

Technologické postupy využití strojů pro diferencované zpracování půdy a cílenou aplikaci hnojiv do půdy

Certifikovaná metodika

Autorský kolektiv:

Ing. Michal Nýč, Ing. Václav Brant, Ph.D.,
Doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D., Doc. Ing. Vladimír Smutný, Ph.D.,
Ing. Helena Kusá, Ph.D, Ing. Pavel Růžek, CSc., Ing. Petr Zábranský,
Ing. Lubomír Neudert, Ph.D., Ing. Vojtěch Lukas, Ph.D.

Autorský kolektiv

Ing. Václav Brant, Ph.D., Česká zemědělská univerzita v Praze

Doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D., Česká zemědělská univerzita v Praze

Ing. Helena Kusá, Ph.D.: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Ing. Vojtěch Lukas, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Ing. Lubomír Neudert, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Ing. Michal Nýč, Farmet, a.s.

Ing. Pavel Růžek, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Doc. Ing. Vladimír Smutný, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Ing. Petr Zábranský, Česká zemědělská univerzita v Praze

Vydavatel: Kurent, s.r.o.

Rok vydání: 2015

Dedikace: Metodika byla vytvořena s podporou projektu Technologické agentury České republiky č. TA02010669 „Výzkum a vývoj strojů a technologií pro diferencované zpracování půdy a hnojení“

Oponentní posudky vypracovali:

Prof. Ing. Vladimír Rataj, Ph.D., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Ing. Michaela Budňáková, Ministerstvo zemědělství ČR

Publikaci bylo přiděleno osvědčení č. 68257/2015 –MZE/17221

ISBN: 978-80-87111-54-3

Obsah

I. Cíl metodiky	3
II. Vlastní popis metodiky	3
II.1. Úvod (V. Brant a M. Kroulík)	3
II.1.1. Formy a cíle současných systémů diferencovaného zpracování půdy a cílené aplikace hnojiv	4
II.1.1.1 Technologie klasického pásového zpracování půdy a intenzivního pásového zpracování půdy	4
II.1.1.2. Technologie hlubšího kypření spodních vrstev ornice s intenzivním zpracováním horní vrstvy orničního profilu.	6
II.1.1.3. Technologie hlubokého kypření orničního profilu a podorničí s minimálním efektem mísení půdy	7
II.1.2. Uplatnění technologií v podmínkách evropského zemědělství	9
II.2. Nové technologie a technologické postupy při využití inovovaných strojů pro diferencované zpracování půdy a hnojení (M. Nýč a V. Brant)	10
II.2.1. Pásové zpracování půdy s intenzivním kypřením celého profilu pásu a cílenou aplikací hnojiv	10
II.2.1.1. Princip a cíle technologie	10
II.2.1.2. Konstruktivní řešení a princip práce strojů	11
II.2.1.3. Vliv technologie na půdní vlastnosti (V. Brant, M. Kroulík, P. Zábranský, V. Lukas)	13
II.2.1.4. Význam cílené aplikace hnojiv (H. Kusá a P. Růžek)	18
II.2.1.5. Využití technologie v pěstebních systémech polních plodin (V. Smutný, L. Neudert)	22
II.2.1.6. Praktická doporučení	23
II.2.2. Diferencované hlubší kypření s intenzivním celoplošným drobením a mísením horní vrstvy půdy a s cílenou aplikací hnojiv	24
II.2.2.1. Princip a cíle technologie	24
II.2.2.2. Konstruktivní řešení a princip práce strojů	24
II.2.2.3. Vliv technologie na půdní vlastnosti (M. Kroulík a V. Brant)	26
II.2.2.4. Význam cílené aplikace hnojiv (P. Růžek a H. Kusá)	32
II.2.2.5. Využití technologie v pěstebních systémech polních plodin (V. Smutný, P. Zábranský)	34
II.2.2.6. Praktická doporučení	36
II.2.3. Diferencované hluboké kypření s eliminací drobení a mísení půdy v orničním profilu a s cílenou aplikací hnojiv	36
II.2.3.1. Princip a cíle technologie	36
II.2.3.1.1. Diferencované hluboké kypření	36
II.2.3.1.2. Intenzivní pásové kypření pro oblasti s nedostatkem srážek	38
II.2.3.2. Konstruktivní řešení a princip práce strojů	39

II.2.3.3. Vliv technologie na půdní vlastnosti.	40
II.2.3.4. Význam cílené aplikace hnojiv (H. Kusá, P. Růžek)	40
II.2.3.4.1. Principy cílené aplikace hnojiv při hloubkovém kypření.	40
II.2.3.4.1. Principy cílené aplikace hnojiv při intenzivním pásovém kypření. ...	41
II.2.3.5. Využití technologie v pěstebních systémech polních plodin	42
II.2.3.6. Praktická doporučení	42
III. Srovnání novosti postupů.	43
IV. Popis uplatnění certifikované metodiky.	43
V. Ekonomické aspekty	43
VI. Seznam použité literatury	44
VII. Odborné akce a semináře dokumentující výsledky projektu.	45
VIII. Seznam publikací, které předcházely metodice	46
IX. Poznámky	49

I. Cíl metodiky

Cílem metodiky je seznámit odbornou veřejnost a zemědělskou praxi s novými technologiemi diferencovaného zpracování půdy a hnojení využitelných v podmínkách evropského zemědělství. Na základě získaných poznatků a víceletého ověřování rozdílných různých systémů diferencovaného zpracování půdy a hnojení jsou v metodice navrženy a doporučeny vhodné postupy pro uplatnění těchto technologií v podmínkách České republiky. Systémy diferencovaného zpracování půdy a hnojení představují moderní trendy přístupu k pěstování polních plodin a jsou plně v souladu s cíli trvale udržitelného hospodaření na půdě. Primárně si tyto technologie kladou za cíl zvýšení energetické a ekonomické efektivity pěstebních systémů a omezení degradačních procesů půdy. Jejich principem je především optimalizace podmínek pro cílený rozvoj kořenového systému či omezení negativního vlivu

zhutněných vrstev půdy na jeho pronikání do půdy za současné eliminace rizika vodního stresu a infiltračních vlastností půdy. Cílená aplikace hnojiv je spojena nejen se zvýšením efektivity jejich využití, ale přínášší rovněž jejich úsporu na jednotku plochy.

Kromě informací z odborné literatury poskytuje předkládaná metodika ucelený přehled o nových technologiích vycházejících z inovace nebo vývoje nových strojů pro diferencované zpracování půdy a hnojení, také z výsledků laboratorních a polních experimentů, které představené technologie ověřovaly. Vývoj a inovace nových strojů a jejich využitelnost v pěstebních technologiích byla v rámci projektu TA02010669, nazvaného Výzkum a vývoj strojů a technologií pro diferencované zpracování půdy a hnojení, ověřována v letech 2012 až 2015.

II. Vlastní popis metodiky

II.1. Úvod

V poslední době jsou v Evropě intenzivně ověřovány systémy diferencovaného zpracování půdy a hnojení. Důvodem vývoje těchto technologií je hledání nových technologických postupů, které přispějí ke zvýšení energetické a ekonomické efektivity pěstebních systémů. Jejich cílem je diferencované zpracování půdy v půdním profilu a cílené uložení hnojiv v půdě. Především se jedná o optimalizaci podmínek pro růst pěstovaných rostlin a rozvoj jejich kořenového systému či omezení negativního vlivu zhutněných vrstev půdy na pronikání kořenů do půdy. Následně mohou

tyto systémy přispět k podpoře infiltrace vody do půdy, k eliminaci vodního stresu, k optimalizaci teploty půdy a k vyššímu využití živin z aplikovaných hnojiv.

Dalším důvodem je rovněž tradiční zájem Evropy o technologické postupy uplatňované v Severní Americe a o snahu jejich adaptace do podmínek evropského zemědělství. Značná pozornost je věnována modifikaci systémů pásového zpracování půdy do pěstebních technologií polních plodin, které se v evropských podmínkách vyznačují vysokou intenzitou

výroby. Zásadním faktorem umožňujícím širší uplatnění těchto technologií a dosažení jejich plné efektivnosti je rozvoj navigačních systémů, neboť postupy diferencovaného zpracování půdy a hnojení jsou plně využitelné v systémech precizního

zemědělství. Z hlediska dosavadního vývoje technologických postupů zpracování půdy se jedná jak o modifikované systémy pásového zpracování půdy, tak o systémy celoplošného zpracování pozemku.

II.1.1. Formy a cíle současných systémů diferencovaného zpracování půdy a cílené aplikace hnojiv

Primárně lze technologie zpracování půdy a hnojení rozlišit z hlediska míry zpracování povrchu půdy a vlivu na intenzitu kypření půdního profilu. Technologie diferencovaného kypření a hnojení vycházejí z následujících, v současné době využívaných, technologií:

1. Technologie klasického pásového zpracování půdy a intenzivního pásového zpracování půdy.

Technologie představují současné trendy pásového zpracování půdy pro u širokářkových plodin pro provedení kypření do nezpracované půdy a do mělce zpracované půdy.

2. Technologie hlubšího kypření spodních vrstev ornice s intenzivním zpracováním horní vrstvy orničního profilu.

Na základě hloubky kypření a intenzity zpracování půdy představují tyto technologie alternativní způsob jejího zpracování vůči klasické orbě.

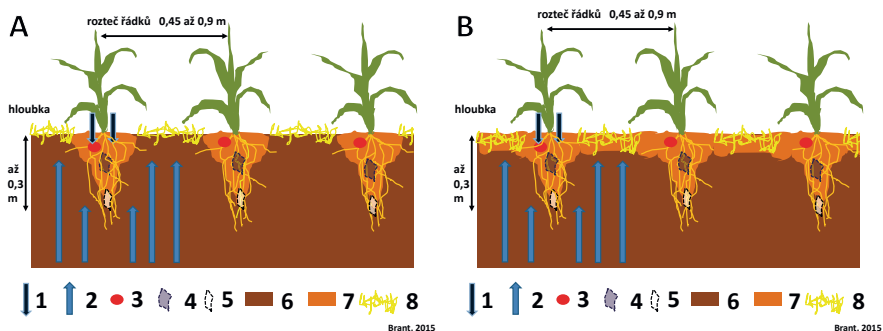
3. Technologie hlubokého kypření orničního profilu a podorničí s minimálním efektem mísení půdy.

Systém představuje jednu z alternativ konvenčních systémů pro intenzivnější kypření spodních vrstev půdy a podorničí s minimálním vlivem na porušení prostorového rozvrstvení horních vrstev půdy a na zapravení posklizňových zbytků do půdy.

II.1.1.1 Technologie klasického pásového zpracování půdy a intenzivního pásového zpracování půdy

Obecně technologie pásového zpracování půdy (strip tillage) představuje zpracování půdy v pruzích ve směru řádků následně vysévané plodiny. Plošný podíl zpracované půdy při využití širší rozteče řádků nepřesahuje většinou více než jednu čtvrtinu povrchu pozemku. Šířka rozteče řádků se odvíjí od stavu povrchu půdy a orničního profilu, od pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky a jejich množstvím a rozměry, od druhu plodiny, konstrukce mechanizačního prostředku apod.

V Severní Americe jsou mnohdy systémy pásového zpracování půdy děleny dle hloubky kypření a šířky zpracovávané pásu. Randall a Hill (2000) rozlišují systém strip tillage, který definují jako vytvoření pásů bez rostlinných zbytků o šířce 0,15 m s hloubkou zpracování půdy mezi 0,1 až 0,2 m se současným uložením hnojiva. Dále pak systém mělkého kypření pásů, označované jako zone tillage, kde je šířka řádku $\pm$ 0,2 m a hloubka v rozmezí 0,025 až 0,050 m. Dominantní zastoupení z hlediska pěstování



Obr. 1: Půdní profil po provedení klasického strip tillage (A) a intenzivního strip tillage (B). 1 - směr intenzivní infiltrace vody ke kořenům, 2 - vztlánání vody, 3 - hnojení pod patu, 4 - mělká řádková aplikace hnojiva při kypření, 5 - hlubší řádková aplikace hnojiva při kypření, 6 - nezpracovaná půda, 7 - zpracovaná půda, 8 - rostlinné zbytky. (Brant a kol. 2015a).

vání širokořádkových plodin, ale také např. řepky, má dnes ve světě tzv. klasické pásové zpracování půdy (klasické „konvenční“ strip tillage). V rámci evropského zemědělství dochází z důvodu intenzity pěstebních systémů a minimálního využití systémů setí do nezpracované půdy ke vzniku systémů označovaných jako intenzivní strip tillage. Klasické pásové zpracování spočívá v provedení kypření do nezpracovaného strniště předplodiny, případně do strniště ošetřeného mulčovacími branami dle předplodiny. V Evropě se kromě klasického strip tillage hovoří i o tzv. intenzivním strip tillage. Intenzivní strip tillage je vnímáno jako kombinace celoplošného mělkého kypření povrchu pozemku s následným provedením pásového kypření (Hermann a kol. 2012). Obrázek 1 dokumentuje stav půdního profilu po provedení klasického a intenzivního strip tillage.

Za hlavní výhody a cíle pásového zpracování půdy jsou považovány (např. Sundermeier a Reeder 2006; Hermann a kol. 2012):

- Ochrana půdy v důsledku ponechání rostlinných zbytků v meziřádkách (elimi-

nace erozních procesů) a omezení vodního stresu při hlubším zpracování půdy ve srovnání se systémy celoplošného hlubšího zpracování půdy.

- Zlepšení půdních vlastností pro vývoj rostlin v řádcích (vyšší teplota a kvalitnější připravené setové lůžko) oproti technologiím setí do nezpracované půdy.
- Uložení hnojiv do blízkosti kořenů, což umožňuje i snížení jejich množství (vyšší efektivita využití hnojiv) a možnost cíleného ovlivnění rozvoje kořenového systému rostliny.
- Vhodnější podmínky pro výsev spočívající v časnějším termínu setí a v nižších požadavcích na startovací dávky hnojiv ve srovnání s technologiemi mělkého zpracování a setí do nezpracované půdy.

Při použití klasického strip tillage, nebo při vhodném mělkém zpracování půdy před pásovým kypřením, které zanechá posklizňové zbytky na povrchu, lze technologii klasifikovat jako půdoochrannou. S nárůstem rozteče řádků samozřejmě procento povrchu půdy pokryté mulčem narůstá. Půdoochranného efektu lze rovněž dosáhnout pásovým zpracováním

půdy provedeným do porostu nevymrzající nebo vymrzající meziplodiny.

Technologie je ve světě využívána především v kombinaci se systémy setí do nezpracované půdy nebo mělkého kypření,

nebo opakovaně na pozemku, jako hlavní systém zpracování půdy. V Evropě je, jako technologie pro vybrané plodiny, běžně kombinována se standardními technologiemi - orba, mělké či hluboké kypření půdy.

II.1.1.2. Technologie hlubšího kypření spodních vrstev ornice s intenzivním zpracováním horní vrstvy orničního profilu

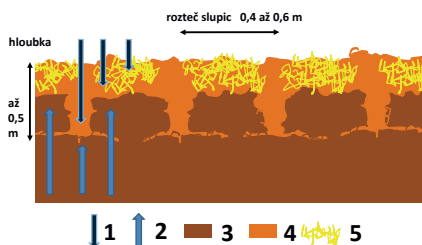
Základem vzniku těchto systémů byla snaha o provedení základního zpracování půdy odpovídající hloubkou a částečně i intenzitou orbě. Obecně má technologie zajistit zpracování celého orničního profilu včetně zásahu do podorničí, minimalizovat vynášení půdy ze spodních vrstev do horních horizontů při hlubším kypření a prokypřit horní část orničního profilu. Dále mají stroje, označované jako hloubkové kypřiče či dlátové pluhy, vykazovat vyšší plošný výkon ve srovnání s pluhem a snižovat energetické vstupy a ekonomické náklady na základní zpracování půdy.

Princip práce strojů je dán konstrukcí pracovních nástrojů. Brant a kol. (2015b) uvádějí, že se obecně jedná o kypřiče se dvěma řadami dlátových radlic. Radlice jsou po stranách osazeny křídly. Výšku umístění radlic na slupici lze u některých strojů měnit. Z hlediska pracovní hloubky, která se může pohybovat pod hranicí orničního profilu, jsou obvykle jednotlivé radlice osazeny mechanickými nebo hydraulickými systémy jištění. Z důvodu dodržení požadované pracovní hloubky a tím i dané kvality práce, je u jisticích systémů vyžadována dostatečná odjišťovací síla. Zásadní roli pro daný způsob práce má elevační úhel radlic, který se blíží hodnotě 45°, někdy jsou tyto radlice označovány jako typ s parabolickou geometrií. Tato

konstrukce zajišťuje dobré vnikání radlic do půdy a dodržování hloubky.

Významnou roli pro splnění agrotechnických požadavků na kvalitu práce těchto strojů hraje vybavení válci, které mohou být využity pro urovnání povrchu pozemku, k rozdrobení hrud, ke zlepšení rozložení posklizňových zbytků v půdním profilu, či k zajištění opětovného utužení půdy urychlujícího přirozený proces jejího opětovného slehnutí. Z hlediska následných agrotechnických postupů je důležitým faktorem kvalita zapravení posklizňových zbytků a urovnání povrchu pozemku. Zejména při vysoké půdní vlhkosti a za sucha (tvorba hrud) dochází k méně intenzivnímu promísení posklizňových zbytků s půdou. Urovnání povrchu půdy, spojené s její zpětnou kompakcí, je závislé na stavu půdy a zvoleném typu půdního pěchu nebo válce.

Při práci kypřiče dochází k rozrušení půdy v místě trajektorie radlice a k horizontálnímu popraskání půdy v místě postranních křídel, jsou-li použita. Na kypření horní vrstvy půdy se výrazně podílejí samotné slupice, po kterých se půda zvedá a je dále částečně dělena řeznými deskami na ní umístěnými. Profil půdy po provedení kypření dokumentuje obrázek 2.



Obr. 2: Půdní profil po provedení hlubšího kypření s intenzivním zpracováním horní vrstvy půdy. 1 - směr intenzivní infiltrace vody do půdy, 2 - vztlínání vody, 3 - nezpracovaná půda, 4 - zpracovaná půda, 5 - rostlinné zbytky.

Danou technologii lze z hlediska výraznějšího prokypření a promísení půdy zařadit mezi intenzivnější. Nižší pokryv půdy rostlinnými zbytky po provedení zpracování

půdy může omezovat její využití jako půdo-ochranné technologie. Je-li potřebné i při využívání těchto strojů zajistit pokryv půdy rostlinnými zbytky, pak je vhodné při zpracování půdy provést výsev meziplodiny.

Technologie se, při zpracování pouze orničního profilu, může uplatnit jako hlavní technologie základního zpracování půdy v podniku, nebo dle aktuálních potřeb v daném roce jako alternativa k ostatním způsobům zpracování půdy. Při hlubším zpracování půdy zasahujícím až do podorničí je na celé ploše pozemku využívána ke zvýšení propustnosti půdy a k eliminaci zhutnění. Případně jsou tyto stroje nasazovány jen lokálně, např. ke kypření souvrátí, ohniskové zhutnění apod.

II.1.1.3. Technologie hlubokého kypření orničního profilu a podorničí s minimálním efektem mísení půdy

Technologie je primárně využívána za účelem snížení utužení půdy v půdním profilu či v podorničí. V současné době je pro splnění daných cílů technologie využíváno široké portfolio pracovních nástrojů (Obr. 3). Vliv konstrukce kypřících nástrojů má zejména vliv na prostorové rozmístění půdních částic, na intenzitu zpracování povrchu půdy, na infiltraci vody do půdy, na hodnoty tahového odporu a na vývoj rostlin.

Vznik těchto systémů v sobě odráží potřebu řešení zhutnění spodních vrstev půdy a podorničí v rozdílných systémech jejího zpracování. Jedním z důvodů rozvoje technologie bylo hledání energeticky méně náročných a plošně výkonnějších technologických postupů hlubokého kypření půdy a rozrušování podorniční podlahy na orných plochách ve srovnání s konvenčními

hloubkovými kypřiči. Zásadní význam pro její rozšíření v Evropě však měl nástup systémů bezorebného zpracování půdy. Při jejich dlouhodobějším uplatnění, obdobně jako u setí do nezpracované půdy, je nutné řešit narůstající utužení spodních vrstev půdy a podorničí (Siemens a kol. 2000). Při hledání možností hlubšího kypření půdy v systémech mělkého zpracování půdy v evropských podmínkách došlo, obdobně jako u technologií pásového zpracování půdy, k modifikaci technických řešení využívaných převážně v Severní Americe.

Mezi primární kritéria z hlediska kvality práce pracovních nástrojů a jejich následné využitelnosti v rámci systémů zpracování půdy lze považovat:

- Vliv na heterogenitu půdního prostředí a horizontální rozložení přechodové



Obr. 3: Příklady rozdílných pracovních nástrojů využívaných pro hlubší kypření půdního profilu s možností zpracování podorníční vrstvy

zóny mezi nakypřenou a nezpracovanou půdou v půdním profilu. Především u pracovních nástrojů vyznačujících se plochými a zahnutými slupicemi zakončenými dlátem může docházet k intenzivnějšímu kypření půdy a vniku větších hrud na vnitřní straně slupice v důsledku vertikálního posunu půdy směrem vzhůru. V půdě poté vznikají výrazné přechody mezi nakypřenou a nezpracovanou půdou. Kypřicí radlice s širšími radlicemi ve spodní části slupice intenzivněji kypří půdu v místě její trajektorie a mají snahu půdu ze spodních částí vynášet k povrchu. Z důvodu větší rozteče mezi radlicemi vytváří přechodová vrstva mezi zpracovanou a nezpracovanou vrstvou typický pilovitý tvar.

- Působení typu pracovního nástroje na kypření horní vrstvy půdy. Především v systémech setí do nezpracované půdy

a velmi mělkého kypření je z hlediska minimalizace porušení porézního systému a snížení funkce mulče na povrchu půdy požadován minimální kypřicí efekt pracovních nástrojů v horních vrstvách půdy. U systémů celoplošného zpracování půdy, zejména při hlubším zpracování a u orby, není tento požadavek zásadním kritériem, nejedná-li se o plnění podmínek půdoochranných technologií.

- Minimalizace boční komprese půdy při průchodu pracovního nástroje. S nárůstem hloubky kypření půdy dochází k omezení schopnosti radlic vynášet zpracovávanou půdu k povrchu a zároveň k nárůstu odsunu půdy do strany.
- Důležitým kritériem je i samotný princip rozrušení zhutnělé půdy. U radlic s rozšířenou spodní částí a větším elevačním úhlem dochází k intenzivnímu kypření půdy při odřezávání a posunu půdy směrem

vzhůru. U pracovních orgánů umístěných na slupicích s bočním vyosením do strany a s posunutým dlátem mimo trajektorii slupice naopak dochází ke zvedání půdy vzhůru a půda následným poklesem praská.

- V neposlední míře se jedná o energetickou náročnost pracovní operace. Zde je nutné samozřejmě posuzovat tahový odpor celého stroje v závislosti na daných půdních podmínkách.

Dle typu pracovních nástrojů jsou tyto stroje využitelné jak v systémech uplatňujících orbu, tak na plochách bez ní. V rámci půdoochranných technologií jsou preferovány kypřicí nástroje s minimálním kypřením horní vrstvy půdy. Dle potřeby však lze většinu těchto strojů osadit secími stroji pro výsev meziplodin.

II.1.2. Uplatnění technologií v podmínkách evropského zemědělství

Evropské zemědělství se na rozdíl od většiny pěstebních systémů uplatňovaných ve světě vyznačuje vysokou intenzitou výroby uplatňovanou na většině výměry orné půdy. Intenzifikace výroby je však spojena s nárůstem ekologických rizik a obecně zvyšuje energetickou náročnost zemědělského sektoru. Nové technologie a jejich dílčí pracovní postupy by měly řešit především aktuální problémy zemědělské výroby ve vztahu k celospolečenským zájmům.

Za primární problémy evropského zemědělství spojenými se systémy zpracování půdy je považována otázka eliminace erozních procesů, mimo jiné i v souvislosti se zavedením podmínek Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) do platné legislativy v Evropské unii, a snížení rizik vodního stresu v oblastech s nedostatkem srážek během vegetace.

Dalším faktorem je hledání cest zvýšení ekonomické efektivity pěstebních systémů. Jednou z cest je úspora fixních nákladů.

Zásadní roli z hlediska budoucnosti hraje energetická náročnost dosavadních systémů hospodaření. Omezení energetické náročnosti pěstebních systémů je jedním ze základů trvale udržitelných systémů hospodaření.

Z důvodu výrazného zmenšení struktury plodin pěstovaných na orné půdě a nárůstem pracovních špiček jsou v současné době preferovány technologie zpracování půdy s vysokou plošnou výkonností, které se vyznačují rovněž snižováním počtu pracovních operací.

Intenzivně jsou vyvíjeny technologie zajišťující rozvoj hlubokého kořenového systému rostlin s vysokým stupněm prokořenění orničního profilu za účelem zvýšení zóny čerpání živin pro rostlinu a zajištění příjmu vody ze spodních vrstev.

V neposlední řadě se jedná o cílenou aplikaci hnojiv do míst budoucího vývoje kořenů, která je spojena s vyšším využitím živin rostlinami.

II.2. Nové technologie a technologické postupy při využití inovovaných strojů pro diferencované zpracování půdy a hnojení

Nové technologie vycházejí ze současného stavu vědeckého poznání a z požadavků zemědělské praxe. Respektují rovněž celospolečenské požadavky na eli-

minaci negativního vlivu zemědělství na životní prostředí. Jejich základem jsou nové či inovované stroje pro zpracování půdy.

II.2.1. Pásové zpracování půdy s intenzivním kypřením celého profilu pásu a cílenou aplikací hnojiv

II.2.1.1. Princip a cíle technologie

Technologie vychází z koncepce klasického pásového zpracování půdy. V rámci adaptace této technologie do evropských podmínek byl celý systém podstatně inovován. Vzhledem k optimálnímu termínu provádění pásového zpracování půdy v evropských podmínkách byl řešen požadavek na lepší kvalitu práce ve vlhčích podmínkách a na těžších půdách a také na větší odolnost proti zalepování. Byl vyvinut prototyp stroje s inovativními širokými šípovitými radlicemi kombinovanými se speciálním dvojitým hřebovým válcem. Tento inovativní systém ve srovnání s doposud využívanými pracovními nástroji intenzivněji a rovnoměrněji kypří půdu v celé ploše kypřeného pásu a velmi dobře pracuje i ve vlhkých těžkých podmínkách. Široká šípovitá radlice vytlačuje kypřenou půdu směrem vzhůru, přičemž hřebové válce zajistí vynikající rozpracování půdy v kypřeném pásu s velmi dobrým rozdrobením hrud. Výrazně se snižuje nežádoucí efekt boční komprese půdy při zpracování půdy do větší hloubky, který často vzniká u tradičních systémů pro pásové zpracování půdy.

Primární cíle dané technologie jsou:

- Intenzivně prokypřit spodní část půdního profilu zpracovávaného pásu na základě klínového tvaru kypřící radlice a elimino-

vat riziko vzniku půdní rýhy za zpracování půdy při vyšší vlhkosti půdy.

- Eliminovat utužení půdy na dně kypřeného pásu na základě hyperbolického tvaru spodní části radlice.
- Na základě intenzivního zpracování spodní části pásu zvýšit podíl zpracované vrstvy půdy v půdním profilu a tím usnadnit následné celoplošné zpracování půdy pro následnou plodinu.
- Zachovat i při intenzivním kypření spodní vrstvy půdy nezpracovaný meziřádek pro zajištění vztlínání vody a nesnížit pokrytí půdy mulčem v meziřádku z hlediska eliminace erozních procesů.
- Na základě parametrů rámu stroje a slupic zajistit dobrou průchodnost pro půdu a umožnit provést zpracování půdy až do hloubky 0,3 m.
- Zvýšit infiltraci vody do spodních vrstev půdy v místě intenzivního prokoření, efektivněji tak využít vodu stékající po rostlinách a akumulovat ji hlouběji v půdě z důvodu její rychlé ztráty evaporací.
- Na základě snadnější infiltrace vody do hlubších vrstev pásu zajistit vyšší dostupnost a efektivitu hnojiv aplikovaných při kypření pásu.
- V souladu s cíli pásového zpracování půdy snížit počet pracovních operací při provádění zpracování půdy.

II.2.1.2. Konstrukční řešení a princip práce strojů

Práci stroje zajišťují tři dílčí pracovní segmenty umístěné na rámu. Při první dílčí pracovní operaci dochází k odstranění rostlinných zbytků z povrchu budoucího kypřeného pásu a jejich uložení do meziřádku a k naříznutí horní vrstvy půdy

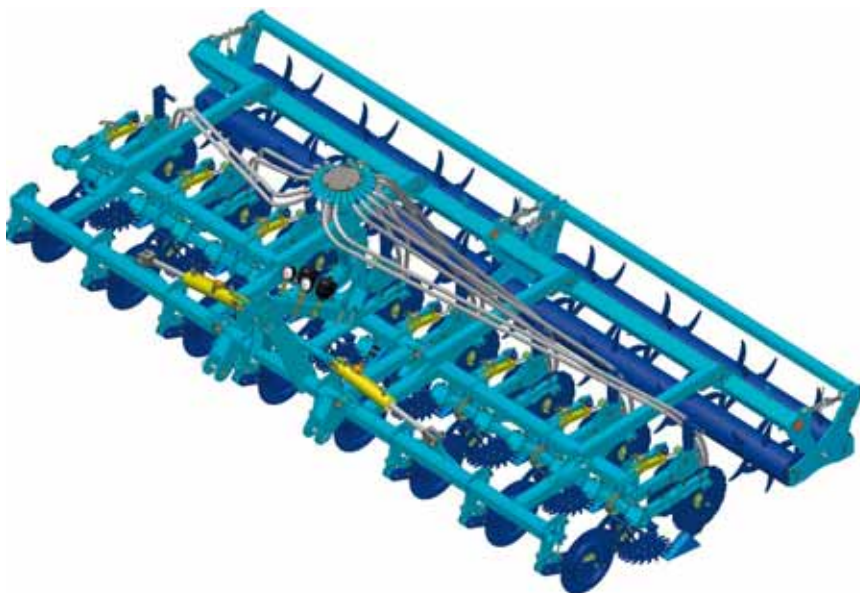


Obr. 4: Detailní zobrazení výškově nastavitelných rozhrnovačů rostlinných zbytků a z krojidla

pro následné kypření půdy kypřící sekcí. Provedení těchto operací zajišťuje první sled pracovních sekcí. Každá, nezávisle zavěšená, sekce se skládá z výškově nastavitelných rozhrnovačů rostlinných zbytků a z krojidla (Obr. 4).

Rozhrnovač rostlinných zbytků rozhrne rostlinné zbytky do nepracovaných mezipásů, povrch následně zpracovaného pásu půdy je téměř bez rostlinných zbytků. Odsunutí rostlinného materiálu z pásu snižuje riziko akumulace organické hmoty v kypřené půdě a jejich uložení na povrch půdy v meziřádku přispívá k eliminaci erozních procesů a ke snížení neproduktivního výparu z půdy.

Půdní rýha vytvořená diskovým krojidlem zajišťuje dobré obtékání půdy ko-



Obr. 5: Osmiřádkové provedení stroje pro intenzivní pásové kypření s děleným hřebovým válcem umístěným na konci stroje s hřeby uspořádanými v zónách nakypřených pásů

lem slupice kypřicí radlice a její navedení na usměrňovací disky.

V druhém sledu umístění, opět nezávisle zavěšené, kypřicí sekce zajišťují samotné nakypření pásu až do hloubky 0,3 m a rozmělnění a zpětné uložení nakypřené půdy do prostoru řádku. Jednotlivé sekce se skládají z široké radlice vrchlíkovitého tvaru a postranních výškově a úhlově nastavitelných usměrňovacích disků.

Při práci radlice dochází k intenzivnímu zvedání půdy, která se v důsledku nařiznutí kroidlem při obtékání radlice dělí na dvě části. Proudby zeminy rozdělené slupicí narážejí na usměrňovací disky, které zeminu rozmělnují, částečně drobí a následně ji vracejí zpět do řádku.

Následně jsou nakypřené pásy půdy zpracovány speciálním dvojitým hřebovým válcem umístěným v zadní části stroje. Tyto válce mají hřeby umístěny pouze v zónách nakypřených pásů. (Obr. 5). Hřeby jsou na válcích umístěny tak, že jejich opsané kružnice vstupují mezi sebe. Tím je dosaženo výborné mělnění hrud a výrazný samočisticí efekt válců na vlhkých a lepivých půdách. Hřeby zajistí zhomoge-



Obr. 6: Čtyřřádkové provedení stroje pro intenzivní pásové kypření s možností aplikace hnojiva do kypřeného řádku

nizování půdy v pásu a přiměřené zpětné utužení pro zajištění rychlého obnovení půdní kapilarity.

Stroj je vybaven rozvodem pro aplikaci granulovaných hnojiv s vyústěním pod kypřicí radlice (Obr. 6). Dávka aplikovaného hnojiva se může pohybovat v rozmezí 40–300 kg na ha. Rozteč sekcí je 0,75 m. Pracovní hloubka je nastavitelná v rozmezí 0,15 až 0,3 m.

Výhody technické ho řešení:

- Speciální široké kypřicí radlice zajistí vytvoření širokého prokypřeného pásu v celém jeho profilu, čímž se stroj odlišuje od ostatních doposud nabízených strojů na trhu.
- Dvojitý hřebový válec kvalitně drobí hroudy v nakypřeném pásu, a to i na velmi těžkých půdách, či při vysoké vlhkosti půdy.
- V evropských podmínkách, kde je pásové zpracování půdy uplatňováno na pravidelně zpracovávané půdě, nedochází při využití širších radlic ke zhoršení kvality práce a nárůstu tahového odporu.
- Stroj lze použít i za vlhkých půdních podmínek. Široké radlice eliminují riziko vzniku pouze proříznuté půdní rýhy, které je typické pro klasické radlice s užšími dláty.
- Konstrukce strojů zajišťuje kvalitní provedení práce i na plochách s meziplodinou. Kypřicí efekt a zapravení rostlinného materiálu do půdy však závisí, obdobně jako u ostatních pásových kypřičů, na druhu meziplodiny a růstové fázi.
- Intenzivněji zpracovaná půda ve spodní části pásu zvyšuje využití srážkové vody stékající po rostlinách, zejména u kukuřice.
- Technologie i při intenzivním kypření pásu ve spodní vrstvě zajišťuje protierozní působení.
- Stroj při práci vykazuje relativně nízký tahový odpor.

Nevýhody vyplývající z použité konstrukce:

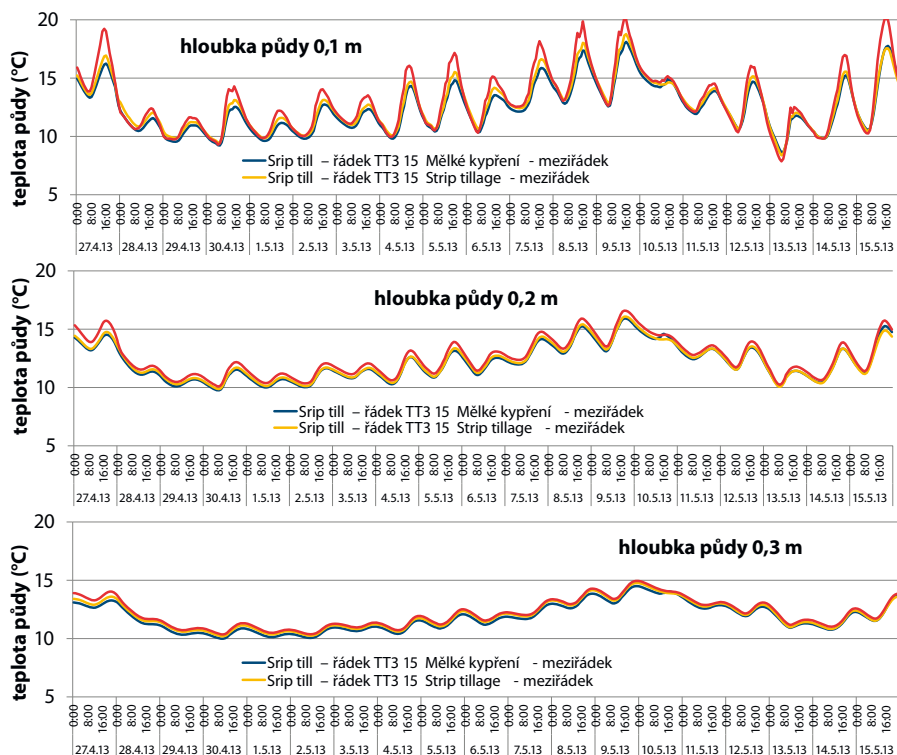
- Širší radlice vykazují horší vnikání do půdy při zahlubování na silně utužených pozemcích a při extrémním suchu.
- Obecně jako pro obdobné technologie platí, že vhodnější je při práci využít GPS

navigace z důvodu návaznosti pracovních jízd a následného setí. Při rozdílném počtu sekcí na pásového kypřiči a na sečím stroji je využití GPS navigací nutné.

II.2.1.3. Vliv technologie na půdní vlastnosti

Hlubší prokypření půdy v pásech spojené s odstraněním posklizňových zbytků přispívá k lepšímu ohřevu horní vrstvy půdy a následně i jejích spodních vrstev ve srovnání s technologiemi setí do ne-

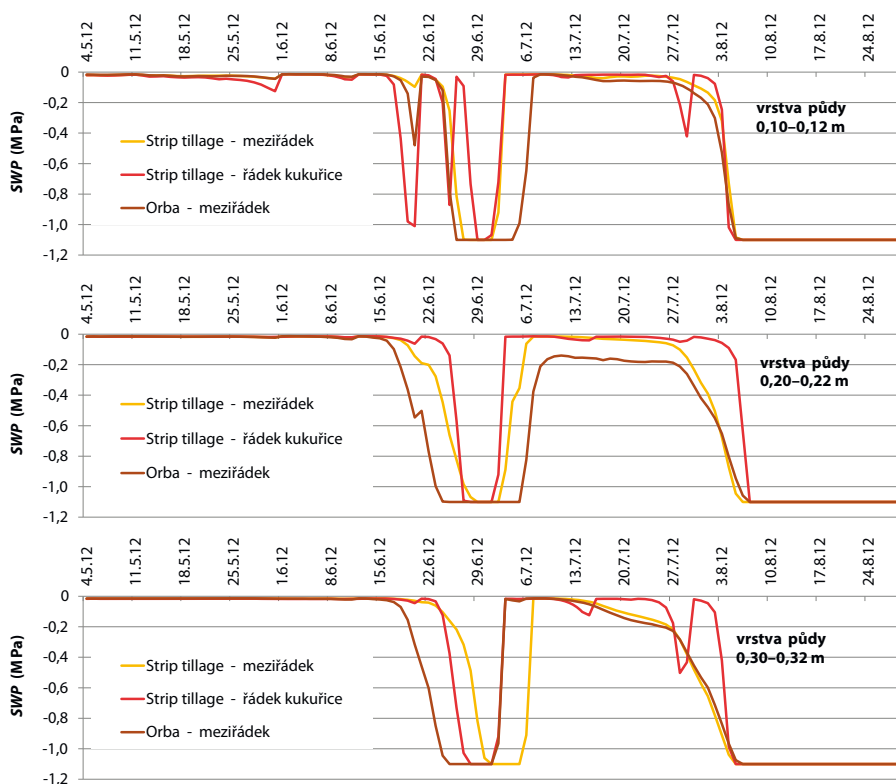
zpracované půdy a mělkého kypření s vysokým procentem pokryvu povrchu půdy rostlinnými zbytky (např. Randall a Hill 2000, Hermann a kol. 2012). Pásové zpracování půdy výrazně ovlivňuje prostorové



Graf 1: Denní průběh teploty půdy (°C) na plochách s mělkým kypřením a s technologií strip tillage v období od 27.4.2013 do 15.5.2013 v hloubkách půdy 0,1; 0,2 a 0,3 m (porost silážní kukuřice). Na variantě strip tillage byly hodnoty teploty půdy stanoveny v meziřádku rostlin (nekypřená půda) a v řádku vyseté plodiny (kypřená půda) a u varianty s mělkým kypřením pouze v meziřádku.

rozmístění posklizňových zbytků na povrchu půdy. Na základě provedených hodnocení vlivu pásového zpracování půdy na teplotu půdy a míru dostupnosti vody (Brant a kol. 2013a a 2014) se prokázalo, že ve středu kypřeného pásu je dosahováno obdobné teploty jako na oraných variantách. Výraznější rozdíly v teplotě půdy byly stanoveny v kypřeném pásu ve srovnání s celoplošně mělčeji zpracovávanou půdou. Graf 1 znázorňuje denní chod teploty půdy na plochách s dlouhodobě uplatňovaným kypřením (hloubka $\pm 0,10$ až $0,15$ m)

ve srovnání s provedením pásového kypření na této ploše do hloubky $0,2$ m na jaře. Sledovaný rok (2013) se na hodnocené lokalitě vyznačoval vyššími srážkami na začátku vegetace a chladným průběhem počasí. Z grafu je patrné, že provedení pásového kypření přispělo ke zvýšení teploty půdy v nakypřeném pásu až do hloubky $0,2$ m ve srovnání s teplotou nekypřeného meziřádku a především ve srovnání s kontrolní plochou, kterou představovalo mělké kypření do hloubky $0,12$ m. Z grafu je rovněž dobře patrný denní průběh teploty



Graf 2: Průměrné denní hodnoty vodního potenciálu půdy (SWP, MPa) na plochách s orbou a s technologií strip tillage v období od 4. 5. 2012 do 28. 8. 2012 ve vrstvách půdy $0,1–0,12$; $0,2–0,22$ a $0,3–0,32$ m. Na variantě strip tillage byly hodnoty SWP stanoveny v meziřádku rostlin (nekypřená půda) a v řádku vyseté plodiny (kypřená půda) a u varianty s orbou pouze v meziřádku (Brant a kol. 2013a).

a rozdíly mezi denními minimy a maximy mezi variantami ve sledované hloubce. A dále pokles rozdílů mezi denními minimy a maximy s narůstající hloubkou. V hloubce půdy 0,3 m, tedy pod úrovní hloubky zpracování půdy, již nejsou patrné rozdíly.

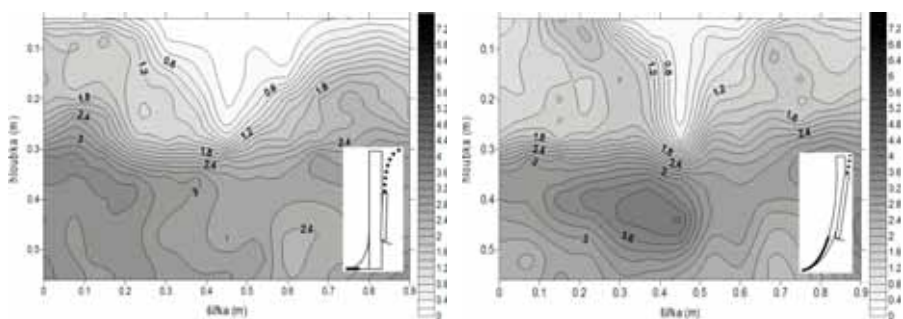
V kypřeném pásu dochází na základě odlišného prostorového uspořádání půdy k rychlejšímu poklesu dostupnosti vody pro rostliny než v nezpracovaném meziřádku. Z grafu 2 je patrné snížení dostupnosti vody pro rostliny (vyjádřeno na základě vodního potenciálu půdy, *SWP*) na variantě s orbou, ve srovnání s pásovým kypřením (strip tillage), zejména v hloubce půdy 0,2 m. Čím nižší je hodnota *SWP* vyjádřená v jednotkách tlaku, tím se dostupnost vody pro rostliny snižuje. Při nulové hodnotě *SWP* není naopak příjem vody rostlinou omezen. Nulové hodnoty v grafu 2 dokumentují odezvu *SWP* na srážkovou epizodu. Při využití slupic s širší radlicí dochází k intenzivnějšímu prokypření půdy a vodní režim půdy se výrazněji, i ve spodních vrstvách řádku, přibližuje orbě nebo hlubšímu celoplošnému kypření. Zásobování rostlin vodou je však v systémech pásového kypření postaveno na čerpání vody z nezpracovaného meziřádku

a na dobré a rychlé akumulaci vody do nakypřeného pásu. Zejména s využitím stoku vody po rostlinách. Infiltrace vody do spodnějších vrstev kypřeného řádku je důležitější i z hlediska ztrát vody evaporací. Zůstane-li srážková voda pouze v horní vrstvě půdy, narůstá riziko rychlé ztráty vody evaporací.

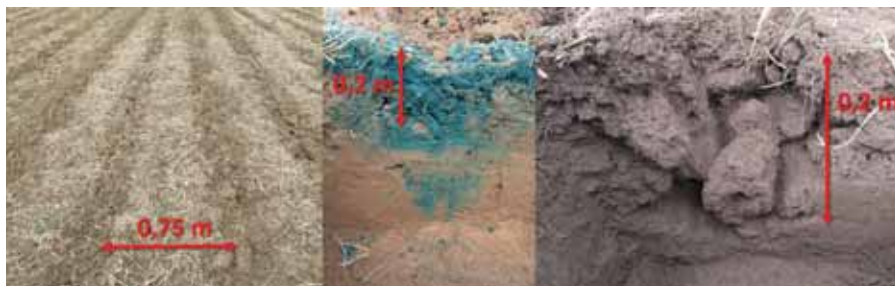
V důsledku diferencovaného zpracování půdy dochází ke vzniku rozdílných zón v rámci horizontálního a vertikálního uspořádání půdní hmoty, které se vyznačují především odlišnými fyzikálními vlastnostmi. Zásadní vliv na nakypření půdního profilu má samotný typ a geometrie pracovního nástroje v interakci s půdními podmínkami.

Graf 3 (Brant a kol. 2013b) dokumentuje rozdílný vliv dvou typů úzkých kypřících radlic na změnu penetračního odporu v orničním profilu. Radlice s výraznějším kypřícím efektem, které byly ve spodní části osazeny dlátem a měly menší elevační úhel, zanechávaly v půdě širší stopu a boční kypření bylo výraznější (Graf 3 - vlevo).

Vliv pracovních nástrojů s širší radlicí na stav povrchu pozemku, na infiltraci vody do půdy a na intenzitu prokypření půdy



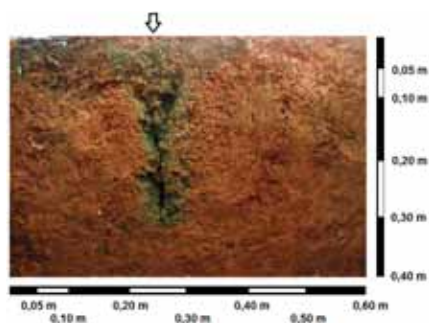
Graf 3: Rozdílný vliv diferencovaného zpracování půdy na hodnoty penetračního odporu (MPa) - horizontálně. Na obrázku vlevo bylo využito radlic s výraznějším kypřícím efektem, vpravo poté radlic s úzkou hrudí. Stupnice po straně obrázků udává hodnoty penetračního odporu (MPa) - zdroj: Brant a kol. 2013b.



Obr. 7: Technologie pásového zpracování půdy s intenzivním kypřením spodní části pásu vykazuje na povrchu půdy stejné vlastnosti jako standardní strip tillage, ve srovnání s dosud používanými typy radlic zajišťuje dobrou infiltraci do půdy (modrá barva) a široké nakypření spodní části pásu - jarní provedení pásového kypření do podmítnutého strniště pšenice ozimé (foto Brant).

dokumentuje obrázek 7. Zejména na dobré infiltraci je dobře patrné intenzivní nakypření půdy i ve spodní části kypřeného pásu. Infiltrace vody i pod zónu kypření potvrzuje, že geometrie kypřicí radlice minimalizuje riziko utužení dna kypřeného pásu (Obr. 7). Rovnoměrné nakypření celého profilu pásu dokumentuje rovněž obrázek 7. Intenzivní kypření ve spodní části pásu širokou radličkou eliminuje vznik půdní rýhy bez nakypření půdy. K tomuto jevu dochází při využití užších dlát na půdách s vyšší půdní vlhkostí (Obr. 8).

Při pěstování kukuřice po sobě je důležitá, aby posklizňové zbytky, zvláště



Obr. 8: Vznik půdní rýhy bez efektu nakypření půdy při využití užších radlic při vyšší půdní vlhkosti. (foto Kroulík)

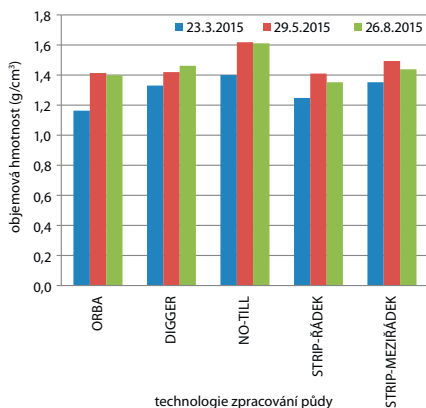
po kukuřici na zrno, byly odhrnuty do nezpracované části. Takto jsou pak vytvořeny podmínky pro dobré uložení osiva do půdy ve zpracovaném pásu.

Fyzikální vlastnosti u pásového zpracování půdy byly porovnávány s dalšími technologiemi (orba a no-tillage) v pokusu založeném na podzim roku 2014 na jižní Moravě. Měření bylo provedeno ve vrstvě 0–0,3 m. Varianty zpracování půdy byly založeny po sklizené kukuřici na zrno, kde množství rostlinných zbytků bylo 7,63 t/ha. Posklizňové zbytky byly z prostoru zpracovávaného pásu odstraněny (přesunuty) na nezpracovávaný pás. Pokryvnost půdy posklizňovými zbytky klesla na cca. 50 %. Kypřen byl pouze pás půdy o šířce asi 0,40 m do hloubky 0,25 m. Na povrchu kypřeného pásu byla pozorována vyšší hrudovitost s velikostí hrud do 0,1 m. Při obnažení půdního profilu bylo patrné, že vyšší hrudovitost je pouze v povrchové vrstvě a je zřejmě zapříčiněna vyšší vlhkostí půdy. Posklizňové zbytky se v kypřeném pásu téměř nevyskytovaly (obr. 9).

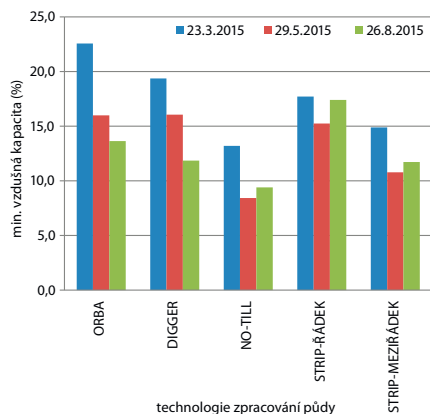
Objemová hmotnost půdy redukovaná u většiny variant narůstala v průběhu vegetace roku 2015, nejčastěji se přibližova-



Obr. 9: Ukázka pásového zpracování půdy po kukuřici na zrno na podzim. (foto Neudert)



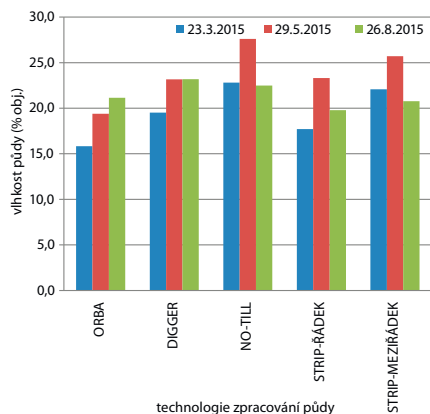
Graf 4: Vliv rozdílných technologií zpracování půdy na objemovou hmotnost půdy redukovanou (g/cm^3)



Graf 5: Vliv rozdílných technologií zpracování půdy na minimální vzdušnou kapacitu a vlhkost půdy

vala $1,40 \text{ g}/\text{cm}^3$. Výjimkou byla varianta bez zpracování půdy, kde byly hodnoty kolem $1,60 \text{ g}/\text{cm}^3$. U technologie strip tillage byly mírně vyšší hodnoty objemové hmotnosti zaznamenány v mezipásech v porovnání se zpracovaným pásem (graf 4).

Zpracováním půdy lze významně ovlivňovat vodní a vzdušný režim půdy. Změny minimální vzdušné kapacity a vlhkosti půdy ve třech termínech roku 2015 v porostu kukuřice na zrno zachycuje graf 5. Hodnoty obou parametrů vykazovaly velmi obdobný trend u orby a experimentálního hloubkového kypřiče Digger. U těchto variant hodnoty minimální vzduš-



né kapacity v průběhu vegetace klesaly, ale u vlhkosti půdy narůstaly, přičemž absolutní hodnoty byly v jednotlivých termínech měření srovnatelné. U varianty strip tillage byl průběh hodnot obou parametrů více podobný variantě bez zpracování půdy (no-tillage). Nejvyšší vlhkost půdy byla v druhém termínu měření (29. 5.).

Z grafu 5 jsou patrné rozdíly u pásové-
ho zpracování půdy v řádku a meziřádku. Hodnoty v meziřádku vykazovaly vyšší vlhkost půdy a naopak nižší minimální vzdušnou kapacitu. Dosažené hodnoty potvrzují pozitivní efekt prokypření na provzdušnění půdy a vliv nezpracované vrstvy na lepší hospodaření s vodou. Tím jsou vytvoře-

ny vhodnější podmínky pro růst rostlin v porovnání s celoplošným zpracováním půdy, zvláště v době výskytu suchých období na začátku vegetace před zapojením porostu. U no-tillage varianty se hodnoty minimální vzdušné kapacity dostávaly pod hranici 10 %, kterou lze považovat za limitní z pohledu dostatečného přístupu vzduchu pro rozvoj kořenů.

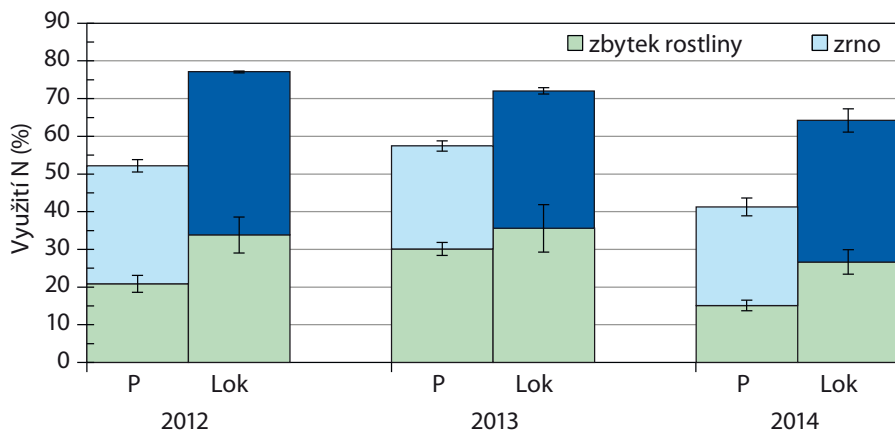
V souladu s cíli pásového zpracování půdy zajišťuje i technologie s intenzivním kypřením spodní části pásu eliminaci erozních procesů. Primárně se jedná o snížení rizika vzniku kapkové eroze, jako základu projevů vodní eroze.

II.2.1.4. Význam cílené aplikace hnojiv

Při pásovém zpracování půdy dochází, ve srovnání s dosud běžně používanými technologiemi zpracování půdy, k větší plošné i prostorové heterogenitě ve vodním a tepelném režimu půdy, v rozmístění posklizňových zbytků a živin v půdě, v aktivitě půdních organismů apod. To klade větší nároky na využití diagnostických metod ve výživě rostlin a na určení optimální dávky a způsobu aplikace minerálních hnojiv. Čím větší část povrchu půdy je pokryta rostlinnými zbytky, tím narůstá význam a zvyšuje se efektivnost lokální podpovrchové aplikace hnojiv do blízkosti kořenů rostlin. Wei Su a kol. (2015) na základě rozdílných studií poukazují na skutečnost, že lokální pásová aplikace hnojiv vykazuje ve srovnání s plošným rozhozem na povrch půdy nebo promísením hnojiv do půdního profilu před setím pozitivnější efekt na růst rostlin a odběr živin. Výhody jsou přičítány zejména dvěma faktorům: Hnojivo aplikované do pásu

saturuje půdní roztok živinami, zejména těmi s nízkou mobilitou jako P a K v relativně malém prostoru uvnitř kořenové zóny, což může omezovat fixaci a adsorpci živin na půdní částice a v důsledku toho zvyšuje přístupnost živin pro rostliny. Je-li hnojivo aplikováno v pásu hlouběji do půdy, kde je většinou vyšší dostupnost vody, dochází tak k jeho vyšší rozpustnosti a transportu a následně ke zvýšení jeho přístupnosti pro rostliny. Také Fernández a White (2014) zjistili při aplikaci P a K hluboko pod osivo vyšší obsah vodorozpuštěných frakcí těchto prvků pod řádkem kukuřice oproti plošné povrchové aplikaci, ale na distribuci kořenů v půdním profilu to nemělo vliv.

Do větší hloubky jsou aplikována hnojiva s živinami málo pohyblivými v půdě (např. P, K) při pásovém zpracování půdy, zatímco při setí je hnojivo ukládáno do menší hloubky (většinou 0,05–0,1 m) a do blízkosti osiva.

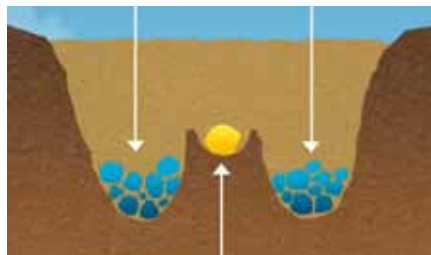


Graf 6 : Využití dusíku značeného izotopem ^{15}N zrnem a ostatními částmi rostliny kukuřice při plošné (P) a lokální aplikaci dusíku (Lok) při seti (dávka 60 kg N/ha, Velvarsko, 2012–2014)

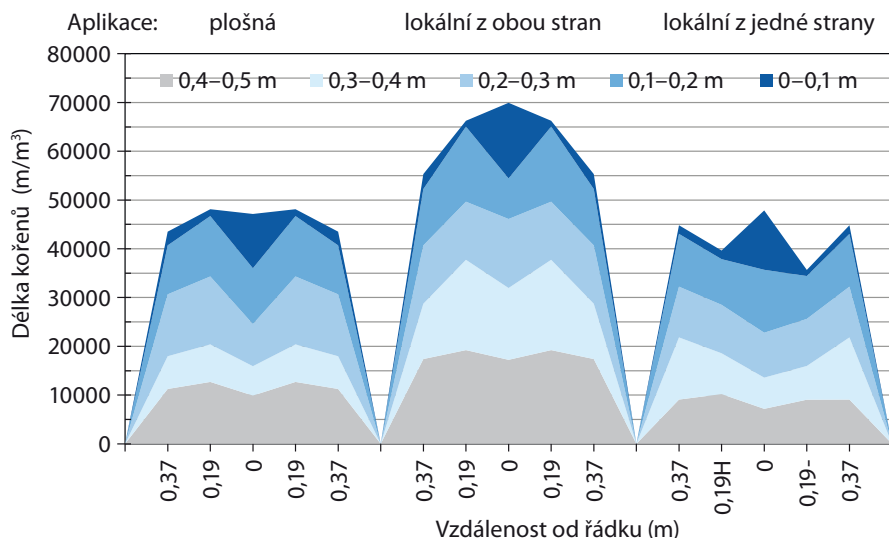
Graf 6 dokládá využití dusíku z močoviny s inhibitorem ureázy (hnojivo UREA^{stabil}) rostlinami kukuřice při plošné aplikaci na povrch půdy před setím (P) ve srovnání s lokální aplikací při seti 50 mm vedle osiva a 40–50 mm pod osivo (Lok) v letech 2012–2014. Z uvedených údajů vyplývá, že ve všech letech bylo využití dusíku rostlinami při lokální aplikaci hnojiva vyšší než při plošné na povrch půdy.

Hnojivo UREA^{stabil} bylo použito vzhledem k eliminaci vedlejších vlivů na využití N rostlinami, zejména ztrát N únikem amoniaku při plošné aplikaci a z důvodu omezení rizika poškození klíčících rostlin a pomalejšího počátečního růstu při lokální aplikaci močoviny do blízkosti osiva. Toto riziko se zvyšuje s rostoucí dávkou močoviny, ale i dalších hnojiv (síran amonný, amofos, NPK apod.). Při snižování vzdálenosti hnojiva od osiva je nutné dodržet minimální aplikační vzdálenost, tj. min. 50 mm do strany a 30 mm pod hloubku uložení osiva. Vzhledem k vysoké koncentraci roztoku v místě lokální aplikace minerálních hnojiv, zejména při seti širokořádkových plodin, lze toto

riziko při aplikaci vyšších dávek minerálních hnojiv (dávky vyšší než 80 kg hnojiva na hektar) snížit aplikací hnojiva po obou stranách osiva nejlépe do pásků, kde je větší kontakt hnojiva s okolní půdou. Tato aplikace přispívá k rychlejšímu poklesu koncentrace půdního roztoku a živiny jsou především v počátečních fázích růstu lépe využívány rostlinami. Na grafu 7 je znázorněn příznivý vliv aplikace hnojiva UREA^{stabil} (dávka 130 kg hnojiva/ha = 60 kg N/ha) do pásků po obou stranách osiva při seti (obr. 10) na růst kořenů kukuřice (fáze 10. listu) ve srovnání s aplikací hnojiva na jednu stranu od osiva nebo s plošným hnojením na povrch půdy. Shen a kol. (2013) uvádějí, že lokalizovaná



Obr. 10: Grafické znázornění aplikace hnojiva do pásků po obou stranách osiva při výsevu



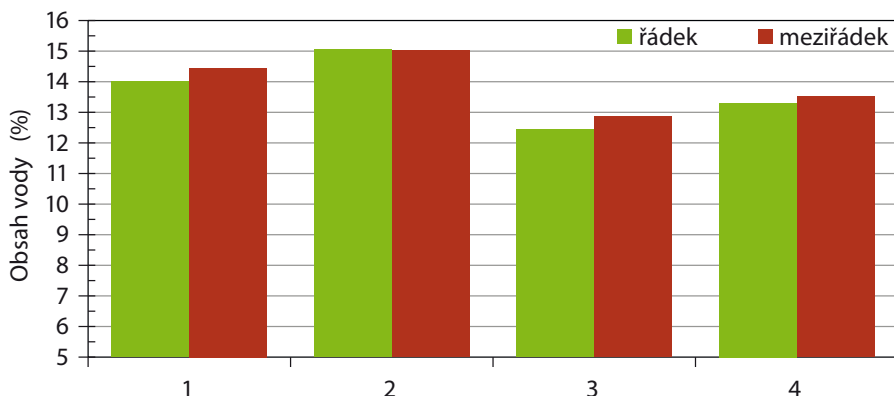
Graf 7: Délka kořenů kukuřice (fáze 10. listu) v půdním profilu při různém hnojení při setí (lokalita Sazená, 2013)

koncentrace živin, zejména N a P, jež je důsledkem aplikace do pásů, může stimulovat růst kořenů a vytvoření optimální struktury kořenového systému z hlediska odběru živin a tvorby výnosu. Vyšší využití živin rostlinami vede rovněž k jejich nižším ztrátám.

Při lokální aplikaci vyšší dávky hnojiva jen z jedné strany osiva dochází často k nerovnoměrnému rozmístění kořenů v půdě ve prospěch většího prokořenění v okolí hnojiva. Větší hustota kořenů je většinou spojena také s větším odběrem vody z blízkosti hnojiva, což může mít negativní vliv na využití živin rostlinami, a to zejména při nedostatku srážek. Proto je důležité směřovat lokální aplikaci minerálních hnojiv do míst s větší vláhovou jistotou včetně diferencovaného vertikálního hnojení do různých hloubek půdy při hlubokém zpracování půdy. Největší efekt přináší toto opatření na strukturních hlubokých půdách u málo pohyblivých živin, jako jsou fosfor, draslík, amonný dusík v kombinaci s inhibitory

nitrifikace apod. Minerální hnojiva s těmito živinami je vhodné aplikovat do půdy již při podzimním hlubokém kypření do spodních vrstev nakypřeného pásu.

Při lokální aplikaci minerálních hnojiv do horní vrstvy půdy má na využití živin rostlinami, zejména v suchších oblastech, významný vliv vodní režim půdy. Ten je odrazem daného způsobu zpracování a předseťové přípravy, při které často dochází ke zbytečným ztrátám vody. Na grafu 8 je znázorněn vliv rozdílných způsobů zakládání porostů kukuřice na obsah vody v půdě v řádku pod rostlinami a mezi řádky ve fázi 10. listu v suchém roce 2015. Z výsledků vyplývá, že po podzimní orbě a následné předseťové přípravě půdy kompaktořem byla zjištěna nejnižší zásoba vody v půdě ve srovnání s ostatními variantami. Produkce suché nadzemní biomasy byla na sledovaných variantách obdobná a pohybovala se v rozmezí (1,1–1,25 t/ha). Při pásovém zpracování půdy provedeném jak v podzimním, tak i v jarním

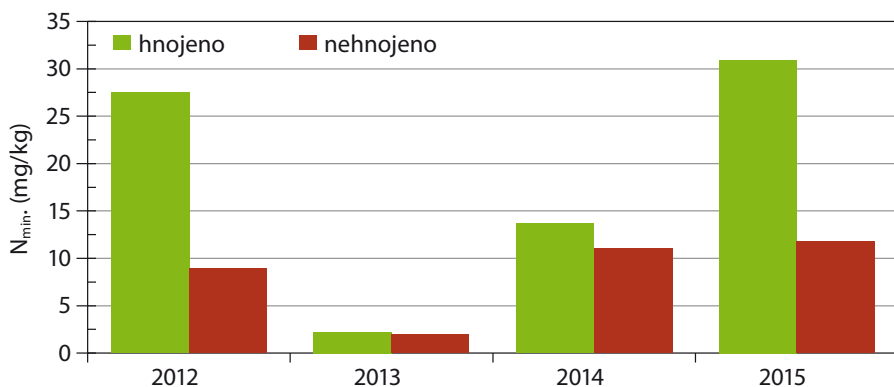


Graf 8: Hodnoty vlhkosti půdy stanovené gravimetricky (průměr vrstvy 0–0,3 m) v řádku a meziřádku kukuřice (fáze 10. listu; lokalita Lukavec, 2015). 1 - Strip till - podzim, 2 - Strip till - jaro, 3 Orba podzim + kompaktor před setím a 4 - Orba jaro - setí do hrubé brázdy.

období, byla vlhkost půdy vyšší než na orané ploše. Vzhledem k následujícímu suchému období se vyšší vlhkost půdy projevila také v dosažených výnosech čerstvé hmoty silážní kukuřice, které byly v korelaci s hodnotami o obsahu vody v půdě uvedenými v grafu 8 (var. 1 = 46,4 t/ha, var. 2 = 49,6 t/ha, var. 3 = 37,8 t/ha a var. 4 = 44,1 t/ha).

Množství srážek a jejich rozložení v průběhu vegetace má značný vliv na využití živin z aplikovaných hnojiv rostlinami. Na gra-

fu 9 je znázorněno množství reziduálního dusíku v půdní vrstvě 0–0,2 m po sklizni kukuřice při odběru ze strany řádku, kde bylo aplikováno hnojivo UREA^{stabil} v dávce 60 kg N/ha (50 mm vedle řádku a 50 mm pod osivo) a z druhé strany řádku bez hnojení. Vysoký obsah N_{min} v půdě na straně řádku s hnojením byl zjištěn v roce 2012 a 2015, kdy úhrn srážek v období od zasetí do sklizně kukuřice činil jen 260, resp. 214 mm a naopak nejnižší obsah minerálního dusíku byl zjištěn v roce 2013 při úhrnu srážek 427 mm.



Graf 9: Obsah N_{min} (mg/kg) ve vrstvě půdy 0–0,2 m po sklizni kukuřice z obou stran řádku po lokální aplikaci hnojiva při setí (Velvarsko, 2012–2014)

Na rozdíl od některých zemí EU (Holandsko, Anglie, Německo, Dánsko a další), kde jsou během vegetace pěstovaných plodin většinou vyšší srážky než u nás, je nutné zejména v oblastech s ročním úhrnem srážek pod 600 mm věnovat větší pozornost výběru vhodných systémů pro lokální aplikaci hnojiv do různé hloubky půdy a vzdálenosti od osiva, stanovení optimální dávky hnojiva s vhodnou formou živin. Hnojiva s nižší pohyblivostí živin nebo s jejich vazbou na jílové minerály v půdě (P, K, amonná forma dusíku, polymerizovaná močovina apod.) je možné aplikovat do větší hloubky (150–250 mm). Hlubší aplikace připadá v úvahu jen na plochách s mocnějším orničním profilem a s dobrou strukturou půdy. Aplikaci je vhodné provést s větším časovým odstupem před setím (např. již na podzim k jarním plodi-

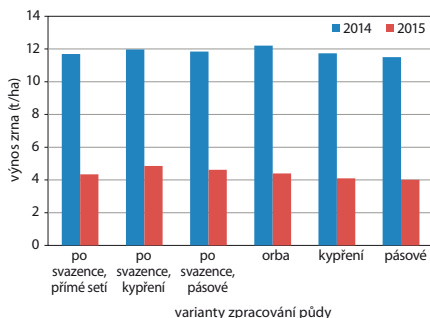
nám). Naopak do horních 50–100 mm půdy je výhodné při setí aplikovat tzv. startovací hnojiva s nízkou koncentrací a optimálním poměrem živin pro danou plodinu nebo běžná minerální hnojiva s živinami dobře pohyblivými v půdě. Přitom hnojiva obsahující sírany, chloridy, klasickou močovinu se doporučuje aplikovat do větší vzdálenosti od osiva (min. 50mm), zatímco například močovinu s inhibitorem ureázy (UREA^{stabil}) je možné aplikovat do blízkosti osiva (20–30 mm) nebo při nižších dávkách přímo k osivu. V oblastech s častými přísuškami se zvyšuje využití živin z aplikovaných hnojiv rostlinami při jejich umístění do provlhčené půdy ze strany blízko k osivu, kde přispívá k lepšímu vodnímu režimu voda ze srážek stékající během vegetace po listech a stonku (např. u kukuřice).

II.2.1.5. Využití technologie v pěstebních systémech polních plodin

Pásovým zpracováním půdy lze dosáhnout srovnatelné výnosové úrovně pěstovaných plodin jako u většiny systémů celoplošného zpracování půdy. Tuto skutečnost potvrzují výsledky u kukuřice na zrno pěstované po ozimé pšenici s využitím meziplodiny svazanky vratičolisté. Ve dvou vláhově odlišných letech (2014 a 2015) na zrnitostně těžší půdě fluvizemního typu (lokalita Žabčice, jižní Morava) nebyly zjištěny průkazné rozdíly mezi jednotlivými způsoby zpracování půdy. Vyšší výnos byl v obou letech zjištěn na plochách, kde byla využita svazanka jako meziplodina, ve srovnání s plochami bez svazanky, a to jak u celoplošného kypření, tak i u pásového zpracování půdy (Graf 10). Nárůst nebo pokles výnosu silážní kukuřice při využití technologie pásového kypření ve srovnání s ostatními technologiemi zpracování půdy je výrazně ovlivněn

průběhem počasí v daném roce. V suchých letech se jednoznačně výhodnější variantou jeví pásové kypření, které zajišťuje vyšší zásobení rostlin vodou v důsledku čerpání vody kořeny z nekypřeného meziřádku. Tuto skutečnost dokumentuje tabulka 4 (kapitola II.2.2.5.). Tabulka dokládá vyšší výnosy kukuřice na plochách s pásovým kypřením půdy (střední Čechy) ve srovnání s plochami zpracovanými dlátovým nebo hloubkovým kypřičem v roce 2015, který se vyznačoval nízkou srážkovou aktivitou. Pěstování mezipločin s následným využitím pásového zpracování půdy lze doporučit jako půdoochrannou technologii uplatnitelnou na erozně ohrožených pozemcích. V podmínkách ČR jsou dosavadní výsledky především s výše uvedenou svazenkou, případně hořčicí bílou. U ní bývá problém s přerůstáním, což s sebou často přináší nezbytnost

mulčování. V souladu s platnou legislativou tzv. ozelenění (greeningu) je pro zajištění pokryvu půdy nově požadováno využití směsí mezplodin. Meziplodiny lze založit výsevem směsi plodin minimálně dvou různých druhů, kdy porost směsi mezplodin může obsahovat nejvýše 90 % rostlin jedné plodiny. Vybírat lze z následujících druhů: bér vlašský, bojínek luční, čirok zrnový, festuolia sp., hořčice bílá, jetel nachový (inkarnát), jílek mnohokvětý, jílek vytrvalý, koriandr setý, kostřava červená, kostřava luční, kostřava rákosovitá, krambe habešská, lesknice kanárská, lnička setá, lupina žlutá, mastňák habešský, peluška (hrách setý rolní), pohanka obecná, proso seté, ředkev olejná, sléz krmný, slunečnice roční, srha laločnatá, svaženka vratičolistá, světlíce barvířská (saflor), vikev panonská nebo žito trsnaté (lesní). Z výše uvedeného seznamu je patrné, že je zapotřebí ověřit vhodnost různých směsí mezplodin do výrobních oblastí, včetně stanovení podílů jednotlivých komponentů ve směsi. Nedílnou součástí je také praktické ověření strojů pro pásové zpracování půdy. Pokud se nejedná o vymrzající me-



Graf 10: Vliv rozdílných způsobů zpracování půdy na výnosy zrna kukuřice v letech 2014 a 2015 (lokalita Žabčice, jižní Morava)

ziplodiny, či nedojde-li k jejich vymrznutí z důvodu mírné zimy, je na jaře zapotřebí provést aplikaci herbicidu k jejich zničení. Vzhledem k části povrchu půdy, který je u pásového zpracování půdy pokrytý rostlinnými zbytky, je účinnější variantou volba postemergentního ošetření na rozdíl od preemergentního. Rostlinné zbytky po kukuřici na zrno je zapotřebí zmulčovat, abychom usnadnili průchodnost zbytků při provedení pásového zpracování půdy.

II.2.1.6. Praktická doporučení

Na základě dosavadních zkušeností získaných při vývoji a ověřování stroje lze vyvodit následující praktická doporučení:

1. Při podzimním provedení pásového kypření pro jarní plodiny lze provádět zpracování půdy až na celou hloubku orničního profilu, protože půda má dostatek času se slehnoutí.
2. Při jarním kypření je z důvodu šetření vláhy a potřeby rychlé obnovy kapilarity vhodné nekypřit půdy hlouběji než 0,15 m.
3. Proces slehnutí půdy na jaře lze zásadně ovlivnit jejím opětovným utužením pomocí hřebových válců.

4. Kvalitu práce stroje, zejména dodržení hloubky kypření a rovnost pásů, ovlivňuje stav povrchu pozemku před zpracováním. Výrazné problémy přinášejí utužené či hluboké koleje vniklé například při sklizni.
5. Zásadní vliv na kvalitu práce má nastavení usměrňovacích disků. Disky musí radlicí kypřenou a zvednutou půdu vracet zpět do prostoru pásu. V důsledku odhozu půdy do prostoru meziřádku dojde po slehnutí půdy k tvorbě propadlého žlábků v místě kypřeného pásu. Tento žlábek může přispět ke zvýšení sou-

- středného povrchového odtoku vody. Zakrytí rostlinných zbytků v meziřádku snižuje protierozní efekt technologie a může opozdit rozvoj plevelů a tím i termín aplikace neselektivních herbicidů.
6. Z hlediska kvality výsevu a uložení osiva do středu pásu je vhodné při kypření využít navigační systémy.
7. Rovnoměrné nakypření půdy v celém profilu pásu snižuje riziko deformace kořenů při nepřesném uložení osiva do středu řádku.
8. Aplikace neselektivních herbicidů vychází z aktuálního stavu rozvoje výdrolu předplodiny a plevelů. Požadovaný odplevelující efekt zajišťuje většinou podzimní a jarní aplikace.

II.2.2. Diferencované hlubší kypření s intenzivním celoplošným drobením a mísením horní vrstvy půdy a s cílenou aplikací hnojiv

II.2.2.1. Princip a cíle technologie

V posledních letech se v zemědělské praxi začínají prosazovat hloubkové kypřiče, označované také jako dlátové pluhy. Z hlediska využití v rámci základního zpracování půdy mají tyto stroje zajistit hlubší zpracování půdy a mnohdy jsou vnímány jako alternativa klasického pluhu. Všeobecně je jejich použití, ve srovnání s orbou, spojováno se zvýšením plošného výkonu při zpracování půdy, s možností prokypření hlubších vrstev půdy a mnohdy je u nich výrobci poukazováno na nižší tahový odpor.

Primární cíle dané technologie jsou:

- Zajistit hluboké kypření půdy s intenzivním nakypřením horní vrstvy půdy a zapravením posklizňových zbytků do půdy,

které bude představovat alternativu klasické orby.

- V rámci univerzálnosti stroje zajistit jeho využitelnost především pro půdy s utuženým podbrázdím a se špatnou propustností.
- Zlepšit urovnání povrchu pozemku při provedení kypření, které umožní výsev následných plodin bez provedení předseťové přípravy.
- Eliminovat heterogenitu prostorového uspořádání půdní hmoty po provedení kypření za účelem zajištění optimálních podmínek pro vývoj rostlin.
- Umožnit cílenou aplikaci hnojiv do půdy jako součást základního hnojení, nebo cíleného hnojení pro vysévanou plodinu.

II.2.2.2. Konstrukční řešení a princip práce strojů

Základním pracovním nástrojem jsou kypřící dláta umístěná na parabolické slupici. Dláta jsou umístěna ve dvou řadách a konečná rozteč dlát je 0,375 m. Spodní část slupice je osazena odnímatelnými postranními křídly s možností výškového nastavení. Za druhou řadou dlát jsou umístěny

rovnné disky a zadní část stroje může být osazena diskovým nebo dvojitém hřebovým válcem.

Dláta kypřících radlic odřezávají půdu ve spodní části půdního profilu a dochází k jejímu nadzvedávání, přičemž k vertikál-

nímu posunu půdy napomáhá parabolická konstrukce slupice. V důsledku práce postranních křídel dochází k rozdělení odříznutého profilu půdy na spodní a horní vrstvu a k zapravení posklizňových zbytků do horní vrstvy půdního profilu. Postranní křídla přispívají rovněž k intenzivnímu zvedání půdy, jejíž zpětný pokles po průjezdu radlice zvyšuje kypřicí schopnost stroje v důsledku jejího lámání a drobení při sesedání půdy.

Nadzvednutí horní části půdy postranními křídly umožňuje kvalitnější kypření a drobení spodní části půdy, protože je částečně eliminován protitlak horní vrstvy na zvedající se spodní část půdy posunující se po dlátu.

Parabolický tvar kypřících nástrojů a funkce postranních křídel přispívají ke kvalitnímu nadzvedávání půdy a eliminují riziko bočního utužení půdy, které se může projevit u konvenčních dlátových kypřičů.

Rovnací disky zajišťují zahrnutí hlubokých rýh za druhou řadou radlic a intenzivně zapravují rostlinné zbytky. Při použití dvojitých hřbových válců jsou následně dobře rozdrobeny hroudy a půda je jemně zpětně utužena. Použití diskového válce zajišťuje nejen vyšší zpětné utužení půdy ve spodních vrstvách, ale i dobré drobení půdy na povrchu. Průchodnost rámu a silná konstrukce kypřících dlát umožňuje využít stroj i pro kypření podorníčních vrstev.

Prototyp je vybaven rozvodem pro aplikaci granulovaných hnojiv s výústěním za kypřicí dlátá. Dávka aplikovaného hnojiva se může pohybovat v rozmezí 40–300 kg na ha. Hloubka zpracování půdy se pohybuje v rozmezí 0,30–0,45 m. Schéma stroje dokumentuje obrázek 11.



Obr. 11: Konstrukční řešení stroje pro diferencované hluboké kypření s intenzivním celoplošným drobením a mísením horní vrstvy půdy. Nahoře s dvojitými hřbovými válci, dole s diskovým válcem.

Výhody technické ho řešení:

- Půda je hluboce prokypřena, ale jen částečně rozdrobená a promíchána. Na snížení utužení půdy ve spodních vrstvách se výrazně podílejí vzniklé praskliny.
- Hluboce prokypřená půda zajišťuje velmi příznivé podmínky pro infiltraci vody do půdy.
- Ve větší hloubce zůstávají po zpracování půdy homogennější půdní bloky, které při následném sléhání půdy zajišťují rychlé obnovení kapilární vzlinavosti. Tato skutečnost je důležitá především v průběhu vegetace při nástupu suchých období. Stroj kvalitně pracuje i na těžkých a vlhkých půdách i na půdách s větším množstvím posklizňových zbytků.

- Povrch půdy vykazuje vyšší hodnoty drsnosti, čímž se zvyšuje protierozní efekt technologie bez ohledu na směr zpracování.
- Geometrie pracovních nástrojů zajišťuje snadné vnikání do půdy i na silně utužených pozemcích a při extrémním suchu a dobré držení pracovní hloubky.
- Stroj kvalitně pracuje na plochách bez předchozího zpracování půdy nebo po mělké podmítce.

- Při práci není nutné využití GPS autopilotů.

Nevýhody vyplývající z použité konstrukce:

- Relativně vyšší tahový odpor při hlubším zpracování půdy oproti strojům pro pásové zpracování půdy. Oproti orbě je však tahový odpor nižší.

II.2.2.3. Vliv technologie na půdní vlastnosti

Hloubkové kypřiče představují určitou alternativu orebného zpracování půdy. Na základě hodnocení výškového profilu povrchu pozemku po zpracování půdy hloubkovým kypříčem a pluhem nebyly stanoveny statisticky průkazné rozdíly, přestože průměrné hodnoty výškového rozdílu (m) mezi nejvyšším a nejnižším bodem povrchu byly nižší po použití hloubkového kypříče (Tab. 1).

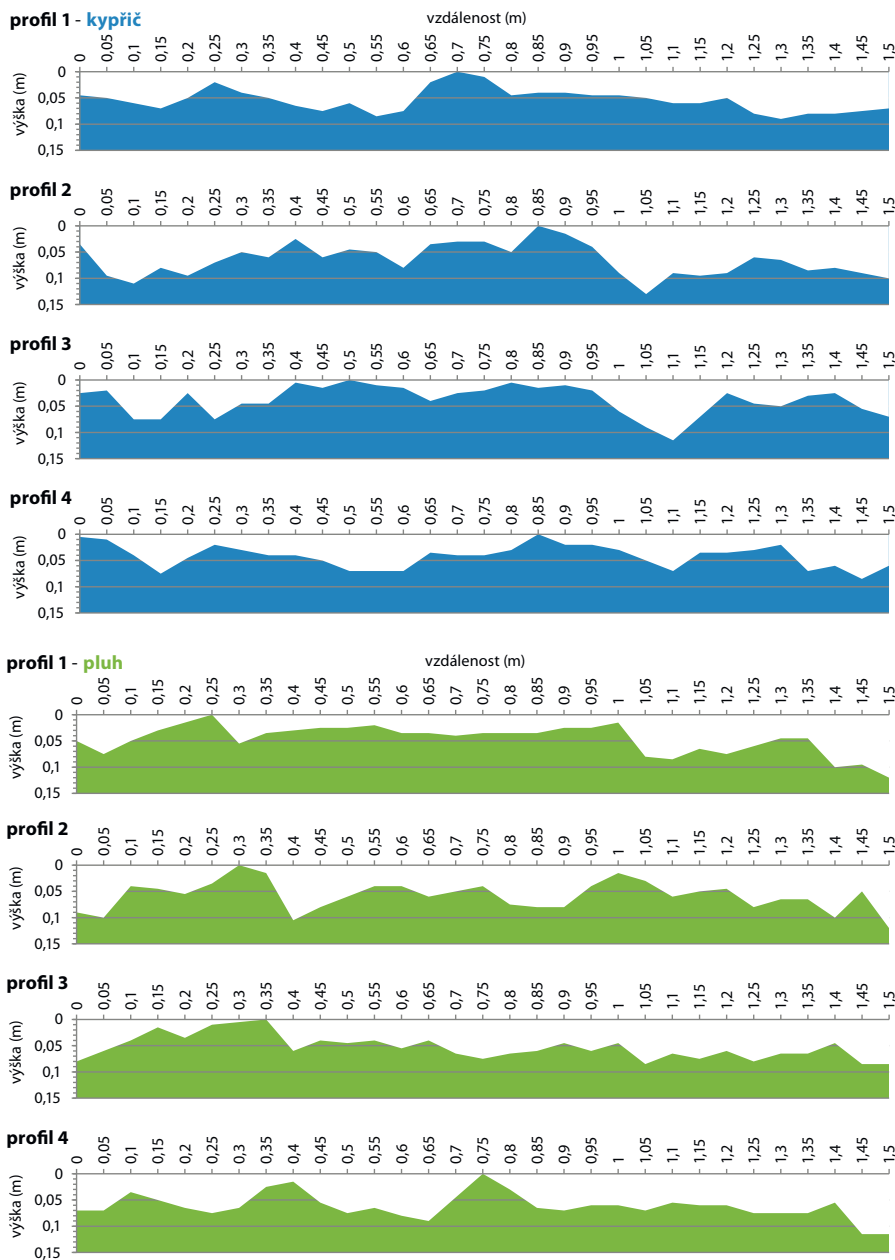
Tab. 1: Průměrné hodnoty výškového rozdílu (m) mezi nejvyšším a nejnižším bodem povrchu půdy (transekt kolmo na směr pracovní jízdy, délka 1,5 m) a směrodatné odchylky (σ) na ploše zpracované hloubkovým kypříčem (Digger) a pluhem (28.11.2014). Rozdílné indexy mezi průměry (sloupce) udávají statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (Tukey, ANOVA). Lokalita: Východní Čechy. (zdroj: Brant a kol. 2015b)

stroj	výška (m)	σ
pluh	0,055 a	0,026
hloubkový kypříč	0,050 a	0,028

Výrazné, optické, rozdíly mezi testovanými stroji nevykazují ani graficky znázorněné výškové profily povrchu pozemku (Graf 11). Optimální půdní podmínky při

zpracování půdy vedly nejen k dobrému drobení půdy při orbě, ale rovněž zajišťovaly kvalitní práci hrotového válce (Obr. 12). Z hlediska konstrukce použitých hrotových válců, je patrné, že primárním efektem je především opětovné utužení půdy ve spodní vrstvě půdy, minimalizace rizika vytahování posklizňových zbytků z půdního profilu a ponechání kypré horní vrstvy půdy. Rovnáci efekt výrazně závisí na půdních podmínkách a také na pracovní rychlosti. Při intenzivnějším kypření půdy radlicemi pronikají hřeby hlouběji do půdy a půdu urovnává také hladké těleso válce. Vyšší rychlost je spojena s možností jemnější segmentace půdních částic. Otázkou je samotné seřízení válců, které lze postavit jak na „špičku“, tak na „patu“. Tato skutečnost nebyla v rámci výše uvedených pokusů ověřována, ale na základě našich zkušeností, může výrazně ovlivnit stav povrchu pozemku.

Tabulka 2 dokumentuje vliv zpracování půdy na hodnoty objemové vlhkosti půdy (průměr vrstvy 0–0,2 m). Statisticky průkazně vyšší hodnoty objemové vlhkosti půdy byly stanoveny na plochách s kypřením ve srovnání s orbou (Tab. 2). Vyšší hodnoty objemové vlhkosti půdy s velkou pravděpodobností souvisí s nižším



Graf 11: Grafické znázornění výškového profilu povrchu pozemku (transekt kolmo na směr pracovní jízdy, délka 1,5 m) na ploše zpracované hloubkovým kypřičem (Digger) a pluhem (28.11.2014). Zobrazeny jsou čtyři rozdílné transekty. Lokalita: Východní Čechy. (zdroj: Brant a kol. 2015b)



Obr. 12: Stav povrchu pozemku po zpracování půdy hloubkovým kypřičem (vlevo) a pluhem (vpravo) (28.11.2014). Foto Brant.

nakypřením spodní části půdního profilu v porovnání s pluhem (Tab. 3). Kypřicí radlice při dané pracovní hloubce intenzivně kypřily půdu do hloubky 0,15 m. V druhé části půdního profilu došlo ke zvednutí a rozlámání půdní masy a vytvoření větších zlomů v půdě. Intenzivní kypření půdy v horní vrstvě přispělo téměř ke sto procentnímu zapravení posklizňových zbytků do této vrstvy půdy (Obr. 13), a to i bez zahrnovacích disků. Na základě provedení videozáznamů se na zapravení posklizňových zbytků podílely především



Obr. 13: Profil půdy po zpracování hloubkovým kypřičem (28.11.2014). Na obrázku je patrný kypřicí efekt kypřicí radlice. Žlutá přerušovaná čára dokumentuje zlom mezi zpracovanou a nezpracovanou vrstvou půdy. Světle modrá čára vyznačuje místa s největší koncentrací uložení posklizňových zbytků. Povrch půdního profilu je pro zvýraznění plasticity překryt reflexní barvou. Foto Brant.

samotné slupice, po kterých se půda zvedala a řeznými deskami namontovanými na slupici byla částečně dělena. U daného typu pluhu se posklizňové zbytky nacházely částečně na dně brázdy a poté v prostoru mezi skývami.

Tab. 2: Průměrné hodnoty objemové vlhkosti půdy (%), profil půdy 0–0,2 m) a směrodatné odchylky (σ) na ploše zpracované hloubkovým kypřičem (Digger) a pluhem (28.11.2014). Rozdílné indexy mezi průměry (sloupce) udávají statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (Tukey, ANOVA). Lokalita: Východní Čechy. (zdroj: Brant a kol. 2015b)

stroj	vlhkost půdy (%)		σ
pluh	19,5	a	3,8
hloubkový kypřič	22,9	b	3,6

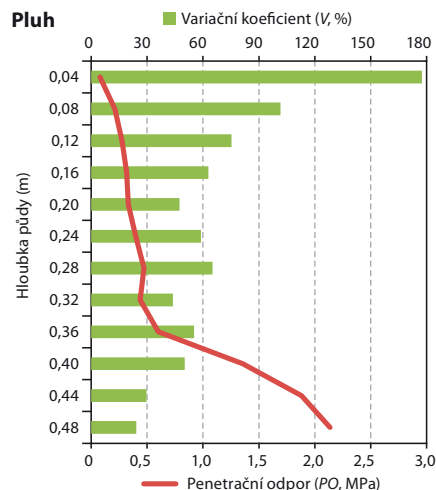
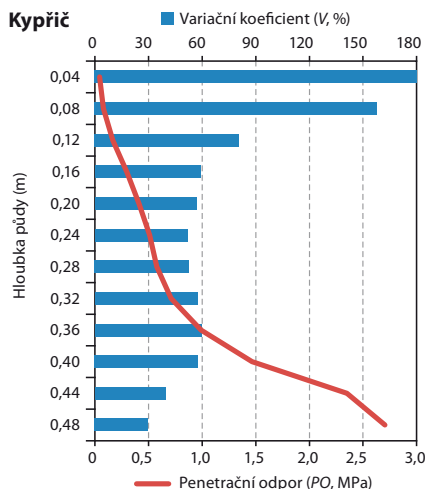
Křídla umístěná ve spodní části dláta přispěla k intenzivnímu zvedání půdy (Obr. 13), její zpětný pokles po průjezdu radlice vedl k efektu jejího lámání či drobení. Tento efekt mohl být důvodem vyšší homogeneity půdy ve spodní části půdního profilu (Graf 12) ve srovnání s pluhem. Homogenita půdního profilu je v grafu vyjádřena pomocí variačního koeficientu penetračního odporu. U pluhu se samozřejmě projevil

Tab. 3: Průměrné hodnoty penetračního odporu půdy (MPa) na ploše zpracované hloubkovým kypřičem (Digger) a pluhem (28.11.2014). Rozdílné indexy mezi průměry (sloupce) udávají statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (Tukey, ANOVA). Lokalita: Východní Čechy. (zdroj: Brant a kol. 2015b)

stroj	hloubka půdy (m)						
	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32
pluh	0,21 b	0,27 b	0,32 a	0,33 a	0,40 a	0,47 a	0,44 a
hloubkový kypřič	0,08 a	0,17 a	0,30 a	0,41 b	0,51 b	0,58 b	0,71 b

nárůst heterogenity penetračního odporu půdy ve spodních vrstvách, především v místech přiléhání skýv (Graf 12). Výraznější diferenciace hodnot penetračního odporu v rámci profilu dokumentují grafy 13 a 14. Homogenní rozložení půdní hmoty ve spodních vrstvách půdy může hrát významnou roli z hlediska vývoje kořenového systému rostlin a ve vztahu vzlinání vody. Teplý průběh zim s nedostatečným promrznutím půdy snižuje rovněž proces slehnutí půdy a rozpadu větších půdních částic vzniklých při jejím zpracování ve spodních vrstvách.

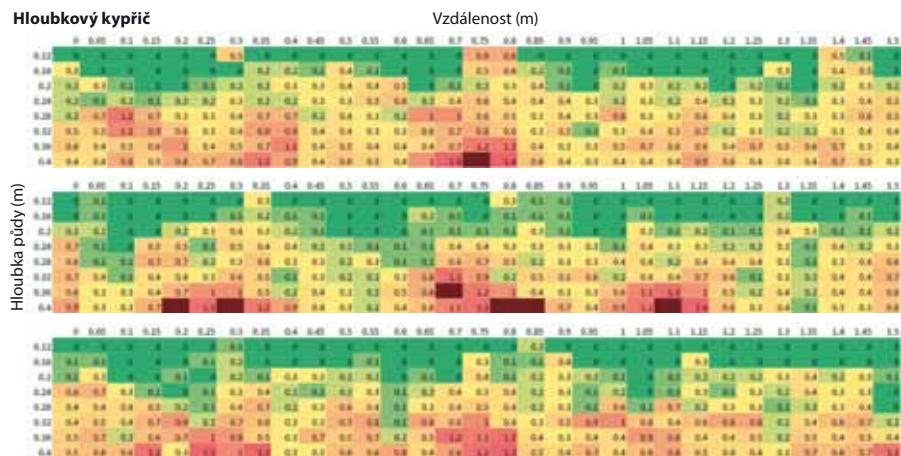
Modrá infiltrace ukázala, že místa trajektorií jednotlivých slupic vytvářejí primární cesty pro infiltraci vody (Obr. 14). Šířka kypřicího dláta a síla samotné slupice vytvářejí v půdě výraznou rýhu, která je následně vyplněna jemnými částicemi, nebo jsou v ní přítomné velké nekapilární póry. Vlivem postranních křidel je však voda rozváděná i do spodních částí půdního profilu, tedy směrem do rýh vytvořených křídly, což zvyšuje retenční schopnost půdy. Mezi radlicemi mohou vznikat místa, kde je půda méně narušená a v těchto místech je infiltrační efekt nižší (Obr. 14). Jejich vznik je výrazně



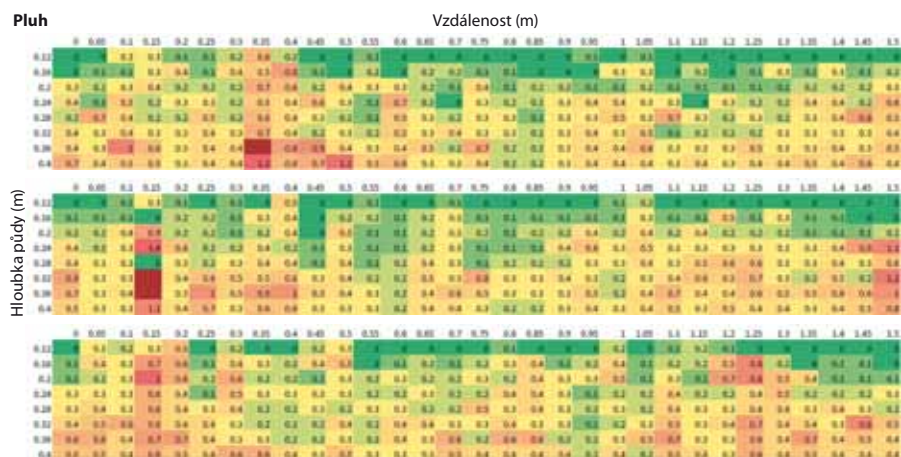
Graf 12: Průměrné hodnoty penetračního odporu půdy (PO, MPa) a hodnoty variačního koeficientu (V, %) na ploše zpracované hloubkovým kypřičem (Digger) a pluhem (28.11.2014) ve vrstvách půdy 0,04 – 0,48 m. Lokalita: Východní Čechy. (zdroj: Brant a kol. 2015b)

ovlivněn stavem půdy při jejím zpracování. U pluhu byla infiltrace na příčném průřezu homogennější. V hodnocených profilech

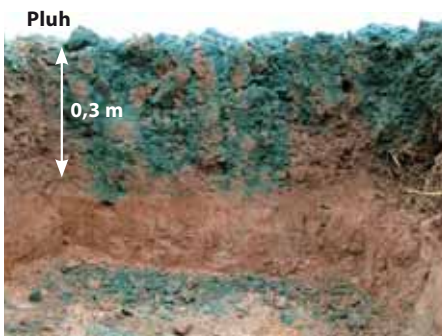
zorané půdy však nebyl zaznamenán tak výrazný efekt bočního pohybu vody jako u hloubkového kypřiče (Obr. 14).



Graf 13: Variabilita penetračního odporu půdy na kypřené ploše (28. 11. 2014, Digger). Graf dokumentuje hodnoty penetračního odporu pro pixely u třech náhodných transektů o velikosti 50 × 40 (výška) mm ve vrstvě půdy 0,08–0,36 m. Délka kolmého transektu směr pracovní jízdy činí 1,5 m. Lokalita: Východní Čechy. (zdroj: Brant a kol. 2015b)



Graf 14: Variabilita penetračního odporu půdy na zorané ploše (28. 11. 2014), záběr orebního tělesa byl 0,45 mm, pluh nebyl vybaven předradličkami. Graf dokumentuje hodnoty penetračního odporu u třech náhodných transektů pro pixely o velikosti 50 × 40 (výška) mm ve vrstvě půdy 0,08–0,36 m. Délka kolmého transektu na hřebeny brázd činí 1,5 m. Lokalita: Východní Čechy. (zdroj: Brant a kol. 2015b)

Hloubkový kypřič**Pluh**

Obr. 14: Simulace infiltrace vody do půdy metodou modré infiltrace na plochách zpracovaných hloubkovým kypřičem a pluhem (28. 11. 2014). Foto Brant.

Na základě srovnání práce hloubkového kypřiče a dlátového kypřiče při pozdním zpracování půdy byl primární rozdíl patrný na základě struktury povrchu pozemku. Diskový válec vytvářel méně hřebenitý povrch pozemku ve srovnání s pneumatikovým válcem použitým u dlátového kypřiče. Tento stav povrchu pozemku se do jara roku 2015, v důsledku suché a teplé zimy, nezměnil (Obr. 15). Na základě této skutečnosti se opět potvrdilo, že samotná volba konstrukce válců výrazně ovlivňuje následné pracovní operace v rámci zpracování půdy a setí. Zejména s narůstající vlhkostí a s ní spojenou plasticitou půdy má tvar pracovních nástrojů válce a nastá-

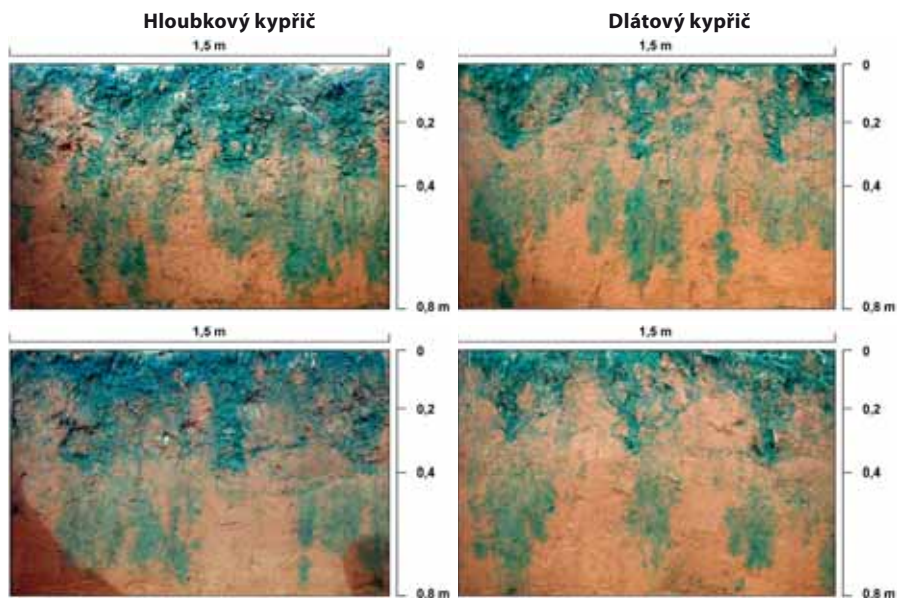
vený přítlak zásadní vliv na stav povrchu pozemku.

Výraznou roli na vlhké půdě měly urovňovací disky, které usměrňovaly půdní skývy vytvořené radlicemi a rovnaly povrch pozemku. Na základě videozáznamů se rovněž podílely na následném drcení kompaktnějších skýv půdy, které obtékaly slupice radlic druhého sledu.

Modrá infiltrace, provedená na konci března, opět potvrdila, že hlavní cestu pro infiltraci vody při použití hloubkového kypřiče vytvářejí rýhy po jednotlivých radlicích (Obr. 16). Menší počet řad radlic

Hloubkový kypřič**Dlátový kypřič**

Obr. 15: Stav povrchu pozemku po zpracování půdy hloubkovým kypřičem (vlevo) a dlátovým kypřičem (vpravo) 27. 2. 2015



Obr. 16: Simulace infiltrace vody do půdy metodou modré infiltrace na plochách zpracovaných hloubkovým kypřičem (vlevo) a dlátovým kypřičem (vpravo) 27. 3. 2015. Foto Kroulík.

s bočními křídly ve srovnání s dlátovým kypřičem (dláta bez postranních křídel) prokázal konstrukční výhodu této koncepce strojů při zpracování půdy za vysoké půdní vlhkosti. Při vyšších vlhkostech půdy a s narůstající hloubkou zpracování půdy dochází u dlát, bez podpory bočních křídel či jiných pracovních orgánů, k výraznému snížení vynášecího efektu. To znamená, že od hloubky kolem 120–150 mm dláta prořezávají v půdě jen rýhy a vynášecí a kypřicí schopnost těchto nástrojů klesá. S nárůstem počtu sledů jejich řad však již nedochází ke zvýšení kypřicího a drobicího efektu, ale může docházet k negativnímu

mu opětovnému utužení půdy nakypřeně předchozím sledem dlát. Hlouběji pracující dláta nemohou za vyšší vlhkosti zajistit posun půdy ze spodních vrstev k povrchu a jejich průchod půdou je spojen s odsunem půdy do boku, který vyvolává opětovnou dekompakci dříve narušené a zpracované půdy. Tuto skutečnost dokumentují i snímky modré infiltrace (Obr. 16). Ze snímků je dobře viditelný rozdíl mezi hloubkovým kypřičem a dlátovým kypřičem na infilraci vody do půdy. U dlátového kypřiče je jednoznačně viditelný vliv práce poslední řady dlát, místa infiltrace vody. Promodrávání půdního profilu je méně intenzivní.

II.2.2.4. Význam cílené aplikace hnojiv

Hluboké kypření půdy s intenzivním zpracováním horní vrstvy půdy a zapravením posklizňových zbytků do půdy před-

stavuje alternativu klasické orby. Na rozdíl od mělkého nebo pásového zpracování půdy dochází k intenzivnímu provzdušně-

ní půdy do hloubky minimálně 0,15 m se zapravením rostlinných zbytků. Obdobně jako u orby se po intenzivním plošném zpracování půdy uvolňuje větší množství živin z půdní zásoby, což se projeví mimo jiné také většími emisemi CO_2 z půdy. Vzhledem k tomu je nutné při trvale udržitelném hospodaření na takto zpracovávaných půdách navracet větší množství organických látek zpět do půdy ve formě posklizňových zbytků, statkových a organických hnojiv a regulovat nadměrné provzdušnění půdy její mírným povrchovým utužením např. pěchy. Zároveň je žádoucí posunout termín zpracování půdy, obdobně jako u orby, pokud možno do období s nižšími teplotami. Rozklad lehce hydrolyzovatelných organických látek v půdě dále podporuje plošná aplikace minerálních a organických dusíkatých hnojiv (s úzkým poměrem C : N), která je třeba aplikovat co nejvíce lokálně pod povrch půdy, což uvedená technologie na rozdíl od orby umožňuje.

Při lokální aplikaci jsou hnojiva ukládána za dláta do dvou hloubek (horizontů), čímž je zajištěno jejich lepší rozložení v půdním profilu. Do větší hloubky většinou aplikujeme živiny méně pohyblivé v půdě jako například fosfor a draslík. Jestliže je v půdě dobrá zásoba těchto živin a příjem fosforu rostlinami není omezen (např. na karbonátových půdách nebo velmi kyselých půdách), je možné aplikovat P a K, popř. další živiny plošně před kypřením půdy a pomocí dlát aplikovat podpovrchově dusíkatá hnojiva. Tento postup je využíván zejména u systémů hnojení s nízkou návratností organických látek do půdy. Pro aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv do větší hloubky nepromyvné půdy jsou vhodná hnojiva s amonnou formou dusíku nebo močovina s inhibitorem nitrifikace (např. hnojivo Alzon). Jestliže v místě uložení hnojiva již ne-

jsou posklizňové zbytky a půda má nízkou biologickou aktivitu, hnojiva na bázi močoviny nejsou vhodná, protože rozklad močoviny probíhá velmi pomalu a nepřeměněná močovina, která je velmi dobře pohyblivá v půdním profilu, může být vyplavena mimo dosah kořenů rostlin.

Také u této technologie zpracování půdy je při lokální aplikaci živin ke kořenům rostlin jejich větší využití rostlinami než při plošné aplikaci, ale rozdíly jsou menší než u technologií, u kterých zůstávají posklizňové zbytky na povrchu půdy. Mělké zapravení (do 50 mm) vyšších dávek minerálních hnojiv s P a amonnou formou N (např. amofos, DAP) do půdy po plošné aplikaci nebo při hnojení „pod patu“ může mít negativní vliv na růst a vývoj kořenů a při proschnutí půdy také na jejich využití rostlinami.

Přednosti podpovrchové lokální aplikace hnojiv ve srovnání s plošnou při hnojení zemědělských plodin lze shrnout do následujících bodů:

- Většinou vyšší využití živin z aplikovaných hnojiv rostlinami než po plošné aplikaci
- Bezprostřední dostupnost živin kořeny rostlin.
- Menší závislost využitelnosti živin rostlinami na povětrnostních podmínkách.
- Omezení imobilizace živin půdními mikroorganismy (zejména N a P).
- Pozvolnější hydrolýza močoviny z aplikovaných hnojiv a nižší ztráty volatilizací amoniaku.
- Omezení ztrát únikem amoniaku po aplikaci dusíkatých hnojiv s amonným dusíkem.
- Pomalejší nitrifikace amonného dusíku z hnojiv a v důsledku toho nižší ztráty vyplavením nitrátů.
- Možnost efektivního používání inhibitorů ureázy a nitrifikace (nižší spotřeba, vyšší účinnost a delší doba působení).

- V kombinaci s inhibitory nitrifikace a ureázy je možné regulovat tvorbu některých forem dusíku a tím zlepšit metabolismus dusíku v rostlině a omezit ztráty N do vod a ovzduší.
- Omezení odběru živin plevely a snížení jejich konkurenceschopnosti s pěstovanou plodinou.

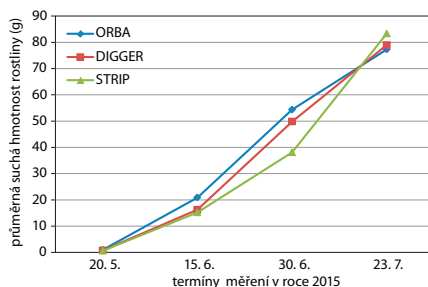
- Možnost společné aplikace mikropřvků s makropřvků a vytvoření vhodné půdní reakce pro jejich příjem rostlinami.
- Lepší využití fosforu a stopových prvků na karbonátových půdách.
- Možnost společné aplikace hnojiv s biologicky aktivními látkami nebo se systémovými pesticidy.

II.2.2.5. Využití technologie v pěstebních systémech polních plodin

Z řady výsledků vlivu technologií zpracování půdy na půdní vlastnosti (kap. II.2.1.3. a II.2.2.3.) vyplývá, že hloubkové kypření vykazuje obdobné hodnoty jako u orby. S výše uvedenými hodnotami vlhkosti půdy a minimální vzdušné kapacity, které byly srovnatelné u orby i hloubkového kypření úzce korelují i výsledky dynamiky růstu kukuřice v podmínkách suché oblasti jižní Moravy v roce 2015. Z grafu 15 je patrný velmi podobný průběh dynamiky růstu biomasy u kukuřice u orby a hloubkového kypření. U pásového zpracování půdy byl počáteční růst kukuřice pozvolnější, ale ke konci vegetace byla produkce nadzemní biomasy prakticky shodná u všech tří variant.

V tabulce 4 je uveden výnos suché nadzemní biomasy porostů kukuřice seté založených bez předchozí předseťové přípravy na plochách s rozdílnými systémy zpracování půdy (hloubkový kypřič, dlátový kypřič, strip tillage na podzim a strip tillage na jaře) v roce 2015.

Výsev byl proveden 21. 4. 2015 a činil 90 000 zrn na ha (Střední Čechy). Výsledky pokusů dokumentují dobrou vzcházejivost rostlin po výsevu při tomto systému zakládání porostů. Klíčivost byla samozřejmě ovlivněna zejména vláhovými podmínkami v roce 2015, tedy nedostatkem vody v horní



Graf 15: Dynamika nárůstu biomasy kukuřice při různém zpracování půdy (lokality Vranovice, jižní Morava, 2015)

vrstvě půdy před a po výsevu. Nižší vzcházejivost, ve srovnání s ostatními variantami, byla stanovena na plochách s dlátovým kypřičem. Příčinou byla pravděpodobně vyšší hřebenitost pozemku způsobená činností pneumatikového pěchu při zpracování půdy, které proběhlo za velmi vysoké půdní vlhkosti. Vyšší hřebenitost následně vedla k nerovnoměrnému vysychání horní vrstvy půdy. Tato skutečnost potvrzuje předpoklad, že při výsevu bez celoplošné předseťové přípravy půdy má urovňování povrchu pozemku při podzimním zpracování půdy významný vliv na rovnoměrnost ohřevu a vysychání horní vrstvy půdy. Z hlediska práce sečího stroje nebyl zaznamenán negativní vliv nerovného pozemku na kvalitu setí. Následný vývoj porostů a výnos suché nadzemní biomasy v sobě odráží především

Tab. 4: Průměrný počet palic (kusy) na rostlině, průměrná suchá hmotnost rostliny bez palic (g), průměrná suchá hmotnost palic (g), průměrná výška rostliny (m), počet rostlin na ha (kusy) a výnos suché nadzemní biomasy (t/ha) v termínu sklizně silážní kukuřice 15. 9. 2015. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci v rámci sloupce (ANOVA, $\alpha = 0,05$).

Technologie	Počet palic na rostlině (ks)	Suchá hmotnost rostliny bez palic (g)	Suchá hmotnost palic na rostlině (g)	Suchá hmotnost celé rostliny (g)	Výška rostliny (m)	Počet rostlin na ha při sklizni (ks/ha)	Výnos suché biomasy (t/ha) 100% sušina
Dlátový kypřič	2 a	95.8 a	102.4 ab	198.1 a	2.269 a	82500 a	16.34 a
Hloubkový kypřič	2 a	96.9 a	66.0 a	162.8 a	2.360 ab	86667 a	14.11 a
Strip jaro	2 a	103.9 a	99.2 ab	203.1 a	2.548 b	84167 a	17.09 a
Strip podzim	2 a	102.4 a	114.5 b	216.9 a	2.445 ab	86667 a	18.80 a

vliv systému zpracování půdy na dostupnost vody pro rostliny během vegetace. Dobré nakypření půdy za vysoké půdní vlhkosti na podzim na plochách s hloubkovým kypřičem následně negativně ovlivnilo vzlícnání vody v půdě během vegetace v roce 2015, což se projevilo i na výnosu kukuřice. Nejvyšší výnos byl stanoven na plochách s pásovým zpracováním půdy provedeným na podzim. To je v souladu s obecně známými skutečnostmi o vhodnosti využití strip tillage technologie v oblastech s nedostatkem srážek, kde pozitivně působí vzlícnající voda v nekypřeném meziřádku. S dostupností vody také souvisí potřeba opětovného utužení nakypřeného profilu půdy během setí. V případě technologie strip tillage

dochází k nakypření menšího objemu půdy a jeho následné utužení je snazší. Z hlediska kvality práce má na dostupnost vody také vliv termín provedení základního zpracování půdy. Podzimní zpracování pozemků pro kukuřici je v řadě zemědělských podniků odkládáno na pozdní termíny, kdy lze předpokládat vyšší vlhkost půdy.

Na podzim roku 2014 byly založeny pokusné plochy hodnotící vliv zpracování půdy na výnos cukrové řepy (Východní Čechy). Hodnocena byla technologie zpracování půdy pomocí hloubkového kypřiče (Digger), orba s předradličkou a orba bez předradličky. Následně provedené agrotechnické operace byly na všech sledova-

Tab. 5: Průměrná délka bulvy cukrové řepy (m), průměr bulvy (m), průměrný poměr délky bulvy a průměru bulvy a produkce suché biomasy bulev (t/ha) v termínu sklizně 8. 10. 2015. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci v rámci sloupce (ANOVA, $\alpha = 0,05$).

Technologie	Počet rostlin na ha v tisících (kusy)	Délka bulvy (m)	Průměr bulvy (m)	Průměrný poměr (délka bulvy/ průměr bulvy)	Suchá hmotnost bulev (t/ha)
Hloubkový kypřič	126	0,285 a	0,101 a	2,837 ab	23,018 a
Pluh bez předradličky	124	0,260 a	0,099 a	2,631 a	23,758 a
Pluh s předradličkou	126	0,286 a	0,098 a	2,954 b	22,329 a

ných plochách shodné. Při sklizni porostů (8.10.2015) byly stanoveny biometrické parametry bulev a produkce suché nadzemní biomasy chrástu a bulev (Tab. 5). Mezi hodnotenými parametry nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly.

Výše uvedené výsledky potvrzují uplatnění technologie hloubkového kypření jako možnou alternativu náhrady orby. Nedochází k obrácení vrstev půdy, ale k intenzivnímu prokypření půdního profilu do zvolené hloubky, což zajistí dostatečné provzdušnění půdy. To dává předpoklady

pro uplatnění na zrnitostně těžších půdách ve vlhčích podmínkách. Hrubší struktura půdy a větší hloubka zpracování půdy vytvářejí podmínky pro větší infiltraci vody do půdy, což je v kombinaci s větším přístupem vzduchu příznivé pro rozvoj kořenů. Správnou volbou hloubky zpracování půdy lze odstranit utužené vrstvy, např. po dlouhodobě používané orbě na stejnou hloubku. Výhodou této technologie je dobré zapravení posklizňových zbytků v horní polovině zpracovávané vrstvy, což při jejich promísení se zeminou vede k jejich postupnému rozkladu a uvolňování živin.

II.2.2.6. Praktická doporučení

1. Je-li technologie použita jako náhrada orby, nebo klasického kypření, je hloubka zpracování půdy závislá na půdních podmínkách a následné plodině.
2. Výška nastavení postranních křídel určuje mocnost horní nakypřené vrstvy půdy. Při větším množství posklizňových zbytků a při potřebě intenzivnějšího kypření spodních vrstev půdy je vhodné nižší postavení křídel na radlici.
3. Pro dokonalé urovňání povrchu pozemku a kvalitnější zapravení posklizňových zbytků je potřebné využít rovnacích disků a zvýšit přítlak na hřbové válce.
4. Při mělkém kypření pro ozimé plodiny je vhodnější mělké zpracování včetně ukládání hnojiv do horní části půdního profilu.
5. Podzimní mělké nebo hlubší kypření pro jarní plodiny se odvíjí od potřeby úpravy stávajícího stavu půdy a požadavků následné plodiny. Podle pěstované plodiny se rovněž určuje dávka, druh a způsob aplikace hnojiv.
6. Při využití stroje jako hlouběji pracujícího kypřiče zpracovávajícího i podorniční vrstvu je potřebné snížit pracovní hloubku postranních křídel, nebo lze kypření provést bez nich.

II.2.3. Diferencované hluboké kypření s eliminací drobení a mísení půdy v orničním profilu a s cílenou aplikací hnojiv

II.2.3.1. Princip a cíle technologie

II.2.3.1.1. Diferencované hluboké kypření

Principem technologie je provedení základního hlubokého zpracování půdy v pásech na plochách s potřebou zvýšení

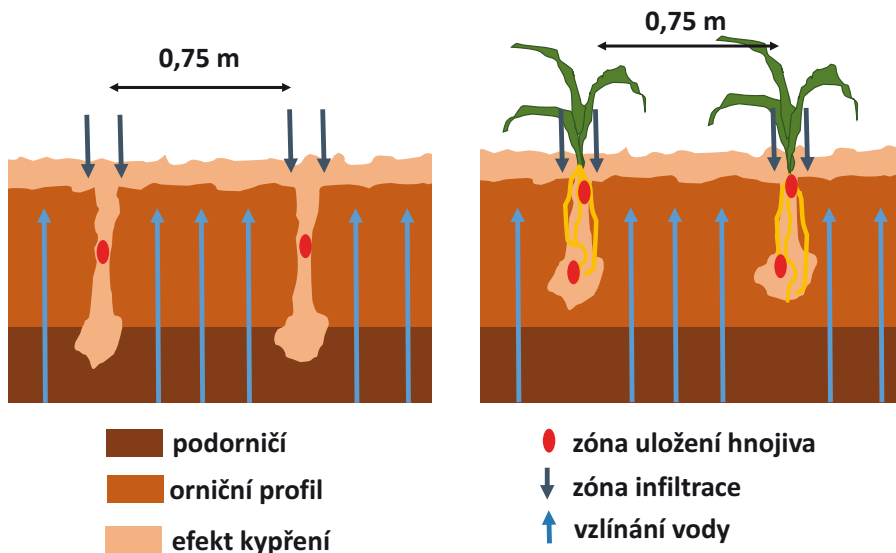
propustnosti spodních vrstev půdy a podorničí s možností ukládání hnojiv do dvou vrstev půdy. Technologie, která je primárně

určena do oblastí s nedostatkem srážek, si klade za cíl eliminovat celoplošné prokypření horních vrstev půdy z důvodu omezení rizika snížení míry dostupnosti vody v orničním profilu. V souladu s principy pásového zpracování půdy je i při hlubokém kypření kladen efekt na zachování kontinuity porézního systému půdy mezi nakypřenými pásy vytvořenými radlicemi z hlediska vztlínání vody. Konstrukce radlic rovněž eliminuje riziko odtržení půdního profilu od jeho spodních vrstev v horizontálním směru mezi radlicemi, což zásadně přispívá k zachování kontinuity kapilárních pórů v nezpracovaných páslech (Obr. 17). Minimalizace kypřicího efektu slupic pracovních nástrojů snižuje porušení kapilarity v orničním profilu, čímž slupice vytváří pouze úzký pásek nakypřené půdy ve vertikálním směru. Kypření půdy tak probíhá pouze v místě práce klínovité radlice. Minimalizace drobení a kypření orničního profilu zajišťuje následně optimální podmínky

pro slehnutí půdy a nedochází k tvorbě větších mezipůdních prostor ve spodních vrstvách půdy. Tato skutečnost je v suchých a teplých oblastech velice důležitá, protože zde nelze počítat s půdotvorným působením mrazu v zimním období. Hluboké kypření lze provádět po předchozím mělkém zpracování půdy nebo přímo do strniště. Při kypření nejsou posklizňové zbytky zapravovány do hlubších vrstev půdy a zůstávají na jejím povrchu a v její horní vrstvě, čemuž musí být přizpůsoben systém výsevu plodin. Hloubka ukládání hnojiva a jejich forma je závislá od následné plodiny.

Primární cíle dané technologie jsou:

- Zajistit hluboké kypření půdy bez intenzivního prokypření horní vrstvy půdy s ponecháním rostlinných zbytků na jejím povrchu nebo jejich mělké zapravení do půdy.
- Na základě minimalizace drobení a kypření půdy zajistit rychlé obnovení kapilárního vztlínání v orničním profilu.



Obr. 17: Schématické znázornění vlivu technologie na půdní profil při využití pro hlubkové kypření (vlevo) a při intenzivním pásovému zpracování půdy (vpravo)

- Minimalizovat riziko vynášení biologicky neaktivní půdy z podorničí k povrchu půdy.
- Stabilizovat úrodnost půdy i ve spodních částech půdního profilu na základě aplikace hnojiv.
- Zajistit základní hluboké zpracování půdy pro většinu pěstovaných plodin,
- Na základě souběžného provedení hlubokého kypření a mělkého kypření povrchu půdy eliminovat potřebu následných pracovních operací zpracování půdy, včetně předseťové přípravy, za účelem snížení rizika opětovného utužení nakypřené půdy.

II.2.3.1.2. Intenzivní pásové kypření pro oblasti s nedostatkem srážek

Daný systém je zároveň koncipován i pro uplatnění v systémech intenzivního pásového zpracování půdy (modifikace intenzivního strip tillage) k širokořádkovým plodinám v oblastech s nedostatkem srážek. Zde je cílem technologie nakypřit půdu zejména ve spodních částech orničního profilu a minimalizovat poškození kapilárního systému v meziřádcích při současném mělkém zpracování povrchu půdy. Tvorba úzkého nakypřeného pásu zajistí v suchých oblastech čerpání vody rostlinami z nekypřeného mezipásu a zároveň zefektivní infiltraci srážkové vody do zóny kořenů stékající po stéblech (kukuřice, čirok) a lodyhách (slunečnice) rostlin do spodní části pásu (Obr. 17). Spodní nakypřená část pásu, která vykazuje na průřezu oválný tvar, vytváří prostor pro intenzivnější rozvoj kořenového systému ve spodních vrstvách ornice, kde je vyšší vláhová jistota. V suchých a teplých oblastech lze i vytvoření úzkého nakypřeného pásu považovat z hlediska ohřevu půdy ve spodních vrstvách za dostačující. Uložení hnojiv může být provedeno do dvou hloubek kypřeného pásu. Cílené zúžení kypřeného pásu v orniční vrstvě půdy rovněž podporuje soustředění stékající srážkové vody z rostlin do míst s uložením hnojiv. Eliminaci neproduktivního výparu a optimalizaci regulace plevelů zajišťuje souběžně probí-

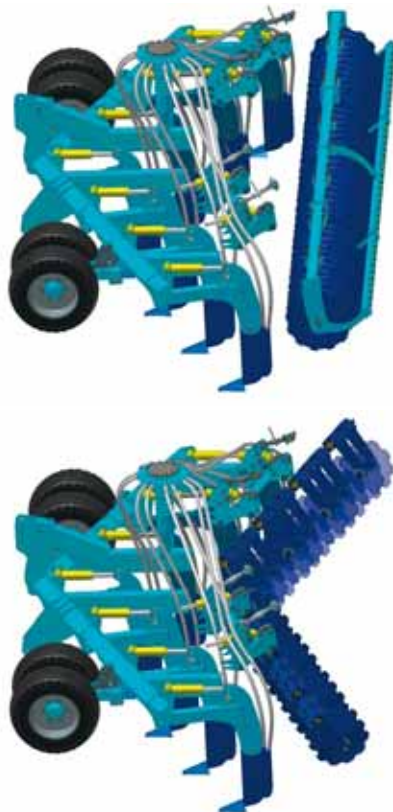
hající mělké zpracování horní vrstvy půdy. Koncepce technologie plně odpovídá evropským požadavkům kladeným na systémy intenzivního pásového zpracování půdy. Minimalizace vynášení půdy kypřicími radlicemi a následné celoplošné mělké zpracování půdy zvyšuje možnosti využití technologie i za méně příznivých půdních podmínek (mokro a sucho), kde klasické stroje pro pásové zpracování vykazují horší kvalitu práce.

Primární cíle dané technologie jsou:

- Zajistit tvorbu užšího nakypřeného pásu s intenzivnějším prokypřením v jeho spodní části za účelem rozvoje kořenového systému ve spodních vrstvách půdy, kde lze počítat s vyšší dostupností vody pro rostliny.
- Na základě minimalizace drobení a kypření půdy v mezipásu zajistit dobré podmínky pro vztlánání vody během vegetace do horních vrstev půdy.
- Užším nakypřením pásu podpořit cílenou infiltraci vody stékající po rostlině do zón uložení hnojiva při kypření a do spodních vrstev půdy.
- Souběžně provedeným mělkým zpracováním půdy vytvořit vhodné podmínky pro založení porostů, včetně výsevů bez předchozí předseťové přípravy.

II.2.3.2. Konstrukční řešení a princip práce strojů

Základem práce stroje jsou klínovitá dláta umístěná na rovných slupicích. Tato konstrukce zajišťuje dobré prokypření půdy v místě jejich průchodu půdou. Geometrie slupic zajišťuje minimální vynášecí efekt a minimalizuje porušení kapilárního systému v meziřadí. Při využití pro kypření pod hranicí orničního profilu nedochází rovněž k vynášení biologicky neaktivní půdy z podorničí do orničního profilu. Konstrukce rámu (Obr. 18) ve tvaru písmene „V“ zajišťuje dostatečnou průchodnost stroje a eliminuje boční tlaky mezi dláty, čímž nedochází k bočnímu utužení stěn kypřeného pásu. Pro hloubkové kypření lze stroj osadit válcem s jednou řadou disků, který přispívá k urovnání povrchu půdy a velice dobře pracuje i při větším výskytu rostlinných zbytků. Varianta s SD válcem je vhodnější pro lehčí půdy a pro případy, kdy bude pozemek následně kypřen. Za účelem provedení hloubkového kypření a mělkého zpracování povrchu půdy, nebo při využití stroje pro intenzivní pásové kypření je vhodnější varianta s kypřicími disky. Na těžších půdách rovněž dochází k výraznějšímu rovnacímu efektu povrchu pozemku a jsou vytvořeny vhodnější podmínky pro výsev. Při provádění následných pracovních operací zpracování půdy po hlubokém kypření je vhodnější pomocí navigací provést zpracování pozemku ve směru pracovních jízd kypřiče a trajektorie tažného prostředku nastavit na střed nekypřených pásů z důvodu omezení rizika opětovného utužení nakypřené půdy. Při výsevu širokořádkových plodin bude výsev s pomocí navigací prováděn do středu nakypřeného pásu. Rozteč kypřících dlát je 0,75 m. Hloubka zpracování půdy se pohybuje v rozmezí 0,30–0,45 m. Při kypření lze přímo aplikovat minerální hnojiva do dvou hloubek půdního profilu.



Obr. 18: Konstrukční řešení stroje a jeho agregace s válcem s jednou řadou pěchovacích disků (nahore) a kypřícími disky (dole)

Výhody technické ho řešení:

- Po kypření je půda ve spodní části prokypřena, horní část půdního profilu není promíšena.
- Hluboce prokypřená půda vytváří vhodné podmínky pro infiltraci vody nebo pro rozvoj kořenového systému.
- Pásové kypření v kombinaci s celoplošným zpracováním půdy zajišťuje kvalitnější práci strojů za méně vhodných podmínek ve srovnání s konvenčními stroji pro strip tillage.

- Hnojivo je aplikováno za dláta do dvou hloubek.
- Stroj výborně pracuje i na půdách s větším množstvím posklizňových zbytků.
- Radlice vykazují vnikání do půdy i na silně utužených pozemcích a při extrémním suchu.

- Při zpracování půdy po vrstevnici je dosaženo protierozního efektu.

Nevýhody vyplývající z použité konstrukce:

- Zejména při cíleném výsevu do středu nakypřených pásů je nutné využití GPS autopilotů.

II.2.3.3. Vliv technologie na půdní vlastnosti

Tato technologie byla ověřována na základě potřeby optimalizace systémů hlubokého kypření v oblastech s nedostatkem srážek. Zejména z důvodu eliminace vzniku velkých mezipůdních prostor (nehomogenní prostory mezi částicemi půdní hmoty) ve spodních vrstvách ornice či

v podorniči a na základě negativních zkušeností s intenzivním kypřením půdy v suchých oblastech, které výrazně přispívá k omezení pohybu vztlínající vody. Praktické ověření pracovních nástrojů, ze kterého vyplývají výše uvedené závěry v kapitole II.2.3.1., proběhlo v roce 2015.

II.2.3.4. Význam cílené aplikace hnojiv

II.2.3.4.1. Principy cílené aplikace hnojiv při hloubkovém kypření

Cílem této technologie je zajistit hluboké kypření půdy bez intenzivního prokypření horní vrstvy půdy s ponecháním rostlinných zbytků na jejím povrchu či v horní vrstvě půdy, čemuž musí být přizpůsoben také systém hnojení pěstovaných plodin. Drury a kol. (2007) uvádí, že kultivace půd přispívá ke snižování organické hmoty v půdě a k hrubší struktuře půd. U bezorebně zpracovávaných půd byly zjištěny ztráty CO₂ přibližně o polovinu až dvě třetiny nižší než u orby. Z tohoto vyplývá, že intenzita zpracování půdy by se měla snížit, aby se snížily ztráty uhlíku a degradace půdní kvality. Kombinace konzervačního zpracování půdy s hlubokým kypřením s eliminací mísení a drobení půdy je pak rozumnou alternativou k orbě zejména při pěstování širokořádkových plodin (kukuřice a slunečnice)

Čím větší část povrchu půdy je pokryta rostlinnými zbytky, tím narůstá význam a zvyšuje se efektivnost lokální podpovrchové aplikace hnojiv do blízkosti kořenů rostlin. Ponecháním posklizňových zbytků na povrchu půdy nebo v její horní vrstvě se zvyšuje biologická aktivita půdy v povrchové vrstvě, která se mimo jiné projevuje vyšší imobilizací živin (zejména N a P) z aplikovaných hnojiv. Ve srovnání s orbou je většinou nižší účinnost malých dávek dusíku. Proto při hnojení dusíkem na povrch půdy se doporučuje aplikace vyšších jednorázových dávek před setím nebo na začátku jarní vegetace, kdy je nižší biologická aktivita půdy, popř. dusíkatá hnojiva aplikovat lokálně na povrch půdy nebo podpovrchově ke kořenům rostlin při setí. Randall a kol. (1997) uvádějí, že podpovrchovou aplikací

dusíkatých hnojiv je omezen kontakt hnojiva s mikroorganismy, které se hojně vyskytují na povrchu posklizňových zbytků. Tento způsob aplikace snižuje imobilizaci N z hnojiva a zvyšuje jeho využití rostlinami až o 20 % oproti povrchové aplikaci. Také během vegetace rostlin je vhodné u těchto technologií aplikovat dusíkatá hnojiva lokálně (aplikační trubice, systém CULTAN, makrogranule apod.), aby pokrývala co nejmenší plochu půdy s posklizňovými zbytky.

Hnojiva s nižší pohyblivostí živin nebo s jejich vazbou na jílové minerály v půdě (P, K, amonná forma dusíku, apod.) je vhodné aplikovat do větší hloubky (0,15–0,25 m, hlouběji jen u hlubokých půd s velmi dobrou strukturou) a s větším časovým odstupem před setím (např. již na podzim k jarním plodinám). Bez diagnostiky půdního prostředí kde má být hnojivo uloženo nemusí přinést toto opatření požadovaný efekt a naopak se může ve srovnání se zapravením hnojiva v horní vrstvě půdy snížit využití živin rostlinami. Na příjem živin rostlinami mají značný vliv vlastnosti půdy v místě uložení hnojiva jako půdní struktura, obsah vzduchu a vody, pH, sorpční schopnost, koncentrace živin v půdě apod. Například u fosforu je třeba, aby pH půdy v místě uložení hnojiva bylo v rozmezí 5,5–7,0, půda byla biologicky aktivní s dostatečnou vlhkostí, která je nezbytná pro naředění vysoké koncentrace P v místě hnojení. Při větší vzdálenosti dlát s aplikací hnojiv (např. 0,75 m) vzniká i při relativně nízké dávce hnojiva (např. 50 kg amofosu na hektar) vy-

soká koncentrace v místě uložení hnojiva. Proto je vhodnější aplikovat hnojivo do 2 míst v různé hloubce půdy. Přímé využití fosforu z minerálních hnojiv rostlinami je nízké a většinou nepřesahuje 30 %. Fosfor z aplikovaných hnojiv nejvíce přijímají mladé rostliny, proto by měl být v dosahu jejich kořenů. Později se v příjmu fosforu rostlinami zvyšuje podíl P z půdní zásoby a rozhodující roli sehraává kořenový systém rostlin a dostatek vody v půdě.

Po víceletém používání technologií zpracování půdy bez obracení a mísení různých vrstev půdy jsou méně pohyblivé živiny zpravidla koncentrovány v povrchové vrstvě půdy a s hloubkou půdy se jejich koncentrace na rozdíl od orby významně snižuje, což je vhodné řešit podpovrchovou aplikací hnojiv do různých hloubek. Naopak výměnný a vodorozpustný vápník se z horních vrstev půdy vymývá a povrchová vrstva půdy se postupně okyseluje, čemuž je nutné u těchto technologií zpracování půdy věnovat zvláštní pozornost. Vysoká biologická aktivita v povrchové vrstvě půdy zvyšuje mimo jiné obsah CO₂, což podporuje přeměnu málo rozpustného uhličitanu vápenatého na lehce rozpustný hydrouhličitan vápenatý. Na okyselování povrchové vrstvy půdy má vliv gravitační voda s rozpuštěnými bazickými kationy vápníku a hořčíku, které se při nadbytku srážek vyplavují do spodních vrstev půdy. Vyplavení vápníku z povrchové vrstvy půdy má negativní vliv na půdní strukturu a infiltraci srážkové vody do půdy.

II.2.3.4.1. Principy cílené aplikace hnojiv při intenzivním pásovém kypření

Zásady aplikace hnojiv jsou obdobné jako při využití konvenčních systémů pásového zpracování půdy (viz. kap. II.2.1.4.).

II.2.3.5. Využití technologie v pěstebních systémech polních plodin

Hluboké kypření je plně využitelné na všech půdách pro eliminaci zhutnění půdy ve spodních vrstvách ornice a v podorniči. Z hlediska využití v suchých oblastech a ve vztahu k zajištění dostatečného přirozeného slehnutí půdy je jednoznačně potřebné hlubkové kypření provádět na podzim. Dostatečná rozteč mezi kypřicími radlicemi, která zajišťuje minimalizaci poškození kapilarity v půdním profilu je technologie využitelná jak pro úzkořádkové plodiny, tak pro plodiny vysévané do širokých řádků.

Při využití technologie pro pásové kypření půdy v suchých oblastech pro širokořádkové plodiny na těžších až středně těžkých půdách je jednoznačně potřebné zpracování půdy provést na podzim se současným kypřením horní vrstvy půdy a omezit další vstupy na pozemek z důvodu eliminace zpětného utužení. Na lehkých a záhřevných půdách lze využít i jarního kypření.

II.2.3.6. Praktická doporučení

Diferencované hluboké kypření

1. Je-li technologie použita jako hlubkové kypření, vychází nastavení hloubky zpracování z hloubky utužené vrstvy.
2. Před provedením hlubokého kypření je vhodné provést mělké zpracování půdy. To musí být provedeno v dostatečném časovém předstihu, aby byly zajištěny vhodné podmínky pro přenos tahové síly tažného prostředku při kontaktu s půdou.
3. Z hlediska eliminace zpětného utužení půdy po provedení hlubokého kypření následnými pracovními operacemi je vhodné následnou plodinu založit bez další podzimní pracovní operace.

Intenzivní pásové kypření pro oblasti s nedostatkem srážek

1. Je-li technologie využita pro pásové zpracování půdy v suchých oblastech, je vhodnější provedení půdy opět provádět na podzim.
2. Kvalitu práce stroje, zejména dodržení hloubky kypření a rovnost trajektorií

- pásů, ovlivňuje stav povrchu pozemku před zpracováním. Výrazné problémy přinášejí utužené či hluboké koleje vniklé například při sklizni.
3. Zásadní vliv na výsev plodin do nakypřených řádků má kvalita zpracování povrchu pozemku z hlediska práce secího stroje. Množství posklizňových zbytků na povrchu půdy se odvíjí od předplodiny a půdních vlastností půdy. Geometrie slupic eliminuje přítomnost rostlinných zbytků v horní vrstvě kypřeného pásu.
4. Z hlediska kvality výsevu a uložení osiva do středu kypřeného pásu je nutné při kypření a následném výsevu využít navigační systémy.
5. Aplikace neselektivních herbicidů vychází z aktuálního stavu rozvoje výdrolu předplodiny a plevelů. Požadovaný odplevelující efekt zajišťuje většinou podzimní a jarní aplikace.

III. Srovnání novosti postupů

Předkládaná metodika poskytuje informace o praktickém využití rozdílných konstrukcí strojů pro diferencované zpracování půdy a hnojení v rámci pěstebních technologií polních plodin. Novost postu-

pů je deklarována vznikem nových prototypů strojů, které byly cíleně vyvíjeny pro tyto systémy hospodaření na půdě a ověřením jejich využitelnosti v polních podmínkách.

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. 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

Kromě výše popsáných aspektů stabilizace výnosů a lepšího využití hnojiv přináší použití nových technologií diferencovaného zpracování půdy také významné snížení spotřeby paliva. Měření prokázala snížení spotřeby pohonných hmot o 14 - 29% oproti konvenčním postupům zpracování půdy. Dalším významným ekonomickým

aspektem se jeví i zkrácení pracovního času při zpracování půdy a to vlivem vyšší pracovní rychlosti nových typů strojů pro diferencované zpracování půdy, především ve srovnání s klasickou orbou, a to až o 30%. Díky využití systému cílené aplikace hnojiv při zpracování půdy je také ušetřen minimálně jeden přejezd po pozemku.

VI. Seznam použité literatury

- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P. 2015a: Pásové zpracování půdy – strip tillage. Úroda. 63 (5): 98–103.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P., Škeříková, M. 2015b: Vliv orby a hlubokého kypření na variabilitu půdního profilu. Agromauál. 10 (9–11): 56–60.
- Brant, V., Kroulík, M., Škeříková, M., Zábranský, P., Pivec, J., Chyba, J., Šindelář, M. 2014: Podzimní pásové zpracování ke kukuřici seté. Agromanuál. 9 (6): 90–95.
- Brant, V., Zábranský, P., Pivec, J., Gernerlová, M., Kroulík, M., Šindelář, M. 2013a: Pásové zpracování půdy ke kukuřici seté. Agromanuál, 3 (8): 104–108.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P., Pivec, J. 2013b: Variabilita půdního profilu při diferenčovaném zpracování půdy. Mechanizace zemědělství. 5 (63): 64–66.
- Drury, C. F., Yang, J. Y., De Jong, R., Yang, X. M., Huffman, E. C., Kirkwood, V., Reid, K. 2007: Residual soil nitrogen indicator for agricultural land in Canada. Canadian Journal of Soil Science. Vol. 87 (Special Issue): 167–177.
- Fernández, F. G., White, C. 2014. No-Till and Strip-Till Corn Production with Broadcast and Subsurface-Band Phosphorus and Potassium. Agronomy Journal. 104: 996–1005.
- Hermann, W., Bauer, B., Bischoff, J. 2012: Strip Till, Mit Streifen zum Erfolg, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Randall, G. W., Hill, P. R. 2000: Fall strip-tillage systems. 193 – 199. In R. C. Reeder (ed.) Conservation tillage systems and management. MWPS-45, 2nd ed. Iowa State University, Ames.
- Shen, J. B., Li, C. J., Mi, G. H., Li, L., Yuan, L. X., Jiang, R. F., Zhang, F. S. 2013: Maximizing root/rhizosphere efficiency to improve crop productivity and nutrient use efficiency in intensive agriculture of China. Journal of Experimental Botany. 64: 1181–1192.
- Siemens, J., Dickey, E. C., Jasa, P., Shelton, D., Hofman, V. 2000: Appendix A, Descriptions of representative tillage implements. 251–256. In: R. C. Reeder (ed.): Conservation tillage systems and management. MWPS-45, 2nd ed. Iowa State University, Ames.
- Sundermeier, A., Reeder, R. 2006: Fall Strip Tillage Systems: An Introduction, AEX-507-00, Ohio State University Fact Sheet. Ohio.
- Su, W., Liu, B., Liu, X., Li, X., Ren, T., Cong, R., Lu, J. 2015: Effect of depth of fertilizer banded-placement on growth, nutrient uptake and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.) European Journal of Agronomy. 62: 38–45.

VII. Odborné akce a semináře dokumentující výsledky projektu

Rok 2015

- 19. 11. 2015 Uplatnění nových pěstebních technologií při hospodaření na půdě v podmínkách letošního sucha. Odborný seminář, Praha
- 4. a 5. 11. 2015 XVIII. Rostlinolékařské dny, Pardubice
- 11. 6. 2015 Polní den „MendelAgro“ 2015, Polní pokusná stanice Mendelovy univerzity v Žabčicích
- 24. 2. 2015 Ruzyňský den výživy rostlin a agrotechniky. Odborný seminář, Praha

Rok 2014

- 26. 11. 2014 Uplatnění nových poznatků v pěstebních technologiích. Odborný seminář, Lukavec
- 25. 11. 2014 Uplatnění nových poznatků v pěstebních technologiích. Odborný seminář, Praha
- 10. 9. 2014 Polní den „Slunečník“ v Žabčicích.
- 12. 6. 2014 Polní den „MendelAgro“ 2014, Polní pokusná stanice Mendelovy univerzity v Žabčicích
- 26. 2. 2014 Ruzyňský den výživy rostlin a agrotechniky. Odborný seminář, Praha
- 8. a 9. 1.; 14.–16. 1. 13. Ročník konference „Kukuřice v praxi 2014“, Plzeň, Hluboká nad Vltavou, Tetčice, Hradec Králové, Palačov

Rok 2013

- 4. 12. 2013 Uplatnění nových poznatků v pěstebních technologiích. Odborný seminář, Lukavec
- 3. 9. 2013 Polní den „Babí léto s kukuřicí“, Žabčice.
- 13. 6. 2013 Polní den „MendelAgro“ 2013, Polní pokusná stanice Mendelovy univerzity v Žabčicích

Rok 2012

- 27. 11. 2012 Uplatnění nových poznatků v pěstebních technologiích. Odborný seminář, Lukavec

VIII. Seznam publikací, které předcházely metodice

Publikace jsou dedikovány k projektu TA02010669

Rok 2015

- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P., Škeříková, M., Pivec, J. 2015: Přesné setí a struktura porostů ozimé řepky. *Agromanuál*. 10 (7): 84–87.
- Brant, V., Zábranský, P., Pivec, J., Škeříková, M., Kroulík, M. 2015: Vláhové nároky čiroku obecného v oblastech s nedostatkem srážek. *Agromanuál*. 10 (7): 82–83.
- Brant, V., Zábranský, P., Škeříková, M., Pivec, J., Kroulík, M., Procházka, L. 2015: Praktické možnosti využití užších řádků u kukuřice v rámci ochrany půdy proti erozi. *Agromanuál*. 10 (2): 96–99.
- Brant, V., Pivec, J., Zábranský, P., Škeříková, M., Kroulík, M. 2015: Vláhové nároky kukuřice v oblastech s nedostatkem srážek. *Agromanuál*. 10 (4): 108–111.
- Zábranský, P., Brant, V., Kroulík, M., Škeříková, M. 2015: The values of crop coefficients and bowen ratio of field crops in areas with insufficient precipitation in central Europe. *Irrigation and Drainage*. 64 (2): 253–262.

Rok 2014

- Brant, V., Krček, V., Škeříková, M., Zábranský, P., Kroulík, M., Pivec, J., Baranyk, P. 2014: Vliv šířky řádků na rozvoj kořenového systému ozimé řepky. *Agromanuál*. 9 (1): 56–59.
- Brant, V., Kroulík, M., Škeříková, M., Zábranský, P., Pivec, J. 2014: Systémy pěstování ozimé řepky v širších řádcích. *Syninfo - měsíčník společnosti Syngenta*. 6: 16–18.
- Brant, V., Škeříková, M., Kroulík, M., Zábranský, P., Pivec, J., Chyba, J. 2014: Zakládání porostů ozimé řepky do širších řádků pomocí technologie diferencovaného zpracování půdy. *Agromanuál*. 9 (5): 104–106.
- Brant, V., Zábranský, P., Kroulík, M., Pivec, J., Škeříková, M. 2014: Produkce biomasy silážní kukuřice v závislosti na šířce řádků. *Agromanuál*. 9 (5): 107–109.
- Brant, V., Zábranský, P., Kroulík, M., Škeříková, M., Pivec, J. 2014: Pěstování kukuřice technologií strip tillage v podmínkách České republiky. *Úroda*. 62 (12): 36–38.
- Brant, V., Zábranský, P., Kroulík, M., Škeříková, M., Pivec, J. 2014: Vývoj kořenového systému kukuřice a řepky ve vztahu ke zpracování půdy, struktuře porostu a hnojení. *Agromanuál*. 9 (11–12): 91–95.
- Brant, V., Zábranský, P., Pivec, J., Kroulík, M., Škeříková, M., Chyba, J. 2014: Distribuce srážek a erozní procesy v porostech kukuřice s rozdílnou šířkou řádků. *Agromanuál*. 9 (4): 110–113.
- Brant, V., Zábranský, P., Škeříková, M., Kroulík, M., Krček, V., Pivec, J., Baranyk, P. 2014: Distribuce srážek a hodnoty kapkové eroze v porostech ozimé řepky v závislosti na šířce řádků. *Agromanuál*. 9 (2): 82–84.
- Brant, V., Škeříková, M., Zábranský, P., Kroulík, M., Šindelář, M. 2014: Podzimní a jarní vývoj porostů řepky ozimé při využití technologie strip till. *Agromanuál*. 9 (8): 80–84.
- Houšť, M., Smutný, V., Procházková, B., Neudert, L., Lukas, V., Illek, F. 2014: Vliv agrotechnických zásahů na udržení půdní úrodnosti. In.: *Kukuřice v praxi 2014*. 14. vyd. Brno: Mendelu v Brně a KWS osiva. 12–22.

- Neudert, L., Smutný, V. 2014: Porovnání hybridů zrnové kukuřice v roce 2013 na lokalitě Žabčice. In: Neudert, L., Smutný, V.: Sborník odborných příspěvků a sdělení „Mendel Agro 2014“. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně. 65–68.
- Neudert, L., Smutný, V., Lukas, V. 2014: The evaluation of soil compaction parameters in the field trial with different soil tillage. In: Badalíková B.: Proceedings from 7th International Soil Conference Soil management in sustainable farming system. 1. vyd. Czech Republic: Istro - Branch Czech Republic by Research Institute for Fodder Crops Ltd., Troubsko. 113–116.
- Neudert, L., Malaska, R. 2014: Ověření použití technologie Strip-till při zakládání porostů cukrové řepy. Úroda. 62 (12): 383–386.
- Pernicová, A., Procházková, B., Hledík, P., Filipský, T. 2014: Effects of different soil tillage intensity on yields of spring barley. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. 62 (5): 1071–1078.
- Pivec, J., Brant, V., Škeříková, M., Zábranský, P., Kroulík, M., Chyba, J. 2014: Stok vody po rostlinách v porostech kukuřice. Agromanuál. 9 (9–10): 80–81.
- Procházková, B., Handlířová, M., Filipský, T., Procházka, J. 2014: Stubble catch crops in structure of plant production. In: Badalíková B.: Proceedings from 7th International Soil Conference Soil management in sustainable farming system. 1. vyd. Czech Republic: Istro - Branch Czech Republic by Research Institute for Fodder Crops Ltd., Troubsko. 129–132.
- Procházková, B., Handlířová, M., Sitte, V. 2014: Strniskové meziplodiny ve struktuře rostlinné výroby. In: Neudert, L., Smutný, V.: Sborník odborných příspěvků a sdělení „Mendel Agro 2014“. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně. 69–72.
- Procházková, B., Procházka, J., Pernicová, A., Hledík, P. 2014: Effects of different tillage intensity on yields of spring barley. In Book of Abstracts of XIIIth Congress of the European Society for Agronomy. 1. vyd. Debrecen: ESA and University of Debrecen. 297–298.
- Procházková, B., Smutný, V., Lukas, V., Dryšlová, T. 2014: Využití meziplodin v systémech hospodaření na půdě. Agromanuál. 7 (9): 86–88.
- Růžek, P., Kusá, H., Mühlbachová, G., Vavera, R. 2014: Nové postupy ve výživě rostlin a jejich praktické uplatnění v pěstebních technologiích. Sborník z pilotního semináře. Zemědělský svaz ČR a Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s. 77 s.
- Smutný, V., Dovrtělová, H., Šedek, A. 2014: Vliv odlišné meziřádkové vzdálenosti na výnos kukuřice na siláž. Úroda. 62 (12): 421–424.
- Smutný, V., Houšť, M., Procházková, B., Neudert, L., Lukas, V., Dryšlová, T. 2014: Vliv různých systémů hospodaření na změny půdních vlastností. In: Sborník referátů z odborné konference Pesticidy a ochrana vod. Ústí nad Orlicí: Česká společnost rostlinolékařská a Agrární komora ČR. 1–11.
- Smutný, V., Houšť, M., Procházková, B., Neudert, L., Lukas, V., Dryšlová, T., Illek, F. 2014: Pěstování kukuřice na zrna při různých způsobech zpracování půdy. Úroda. 62 (2): 12–16.
- Škeříková, M., Brant, V., Zábranský, P., Kroulík, M., Pivec, J. 2014: Variabilita biometrických parametrů rostlin a výnos ozimé řepky. Systém výroby řepky a systém výroby slunečnice - 31. vyhodnocovací seminář, Hluk, 19.–20. 11. 2014. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejin. 107–111.
- Škeříková, M., Zábranský, P., Brant, V., Krček, V., Kroulík, M., Pivec, J., Baranyk, P. 2014: Vliv rozdílné šířky řádků na biometrické parametry porostů ozimé řepky. Agromanuál. 9 (7): 74–77.

- Zábranský, P., Brant, V., Pivec, J., Kroulík, M., Gernerlová, M. 2014: Produkce nadzemní biomasy silážní kukuřice v závislosti na šířce řádků. *Úroda*. 62(4): 26–29.
- Zábranský, P., Brant, V., Pivec, J., Škeříková, M. 2014: Pěstování kukuřice v užších řádcích. *Syninfo - měsíčník společnosti Syngenta*. 3: 18–20.

Rok 2013

- Brant, V., Kroulík, M., Škeříková, M., Zábranský, P. 2013: Faktory ovlivňující časovou stabilitu mrtvého mulče v systémech půdoochranného zpracování půdy. *Agromanuál*. 8 (8): 72–74.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P., Pivec, J. 2013: Variabilita půdního profilu při diferencovaném zpracování půdy. *Mechanizace zemědělství*. 5 (63): 64–66.
- Brant, V., Pivec, J., Zábranský, P., Kroulík, M., Fuksa, P., Procházka, L., Gernerlová, M. 2013: Produkce biomasy čiroku a kukuřice v oblastech s nedostatkem srážek. *Agromanuál*. 6 (8): 100–103.
- Brant, V., Škeříková, M., Zábranský, P., Kroulík, M., Krček, V., Baranyk, P. 2013: Vliv šířky řádků ozimé řepky na hodnoty kapkové eroze, rozvoj kořenového systému a na výnosové parametry porostu. Systém výroby řepky a systém výroby slunečnice - 30. vyhodnocovací seminář, Hluk, 20.–21. 11. 2013. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin. 152–158.
- Brant, V., Zábranský, P., Pivec, J., Gernerlová, M., Kroulík, M., 2013: Distribuce srážek v porostech kukuřice seté. *Agromanuál*. 5 (8): 87–89.
- Gernerlová, M., Brant, V., Zábranský, P., Pivec, J., Kroulík, M. 2013: Eliminují užší řádky rizika vzniku vodní eroze v porostech kukuřice seté? *Agromanuál*. 2 (8): 72–74.
- Neudert, L., Malík, S. 2013: Post-harvest residues in different soil tillage systems. Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. *Vědecká příloha časopisu Úroda*. 8 (12): 312–315.
- Smutný, V., Neudert, L., Lukas, V., Dryšlova, T., Houst, M. 2013: The effect of different soil tillage on yield of maize and the impact on soil environment. 12th Alps-Adria Scientific Workshop Opatija, Doberdò, Venezia - Croatia - Italy. In: *Növénytermelés/Crop production*. 62, 17–20.
- Smutný, V., Lukas, V., Neudert, L., Dryšlová, T., Houšť, M., Procházková, B. 2013: Soil tillage systems in maize as a key factor in soil protection against erosion in the Czech Republic. In: *2nd International Scientific Conference Soil and Crop Management: Adaptation and Mitigation of Climate Change*, Osijek, 26–28 September 2013. 64–72.
- Zábranský, P., Brant, V., Pivec, J., Gernerlová, M., Kroulík, M. 2013. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin - Praha, 13–14. 2. 2013. Česká zemědělská univerzita v Praze. 310–313.

Rok 2012

- Brant, V., Kroulík, M., Pivec, J., Procházka, L., Cihlár, P., Fuksa, P. 2012: Vliv půdoochranných technologií na stabilitu půdních agregátů v porostech kukuřice. *Úroda*. 60 (5): 22–24.
- Gernerlová, M., Brant, V., Zábranský, P., Pivec, J., Kroulík, M., Škeříková, M. 2012: Eliminace kapkové eroze v porostech kukuřice seté. Aktuální témata v pícninářství a travníkářství 2012, 5. prosince 2012, Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze. 11–16.
- Zábranský, P., Gernerlová, M., Brant, V., Pivec, J., Kroulík, M. 2012: Vliv šířky řádků na produkci nadzemní biomasy kukuřice seté (*Zea mays*). Aktuální témata v pícninářství a travníkářství 2012, 5. prosince 2012, Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze. 94–99.

IX. Poznámky