho hnojiva. Pro snížení tlaku pneumatik aplikátoru na půdu a z důvodu omezení poškození porostu při aplikaci na loukách a pastvinách a při jarních, případně podzimních vnosech kapalných látek u porostů obilnin, jsou stroje vybaveny širokými flotačními pneumatikami.

Za zásadní z hlediska omezení rizika poškození porostů v kolejových stopách aplikátoru, které nejsou vždy ve shodné trajektorii jako kola tažného prostředku, je nutné provést požadované snížení tlaku v pneumatikách ve vztahu k danému zatížení stroje, primárně dle plánovaného naplnění nádrže. Měření autorského kolektivu ukázala, že 20. den po přejezdu může v kolejových stopách docházet k redukci produkce nadzemní biomasy ozimé pšenice až o 35 % ve srovnání s nepřejetou plochou (obr. 7). Zvýšení kontaktní plochy a snížení tlaku v pneumatikách jednoznačně omezují tlak na půdu, ale i tak k ovlivnění vývoje porostů dochází. Opodstatněnost optimalizace hmotnosti stroje a tlaku v pneumatikách lze doložit i výsledky stanovenými při aplikaci kapalných organických hnojiv. Podle zahraničních údajů vedla povrchová aplikace kejdy na suchou půdu do porostů obilnin ke snížení výnosu v místech kolejí o 11,6 % vůči nepřejeté ploše. Na základě systému aplikace činila celkově přejetá plocha 22 % z plochy pozemku, čímž v konečném důsledku klesl průměrný výnos na pozemku o 2,5 až 3 % (Döll, 2012). Vstup na pozemek však musí být spojen s optimálními půdními podmínkami.

Na trhu se dnes již setkáváme se stroji, kde jsou opěrná a ve většině případů i pojezdová kola umístěna na aplikačním rámu, což rozkládá hmotnost stroje i hmotnost nádrže na větší počet kol. Jedná se však o technická řešení se záběrem spíše do 10 m.



Obr. 6: U komerčně nabízených řešení se nejčastěji jedná o konstrukce, kdy je na rámu s jednonápravovým podvozkem umístěna nádrž na kapalinu a pomocí tříbodového závěsu je poté připojen samotný aplikátor pro injektážní aplikaci (foto Brant).



Obr. 7: Stav porostů ozimé pšenice v místech kolejových stop pracovní soupravy 20. den po provedení injektážní aplikace (foto Chára).

Čelně nesené nádrže a nádrže na rámech aplikátorů

Při využití aplikátorů pro injektážní aplikaci jako nesených strojů jsou tažné prostředky primárně osazovány čelně nesenými nádržemi (obr. 8), nebo jsou zásobníky umístěny na rám aplikátoru (obr. 9). Čelně nesené nádrže jsou využívány i při osazení strojů pro zpracování půdy mimo vegetaci a při kultivaci během vegetace aplikačními koly s injektážními hroty. Na východních trzích jsou již komerčně nabízeny i čelně nesené nádrže se dvěma oddělenými zásobníky, včetně možnosti výběru poměru objemu nádrží (obr. 10). Výrazný rozvoj lze spatřovat i v nabídce rozdílných nádrží umísťovaných na stroje pro zpracování půdy, kdy se provádí souběžná aplikace kapalných látek, včetně případů dovybavení secího stroje nádrží na kapalné látky (obr. 11).



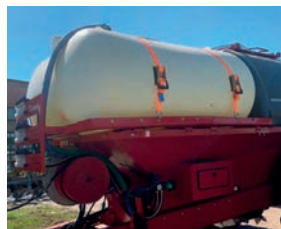
Obr. 8: Při využití aplikátorů pro injektážní aplikaci jako nesených strojů jsou tažné prostředky primárně osazovány čelně nesenými nádržemi (foto Brant).



Obr. 9: Zásobníky mohou být umístěny přímo na rám aplikátoru (foto Chára).



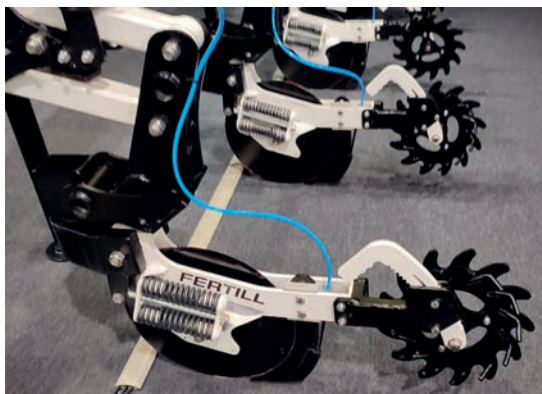
Obr. 10: Komerčně jsou nabízeny i čelně nesené nádrže se dvěma oddělenými zásobníky (foto Chára).



Obr. 11: Výrazný rozvoj lze spatřovat i v nabídce rozdílných nádrží umísťovaných na stroje pro zpracování půdy (foto Chára).

II.1.6. Alternativní technologie aplikace kapalných látek

Brant a Kroulík (2024) uvádějí, že v Americe a v Austrálii jsou již delší dobu dostupné aplikátory hnojiv k řezným diskům. Tyto systémy jsou z hlediska počtu pracovních nástrojů (mají vliv na hmotnost stroje) využívány primárně pro plodiny vysévané do širších řádků a použitelné by byly i pro úzkořádkové plodiny, které by se vysévaly do řádků s roztečí 0,25 m a více. Hnojivové depo tak tvoří souvislý pruh aplikované látky v dané hloubce. Jedná se o konstrukční řešení se samostatným podvozkem, na kterém je umístěn zásobník kapalné látky a zavěšen rám nesoucí řezné disky a aplikátory kapalné látky. Aplikáční disky umožňují tvorbu hlubší rýhy pro hnojivo, a to i na tvrdé půdě, k tomu napomáhají i systémy přitlaku na řezné disky (obr. 12). Obdobný princip lze využít i při modifikaci konvenčních pleček v rámci evropských podmínek (obr. 13). Dostupná jsou i řešení využívající aplikaci kapalných látek za ploché slupice zakončené úzkým dlátem vytvářejícím rýhu, do které je aplikováno hnojivo. Tyto systémy umožňují hlubší uložení hnojiva do půdy a minimalizují efekt kypření půdy.



Obr. 12: Aplikáční disky umožňují tvorbu hlubší rýhy pro hnojivo, a to i na tvrdé půdě, k tomu napomáhají i systémy přitlaku na řezné disky (foto Brant).



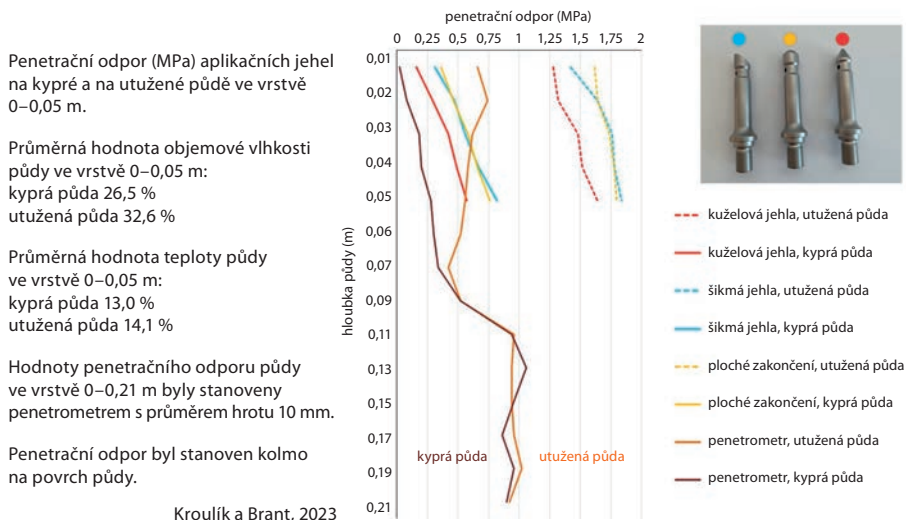
Obr. 13: Modifikace plečky pro aplikaci hnojiva za řezný disk k řádku ozimé řepky na jaře (foto Chára).

II.2. Ověřování systému bodové injektážní aplikace

V rámci projektu probíhaly experimenty zaměřené na technické parametry pracovních nástrojů a na ověření rozptylu kapaliny v půdě a zároveň byl ověřován i vliv aplikace kapalných látek na rostliny.

II.2.1. Penetrační odpor injektážních hřebů

Testování hřebů pobíhalo na základě stanovení penetračního odporu. Pro měření byl modifikován penetrometr PN 10 (výrobce ČZU v Praze). Modifikace proběhla změnou tlačné tyče, která byla zakončena závitem pro uchycení rozdílných konstrukcí hřebů. Záznam hodnot penetračního odporu byl zaznamenáván po 10 mm změny vrstvy půdy. Výsledky ukázaly, že u konvenčních aplikačních hřebů s rovným zakončením hrotu, které jsou standardně využívány do lehčích půd, lze na těžších půdách při optimální vlhkosti (35–40 %) očekávat větší utužení dna vpichu hřebu, které zpomalí infiltraci kapaliny. Větší utužení dna lze určit na výši penetračního odporu, který daný tvar hřebu vykazuje při pronikání půdou (obr. 14). Aplikační hřeby zakončené kuželovým hrotem vykazují při pronikání půdou (kolmý průřez) výrazně menší odpor (obr. 14) než hroty s plochým zakončením. Proto jsou samozřejmě vhodnější pro aplikaci do těžších půd a do půd vykazujících vyšší objemovou hmotnost (redukované zpracování půdy, seti do nezpracované půdy, přítomnost rostlinných zbytků na povrchu půdy apod.). Snížení penetračního odporu může vést obecně k menšímu utužení dna aplikačního vpichu, a tím k lepší infiltraci do spodních vrstev. Ověřovány byly i konstrukce hřebů s jednostranným šikmým zakončením, které vykazují obdobný penetrační odpor jako hřeby s plochým zakončením.



Obr. 14: Penetrační odpor (MPa) aplikačních hřebů na kypré a na utužené půdě ve vrstvě 0–0,05 m (Brant a kol. 2023b)

II.2.2. Infiltrace kapaliny do půdy

V rámci ověřování toku kapaliny do infiltračních vpichů a následné infiltrace do půdy bylo využito metody modré infiltrace v kombinaci s metodou analýzy obrazu. Pro testování byl vyvinut ruční rám s aplikačním kolem a osazen byl dávkovačem kapaliny vybaveným elektricky poháněným čerpadlem. Pro testování byly použity hřebíky s plochým, šikmým a kuželovým zakončením. Při aplikaci byla tedy dávkována modrá barva. Aplikace probíhala do suché a do vlhké půdy. Po aplikaci byly odkryty půdní profily, které umožnily stanovit rozložení modré kapaliny v okolí aplikačního depa. Profily byly následně nafoceny a fotografie byly převedeny na fotografie v černo-bílém formátu, kde půda představuje černou barvu a půda obarvená modrou barvou je na snímku bílá. V konečné fázi byla plocha obarvená bílou barvou vyjádřena jako podíl na ploše snímku. Obrázek 15 dokládá stav infiltrace kapaliny do půdy při použití aplikačních hřebů s rozdílným tvarem zakončení. Na rozmístění kapaliny v místě aplikace má vliv nejen půdní druh, ale i samotná vlhkost půdy a utužení horní vrstvy půdy. S narůstající vlhkostí půdy dochází k výraznější tvorbě aplikačních vpichů, které se nebortí, a kapalina se v nich nachází spíše ve spodní části. U suché půdy dochází k rychlému zborcení stěn aplikačního vpichu a kapalina je intenzivněji promísena se zeminou zahrnující prostor po aplikační jehle. Při suché půdě či v nakypřené půdě se uložení kapaliny nachází blíže povrchu půdy. Z fotografií převedených do černo-bílého formátu (obr. 16) je dobře patrný efekt nasátí kapaliny půdou, což se projevuje menší plochou barvy v místě vpichu. Obrázek 17 znázorňuje intenzitu probarvení půdy v místě aplikačního vpichu. Z obrázku je dobře patrné vyšší probarvení vrstvy půdy v hloubce vpichu 25 až 75 mm na vlhké půdě ve srovnání s půdou suchou (kuželové a šikmé zakončení hřebu), které je způsobeno pevnější stěnou kolem vpichu v důsledku pronikání hřebu do půdy a vede k omezenějšímu vsakování kapaliny po aplikaci.

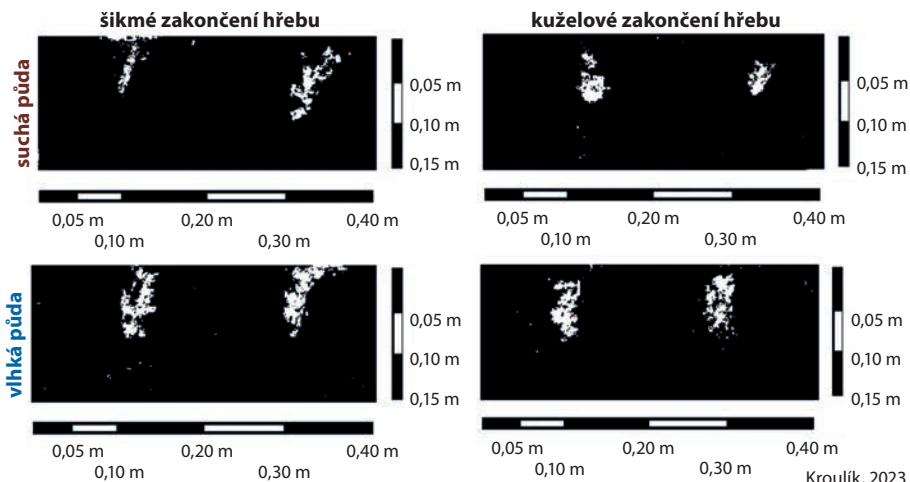
Stav infiltrace kapaliny
do půdy při použití
aplikačních hřebů s plochým
zakončením při aplikaci
do vlhké půdy.

Stav infiltrace kapaliny
do půdy při použití
aplikačních hřebů
se sešikmeným koncem
při aplikaci do vlhké půdy.

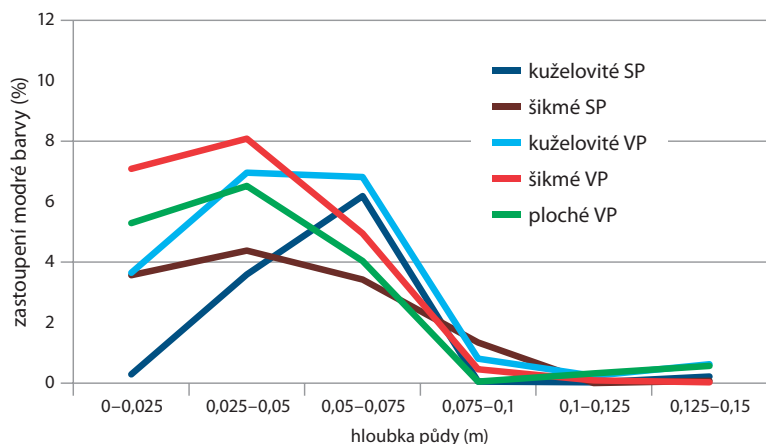
Stav infiltrace kapaliny
do půdy při použití
aplikačních hřebů s kuželovým
zakončením při aplikaci
do suché půdy.



Obr. 15: Stav infiltrace kapaliny do půdy při použití aplikačních hřebů s rozdílným tvarem zakončení (foto Brant).



Obr. 16: Infiltrace kapaliny do půdy v místě vpichu při využití aplikačních hřebů se šikmým a kuželovým zakončením na suché a na vlhké půdě.



Obr. 17: Zastoupení modré barvy v půdním profilu ve vztahu k použitým typům aplikačních hřebů a stavu půdy (suchá - SP a vlhká půdy VP, zdroj Kroulík).

II.2.3. Aplikace hnojiva DAM 390 u ozimé pšenice

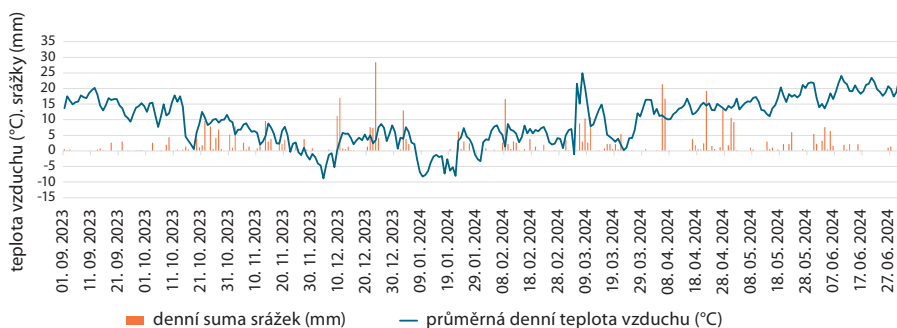
V rámci ověřování technologie v podmínkách České republiky byly ověřovány dva cíle. Prvním cílem je vývoj aplikátoru pro bodovou injektážní aplikaci a specifikace technologických postupů bodové injektážní aplikace pro polní plodiny a zeleniny, především pro dominantně pěstované plodiny, kam samozřejmě patří i ozimá pšenice (Brant a kol. 2024a).

V roce 2024 byla na pozemcích Statku Chyše s.r.o. (50.1079100N, 13.2258156E) ověřována bodová injektážní aplikace hnojiva DAM 390 při regenerativním hnojení ozimé pšenice. Aplikace proběhla souběžně s testováním prototypu aplikátoru NEVEON BEDNAR FMT o záběru 20 m (pro návaznost na jízdy postřikovače byl pracovní záběr stroje omezen zaslepením přívodů k aplikačním kolům na 18 m) s roztečí aplikačních kol s injektážními hroty 0,25 m (obr. 18). Pro testování byl vybrán porost ozimé pšenice (odrůda Fenomen), založený na podzim 2023 (11. 10. 2023) s výsevkem 3,5 MKZ na ha.



Obr. 18: Aplikace hnojiva DAM 390 pomocí prototypu NEVEON BEDNAR FMT o pracovním záběru 20 m s roztečí mezi aplikačními koly s injektážními hroty 0,25 m (foto Brant).

Předplodinou byla ozimá řepka. Po sklizni proběhlo zpracování strniště na hloubku 10 mm pomocí stroje Bednar Striegel PRO PE 1200, následovalo kypření do hloubky 0,25 m (Horsch Tiger 8 MT) a výsev secím strojem Horsch Pronto 6 DC s roztečí řádků 0,15 m. Základní hnojení bylo provedeno dávkou 80 kg NPK 15-15-15 na ha. První regenerativní hnojení proběhlo 6. 3. 2024 (LAD 200 kg/ha) a druhé 4. 4. 2024., kdy se jednalo o plochy s aplikací DAM 390 pomocí postřikovače na list či injektážní aplikace. Kvalitativní hnojení proběhlo (24. 5. 2024) dávkou 100 kg LAD na ha. Ochrana rostlin byla na celém experimentálním pozemku shodná. Obr. 19 dokumentuje průběh počasí na pokusném pozemku v období od 1. 9. 2023 do 30. 6. 2024.



Obr. 19: Průběh počasí na pokusném pozemku v období od 1. 9. 2023 do 30. 6. 2024.

Aplikace hnojiva DAM 390 proběhla 4. 4. 2024. V rámci testování byly založeny menší pokusné plochy (18×25 m) s dávkou DAM 390 ve výši 50; 100; 150; 200 a 250 l/ha, kontrolní variantu představovala plocha s aplikací hnojiva DAM 390 v dávce 130 l/ha postřikem na list (4. 4. 2024). Malé pokusné plochy byly založeny z důvodu eliminace variability pozemku. Dále byly (rovněž 4. 4. 2024) na pokusném pozemku založeny pásy o šířce 18 m a o délce 400 m s provedením aplikace DAM 390 injektáží do půdy (50; 100; 150; 200 a 250 l hnojiva na ha) a s postřikem na list (130 l/ha). Rostliny se v době provedení hnojení nacházely ve fázi konce odnožování. Hnojivo bylo při aplikaci ukládáno do hloubky kolem 70 mm (obr. 20) a rozptylem kapaliny se v půdě vytvářelo hnojivové depo.



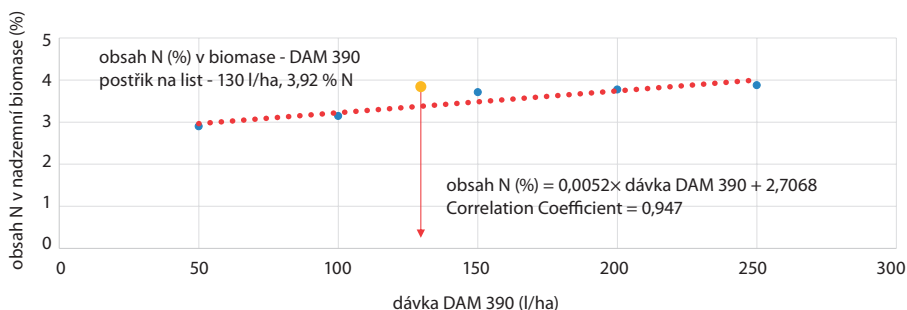
Obr. 20: Hnojivo bylo při aplikaci aplikačními hroty ukládáno do hloubky kolem 70 mm (foto Brant).

Vliv injektážní aplikace na obsah N v biomase

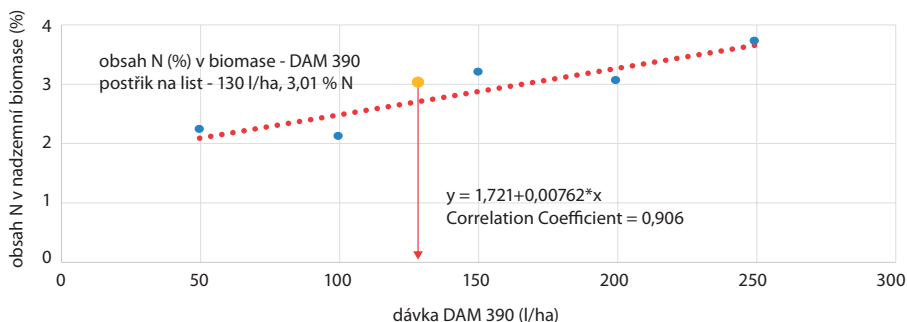
První hodnocení vlivu injektážní aplikace hnojiva proběhlo 15. 4. 2024 na plochách s rozdílnými dávkami injektážní aplikace (50–250 l DAM 390 na ha) na malých plochách, kdy byl hodnocen obsah N v nadzemní biomase. V termínu hodnocení již rostliny přešly do fáze sloupkování. Obsah N v nadzemní biomase rostlin pšenice ozimé stanovené 10. den po aplikaci DAM 390 dokládají tabulka 1 a obrázek 21. Z tabulky 1 je patrné, že injektážní aplikace DAM 390 v dávce 150 až 250 l/ha měla shodný vliv na obsah dusíku v rostlinách jako listová aplikace DAM 390 v dávce 130 l/ha. Obrázek 21 dokládá pozitivní korelaci mezi dávkou injektáží aplikovaného DAM 390 a obsahem N (%) v nadzemní biomase pšenice ozimé. Následné hodnocení vlivu aplikace injektáží proběhlo 26. 4. 2024 opět na malých pokusných plochách. V tomto termínu proběhlo hodnocení obsahu N v biomase na plochách s rozdílnou dávkou DAM 390 (50–250 l/ha). Obrázek 22 opět potvrzuje pozitivní korelaci mezi obsahem N v nadzemní biomase pšenice ozimé a dávkou DAM aplikovaného injektáží do půdy.

Tab. 1: Vliv injektážní aplikace DAM 390 strojem NEVEON (l/ha) na obsah N (%) v nadzemní biomase pšenice ozimé, lokalita Chyše, 15. 4. 2024, aplikace proběhla 4. 4. 2024. Rozdílné indexy v rámci sloupce dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 95 % (ANOVA, Tukey).

varianta	obsah N v nadzemní biomase (%)
50 l DAM 390/ha (NEVEON)	2,90 ^a
100 l DAM 390/ha (NEVEON)	3,15 ^{ab}
150 l DAM 390/ha (NEVEON)	3,71 ^{bc}
200 l DAM 390/ha (NEVEON)	3,78 ^c
250 l DAM 390/ha (NEVEON)	3,88 ^c
postřik na list 130 l DAM 390/ha	3,92 ^c
p-value	0,0001



Obr. 21: Vliv výše dávky DAM 390 aplikovaného injektáží do půdy na obsah N v nadzemní biomase rostlin v termínu hodnocení 15. 4. 2024.



Obr. 22: Vliv výše dávky DAM 390 aplikovaného injektáží do půdy na obsah N v nadzemní biomase rostlin v termínu hodnocení 26. 4. 2024.

Parametry porostu a výnos

Následné hodnocení vlivu aplikace a dávky DAM 390 proběhlo při sklizni. Na plochách s malou výměrou (18×25 m) byl výnos z hlediska velikosti ploch proveden ručním odebráním celkové nadzemní biomasy rostlin a ručním vymláčením zrna. Na plochách s pokusnými pásy byl výnos hodnocen na základě hmotnosti zrna z hodnoceného pásu.

Tabulka 3 dokládá parametry porostu a rostlin při ruční sklizni 25. 7. 2024. Mezi většinou hodnocených parametrů nebyly prokázány statisticky průkazné rozdíly. Nejvýraznější rozdíly mezi průměry byly ve hmotnosti tisíce zrn (HTZ). Teoretický výnos zrna byl nejvyšší na variantě s dávkou DAM 390 injektáží ve výši 150 l/ha. Na základě stanovení výnosu přepočtem z výnosotvorných prvků byl nejvyšší výnos zrna stanoven na plochách s injektážní v rozmezí 150 až 250 l/ha.

Vypočtený výnos zrna přepočtem z výnosotvorných prvků koresponduje s reálným výnosem stanoveným při sklizni pásů pomocí sklízecí mlátičky. Zde byl vyšší výnos zrna vůči kontrolní variantě (aplikace DAM postřikem) stanoven na variantách s injektážní aplikací DAM 390 v dávce 100 až 250 l/ha.

Tab. 2: Vliv injektážní aplikace DAM 390 strojem NEVEON (l/ha, NEV) na vybrané výnosotvorné prvky porostu ozimé pšenice a na teoretický výnos zrna a slámy a na výnos zrna stanovený na základě výnosotvorných prvků, lokalita Chyš, 25. 7. 2024. Rozdílné indexy v rámci sloupce dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 95 % (ANOVA, Tukey). Ruční sklizeň z malých pokusných ploch.

dávka DAM 390 (l/ha)	počet odnoží na rostlině (ks)	počet klasů na m² (ks/m²)	počet zrn v klase (ks)	HTZ (g)	výnos zrna (100 %) sušina (t/ha)	výnos slámy (100 %) sušina (t/ha)	poměr zrno/ sláma	vypočtený výnos zrna podle výnosotvorných prvků (t/ha), 100% sušina
50 NEV	1,5 ^a	528,3 ^a	32,6 ^a	40,6 ^d	6,250 ^a	6,856 ^a	0,91	6,993
100 NEV	1,8 ^a	470,0 ^a	37,1 ^a	37,5 ^{ab}	5,317 ^a	6,007 ^a	0,89	6,536
150 NEV	1,2 ^a	631,7 ^a	33,5 ^a	37,0 ^{ab}	7,468 ^a	9,171 ^b	0,81	7,828
200 NEV	1,8 ^a	546,7 ^a	36,0 ^a	38,5 ^{bc}	6,642 ^a	7,129 ^{ab}	0,93	7,568
250 NEV	2,0 ^a	573,3 ^a	39,0 ^a	36,1 ^a	6,366 ^a	7,808 ^{ab}	0,82	8,073
130 (postřik na list)	1,8 ^a	493,3 ^a	33,5 ^a	39,2 ^{cd}	7,072 ^a	7,702 ^{ab}	0,92	6,477
p-value	0,4160	0,0725	0,4312	0,0000	0,0768	0,0072		

Tab. 3: Vliv injektážní aplikace DAM 390 strojem NEVEON (l/ha) na vybrané parametry zrna ozimé pšenice, na reálný výnos zrna a ekonomické srovnání tržby za prodej zrna, lokalita Chyše, 25. 7. 2024. Rozdílné indexy v rámci sloupce dokládají statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 95 % (ANOVA, Tukey). Sklizeň sklízecí mlátičkou.

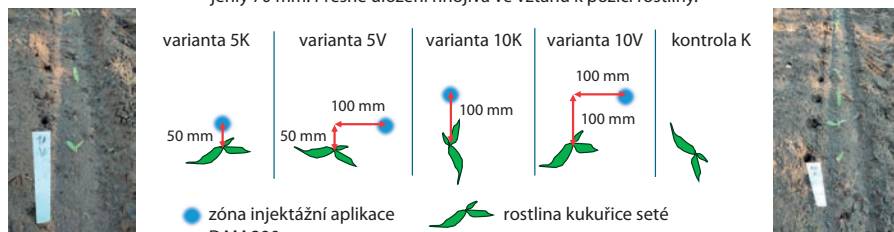
dávka DAM 390 (l/ha)	výnos zrna při 100% sušíně (t/ha)	vlhkost (%)	N-látky (%)	lepek (%)	Zeleného test (ml)	hektolitrová váha (kg/hl)	výnos zrna - kontrola - 130 l/ha (postřik) = 100 %	realizace prodeje zrna z hektaru (Kč/ha) - cena 4950 Kč za t pšenice potravinářské (vlhkost 12 %)	finanční rozdíl při prodeji vůči kontrole (Kč)
50 NEV	6,239	12,4	12,9	26,5	42,5	75,8	99,4	34590,3	-220,51
100 NEV	6,506	13,0	13,1	27,1	45,0	78,7	103,6	36068,4	1257,60
150 NEV	6,527	12,3	13,4	27,2	43,5	73,6	104,0	36187,5	1376,73
200 NEV	6,686	12,6	13,6	28,5	49,0	79,0	106,5	37066,2	2255,41
250 NEV	6,385	11,9	13,3	27,8	44,0	74,7	101,7	35398,0	587,25
130 (postřik na list)	6,279	13,2	12,7	25,5	43,0	79,9	100,0	34810,8	0,00

II.2.4. Aplikace hnojiva DAM 390 u kukuřice seté

Cílem experimentu bylo ověřit vliv cílené zonální aplikace hnojiva DAM 390 na vývoj rostlin kukuřice seté po vzejití. Aplikace proběhla simulací injektážního otvoru a následnou aplikací hnojiva. První experiment byl zaměřen na vliv umístění injektážní zóny vůči rostlině kukuřice (obr. 23) a druhý na vliv umístění hnojiva do středu dvouřádku kukuřice o rozteči řádků 200 mm (obr. 24). Dávka hnojiva DAM 390 byla vždy 2 ml do zóny, hloubka práce injektážního hrotu činila 70 mm. Hodnocení produkce suché nadzemní a podzemní biomasy proběhlo 14. den po aplikaci hnojiva.

Metodika pokusů s aplikací hnojiva do rozdílných zón k rostlině kukuřice:

Injektážní zonální aplikace hnojiva DAM 390 k rostlinám kukuřice seté (BBCH 13) v řádcích s roztečí 0,75 m. Dávka DAM 390 2 ml do zóny, hloubka práce injektážní jehly 70 mm. Přesné uložení hnojiva ve vztahu k pozici rostliny.

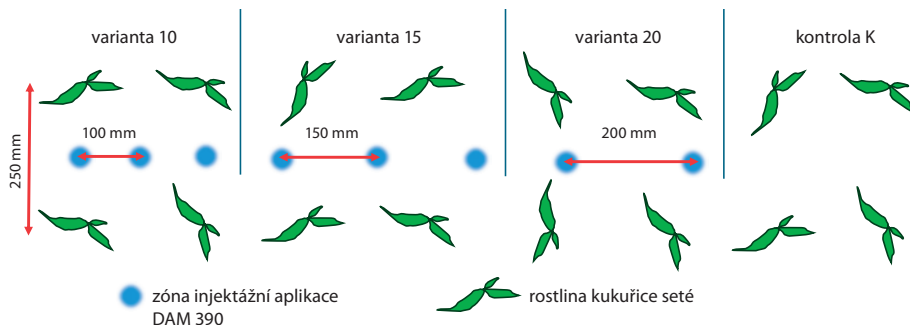


Brant a Kroulík, 2024

Obr. 23: Vliv umístění injektážní zóny vůči rostlině kukuřice.

Metodika pokusů s aplikací hnojiva do středu dvouřádku:

Injektážní zonální aplikace hnojiva DAM 390 k rostlinám kukuřice seté (BBCH 13) do středu dvouřádku, mezi středy dvouřádků je rozteč 0,75 m. Dávka DAM 390 2 ml do zóny, hloubka práce injektážní jehly 70 mm. Náhodné uložení hnojiva ve vztahu k pozici rostliny.



Obr. 24: Vliv umístění injektážní zóny vůči rostlinám ve dvouřádku.

Při hodnocení vlivu hnojiva na rostliny při aplikaci ve vztahu ke vzdálenosti od rostliny byl u dvou variant potvrzen statisticky průkazný vliv hnojiva na produkci nadzemní biomasy, u podzemní biomasy nebyl vliv hnojiva ve srovnání s kontrolou prokázán (tab. 4). Při systému aplikace hnojiva do středu dvouřádku nebyl vliv hnojení prokázán (tab. 5).

Tab. 4: Vliv zonální aplikace hnojiva DAM 390 k rostlinám kukuřice seté v dávce 2 ml hnojiva DAM 390 na injektážní zónu. Označení variant vychází z obrázku 23. Aplikace proběhla ve fázi kukuřice BBCH 13, hodnocení nadzemní a podzemní biomasy proběhlo 14. den po aplikaci. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkaznou diferenci mezi průměry (ANOVA, Tukey) na hladině významnosti 95 %.

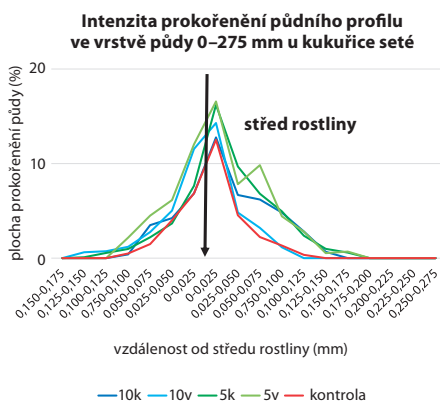
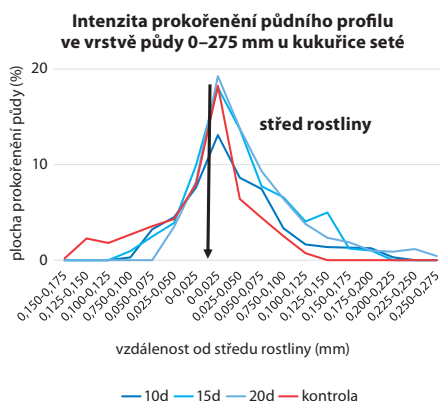
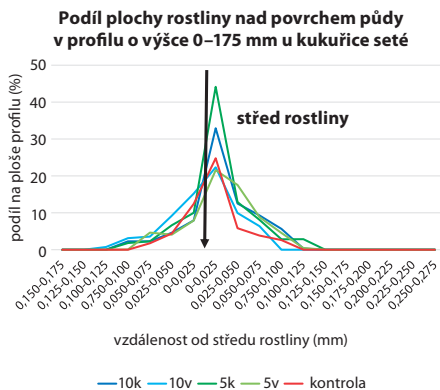
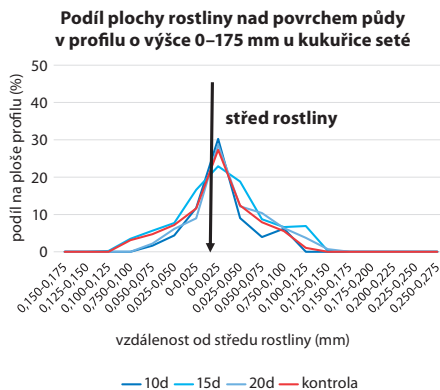
varianta	hmotnost podzemní biomasy (g)	hmotnost nadzemní biomasy (g)	podíl nadzemní/podzemní hmotnost biomasy
K	0,164 ^a	0,110 ^a	0,672 ^a
5V	0,201 ^{ab}	0,134 ^a	0,664 ^a
5K	0,206 ^b	0,158 ^a	0,763 ^a
10V	0,203 ^b	0,130 ^a	0,642 ^a
10K	0,185 ^{ab}	0,164 ^a	0,887 ^a

Tab. 5: Vliv zonální aplikace hnojiva DAM 390 k rostlinám kukuřice seté založených systémem dvouřádku v dávce 2 ml DAM 390 na injektážní zónu. Označení variant vychází z obrázku 24. Náhodné uložení hnojiva ve vztahu k pozici rostliny. Aplikace proběhla ve fázi kukuřice BBCH 13, hodnocení nadzemní a podzemní biomasy proběhlo 14. den po aplikaci. Odlišné indexy v rámci sloupců dokládají statisticky průkaznou diferenci mezi průměry (ANOVA, Tukey) na hladině významnosti 95 %.

varianta	hmotnost podzemní biomasy (g)	hmotnost nadzemní biomasy (g)	podíl nadzemní/podzemní hmotnost biomasy
10	0,168 ^a	0,100 ^a	0,594 ^a
15	0,209 ^a	0,159 ^a	0,754 ^a
20	0,194 ^a	0,166 ^a	0,857 ^a
K	0,174 ^a	0,130 ^a	0,744 ^a

V rámci hodnocení byla provedena i analýza vlivu aplikace DAM 390 podle schémat (obr. 21 a 22) na intenzitu prokořenění půdy a na nadzemní biomasu. Pro hodnocení byla využita metoda analýzy obrazu infra snímku s následným převodem do formátu černobílé fotografie (metodika podle Brant a kol. 2017). Před analýzou obrazu byly rostliny kukuřice vyryty i s kořenem, poté umyty a rozprostřeny na černou podložku. Poté byly pořízeny infračervené fotografie jednotlivých rostlin. Po převodu fotografií do černo-bílého formátu charakterizovala bílá barva podzemní a nadzemní biomasu rostlin. U černobílé fotografie bylo následně provedeno rozdělení plochy kolem nadzemní biomasy o velikosti 125 mm (výška) × 450 mm (šířka) pro nadzemní biomasu a o velikosti 275 mm (výška) × 450 mm (šířka) pro podzemní biomasu na pixely 25 × 25 mm. Pro jednotlivé pixely byla provedena analýza zastoupení bílé barvy a následně se pracovalo s průměrnou hodnotou zastoupení bílé barvy pro sloupce výšky plochy na celou šířku plochy, kdy střed plochy byl v místě středu rostliny. Výsledky hodnocení prokořenění půdy a podíl nadzemní biomasy zobrazené na obrázku 25 poukazují na skutečnost, že cílená zonální aplikace k rostlině vykazovala ve srovnání s aplikací do středu dvouřádku vyšší vliv na nárůst hodnoceného parametru ve srovnání s kontrolní variantou.

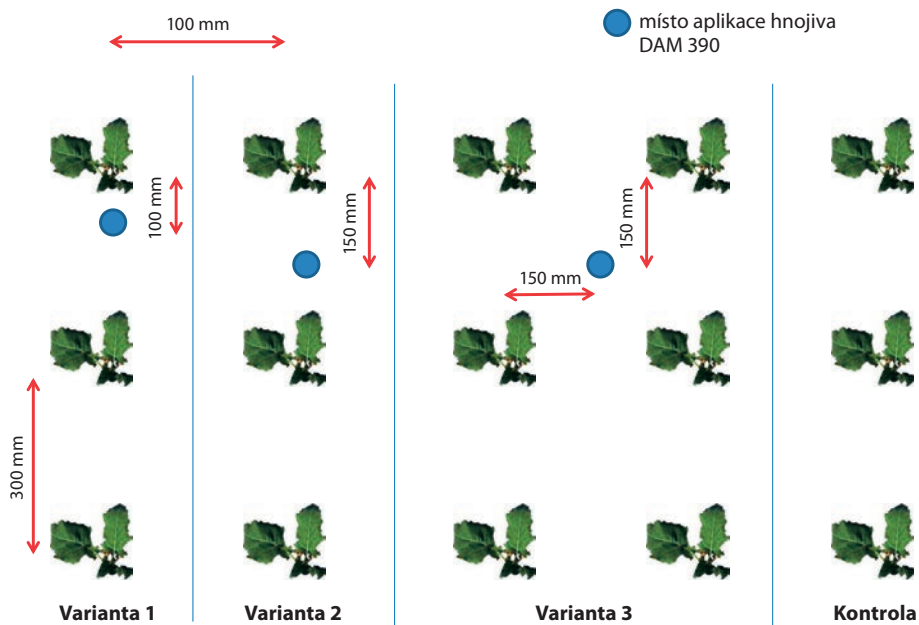
Přesná zonální aplikace hnojiva DAM 390 k rostlině kukuřice seté vykazovala pozitivní vliv na vývoj kořenového systému (suchá hmotnost biomasy) ve srovnání s kontrolou bez aplikace hnojiva. Aplikace hnojiva nevykázala vliv na hmotnost suché nadzemní biomasy ve srovnání s kontrolou. Zonální aplikace hnojiva DAM 390 do středu dvouřádku v rozdílném množství na plochu (dávka byla ovlivněna vzdáleností vpichů) nevykázala vliv na hmotnost suché nadzemní a podzemní biomasy ve srovnání s kontrolou.



Obr. 25: Vliv zonální aplikace hnojiva DAM 390 na intenzitu prokořenění půdy a plochy nadzemní části rostliny kukuřice seté (označení variant vychází z obrázků 23 a 24).

II.2.5. Aplikace hnojiva DAM 390 u kedlubnu bílého

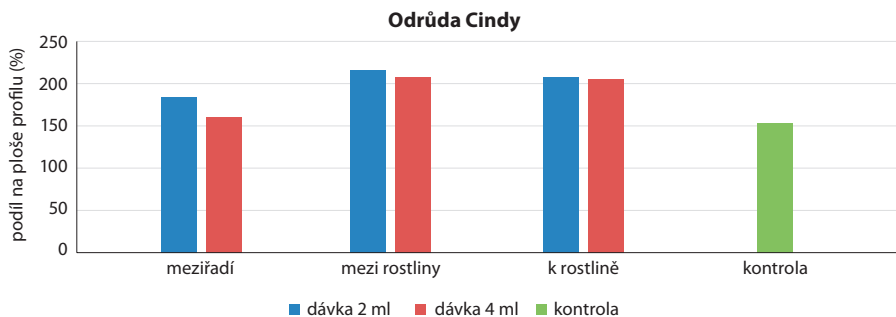
Cílená zonální aplikace hnojiva DAM 390 byla i u rostlin kedlubnu bílého. Aplikace opět proběhla pomocí simulace bodové injektáže k rostlinám. V rámci experimentu byl založen porost dvou odrůd kedlubnu bílého z předpěstované sadby (lokalita Troja). Testovány byly odrůdy Luna a Cindy. Výsadba rostlin proběhla ve čtvercovém sponu $0,3 \times 0,3$ m. Do aplikačních vpichů bylo aplikováno hnojivo DAM 390 v dávkách 2 a 4 ml. Hloubka vpichu byla 70 mm. Aplikace proběhla 12 dní po výsadbě. Schéma injektážní aplikace zachycuje obrázek 26, které bylo shodné pro obě odrůdy s danými dávkami. Kontrolní varianta byla bez přihnojení.



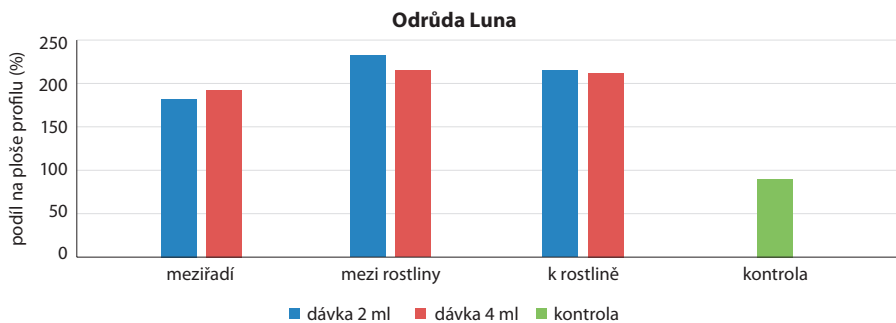
Obr. 26: Organizace porostu a pozice injektážní aplikace hnojiva (Kroulík).

Hodnocení bodové aplikace hnojiva k rostlinám kedlubnu bílého

Vliv zonální aplikace DAM 390 byl patrný při sklizni kedlubnů. Obrázek 27 dokládá hodnoty hmotností bulv odrůdy Cindy po sklizni. Z výsledků je patrné, že absence hnojení se projevila omezeným vývojem bulvy na kontrolní variantě a rovněž varianta s hnojením do meziřadí (varianta 3) vykazovala nižší hodnoty hmotnosti ve srovnání s variantami 1 a 2 u obou dávek DAM 390 (2 a 4 ml). Mezi průměrnými hodnotami hmotností bulv však nebyly prokázány statisticky průkazné rozdíly. Dávka hnojiva rovněž neměla statisticky průkazný vliv na výnos bulv. Shodné výsledky byly shledány také u odrůdy Luna (obr. 28). Zde se již kontrolní varianta statisticky významně lišila od hnojených variant. Rozdíly v hodnotách vlivem dávek hnojiva nebo pozice přihnojení nebyly statisticky významné. V obou případech byly nejvyšší hmotnosti pozorovány u varianty 2, tedy aplikace mezi rostliny a dávce 2 ml.



Obr. 27: Hmotnost bulev při sklizni odrůdy Cindy.



Obr. 28: Hmotnost bulev při sklizni odrůdy Luna.

II.3. Technologické koncepty

II.3.1. Využití systému a jeho modifikací v polní výrobě

V rámci pěstebních technologií polních plodin se jedná o následující koncepty využití injektážní aplikace kapalných látek v porostech polních plodin a zelenin, které vycházejí z následujících hledisek:

- A. Využití systému injektážní aplikace kapalných látek v rámci meziporostního období.
- B. Využití systému injektážní aplikace kapalných látek při základním zpracování půdy.
- C. Využití systému injektážní aplikace kapalných látek během vegetace u plodin vysávaných do úzkých řádků.
- D. Využití systému injektážní aplikace kapalných látek během vegetace u plodin vysávaných do širokých řádků.
- E. Využití systému injektážní aplikace kapalných látek během vegetace u plodin vysávaných do širokých řádků u polních zelenin v kombinaci se systémem kultivace během vegetace.

A. Využití systému injektážní aplikace kapalných látek v rámci mezíporostního období

Cílem injektážní aplikace kapalných látek v mezíporostním období je vnos hnojiv, bioagens a dalších kapalných látek do půdy, především v systémech setí do nezpracované půdy a v regenerativním zemědělství. Aplikace zajistí uložení hnojiv či dalších látek do půdy bez potřeby zpracování půdy, které by vedlo k porušení ochranné vrstvy mulče v systémech setí do nezpracované půdy či k porušení efektu vegetačních pokryvů v regenerativním zemědělství.

Obecné principy technologie

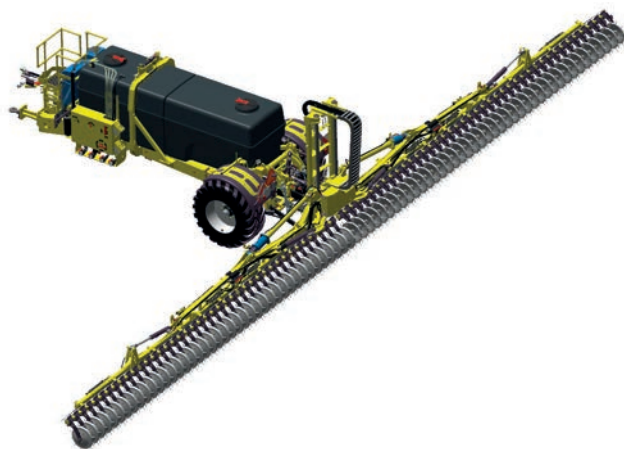
Injektážní aplikace do půdy v mezíporostním období umožňuje efektivní vnos kapalných hnojiv pod vrstvu mulče předplodiny či meziplodiny a zvyšuje jejich následné využití rostlinami. U bioagens (bakterie a houby) se jedná o aplikaci do půdního prostředí, které omezí mortalitu aplikovaných živých organismů ve srovnání s aplikací na povrch půdy.

Pro aplikaci lze využít jak systémy s užší roztečí injektážních kol (stroje pro plodiny vysévané do úzkých řádků), tak s roztečí pro tzv. širokořádkové plodiny. Obrázek 29 dokumentuje technická řešení pro aplikaci jedné kapalně látky (stroj je vybaven jedním zásobníkem na kapalnou látku) s roztečí injektážních kol 0,25 a 0,5 m.

V rámci technologií injektážní aplikace v mezíporostním období lze využít i systémy souběžné injektážní aplikace dvou látek. Stroje pro tuto aplikaci jsou vybaveny dvěma nádržemi a systémem individuálního rozvodu jednotlivých látek k aplikačním injektážním kolům. Nejčastěji se jedná o aplikaci dvou látek, tzv. ob kolo. Tyto systémy umožňují aplikaci látek, které nelze aplikovat ve formě tank-mix, např. bioagens a hnojiva. Obrázek 30 dokumentuje technické řešení stroje vybaveného dvěma zásobníky kapalně látky a systémem aplikace látek, tzv. ob kolo.



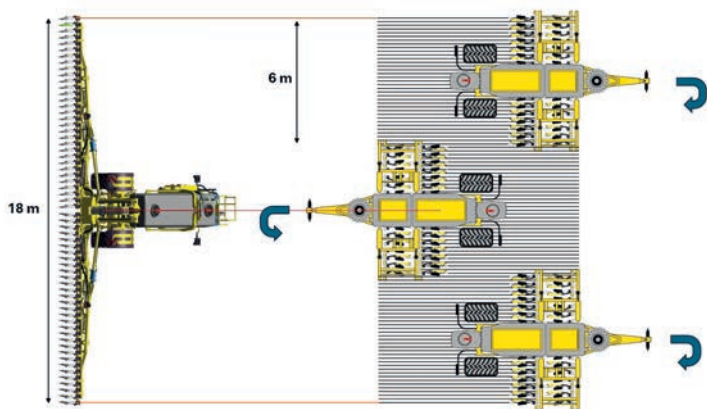
Obr. 29: Konstruktivní řešení pro injektážní aplikaci jedné kapalně látky v mezíporostním období (stroj je vybaven jedním centrálním zásobníkem), vlevo je rozteč injektážních kol 0,25 m a vpravo jejich rozteč činí 0,5 m (zdroj BEDNAR FMT).



Obr. 30: Technické řešení stroje pro injektážní oddělenou aplikaci dvou látek s roztečí injektážních kol 0,25 m a s aplikací jedné z látek do řádku s roztečí 0,5 m (zdroj BEDNAR FMT).

Injektážní aplikace v kontextu precizního zemědělství

V rámci systémů injektážních aplikací se jedná i o technologie cíleného umístění injektážně aplikovaného hnojiva nebo jiné látky do budoucí zóny kořenů hlavní plodiny nebo cíleně v dané vzdálenosti od řádku. Tyto systémy jsou využitelné jak pro plodiny vysévané do úzkých řádků (obr. 31), tak pro plodiny zakládáné do širokých řádků. Jedná se o aplikace před setím hlavní plodiny. Na obrázku 32 je zachycena pracovní souprava při aplikaci pomocné látky ESCUBE do budoucího řádku ozimé řepky. Rozteč řádků ozimé řepky byla 0,5 m, aplikace probíhala ob kotouč.



Obr. 31: Schéma cílené aplikace kapalných dusíkatých hnojiv (rozteč injektážních kol činí 0,25 m) před výsevem porostů ozimé pšenice do nezpracované půdy pomocí secího stroje BEDNAR DIRECTO NO s roztečí výsevních btek 0,25 m. Pracovní záběr aplikátoru pro injektážní uložení hnojiva je 18 m, secího stroje 6 m (zdroj Brant).



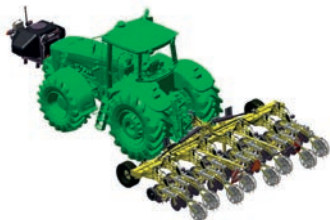
Obr. 32: Pracovní souprava při aplikaci pomocné látky ESCUBE do budoucího řádku ozimé řepky. Aplikace probíhala ob kotouč, tedy pro rozteč řádků 0,5 m (foto Brant).

B. Využití systému injektážní aplikace kapalných látek při základním zpracování půdy

Cílem injektážní aplikace kapalných látek při základním zpracování půdy je provedení zonálního uložení kapalných látek do budoucího prostoru rozvoje kořenového systému plodin. Z hlediska konstrukčního řešení aplikačních kol s injektážními hřeby ve vztahu k zonálním aplikacím a ve vztahu k pracovní rychlosti souprav pro základní zpracování půdy se jedná o využití při pásovém zpracování půdy.

Obecné principy technologie

Aplikační kola s injektážními hroty jsou umístěna na konci pracovních sekcí pro pásové zpracování půdy. Při aplikaci kapaliny tak dochází i k požadovanému utužení kypřeného pásu a aplikační kola tak nahrazují i funkci přitlačných a rovnacích válců. Při provádění pásového zpracování půdy na podzim pro ozimou řepku lze provést aplikaci kapalných hnojiv (dusíkaté formy a NP roztoky hnojiv), ale i bakterií, suspenzí hub a pomocných látek. Při provádění podzimního zpracování půdy v pásích pro jarní plodiny lze provést aplikaci bakterií a hub, případně NP roztoky s nízkým obsahem N. Při provedení pásového zpracování půdy na jaře pro jarní plodiny se okruh aplikovaných látek shoduje s principy uplatňovanými pro ozimou řepku na podzim. Obrázek 33 zobrazuje pracovní soupravu stroje pro pásové zpracování půdy s čelním zásobníkem na kapalně látky. Pro subjekty s vyšší výměrou půdy a pro subjekty zajišťující pásové zpracování půdy s injektážní aplikací látek formou služeb lze využít pracovní soupravy osazené zásobníkem kapalných látek s tříbodovým závěsem, do kterého je následně připojen stroj pro pásové zpracování půdy (obr. 34).



Obr. 33: Pracovní souprava složená ze stroje pro pásové zpracování půdy osazená aplikačními koly s injektážními hroty a s čelním zásobníkem na kapalně látky (zdroj BEDNAR FMT).



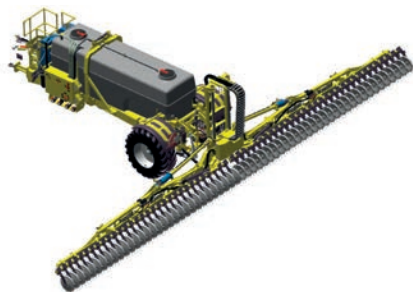
Obr. 34: Pracovní souprava osazená zásobníkem kapalných látek s tříbodovým závěsem, do kterého je následně připojen stroj pro pásové zpracování půdy (zdroj BEDNAR FMT).

C. Využití systému injektážní aplikace kapalných látek během vegetace u plodin vysévaných do úzkých řádků

Principem je aplikace kapalných látek především na jaře do ozimých plodin, kde se dominantně jedná o využití dusíkatých kapalných hnojiv (hnojivo DAM 390). Aplikace představuje regenerační hnojení, kde se využívá možnosti zvýšení jednorázové dávky hnojiva (injektážně aplikované do půdy) vůči foliární aplikaci. Injektážní aplikace umožňuje rovněž provedení hnojení i při nízkých teplotách, které znemožňují aplikaci na list. Dominantní využití má aplikace u ozimých obilnin, případně porostů ozimé řepky. V rámci aplikací lze dle agrotechnických požadavků využít pro injektáž i další látky, např. bakterie, houby apod. Dominantní využití však představuje aplikace dusíkatých hnojiv.

Obecné principy technologie

Tvorba hnojivového depa v zóně kořenových systémů zajišťuje vyšší efektivitu využití hnojiv rostlinami, včetně omezení jejich přístupnosti rostlinami při nedostatku vody. Aplikace kapalných látek zvyšuje efektivitu hnojení především ve srovnání s povrchovými aplikacemi pevných minerálních hnojiv. Na obrázku 35 je zachycena pracovní souprava při aplikaci hnojiva DAM 390 při regenerativním hnojení ozimé pšenice.



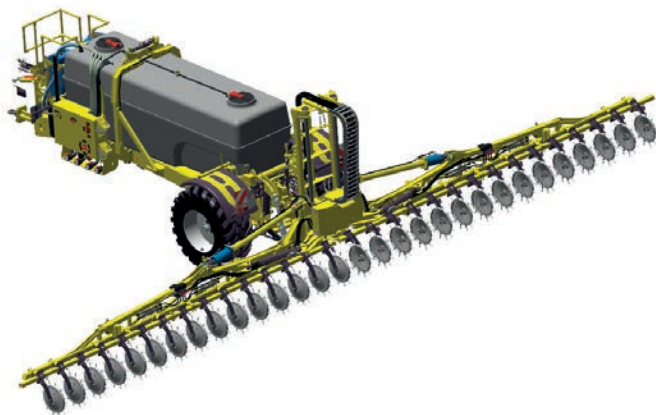
Obr. 35: Pracovní souprava osazená jednokomorovým zásobníkem kapalných látek s tříbodovým závěsem v kombinaci s rámem s aplikačními koly při jarním regeneračním hnojení ozimé pšenice, vlevo je souprava při práci, vpravo je schéma soupravy. Rozteč aplikačních kol činí 0,25 m (zdroj BEDNAR FMT).

D. Využití systému injektážní aplikace kapalných látek během vegetace u plodin vysévaných do širokých řádků

Principem je aplikace kapalných látek do porostů plodin vysévaných do širších řádků (0,45 – 0,75 m). Primárně se jedná o systémy určené pro cílené přihnojení rostlin po vzejití u jarních plodin. Dále se jedná o jarní přihnojení ozimé řepky (regenerativní hnojení) vysévané do širších řádků (0,45 – 0,6), či systémem dvouřádků 0,25 – 0,5 – 0,25 m. Dominantní využití mají kapalná dusíkatá hnojiva nebo jejich kombinace s kapalnými hnojivy obsahujícími fosfor. Dále se může jednat o aplikaci bakterií a hub.

Obecné principy technologie

Cílem je injektážní podpovrchová aplikace kapalných látek k řádku jarních plodin po vzejití (kukuřice setá, slunečnice roční, cukrová řepa apod.) či regenerativní přihnojení porostů ozimé řepky založených do širších řádků či dvouřádků. U širokořádkových plodin je zcela opodstatněné využití systémů s oddělenou aplikací dvou látek, které mají omezenou kombinovatelnost v nádrži, ale i v půdním prostředí. Jedná se o systémy aplikace dusíkatých hnojiv z jedné strany řádku a bakterií či hub z druhé strany řádku. Na obrázku 36 je znázorněna souprava zásobníku kapalné látky s tříbodovým závěsem s agregovaným rámem pro injektážní aplikaci s roztečí aplikačních kol 0,5 m.



Obr. 36: Souprava zásobníku kapalné látky s tříbodovým závěsem s agregovaným rámem pro injektážní aplikaci s roztečí aplikačních kol 0,5 m (zdroj BEDNAR FMT).

E. Využití systému injektážní aplikace kapalných látek během vegetace u plodin vysévaných do širokých řádků a u polních zelenin v kombinaci se systémy kultivace během vegetace

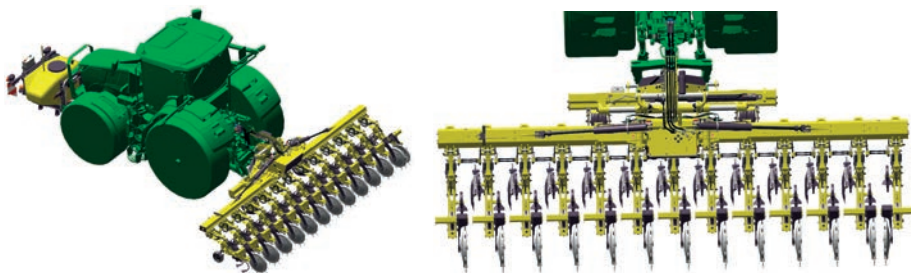
Principem je aplikace kapalných látek do porostů plodin vysévaných do širších řádků (0,45 – 0,75 m) během vegetace se souběžnou meziřádkovou kultivací půdy za účelem regulace plevelů a podpory mineralizace živin. Primárně se jedná o systémy meziřádkové kultivace spo-

jené s cílenou injektážní aplikací hnojiv, bioagens, pomocných látek apod. V rámci technických řešení se jedná o systémy jednostranné injektážní aplikace kapalných látek k řádku (případně dvouřádku) či o technická řešení, která umožňují aplikaci jedné či dvou rozdílných látek z obou stran řádku (či dvouřádku) kulturní plodiny. Jedná se o systémy cílené injektážní aplikace kapalných látek u polních plodin vysévaných do širších řádků (kukuřice setá, slunečnice roční, řepka ozimá, sója luštěnatá apod.) a do porostů polních zelenin.

Obecné principy technologie

Cílem je injektážní podpovrchová aplikace kapalných látek k řádku plodin vysévaných do širších řádků při souběžné meziřádkové kultivaci půdy během vegetace. Technické konstrukční systémy umožňují jednostrannou injektážní aplikaci, která je určena pro vrůstné plodiny a pro aplikaci v pozdějších růstových fázích plodin. Jednostranné osazení meziřádkových kultivátorů (pleček) aplikačními koly je spojeno s vyšší meziřádkovou průchodností sekcí mezi řádky a umožňuje posunutí injektážního kola do středu meziřádku, tedy dále od řádku rostliny za účelem omezení poškození nadzemních částí a ke kořenovému systému, který se s nárůstem rostlin rozrůstá směrem od středu řádku. Tyto systémy znázorňuje obrázek 37.

Meziřádkové kultivátory (plečky) lze osadit i dvojicí injektážních aplikačních kol. Je-li pracovní souprava osazena dvěma nádržemi na kapalně látky, lze po každé straně řádku či dvouřádku provést aplikaci dvou odlišných kapalných látek. Na obrázku 38 jsou znázorněny pracovní soupravy s čelním zavěšením nádrže na kapalně látky (vlevo) a pracovní souprava se zavěšením meziřádkového kultivátoru (plečky) na rámu samostatného podvozku nosiče nádrže osazeného tříbodovým závěsem.



Obr. 37: Jednostranné osazení meziřádkových kultivátorů (pleček) aplikačními koly je spojeno s vyšší meziřádkovou průchodností sekcí mezi řádky a umožňuje posunutí injektážního kola do středu meziřádku, tedy dále od řádku rostliny za účelem omezení poškození nadzemních částí, a ke kořenovému systému, který se s nárůstem rostlin rozrůstá směrem od středu řádku (zdroj BEDNAR FMT).



Obr. 38: Pracovní soupravy s čelním zavěšením nádrže na kapalné látky (vlevo) a pracovní souprava se zavěšením meziřádkového kultivátoru (plečky) na rámu samostatného podvozku nosiče nádrže osazeného tříbodovým závěsem.

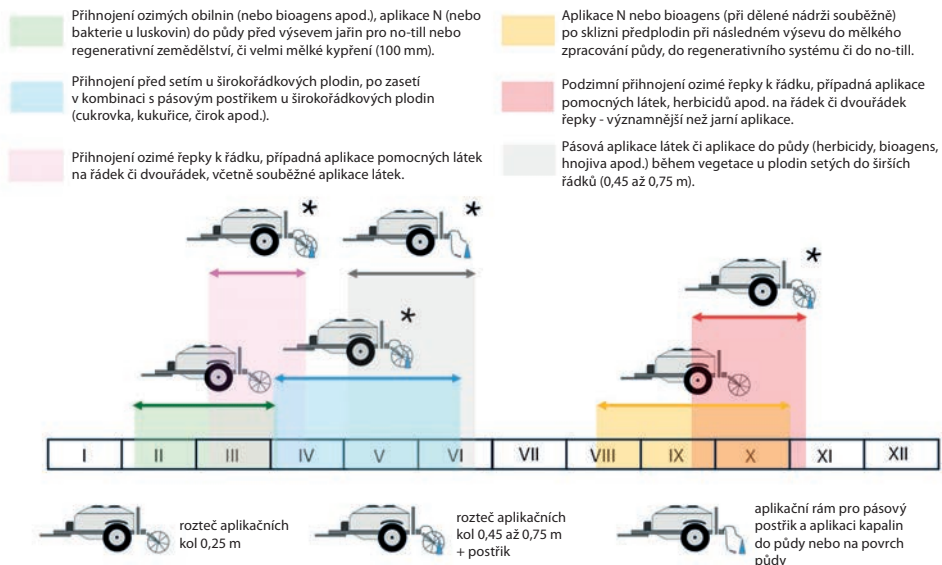
II.3.2. Koncepty systémů aplikací kapalných látek

Využití vnosu kapalných látek (hnojiva, pesticidy, biopesticidy, bioagen a pomocné látky) při pěstování polních plodin a zelenin je systémové opatření zajišťující širokou škálu možností cílených aplikací. Cílené zonální aplikace látek představují z hlediska vývoje zemědělství ve vztahu k omezení ekonomických vstupů a ekologických rizik, včetně zvýšení efektivity účinku aplikovaných látek a reakce na klimatickou změnu, jeden z významných intenzifikačních prvků v rostlinné výrobě.

V rámci dalšího využití získaných výsledků projektu a rozvoje dané problematiky je nutné pracovat se systémovým konceptem zajišťujícím vysokou míru využití potenciálu technických řešení, včetně zajištění jejich konkurenceschopnosti na trhu zemědělské techniky.

Základem univerzálnosti strojů pro aplikaci kapalných látek je jejich technická a agronomická variabilita. Tu zajišťuje koncept modulárnosti nosiče nádrže či nádrží kapalných látek na samostatném podvozku, včetně systému řízení natáčení náprav osazeného tříbodovým závěsem a modulárním systémem pro rozvod kapalných látek. Do tříbodového závěsu lze následně umístit nosné rámy s rozdílnými systémy injektážní aplikace kapalných látek do půdy či na její povrch (aplikace s využitím tlaku kapaliny či s využitím gravitačního toku) a systémy cílené (meziřádkové, řádkové, podlistové aplikace) postřikem. Konstrukce rámu je přizpůsobena i pro zavěšení pracovních sekcí s pracovními nástroji na zpracování půdy. Obrázek 39 dokumentuje potenciál využití této koncepce během vegetace.

Systémy injektážní aplikace kapalných látek do půdy za účelem efektivity využití aplikátorů a jejich modifikací



✱ pro souběžnou aplikaci dvou látek musí stroj disponovat dvěma nádržemi

Brant a Chára, 2025

Obr. 39: Koncept využití systému aplikace kapalných látek během vegetace zajišťující vysokou efektivitu využití zásobníku kapalných látek umístěného na samostatném podvozku vybaveném tříbodovým závěsem s rozdílnými aplikátory kapalných látek.

II.3.3. Využití systému a jeho modifikací v trvalých kulturách

Systémy injektážní aplikace kapalných látek využívající principů aplikačních kol s injektážními hřebíky jsou plně uplatnitelné i v trvalých kulturách (chmelnice, sady a vinice). Cílem je podpovrchová aplikace kapalných látek do meziřadí za účelem vnosu bioagens a případné podpory růstu osevů. Především z hlediska vnosu půdních hub a bakterií se jedná o zajištění zdravotního stavu rostlin, kdy půdní houby aplikované do meziřadí či těsně ke kořenovým systémům rostlin zvyšují jejich odolnost vůči patogenům. Aplikace půdních bakterií, které zvyšují zpřístupnění fosforu pro rostliny a fixují z atmosféry vzdušný dusík, zajišťují zlepšení výživného stavu rostlin a snižují náklady na ochranu a výživu rostlin. Na obrázku 40 je pracovní souprava vybavená rámem s aplikačními koly pro injektážní vnos kapalných látek do půdy. Souprava disponuje dvěma rozvody kapaliny na rám, které umožňují individuální nezávislou aplikaci dvou rozdílných látek v závislosti na připojení daného aplikačního kola. Souprava je osazena čelním zásobníkem se dvěma nádržemi (systém nádrží a čerpadel byl vyvinut v rámci projektu) a zásobníky pro aplikaci pevných látek (hnojiva, mikrogranuláty apod.) k řádku chmele. Cílem aplikace byl vnos půdních hub do prostoru ozeleněného meziřadí se souběžnou aplikací granulovaného organického hnojiva na řádek rostliny. Na obrázku 41 je souprava při aplikaci půdních bakterií do meziřadí celoplošně kultivované chmelnice se souběžnou aplikací mikrogranulátu bioagens na řádek chmele před přiorávkou.



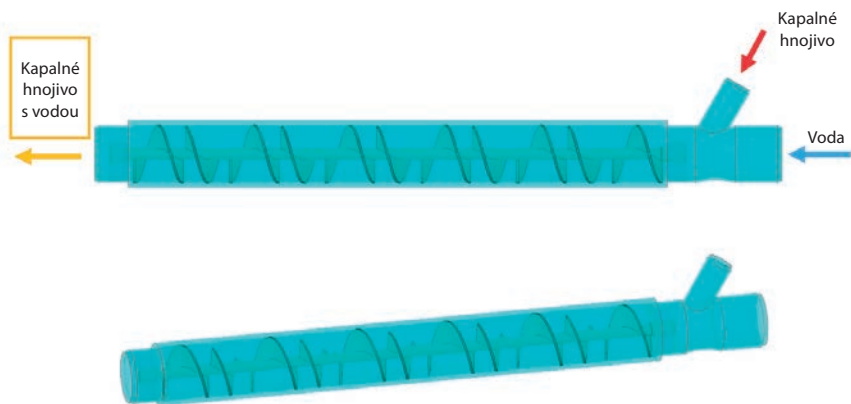
Obr. 40: Pracovní souprava vybavená rámem s aplikačními koly pro injektážní vnos kapalných látek do půdy. Souprava disponuje dvěma rozvody kapaliny na rámu, které umožňují individuální nezávislou aplikaci dvou rozdílných látek v závislosti na připojení daného aplikačního kola (foto Brant).



Obr. 41: Souprava při aplikaci půdních bakterií do meziřadí celoplošně kultivované chmelnice se souběžnou aplikací mikrogranulátu bioagens na řádek chmele před priorávkou (foto Brant).

II.3.4. Systém on-line přípravy postřikové jíchy při aplikaci

Základem práce s bioagens je eliminace rizika ztráty životnosti živých organismů při aplikaci. Zároveň se jedná i o omezení životnosti živých bakterií při kontaktu s rezidui látek (hnojiva, pomocné látky), která zůstala v nádrži na aplikační jíchu. Z tohoto důvodu byl v rámci projektu ověřován vývoj injektážního směšovače vody a aplikované látky, který zajistí tvorbu postřikové jíchy těsně před vstupem do rozvodů aplikační jíchy k aplikačním kolům. Systém umožňuje omezení kontaminace hlavní nádrže rezidui, protože se v hlavní nádrži nachází jen voda. Systém eliminuje i rizika znehodnocení bioagens, především v případech, kdy z důvodu počasí či poruchy techniky nedojde k vyaplikování namíchané postřikové jíchy. Aplikovaná látka je ze samostatného zásobníku přimíchávána do postřikové jíchy až před aplikací, což rovněž eliminuje neefektivní využití přípravku při změně spotřeby jíchy při aplikaci (včetně variabilních aplikací). Schéma principu práce směšovače dokládá obrázek 42.

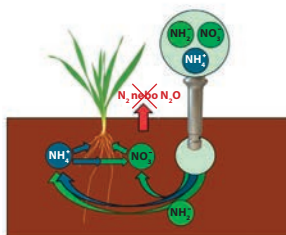


Obr. 42: Princip injektážního směšovače vody a aplikované látky, který zajistí tvorbu postřikové jíchy těsně před vstupem do rozvodů aplikační jíchy k aplikačním kolům. Systém umožňuje omezení kontaminace hlavní nádrže rezidui, protože se v hlavní nádrži nachází jen voda (zdroj BEDNAR FMT).

II.3.5. Principy účinku aplikovaných látek do půdy

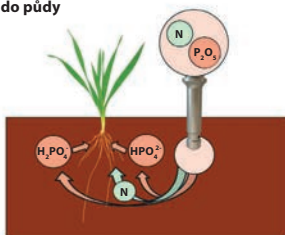
Injektážní aplikace kapalných látek vykazují rozdílné principy fungování ve vztahu ke kulturním rostlinám a ve vztahu k půdním vlastnostem. Základní principy využití efektu aplikace jsou specifické pro kapalná dusíkatá hnojiva a přeměny forem dusíku ve vztahu k příjmu rostlinami pro kombinovaná hnojiva (především pro dostupné NP roztoky a pro aplikaci mikroorganismů (obr. 43).

Přeměna forem dusíku a jejich příjem rostlinou po injektážní aplikaci do půdy



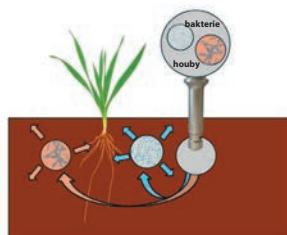
- omezení ztrát dusíku v důsledku denitrifikace
- rychlejší využití rostlinou
- dlouhodobější působení

Hnojení kapalnými NP hnojivy a jejich příjem rostlinou po injektážní aplikaci do půdy



- omezení deficiencie P na začátku vegetace rostlin
- vyšší přístupnost P pro rostlinu
- rychlejší příjem P rostlinou

Injektážní aplikace suspenzí bakterií a hub pro ochranu rostlin a půdy

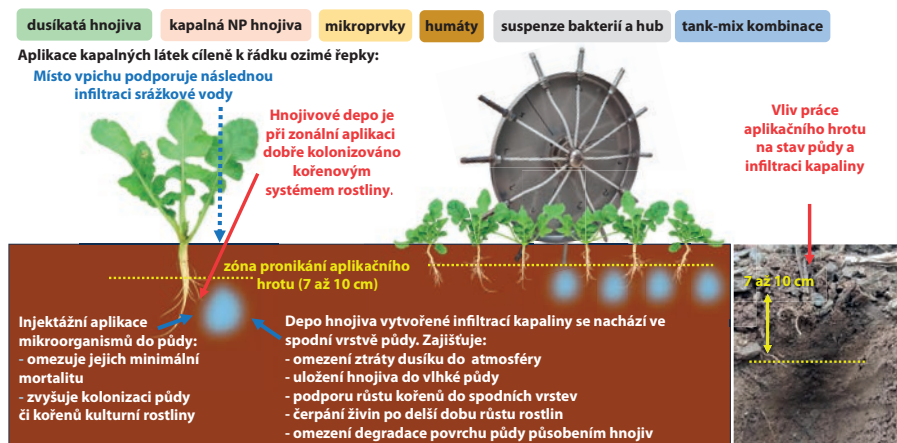


- nižší aplikační dávka vůči plošné aplikaci na povrch půdy
- vysoká vitalita mikroorganismů
- rychlá kolonizace kořenů rostlin
- rychlý start množení v půdě

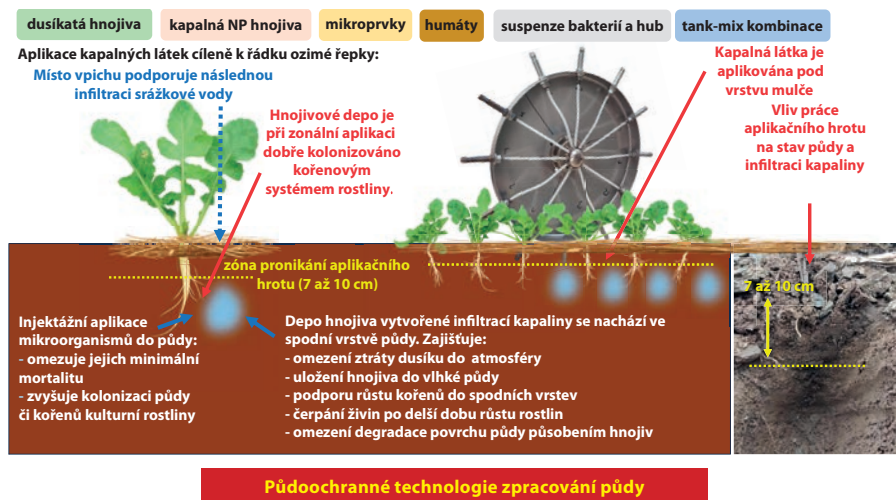
Obr. 43: Principy efektu injektážní aplikace kapalných dusíkatých hnojiv, kapalných kombinovaných hnojiv a suspenzí mikroorganismů (zdroj BEDNAR FMT).

II.3.6. Technologické postupy využití injektážní aplikace

Na obrázcích 44 až 45 jsou zobrazena schémata zonální aplikace kapalných látek k řádku ozimé řepky založené do řádků 0,45 až 0,5 m na jaře v systémech zpracování půdy se zapravením rostlinných zbytků a při ponechání rostlinných zbytků na povrchu v rámci půdoochranných technologií. Pro aplikaci lze primárně využít dusíkatá hnojiva, ale i NP hnojiva, roztoky mikroprvků, humáty, případně bakterie. Při aplikaci mikroprvků lze využít i tank-mix kombinace s humáty či bioagens. Tyto aplikace jsou spíše určeny jako podpora zdravotního stavu rostlin.



Obr. 44: Jarní zonální injektážní aplikace kapalných látek k řádku ozimé řepky vyseté do řádků 0,45 až 0,5 m - regenerativní hnojení a fitness porostu a půdy. Porosty založené do technologií se zapravením rostlinných zbytků (zdroj BEDNAR FMT).

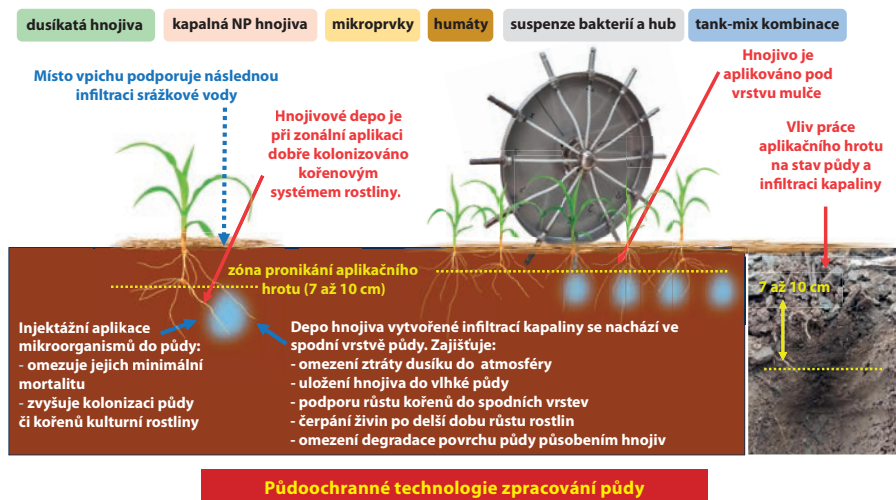


Obr. 45: Jarní zonální injektážní aplikace kapalných látek k řádku ozimé řepky vyseté do řádků 0,45 až 0,5 m - regenerativní hnojení a fitness porostu a půdy. Porosty založené do technologií s ponecháním rostlinných zbytků na povrchu půdy (zdroj BEDNAR FMT).

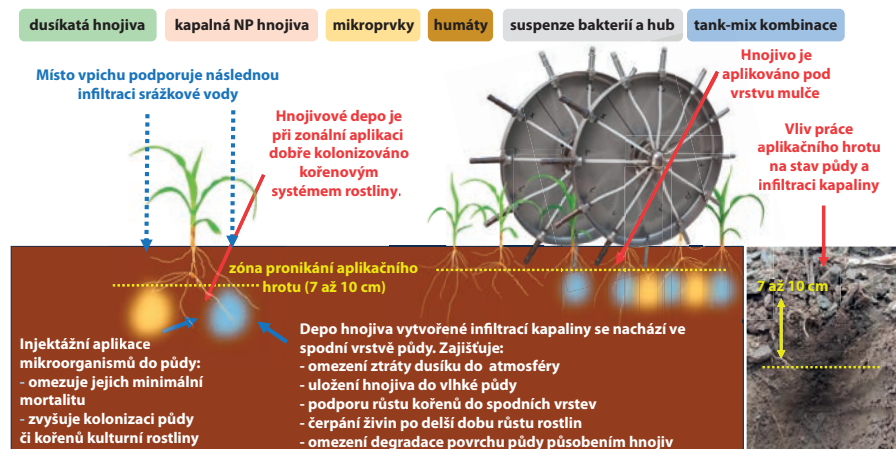
Zásadní význam má injektážní aplikace při regenerativním hnojení ozimých obilnin. Samozřejmě lze při jarní aplikaci využít na půdách s nedostatkem fosforu i NP hnojiva či další látky, jako jsou mikroprvky, humáty nebo suspenze bakterií či hub za účelem podpory zdravotního stavu půdy či rostlin (obr. 46 a 47).



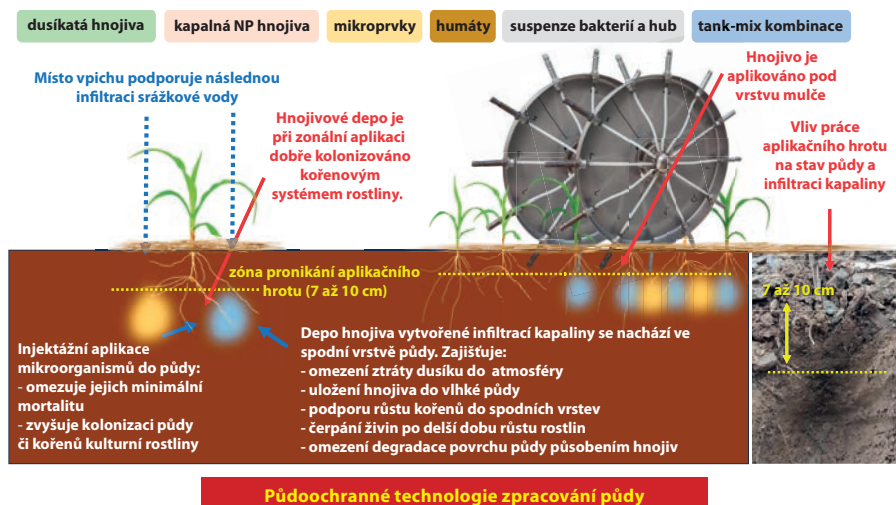
Obr. 46: Jarní zonální injektážní aplikace kapalných látek do obilnin vysetých do řádku či do pásu. Porosty založené do technologií se zapravením rostlinných zbytků (zdroj BEDNAR FMT).



Obr. 51: Jarní zonální injektážní aplikace kapalných látek k řádku kukuřice seté (aplikace jedné látky z jedné strany řádku) - hnojení během vegetace, podpora fitness rostlin a půdy. Porosty založené od technologií s ponecháním rostlinných zbytků na povrchu půdy (zdroj BEDNAR FMT).

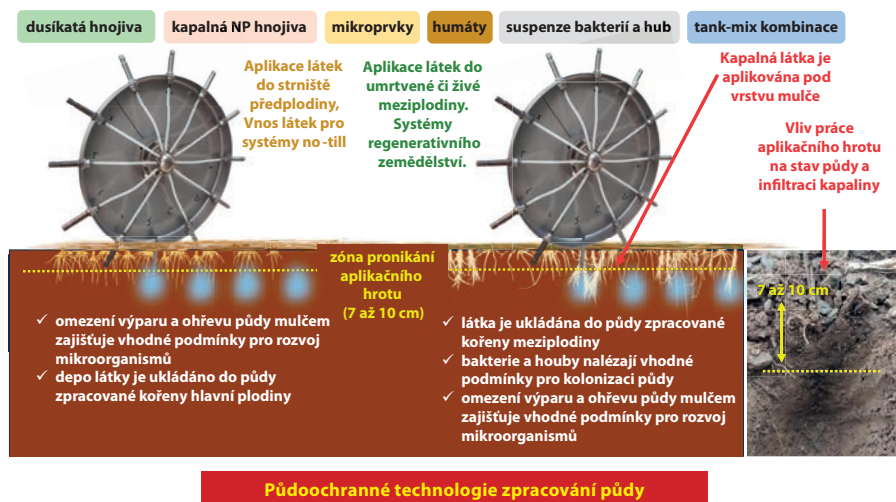


Obr. 52: Jarní zonální injektážní aplikace kapalných látek k řádku kukuřice seté (aplikace dvou odlišných látek) - hnojení během vegetace, podpora fitness rostlin a půdy. Porosty založené od technologií se zapravením rostlinných zbytků (zdroj BEDNAR FMT).



Obr. 53: Jarní zonální injektážní aplikace kapalných látek k řádku kukuřice seté (aplikace dvou odlišných látek) - hnojení během vegetace, podpora fitness rostlin a půdy. Porosty založené do technologií s ponecháním rostlinných zbytků na povrchu půdy (zdroj BEDNAR FMT).

Zonální injektážní aplikaci kapalných látek za účelem výživy rostlin následné plodiny či z důvodu podpory jejího zdravotního stavu, včetně podpory rozvoje mikrobiálních společenstev i v systémech setí do nezpracované půdy (no-till) nebo regenerativního zemědělství (obr. 54).



Obr. 54: Aplikace látek po sklizni do strniště nebo do živé nebo umrtvené mezplodiny (no-till a regenerativní systémy) před setím - podzim či jaro (u širokořádkových plodin cíleně do řádku plodiny) (zdroj BEDNAR FMT).

III. Srovnání novosti postupů

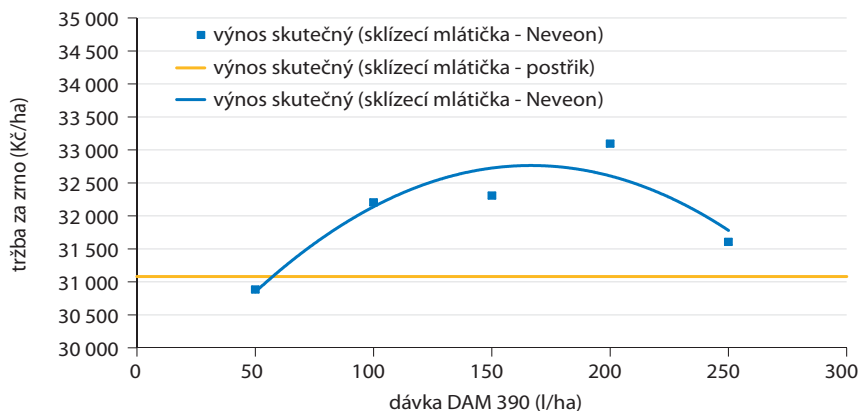
Předkládaná metodika poskytuje primárně informace o nových postupech podpovrchové injektážní aplikace kapalných látek do půdy získané při řešení projektu a předkládá možnosti jejich implementace do zemědělské praxe. Ve své úvodní části se věnuje specifikaci stávajících technických řešení a technologických postupů aplikace kapalných látek. Detailněji jsou v metodice popsány principy nových technologií, které jasně dokládají originalitu vyvinutých pracovních nástrojů a strojů. Výzkumem a vývojem získané teoretické a praktické zkušenosti jsou následně aplikovány do vývoje a modifikace nových technických řešení a konstrukcí strojů. Novost postupů je jednoznačně deklarována vznikem nových, sériově vyráběných strojů, které jsou cíleně vyvíjeny pro systémy zonální podpovrchové aplikace kapalných látek do půdy za účelem zvýšení efektivity pěstebních systémů a snížení negativního vlivu zemědělství na životní prostředí.

IV. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika zahrnuje komplexní pohled na uváděnou problematiku a obsahuje nejnovější informace a praktická doporučení vycházející z výzkumných a vývojových aktivit řešitelů projektu. Z hlediska komercializace výsledků je metodika určena i pro navazující obory, které se zaměřují na konstrukční řešení strojů, elektronických řídicích systémů, výrobce komponentů apod. Práce je určena nejen pro zemědělskou praxi, ale také jako studijní materiál pro studenty středních a vysokých škol zemědělského zaměření, pro zemědělské poradce a pro pracovníky státní správy.

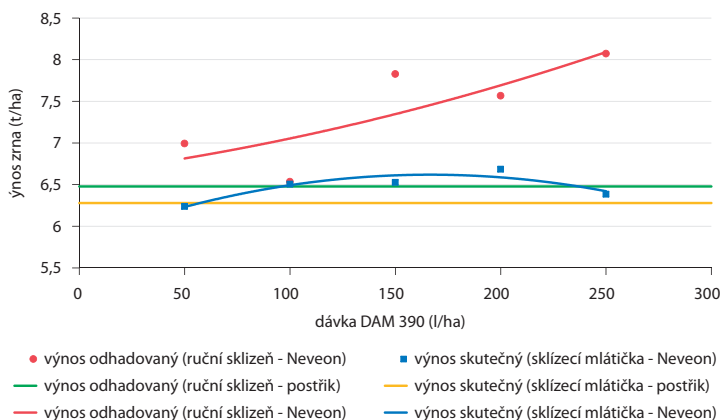
V. Ekonomické aspekty

Dosavadní výsledky ověřování potvrdily, že injektážní aplikace kapalných hnojiv do půdy zvyšuje reakci rostlin na vnesené hnojivo u pšenice ozimé a dle výše aplikované dávky dochází ke zvýšení výnosu o 3 až 7 %. Na obrázku 55 jsou vyneseny výnosy zrna pšenice ozimé pro rozdílné dávky hnojiva a aplikace hnojiva DAM 390. Výnos zrna byl stanoven jak ze vzorků odebraných ručně před sklizní, tak s využitím výnosoměrného čidla u sklízecí mlátičky. Zatímco u odhadovaného výnosu z ruční sklizně hodnoty výnosu s dávkou hnojiva stále stoupají. Je patrné, že porost reagoval na navyšování dávky. Výnosu zrna u dat ze sklízecí mlátičky má průběh dat po počátečním růstu a dosažení maximálních hodnot následně klesající tendenci. Poněvadž sklízecí mlátička integruje data z větší plochy poskytuje více vypovídající ukazatele. Průběh hodnot výnosu v závislosti na dávce hnojiva je obecně známým trendem. Maxima hodnot výnosu bylo dosaženo mezi dávkou 150 až 200 l DAM 390 na hektar. Pro úplnost jsou v grafu vyneseny dvě vodorovné úsečky, které zobrazují hodnoty výnosu plochy, kde bylo hnojivo aplikováno postřikovačem v dávce 130 l DAM 390 na hektar.



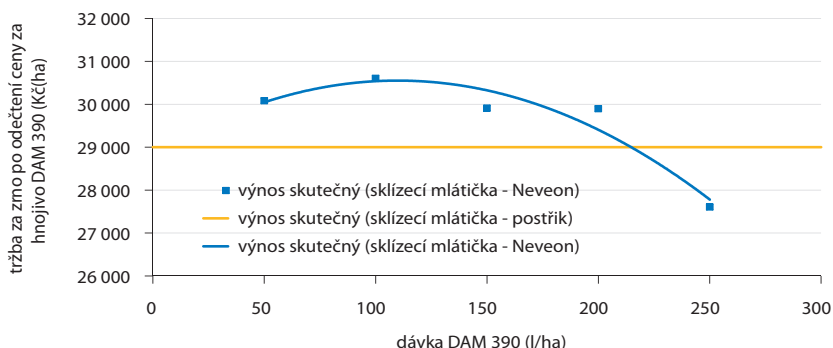
Obr. 55: Hodnoty výnosu zrna pro rozdílné způsoby sklizně a aplikace hnojiva DAM 390. Do grafu jsou vyneseny vodorovné úsečky z kontrolní varianty, kdy hnojivo v dávce 130 l na hektar bylo aplikováno postřikovačem.

Pokud se podíváme na efektivitu využití hnojiva (obr. 56), rovněž můžeme pozorovat stále rostoucí hodnoty dat, kdy ale nižší hodnoty dokládají, že nižší dávka dusíku vedla k vyšší efektivitě. Tentokrát hodnoty vycházejí z hodnot výnosu pořízených sklízecí mlátičkou. Injektáž hnojiva tedy přinesla účinnější způsob aplikace. Kromě pozitivního vlivu na vývoj a výnos rostlin lze počítat i s omezením ztrát dusíku při podpovrchové injektážní aplikaci.



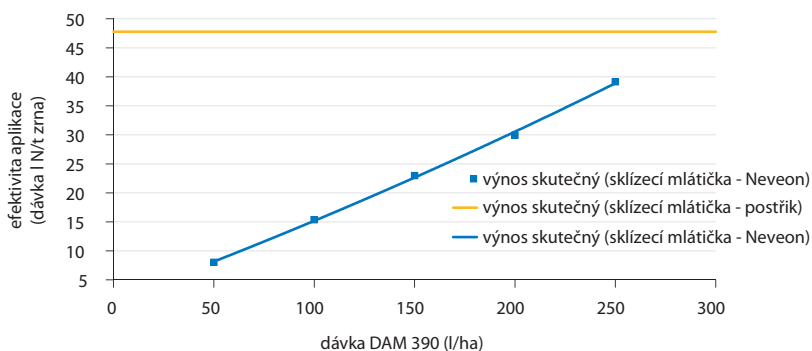
Obr. 56: Hodnoty efektivitě čerpání dusíkatého hnojiva rostlinami a dopady na výnos zrna. Vodorovná úsečka značí hodnoty pro data z kontrolní varianty hnojené postřikovačem a dávkou 130 l DAM 390 na hektar.

Tržby za zrna, které v tomto případě navíc odrážejí kvalitativní ukazatele zrna, kopíruje hodnoty výnosu (obr. 57). V tomto případě ještě výrazněji vynikne průběh výnosu v závislosti na dávce hnojiva. Z grafu je patrné, že hodnoty výnosu a tedy i tržby ve všech případech, kromě nejnižší dávky hnojiva aplikované injektáží.



Obr. 57: Průběh tržeb za zrno, kdy cena odráží kvalitativní ukazatele zrna. Vodorovná úsečka odpovídá hodnotám pro aplikaci postřikovačem a dávce 130 l DAM 390 na hektar)

S dávkou hnojiva pochopitelně poroste cena za aplikovaný objem. Pokud odečteme od tržeb za zrno cenu za hnojivo (cena do výpočtu byla 16 000 Kč/t DAM 390), průběh hodnot dokládá výraznou efektivitu injektáže a nízkých dávek hnojiva oproti kontrole (obr. 58). Na druhou stranu vysoké dávky hnojiva (250 l DAM 390/ha) již vedly hodnotám nižším a dostáváme se o 1 395 Kč na hektar níže oproti postřikovači a dávce 130 l DAM 390 na hektar. Na druhou stranu, při dávce hnojiva okolo 100 l DAM 390 na hektar se dostáváme na navýšení hodnot o 4 927 Kč na hektar výše. Cenu také ovlivnila kvalita produkce. U ostatních dávek se ještě pohybujeme na vyšších hodnotách za tržby, nicméně hodnoty postupně klesají.



Obr. 58: Tržby za zrno po odečtení nákladů na hnojivo. Vodorovná úsečka odpovídá hodnotám pro aplikaci postřikovačem a dávce 130 l DAM 390 na hektar)

Z výsledků u nejrozšířenější plodiny našich polí je patrné, že velmi dobře reagovala na aplikaci dusíkatého hnojiva pomocí injektáže. Rovněž je možné pozitivně hodnotit snížení potřeby dusíkatého hnojiva. Pozitivní vliv injektážní aplikace byl potvrzen i u kedlubnu bílého, kdy injektážní aplikace zvyšovala hmotnost bulev ve srovnání s nehnojenou kontrolou. Výsledky měření však ukázaly, že efekt injektážní aplikace hnojiva k rostlinám se lišil v závislosti na použité odrůdě. V rámci uplatnění injektážních aplikací hnojiv a bioagens u plodin zakládáných do širokých řádků lze počítat i se snížením spotřeby dávky v rozmezí od 50 do 60 % v závislosti na rozteči řádků 0,45 až 0,75 m.

VI. Realizace aplikátorů dle zadání projektu

1. Realizace modulárního aplikátoru pro aplikaci dvou kapalných látek souběžně. Stroj byl ověřován ve vytrvalých kulturách a v zeleninách - viz foto (foto Brant).



2. Realizace prototypu polního aplikátoru o záběru 20 m. Stroj byl ověřován v porostech obilnin na jaře pro aplikaci dusíkatých hnojiv, pro aplikaci pomocných látek před výsevem ozimé řepky a do strniště, pro aplikaci bakterií - viz foto (foto Brant).



VII. Seznam literatury

- Balík, J., Černý, J., Pavlíková, D. 2012: Systém dusíkaté výživy CULTAN u travních a jetelotravních porostů. Certifikovaná metodika. ČZU v Praze.
- Brant, V., Kroulík, M. 2024: Zpracování půdy v pěstebních systémech polních plodin. Agrární ko-mora České republiky, Praha.
- Brant, V., Kroulík, M., Křepčík, V., Kubín, K. 2023b: Zonální aplikace kapalných látek. Zemědělec. 51:17.
- Brant, V., Křepčík, V., Kroulík, M., Kubín, K., Chára, J. 2023a: Modifikace systému CULTAN pro přes-né zonální aplikace. Úroda. 9:44–46.
- Brant, V., Zábranský, P., Škeříková, M., Pivec, J., Kroulík, M., Procházka, L. 2017. Effect of row width on splash erosion and throughfall in silage maize crops. Soil Water Res. 12:39–50.
- Döll, H. 2012: Reminiszenz und Ausblick zur Ausbringung von Gülle - Die Last vom Acker ne-hmen. LOP Landwirtschaft ohne Pflug. 12:28–33.
- Huijsmans, J. F. M., Hol, J. M. G., Vermeulen, G. D. 2003: Effect of application method, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land. Atmospheric Environment. 37:3669–3680.
- Kücke, M., Scherer, H.W. 2006: Injektionsdüngung in Deutschland. RKL Rendsburg, 397–429.
- Sommer, K. 2002: Perspektiven des CULTAN-Verfahrens. In: VLN-INFO-Blatt. Nr. 4, 2002, S. 12–16.
- Pommes, D.B. 2002: Kontrollierte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und Safenern in Kom-bination mit der N-Versorgung nach dem „CULTAN“-Verfahren. Diss. Bonn.
- Sommer, K. 2010: CULTAN-Düngung zu Getreide ohne Alternative? In: Landwirtschaft ohne Pflug. 3: 23–27.
- Sommer, K., C. Leufen, H. W. Scherer 2005: Anbau von Kartoffeln nach dem „CULTAN“-Verfahren. In: Kartoffelbau. 56:148–153.
- Viehausen, E. 1983: Stickstoffmobilisierung und Stickstoffverwertung sowie Regulierung des vegetativen Wachstums bei Winterweizen auf beheizten Böden. Bonn.
- Zhang, H.H., He, P.J., Shao, L.M. 2010: Ammonia volatilization, N₂O and CO₂ emissions from landfill leachate-irrigated soils. Waste Manage. 30:119–124.

VIII. Seznam publikací, které předcházely metodice

Brant, V., Křepčík, V., Kroulík, M., Kubín, K., Chára, J. 2023a: Modifikace systému CULTAN pro přesné zonální aplikace. Úroda. 9: 44–46.

Brant, V., Kroulík, M., Křepčík, V., Kubín, K. 2023b: Zonální aplikace kapalných látek. Zemědělec. 51:17.

Brant, V., Chára, J., Blecha, O., Procházka, P., Kroulík, M., Křepčík, V. 2024: Jarní bodová injektážní aplikace dusíku u ozimé pšenice. Agromanuál. 11–12: 44–46.

Brant, V., Chára, J., Blecha, O., Procházka, P., Kroulík, M., Křepčík, V. 2025: Jarní bodová injektážní aplikace dusíku u ozimé pšenice. Agromanual.cz. dostupné on-line. <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/jarni-bodova-injektazni-aplikace-dusiku-u-ozime-psenice>

Brant, V., Chára, J., Kroulík, M. 2025: Injektážní aplikace kapalných látek do půdy. Agroportal24h.cz. dostupné on-line. <https://www.agroportal24h.cz/clanky/injektazni-aplikace-kapalnych-latek-do-pudy>

BEDNAR



www.bednar.com



ISBN: 978-80-88620-09-9