



PŮDOOCHRANNÉ TECHNOLOGIE PRO PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE

2021

Obsah

Úvod.....	3
Základní princip půdoochranných technologií	4
Využití mezplodnin u půdoochranného hospodaření.....	5
Kukuřice setá a její půdoochranný způsob pěstování	7
Bezorebné setí do nezpracované půdy (no-till)	8
Pásové zpracování půdy (strip-till)	10
Popis a metoda ověření zvolených technologií	12
Ověřování půdoochranného efektu pomocí přirozených srážek.....	17
Naměřené výsledky – přirozené srážky	19
Ověřování půdoochranného efektu pomocí polního simulátoru deště	22
Naměřené výsledky – simulátor deště	24
Závěr z ověřování půdoochranných technologií	26
Základní výhody a omezení půdoochranného způsobu hospodaření	28
Náklady spojené s hospodařením pomocí půdoochranných technologií	29
Ekonomické vyčíslení ztráty živin vlivem vodní eroze	43
Srovnání novosti postupů	45
Uplatnění v praxi	46
Publikace, které předcházely vydání.....	47
Použitá literatura	48
Přílohy.....	50

Úvod

Vodní eroze je považována za jeden z nejzávažnějších degradačních procesů vyskytujícím se na zemědělské půdě. Při nevhodném způsobu hospodaření na erozně ohrožených zemědělských plochách dochází k odnosu půdy při každém větším dešti. V erodovaném materiálu je obsaženo velké množství živin, které následně v půdě chybí. Půda se tak postupně v důsledku vodní eroze stává méně úrodnou. K dosažení požadovaných výnosů je potřeba tyto chybějící látky do půdy doplňovat, což přináší zvýšené náklady. Vyplavené živiny z půdy vlivem vodní eroze způsobují celou řadu problémů i mimo zemědělský pozemek. Erodovaná půda je mnohdy transportována do vodních toků a nádrží, kde dochází k jejich kontaminaci a zanášení. Výsledkem je snížený průtočný profil vodních toků či eutrofizace. Značné škody vznikají i vlivem zanášení dopravních komunikací a výjimkou nejsou ani škody v zastavěných územích.

Z hlediska ochrany půdy a ochrany vodních útvarů je důležité omezovat vnos splavené půdy a živin ze zemědělských pozemků do říční sítě. Cílem by měla být snaha zachytit co možná největší množství srážek přímo na zemědělském pozemku pomocí vhodných agrotechnických způsobů hospodaření. Půdoochranné technologie jsou v současné době pokládány za základ trvale udržitelného hospodaření a jsou účinným nástrojem pro omezování vodní eroze způsobené intenzivními srážkami. Jedná se o soubor speciálních agrotechnických způsobů obhospodařování, které podporují infiltraci vody do půdy. Vzhledem k postupně se zpřísnujícím podmínkám pro hospodaření je značný předpoklad, že využívání půdoochranných technologií bude v budoucnu stále častější.

Publikace podává informace o půdoochranných způsobech hospodaření při pěstování kukuřice seté na erozně ohrožených zemědělských pozemcích. V České republice činila v roce 2019 celková plocha osetá kukuřicí na zrna a siláž více než 307 tisíc hektarů (ČSU 2020). Vzhledem k takto velkému plošnému zastoupení je důležité hledat a ověřovat způsoby, jak při jejím pěstování co nejvíce omezit riziko vodní eroze a ztrátu živin z půdy. Právě dostatek živin v půdě je základním parametrem zajišťujícím stabilní výnosy a dlouhodobou odolnost půdy vůči vnějším vlivům. Jejich stabilizace v půdě může pomoci výrazně snížit živinové vstupy do jednotlivých složek životního prostředí, což se obecně promítne do nižších finančních nákladů na odstraňování škod. Níže představené půdoochranné postupy výrazným způsobem omezují vyplavování živin z půdy při srovnání s konvenční metodou pěstování kukuřice.

Základní princip půdoochranných technologií

Půdoochranné technologie jsou v současné době využívány jako účinný nástroj pro omezení vodní eroze a dalších procesů, které jsou s ní spojeny (nadměrný povrchový odtok, ztráta živin, změny fyzikálních vlastností apod. Jejich cílené zavádění do systémů hospodaření je ve světě známé od konce 40. let 20. století (Cerdà et al., 2009). Tyto technologie vycházejí ze současných vývojových trendů v zemědělství, které se orientují na snižování nákladů a uplatnění technologií, které představují ekologický přínos v porovnání s konvenčními technologiemi (Zhang, 2002). Na rozdíl od konvenčního hospodaření, které chápe půdu především jako výrobní složku, je půdoochranný způsob hospodaření založen na základech trvale udržitelného hospodaření. Trvale udržitelné hospodaření bere v potaz i tzv. mimoprodukční funkce. Obecným principem půdoochranných technologií je pak snížení počtu agrotechnických operací a minimalizace zpracování půdy (Morgan 2009).

Základním znakem půdoochranných technologií bývá ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy (Blanco a Lal, 2008). Půdoochranným zpracováním půdy je myšlen způsob hospodaření, který zajistí v době vzcházení rostlin alespoň 30 % pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky (Hůla a Procházková 2008). Rostlinné zbytky na povrchu půdy mají hned několik pozitivních efektů:

- Ochrání půdu před dopadajícími kapkami – dochází ke snížení povrchového odtoku a ztráty půdy. Právě omezení ztráty půdy a omezení povrchového odtoku patří mezi nejvýznamnější benefity rostlinných zbytků.
- Zvyšují drsnost povrchu – zdrsňelý povrch zpomaluje povrchový odtok a umožňuje zachytávání půdy a živin.
- Zvyšují infiltrační kapacitu a zásobu vody v půdě.
- Podporují biologickou aktivitu některých druhů živočichů, ale i samotných plodin.
- Ovlivňují pozitivním způsobem celkový koloběh živin v půdě.
- Zlepšují fyzikální stav půdy.
- Zvyšují množství organické hmoty a živin v půdě.
- Regulují teplotu ve svrchní vrstvě půdy – výsledkem je pozitivní vliv na klíčení rostlin a rozvoj jejich kořenového systému.
- Snižují evaporaci.
- Pozitivně ovlivňují půdní úrodnost a produktivitu půdy.
- Udávají estetický ráz krajiny.

Půdoochranné technologie jako takové jsou řazeny mezi agrotechnická protierozní opatření (Hůla et al., 2003) a jsou určeny pro plodiny, které svým vzrůstem a zapojením nedostatečně chrání půdu před vodní erozí (kukuřice, brambory, cukrová řepa, slunečnice apod.). Základem musí být kvalitní způsob založení porostu, který do značné míry rozhoduje o budoucím výnosu hlavní zemědělské plodiny. Pro úspěšné hospodaření pomocí půdoochranných technologií je nutné věnovat pozornost již sklizni předplodiny. Během ní by mělo dojít k rovnoměrnému rozptýlení rostlinných zbytků na povrchu půdy bez jejich shluků, které by pak negativně ovlivňovaly kvalitu založení následné plodiny, její růst a vývoj. Zároveň je důležité zajistit, aby technika při sklizni a odvozu úrody z pozemku nevytvořila hluboké kolejové stopy. Ty mohou mít negativní vliv na následnou kvalitu založení porostu.

Většina autorů zabývajících se touto problematikou uvádí příznivý vliv redukce intenzity zpracování půdy na kvalitu půdního prostředí. Z hlediska ochrany půdního prostředí je využívání půdoochranných technologií žádoucí. U technologií s výsevy kukuřice do umrtvených anebo vymrzlých meziplodin je navíc půda obohacována o snadno rozložitelnou organickou hmotu, což se projevuje ve zvýšené mikrobiální aktivitě půdy. Organická hmota z kořenů a nadzemních částí navíc dále zlepšuje fyzikální vlastnosti půdy, zejména strukturu.

Využití meziplodin u půdoochranného hospodaření

Meziplodiny mohou být využity jako krmivo pro živočišnou výrobu, ale z hlediska půdoochranných technologií je jejich nejdůležitější funkcí ochrana půdy před vodní erozí a jejich následné zapravení do půdy, kde obohacují půdu o organickou hmotu. Meziplodiny pokrývají povrch půdy, čímž snižují riziko eroze. Zároveň ukládají živiny (zejména dusík) z půdy ve svém těle a zajišťují tak jejich návrat do půdy ve chvíli, kdy rostlina odumírá a postupně se rozloží. Tento proces se nazývá tzv. zelené hnojení. Tento způsob hnojení zvyšuje mikrobiologickou aktivitu půdy a přispívá k tvorbě humusu. Zeleným hnojením z meziplodin se dají částečně nahrazovat organická statková hnojiva. Dalším pozitivem meziplodin je ochrana půdy před rozbahněním a před velkým výparem vody. Tím přispívají k udržení půdní vláhhy. Svou přítomností navíc brání proti růstu plevelů. Některé z meziplodin, jako je třeba ředkev olejná, jsou účinné i při potlačování chorob a škůdců. Pro půdoochranné účely je nejvhodnější využívat meziplodiny, které se nechají přes zimu vymrznout, čímž dojde k jejich přirozenému umrtvení. V případě využití nevymrzající

meziplodiny, nebo pokud nedojde k dostatečnému přemrznutí, je nutné v jarním období provést plošnou desikaci porostu. Tímto krokem se zabrání vzájemné konkurenci při růstu mezi vysetou kukuřicí a předchozí meziplodninou. Jako vymrzající meziplodina se velmi často používá hořčice nebo svazenka vratičolistá, které mráz dokáže účinně umrtvit. Pro jarní setí je takový mulč dokonale suchý a lze jej následně snadno proříznout bez rizika zatlačení rostlinných zbytků na dno rýhy pro osivo a ohrožení polní vzcházivosti. Meziplodiny dělíme do několika skupin, neboť každá plodina má jiné nároky na půdu, setí či sklizeň:

- Ozimé meziplodiny – vysévají se zpravidla v září, protože mají schopnost přezimování a chrání tak půdu již během podzimu a zejména pak brzy na jaře, ještě před založením hlavní plodiny. Protože se vysévají začátkem podzimu, jsou vhodnými předplodinami takové plodiny, které se brzy sklízí (ozimá řepka, ozimý ječmen, případně rané brambory). Mezi nejčastěji využívané ozimé meziplodiny patří ozimé žito, jilek mnohokvětý, tritikále, pšenice ozimá, brukvovité píce (ozimá řepice) nebo různé luskovinoobilné směsky.
- Letní meziplodiny – využívají se v létě a na podzim. Jsou využívány jako doplňkový zdroj objemných krmiv, ale zejména k ochraně půdy a zlepšení jejích vlastností posklizňovými zbytky nebo zaoráním na zelené hnojení. Letní meziplodiny by měly být vysety brzy po sklizni hlavní plodiny. Vhodné jsou směsi dvou až tří druhů, které dorůstají do různé výšky. Základními letními meziplodinami jsou hrách setý, bob obecný, svazenka vratičolistá, ředkev olejná, vikev apod.
- Strniskové meziplodiny – v České republice patří mezi nejvyužívanější typ meziplodin. Někdy jsou částečně řazeny do kategorie letních meziplodin. Sejí se na konci července, případně začátkem srpna. Nedosahují tak vysoké produkce biomasy jako letní meziplodiny, ale jsou velmi vhodné pro zelené hnojení. Vhodnými plodinami jsou ty, které mají krátkou dobu růstu. Patří sem hořčice bílá, pohanka jedná, sléz krmný, brukvovité plodiny, svazenka vratičolistá nebo řepka ozimá.
- Meziplodiny podsevové – zakládají se na podzim nebo na jaře do porostu kulturních plodin. Mohou být využity jak do plodin s úzkými řádky, tak do širokořádkových plodin. Mají pozitivní vliv na půdy, protože vytvářejí značné množství rostlinných zbytků a kořenů po sklizni. Jedná se i o ekonomicky výhodné zelené hnojení. Podsevové plodiny mají pomalejší počáteční růst, jejich hlavní růst začíná až po sklizni hlavní plodiny. Vhodnými podsevovými meziplodinami jsou jilek jednoletý, jilek italský, jetel plazivý, komonice bílá nebo tolce dětelová. Vhodné jsou směsky těchto plodin (SPÚ 2020).

- Jarní meziplodiny – jsou jimi označovány brzy sklizené píce vhodné k senážování a využívané jako kryt pro podsevy jetelovin.

Kukuřice setá a její půdoochranný způsob pěstování

V České republice je v současné době nejčastěji pěstovanou zemědělskou plodinou s nízkou ochrannou funkcí kukuřice a požadavek na její pěstování se ze strany zemědělců stále zvyšuje. Kukuřice je teplomilnou rostlinou se specifickými požadavky na základní růstové faktory, zejména teplotu, množství srážek a intenzitu slunečního záření. Klíčit začíná, když teplota dosáhne 7 – 8 °C. Optimální teploty pro klíčení jsou pak 12 – 15 °C (Hůla a Procházková 2008). Na půdní podmínky není kukuřice příliš náročná, přesto jsou nejvhodnější pro její pěstování hluboké strukturní půdy s vyšší přirozenou půdní úrodností a neutrální půdní reakcí (černozemě, hnědozemě). Ve vyšších, chladnějších a humidnějších polohách jsou vhodnější lehčí půdy, které se rychleji zahřívají. Kukuřice setá je přibližně ze 70 % pěstována na siláž, kdy část siláže je využívána i pro výrobu bioplynu. Zbýlých 30 % tvoří kukuřice na zrno. Ta se využívá v potravinářství, při průmyslovém zpracování a k výrobě krmiv pro některá hospodářská zvířata. V případě, že jsou využity pro pěstování minimalizační technologie, je potřeba ve zvýšené míře dbát na fungicidní ochranu a kvalitní mulčování rostlinných zbytků.

U konvenčního pěstování má kukuřice velký výnosový potenciál, nicméně při tomto způsobu pěstování není mnohdy brána v úvahu ochrana půdy a ta tak snáze podléhá degradačním procesům. Mezi nejzávažnější degradační procesy spojené s pěstováním kukuřice patří zcela jistě vodní eroze a následná ztráta živin z půdy. Bohužel na mnoha místech České republiky se kukuřice pěstuje na nevhodných pozemcích, kde dochází k výrazné degradaci půdy. Z erozního hlediska je velkým problémem především velkoplošné pěstování na sklonitých pozemcích. Hospodaření pomocí půdoochranných technologií se tak dostává stále více do popředí jak z pohledu státní správy, ale i z pohledu zemědělských subjektů. Využívání půdoochranných technologií je proto velmi vhodné a v případě erozně ohrožených pozemků i nutné. Výběr jednotlivých technologií a jejich způsob uplatnění záleží, podobně jako u ostatních zemědělských plodin, na specifických podmínkách příslušné lokality. V letech, které se vyznačují sušším a teplejším průběhem počasí, může varianta zpracování půdy půdoochranným způsobem dosahovat stejných nebo dokonce vyšších výnosů, než jakých by se dosáhlo u konvenčního zpracování půdy. Avšak v letech chladnějších a vlhčích kukuřice požadovaných výnosů nemusí dosáhnout,

protože půda nemusí být v chladnějších jarních měsících dostatečně prohřátá. Díky tomu může docházet k oddálení termínu setí, zpomalení vzcházení a počátečního růstu.

Výsevy kukuřice do meziplodin se provádí nejčastěji při obvyklém zařazování kukuřice po obilninách, kdy se pěstování meziplodin většinou dobře daří. Při zařazení kukuřice po kukuřici nebo po okopaninách mohou nastat při opožděné sklizni problémy se založením porostu meziplodiny z hlediska požadovaného počtu jedinců a s vytvořením dostatečného množství biomasy. U meziplodin je dobré jejich podpoření organickým hnojením (kejda, digestát, hnůj apod.), na které meziplodina pozitivně reaguje. Tento efekt se kladně projevuje nárůstem biomasy meziplodiny a fixací prvků, které následně kukuřice pomalu spotřebovává při svém růstu. Možné je využít vymrzající či nevymrzající meziplodinu. O druhu meziplodiny do jisté míry rozhoduje termín setí. Pokud dochází k setí meziplodiny do konce srpna, je dobré využít svazenko vratičolistou. Pokud je posunut termín setí do září, využívá se například žito ozimé. Plodina je schopná růst přes zimu a na jaře vytváří dostatek biomasy zajišťující pokryvnost půdy, nicméně základem musí být kvalitně založený porost.

Systém zpracování půdy a založení porostu je důležitou složkou pěstebních technologií plodin. V případě kukuřice seté dnes máme k dispozici poměrně široký výběr technologických postupů založení porostu včetně půdoochranných technologií. Půdoochranné technologie určené pro kukuřici setou jsou z velké části přebírány z USA, nicméně ne vždy je možné tyto technologie využívat bez jejich přizpůsobení se našim podmínkám (Vácha et al., 2019). Z tohoto důvodu je potřeba ověřovat a přizpůsobovat půdoochranné technologie na území České republiky. V publikaci jsou představeny dvě základní půdoochranné technologie (no-till, strip-till) určené pro pěstování kukuřice, kterým se věnují následující dvě podkapitoly.

Bezorebné setí do nezpracované půdy (no-till)

Obecně si pod pojmem bezorebné setí můžeme představit několik technologických postupů, jak porost hlavní zemědělské plodiny (v našem případě kukuřice) založit. Základem všech postupů jsou však rostlinné zbytky na povrchu půdy. Nejčastěji jsou k tomuto účelu využívány meziplodiny. Technologie bezorebného setí je určena pro erozně ohrožené půdy a spočívá v setí kukuřice do vymrzající nebo chemicky umrtvené meziplodiny, vhodné je i setí kukuřice do strniště po předchozí obilovině. Využití podrcené, rozptýlené slámy nebo vymrzající meziplodiny je velmi efektivním protierozním opatřením

při pěstování kukuřice. Při využití protierozní funkce odumřelé biomasy na povrchu půdy v době vegetace kukuřice je nutné regulovat plevely příslušnými herbicidy. Pro zajištění potřebné protierozní účinnosti je nutné, aby část biomasy meziplodin zůstala na povrchu půdy. V jarním období pak probíhá setí kukuřice bez předseťové přípravy, případně s jednou předseťovou operací. Základní přehled metod bezorebného způsobu setí je představen níže:

- Přímé setí do nezpracované půdy (no-till) – u přímého setí se neuskutečňuje žádný předchozí mechanický zásah do půdy. K zakládání nových porostů se využívají secí stroje, které jsou schopné zapravit osivo do nezpracované půdy. Technologie je určena zejména pro pozemky, kde byly pěstovány plodiny zanechávající strniště. Půdoochrannou účinnost lze zvýšit rozdrčením slámy při sklizni a jejím rovnoměrným rozptýlením po pozemku (Hůla et al., 2003). Kromě plodin zanechávajících strniště může být využito i meziplodin. Založení porostu meziplodiny by se mělo uskutečnit s minimální časovou prodlevou po sklizni hlavní plodiny. Základními přednostmi bezorebného setí jsou lepší ochrana půdy před erozí, zvýšená schopnost půdy zadržovat vodu, snížené náklady pohonných hmot a úspora času potřebná na přípravu půdy (Blanco a Lal, 2008).
- Setí s využitím mělké podmítky – v případě vyššího erozního ohrožení pozemku lze doporučit technologii s mělkým zpracováním půdy, při kterém je zároveň ponecháno na povrchu půdy maximální množství rostlinných zbytků. Pro podmítku jsou vhodné kypřiče s potlačeným mísícím účinkem (nedochází k promísení rostlinných zbytků a zeminy). Předpokladem úspěšného využívání této technologie je kvalifikovaná regulace plevelů a vzešlého výdrolu z předplodiny pomocí herbicidů.
- Bezorebné setí s využitím strniskové meziplodiny – pro zkrácení období bez vegetačního pokryvu půdy, lze využít pracovní postup založený na mělké podmítkce (případně podmítkou na střední hloubku) provedené bezprostředně po sklizni předplodiny a následném založení porostu meziplodiny. Alternativou je zaseť meziplodiny v samostatné pracovní operaci, ovšem s minimální časovou prodlevou po provedené podmítkce. Řešením může být i zaseť meziplodiny současně s podmítkou (Hůla et al. 2003).

V systémech zpracování půdy bez orby se zvyšují nároky na stroje pro zakládání porostů. Zejména v případě, kdy nedochází k úklidu slámy, ale jen k jejímu drčení a rozptýlování po povrchu půdy. Technika pro setí musí zajistit uložení osiva v požadované hloubce i při

zřížených podmínkách daných výskytem rostlinných zbytků na povrchu půdy nebo i v hloubce setí. Dalším faktorem je rozdílný odpor povrchové vrstvy půdy vůči vnikání secích botek při zakládání porostů bez klasické předseťové přípravy půdy. Velice často se setkáme u této varianty zakládání porostů se současným ukládáním hnojiva do půdy. Hnojivo je většinou ukládáno do větší hloubky než osivo tak, aby se zabránilo přímému kontaktu osiva s hnojivem, které by jinak mělo inhibiční účinky na vzcházení rostlin.

Samotnou podstatou přímého setí je přesné rozmístění semena pěstované plodiny tak, aby rostliny měly dostatek vzduchu, světla a živin, tj. musí být rozmístěna v půdě jak v horizontálním, tak i ve vertikálním směru rovnoměrně (pravidelné rozteče řádků a spon rostlin). Kvalitní založení porostu vytváří předpoklady k dosažení vysokých výnosů, ovlivňuje použití mechanizačních prostředků při ošetřování a sklizni plodin. Při přesném setí plodin do půdy, která byla zpracována půdoochrannou technologií, jsou zvýšené nároky jak na výsevní jednotku, tak i na kvalitní osivo s vysokou užitnou hodnotou. Tyto nároky jsou dány samotnou podstatou půdoochranné technologie, kde půda takto zpracovaná vykazuje jiné vlastnosti než půda zpracovaná konvenční metodou.

Pásové zpracování půdy (strip-till)

Technologie pásové zpracování půdy (strip-till), podobně jako přímé setí do nezpracované půdy (no-till), souvisí s pěstováním mezipločin, neboť jejím základem je meziřádkový porost. Jedná se o velmi účinný půdoochranný způsob zakládání porostu kukuřice. Obecným principem technologie je pásově zpracovaná půda v místě budoucího setí hlavní plodiny s možností cílené aplikace živin. U této technologie se půda zpracovává pouze páskově (s šíří pásu cca 15 až 25 cm). Setí je prováděno do nakypřených pásů bez jejich další úpravy, není tedy vyžadována předseťová příprava pozemku. Zpracovaný a nakypřený pás půdy poskytuje optimální podmínky pro vývoj kořenového systému a růst nadzemní části zaseté plodiny (Menšík et al., 2018). Nezpracovaná část má funkci chránit půdu a zpomalovat povrchový odtok tak, aby voda měla delší čas ve zpracované části zasáknout (Kincl et al. 2018). Tento efekt je možné pozorovat až do doby zapojení porostu kukuřice, kdy se výrazně minimalizuje možnost vzniku vodní eroze. Metoda je vhodná pro oblasti pravidelně zasažené výskytem sucha. Nekypřený pás půdy má dobrou vzlinavost vody a intenzivnější prokořenění zpracovaného pásu zvyšuje možnost využít stékající srážkovou vodu po stéble kukuřice. Kukuřice tak má optimální vlhkostní podmínky pro růst. Díky tomu, že je půda zpracována jen v úzkých pásech, snižuje se na takto připravené ploše intenzita výparu vody, ke které jinak dochází

u konvenční technologie s celoplošnou předseťovou přípravou. Při provádění pásového zpracování půdy tak nedochází k výraznému přesušení svrchní vrstvy půdy, které může způsobit redukci počtu rostlin kukuřice nebo zpomalit její vývoj.

Dalším neméně důležitým přínosem této technologie je i potřeba nižší tahové síly na jednotku záběru stroje v porovnání se stejně hlubokým zpracováním půdy klasickými kypřiči nebo diskovými branami. To znamená podstatně nižší náklady potřebné při přípravě půdy pro setí ve srovnání s klasickým vertikálním zpracováním. Vedle finančních úspor za palivo dochází při přípravě pásů i k omezení produkce CO₂. Při pásovému zpracování půdy je ovšem nutností navzájem zkombinovat dva pracovní procesy, které na sebe navazují: příprava pásů a následné setí do těchto pásů a to vždy s pomocí navádění přesnou GPS navigací. Nejvíce se u nás technologie uplatňuje při pěstování kukuřice seté. Mezi další plodiny pěstované tímto způsobem patří čirok, řepka, cukrová řepa, slunečnice apod. (Brant et al., 2016). Technologie byla vyvinuta v USA a oficiálně je registrována od roku 1998, přestože se zkoušela již dříve. Z dosavadních zkušeností v České republice má vysoký půdoochranný efekt provedení pásového zpracování na strništi obilniny nebo na strništi s rozmetanou slámou. Pro pásové zpracování mohou být využity i vyžilé travní porosty vyskytující se na orné půdě před jejich pěstební obnovou nebo rozoráním.

Popis a metoda ověření zvolených technologií

Cílem výzkumu bylo ověřit půdoochrannou účinnost (vyčíslit ztrátu půdy a živin, množství povrchového odtoku) u konvenčního pěstování kukuřice seté a porovnat ji s půdoochrannými způsoby (no-till, strip-till). Využity byly dvě základní metody: výzkum založený na výskytu přirozených srážek a výzkum s pomocí polního simulátoru deště. K experimentům byla využita plocha v katastrálním území obce Třebsín u Jílového u Prahy (výzkum z přirozených srážek) a plocha v katastrálním území Víška u Jevíčka (výzkum pomocí simulátoru deště).

Lokalita Třebsín u Jílového u Prahy

Oblast spadá do klimatického regionu mírně teplého, mírně vlhkého s mírnou zimou, pahorkatinového typu. Průměrný roční úhrn srážek činí 517 mm, průměrná roční teplota je 7,4 °C. Zájmové území leží v povodí Vltavy, hospodářským obvodem neprotéká žádný významný vodní tok. Po stránce geomorfologické je území součástí Benešovské pahorkatiny a reliéf terénu je charakterizován velmi členitým povrchem místy s výrazně svažitými pozemky.

Tabulka 1: Základní půdní vlastnosti na pokusné lokalitě Třebsín

Organická hmota (%)	1,78
MKVK (% obj.)	33,53
Měrná hmotnost	2,64
Objemová hmotnost redukována (g.cm-3)	1,37
Pórovitost (% obj.)	48,28
Zrnitost	
< 0,001 (%)	9,9
0,001-0,01 (%)	6,4
0,01-0,05 (%)	48,4
0,05-0,25 (%)	12,5
> 0,25 (%)	22,8

Podloží je tvořeno horninami ze skupiny žul, které jsou místy překryty sprašovými hlínami. Na těchto substrátech se vytvořily velmi hluboké středně těžké bezštěrkovité půdy, ve svažitých polohách v důsledku vodní eroze poněkud smyté. Pokusná lokalita se nachází

na svahu se severní expozicí o průměrné sklonitosti 8° v nadmořské výšce cca 340 m n. m. Půdním typem na pokusných plochách je kambizem modální. Dle zrnitostního složení se jedná o hlinitopísčitou půdu. Průměrné půdní vlastnosti jsou uvedeny v Tabulce 1.

Lokalita Víška u Jevíčka

Obec Víška u Jevíčka se nachází v okrese Svitavy – Pardubický kraj. Průměrná nadmořská výška se pohybuje okolo 386 m n. m. Oblast je řazena geomorfologicky k úvalu Boskovické brázdy. Širší okolí má mírně zvlněný reliéf, kde dochází ke střídání rovin a sklonitých pozemků s maximem do 7°. Nejvyšší vrchol oblasti je kopec Hušák 626 m n. m., jehož okolí vzhledem ke sklonitosti je převážně zalesněné. Průměrné půdní vlastnosti jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tabulka 2: Základní půdní vlastnosti na lokalitě Víška u Jevíčka

Organická hmota (%)	1,44
Humus (%)	2,48
Infiltrační potenciál (m³)	0,24
Objemová hmotnost redukována (g.cm-3)	1,45
Pórovitost (% obj.)	45,3
Zrnitost	
< 0,002 (%)	22,5
0,002-0,01 (%)	12
0,01-0,05 (%)	39,4
0,05-0,1 (%)	10,7
> 0,1 (%)	15,4

Matečným substrátem lokality Víška u Jevíčka jsou sprašové hlíny označené kódem 57. U všech variant byl klasifikován půdní typ hnědozem modální (Němeček et al., 2011). Tyto půdy jsou charakteristické posunem koloidních částic v půdním profilu (ilimerizace). V genetickém vývoji těchto půd došlo k vyluhování karbonátů. Půdy se vyznačují příznivými fyzikálně-chemickými vlastnostmi s dobrou vododržností až do hloubky 1 m, ale nízkou propustností. Půdy se vzhledem k zrnitostnímu charakteru podorničí a přítomnosti skeletu řadí do HPJ 11 (Novotný et al., 2013).

Popis půdoochranných technologií

Pro ověřenou technologii a následné stanovení ztráty živin vlivem vodní eroze byly vybrány celkem tři technologie. Podrobnější popis ověřovaných způsobů pěstování kukuřice seté je uveden dále:

1) Konvenční orebné zpracování půdy s výsevem na široký řádek

Referenční varianta pro stanovení účinnosti POT. Technologie představuje klasické zpracování půdy pro pěstování kukuřice tak, jak je pro většinu pěstitelů běžné. V podzimním období se provádí zpracování půdy orbou bez organického hnojení, na jaře je provedena obvyklá předseťová příprava.

Postup při přípravě technologie:

- ✓ Na podzim rozdrčení a mělké zapravení organických zbytků diskovým podmítačem (po předplodině, nejčastěji obilovině).
- ✓ Plošná aplikace minerálního hnojiva, případně aplikace kejdy nebo digestátu.
- ✓ Následuje hluboká orba 25 - 30 cm do poloviny listopadu, bez urovnání povrchu.
- ✓ Orba zůstává do jara v hrubé brázdě.
- ✓ Na jaře zpracování půdy kompaktozemem 2 x.
- ✓ Plošná aplikace minerálního hnojiva mezi 1 a 2 zpracováním půdy kompaktozemem.
- ✓ Setí kukuřice do širokých řádků (75 cm) ve druhé polovině měsíce dubna s aplikací minerálního hnojiva „pod patu“.

OBRÁZEK 1: KONVENČNÍ TECHNOLOGIE: VÝVOJ POROSTU KUKUŘICE PŘIBLIŽNĚ MĚSÍC PO SETÍ (VLEVO) A DVĚ MĚSÍCE PO SETÍ (VPRAVO)



2) Bezorebné setí do nezpracované půdy (no-till)

Jde o minimalizační technologii s nízkým počtem pracovních operací a přejezdů po pozemku. Není prováděno zpracování půdy s obracením ani kypření. Kukuřice se seje bezorebným secím strojem přímo do nezpracované půdy. Bezorebné setí je možné provádět jak do strniště (pokusy Víška u Jevíčka), tak do desikovaného porostu meziplodiny (pokusy Třebosín).

Postup při přípravě technologie:

- ✓ Na podzim rozdrčení a mělké zapravení organických zbytků předplodiny diskovým podmítačem.
- ✓ Zásobní hnojení minerálním hnojivem, případně aplikace kejdy nebo digestátu.
- ✓ Příprava půdy před setím kompaktozem 1x.
- ✓ Setí žita bezorebným secím strojem do konce měsíce září.
- ✓ Možná sklizeň porostu meziplodiny (pro technologii přímého setí do strniště žita po sklizni na zeleno).
- ✓ Na jaře desikace porostu totálním herbicidem.
- ✓ Plošná aplikace minerálního hnojiva, případně aplikace kejdy nebo digestátu.
- ✓ Setí kukuřice bezorebným secím strojem do širokých řádků (75 cm) od poloviny do konce měsíce dubna, v případě zakládání kukuřice do strniště žita po sklizni na zeleno je termín setí až do poloviny května.

OBRÁZEK 2: TECHNOLOGIE NO-TILL: POROST ŽITA NA JAŘE PŘED DESIKACÍ (VLEVO) A ROSTLINNÉ ZBYTKY NA POVRCHU PŘÍBLIŽNĚ MĚSÍC PO ZASETÍ KUKUŘICE (VPRAVO)



3) Jarní pásové zpracování půdy (strip-till)

Základní princip technologie strip-till spočívá v pásovém kypření půdy s možností aplikace živin, kdy je do takto zpracované půdy následně zaseta cílová plodina, v našem případě kukuřice. Kypření je tedy pouze prostor, kde se budou nacházet řádky kukuřice, přičemž rostlinný kryt v meziřadí, kterým v našem experimentu bylo ozimé žito zaseté na podzim před výsevem kukuřice, zůstává nezpracováno.

Postup při přípravě technologie:

- ✓ Na podzim rozdrčení a mělké zapravení organických zbytků předplodiny diskovým podmítačem.
- ✓ Zásobní hnojení minerálním hnojivem, případně aplikace kejdy nebo digestátu.
- ✓ Příprava půdy před setím kompaktorem 1x.
- ✓ Setí žita bezorebným secím strojem do konce měsíce září.
- ✓ Na jaře desikace porostu totálním herbicidem.
- ✓ Aplikace kejdy nebo digestátu.
- ✓ Provedení jarního pásového zpracování (rozteč pásů 75 cm) na přelomu března a dubnu do hloubky 25 cm s přihnojením minerálním hnojivem do zkypřeného zpracovaného pásu půdy.
- ✓ Setí kukuřice bezorebným secím strojem ve druhé polovině dubna do řádků o rozteči 75 cm s přihnojením „pod patu“.

OBRÁZEK 3: TECHNOLOGIE STRIP-TILL: VÝVOJ POROSTU KUKUŘICE PŘIBLIŽNĚ MĚSÍC PO SETÍ (VLEVO) A DVĚ MĚSÍCE PO SETÍ (VPRAVO)



Ověřování půdoochranného efektu pomocí přirozených srážek

Na experimentální lokalitě bylo využíváno u každé technologie odtokové parcely o rozměrech 3x20 m. Všechny odtokové parcely byly ohraničeny zakopanými gumovými pásy, které sloužily jako izolace povrchového a hypodermického přítoku z okolní půdy. Každá odtoková parcela byla opatřena zařízením k měření velikosti povrchového odtoku a smyvu půdy. Povrchový odtok z každé odtokové parcely byl sveden do potrubí pomocí sběrného žlabu umístěného v patě každé z parcel, viz obrázek 4.

OBRÁZEK 4: SBĚRNÝ ŽLAB A ČLUNKOVÝ PRŮTOKOMĚR



Žlab byl zaústěn do sběrného potrubí o vnitřním průměru 120 mm, které svádělo smytou suspenzi do člunkového průtokoměru o kapacitě 3 litry. Kapacita průtokoměrů byla navržena tak, aby zvládly bezpečně odvést i přívalovou srážku. Průtokoměry byly osazeny indukčními čidly, díky nimž byl zajištěn záznam o množství povrchového odtoku z každé pokusné parcely. Z překlápěcích mechanismů byl dopraven zachycený povrchový odtok se smytou půdou potrubím o vnitřním průměru 150 mm do série záchytných nádrží (objem 1 m³) na konci soustavy.

V záchytných nádržích se suspenze hromadila a po skončení srážkové epizody byla k dispozici pro vzorkování. U celé měřicí soustavy byl dodržen minimální sklon 2 %, aby nedocházelo k zanášení potrubí a průtokoměrů. Pro případy, kdy by nastala extrémní srážková situace, a došlo k překročení kapacity záchytných nádrží, byla u každé z nich

instalována tzv. redukční nádrž. Při překročení výšky hladiny 1 m v primárních záchytných nádržích je voda odváděna pěti přelivnými zářezy (viz obrázek 5), přičemž jeden z nich je opatřen žlabem, kterým je voda vedena do redukční nádrže. Pro následné zjištění celkového množství povrchového odtoku při extrémní srážce se k hodnotě objemu suspenze v záchytné nádrži připočte pětinasobek velikosti objemu suspenze zachycené v redukční nádrži.

OBRÁZEK 5: FUNKCE REDUKČNÍCH NÁDRŽÍ PŘI PŘÍVALOVÉ SRÁŽCE



Na pokusné lokalitě byla instalována meteorologická stanice s automatickým přenosem dat. Tato stanice byla osazena člunkovým srážkoměrem zaznamenávajícím průběh a parametry srážkových epizod na experimentální ploše. Vývoj situace na lokalitě se tak dal sledovat prakticky on-line, stanice odesílá aktualizaci měření v intervalu jedné hodiny. Metoda měření ztráty půdy v důsledku působení přirozených srážek byla vázána na srážkovou aktivitu erozně nebezpečných dešťů. Wischmeier a Smith (1958) uvažovali za erozně nebezpečný déšť takovou srážku, jejíž celkový úhrn je větší než 12,5 mm, a je od předešlé a následující srážky oddělena 6 hodinovým či delším obdobím bez deště, a deště, jejichž maximální intenzita překročí 24 mm.h⁻¹. Tato kritéria byla vybrána také pro hodnocení srážek na lokalitě Třebsín a to v následující modifikaci dle Renarda et al. (1997).

Kritéria výběru srážek:

- Kritérium hodinového rozdílu od předešlé srážky > 6 hodin.
- Úhrn za po sobě jdoucích 15 minut překročil 6,25 mm (popř. 12,7 mm za 30 min.), anebo celkový úhrn srážky je větší než 12,5 mm.

Po skončení srážkové epizody, při které byl alespoň jeden z těchto limitů překročen, bylo nutné navštívit lokalitu a provést vzorkování smytého materiálu, zachyceného v nádržích. Při vzorkování smytého materiálu zachyceného v nádržích byl obsah nádrže velmi důkladně promíchán a poté odebrán vzorek rozvířené suspenze do 1 l PE vzorkovnice pomocí vzorkovací tyče, na jejímž konci je připevněná PE nádoba. Uvedeným postupem se provedl odběr suspenze na všech záchytných nádržích. Ztráta přístupných živin z pokusných parcel v důsledku působení přirozených srážek byla v tomto projektu vždy stanovována jak v erozním materiálu, tak v zachyceném povrchovém odtoku. Vzorky sedimentu i povrchového odtoku byly odebírány bezprostředně po erozně aktivní srážce a byly následně postoupeny laboratornímu rozboru. Tímto způsobem bylo vyhodnoceno množství živin, které bylo v průběhu tříletého experimentu z jednotlivých ověřovaných technologií odplaveno v důsledku působení přirozených erozně účinných srážek. V laboratoři byly stanoveny konkrétně následující živiny:

- Analýza kapalné fáze suspenze: $N(NH_4)$, N_{org} , $N(NO_2)$ a $N(NO_3)$, N_{tot} , $P(PO_4)$, P_{tot} , aktivní pH (ISO 10390).
- Analýza sedimentu (pevná fáze suspenze): Mg, Ca, K, P, N_{tot} .

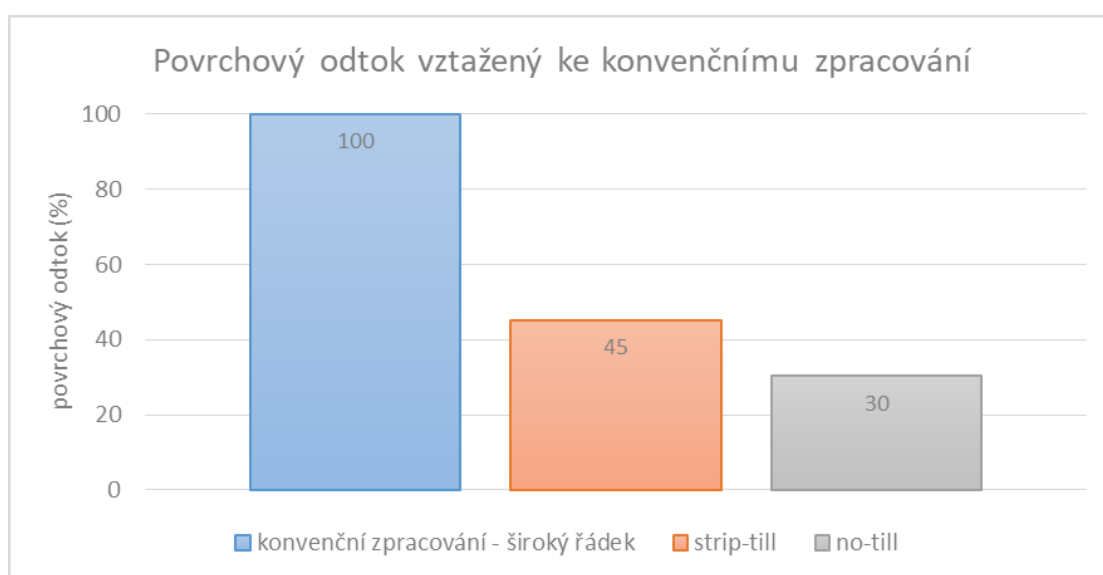
V našem případě byly zjištěné ztráty živin z experimentálních ploch o velikosti 60 m² přepočteny na ztrátu živin z jednoho hektaru. Před samotnou kvantifikací ztráty živin bylo tedy ještě nutné provést přepočet na 1 ha i u velikosti povrchového odtoku a ztráty půdy. Podrobnější popis celé metody měření a laboratorního postupu je uveden v certifikované metodice s názvem: Metodika managementu zpracování půdy vedoucí ke snížení znečištění vod z nebudových zdrojů (2020).

Naměřené výsledky – přirozené srážky

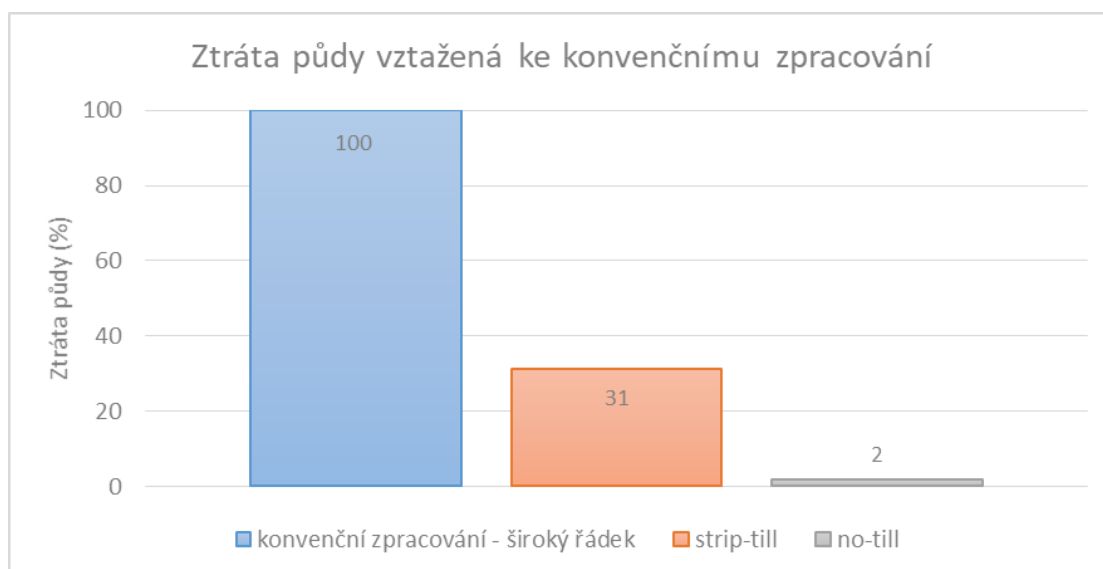
V roce 2017 došlo ke dvěma erozním událostem, konkrétně v srpnu a září, kdy byl již porost vzrostlý a dostatečně zapojený. Také v roce 2018 byly na lokalitě zaznamenány dvě srážko-odtokové události způsobené erozně nebezpečným deštěm. K té první došlo v první polovině června, ke druhé až ve druhé polovině září. Z pohledu erozně nebezpečných dešťů byl nejbohatší rok 2019, kdy bylo monitorováno celkem šest srážko-odtokových událostí. V každém měsíci od května do září byla zaznamenána jedna erozní událost, výjimkou byl měsíc srpen, kdy došlo ke dvěma událostem. V průběhu tříletého pokusu prováděného v letech 2017 až 2019 tak bylo na experimentální lokalitě Třebsín sledováno celkem 10 srážko-odtokových událostí, které byly způsobeny erozně účinnou srážkou.

Srážko-odtokové události byly zaznamenány v průběhu celého vegetačního období kukuřice, tedy od května do září. Grafy 1 a 2 ukazují množství povrchového odtoku a ztráty půdy. Výsledky jsou vyjádřeny v procentech, kdy konvenční zpracování představuje 100 %. Zbylé dvě půdoochanné technologie jsou ke konvenčnímu zpracování poměrově vztaženy. Z hlediska povrchového odtoku došlo u obou technologií ke snížení o více než polovinu ve srovnání s konvenční technologií. Ještě lepších výsledků bylo u půdoochranných technologií dosaženo při hodnocení ztráty půdy.

GRAF 1: MNOŽSTVÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU – PŘIROZENÉ SRÁŽKY



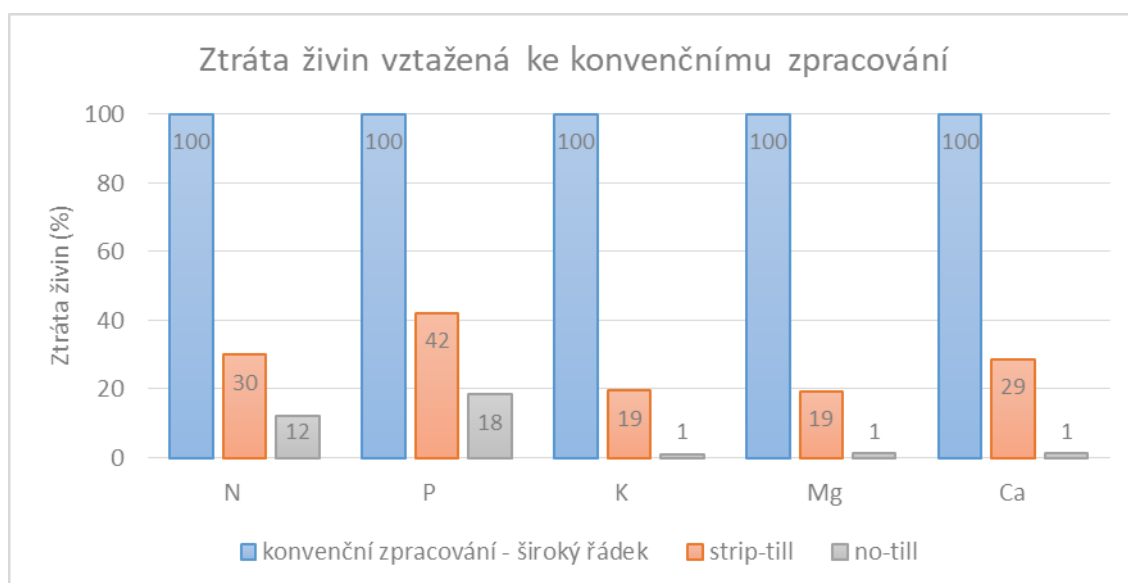
GRAF 2: ZTRÁTA PŮDY ZJIŠTĚNÁ BĚHEM VÝZKUMU – PŘIROZENÉ SRÁŽKY



Z pohledu podpory infiltrace srážkové vody do půdního prostředí se projevil výrazný pozitivní vliv minimalizačních technologií, u kterých je na povrchu půdy ponecháno velké množství rostlinných zbytků. Jak technologie strip-till, tak zejména technologie no-till dokázala významně snížit množství povrchově odtékající vody v porovnání s referenční konvenční variantou pěstování kukuřice v širokém řádku. Ve shodě s tímto zjištěním je také vysoký protierozní účinek těchto bezorebných technologií. V případě technologie pásového zpracování půdy byl erozní smyv v porovnání s konvenční variantou přibližně třetinový. Ještě výrazně lepších výsledků z pohledu protierozního efektu bylo dosaženo u technologie přímého setí, kdy kumulativní ztráta půdy byla ve srovnání s konvenční technologií zanedbatelná. Využívání půdoochranných technologií se tedy projevilo jako velice účinné opatření při ochraně půdy před degradací vodní erozí a při podpoře infiltrační schopnosti půdy, což je i vzhledem ke zmírňování dopadů klimatické změny velmi žádoucí.

Údaje o ztrátě půdy naměřené z výskytu přirozených srážek byly následně využity pro kalkulaci potenciální ztráty živin. V grafu 3 jsou prezentovány výsledky z kumulativní ztráty živin u ověřovaných technologií pěstování kukuřice během tříletého experimentu. Graf je znovu vyjádřený v procentech, kdy konvenční zpracování představuje nejhorší technologii, ke které jsou zbylé půdoochranné technologie vztaheny. Z porovnání dosažených výsledků je patrné, že půdoochranné způsoby hospodaření vykazují výrazně nižší ztrátu nejdůležitějších živin v půdě.

GRAF 3: ZTRÁTA ŽIVIN – LOKALITA TŘEBSÍN



Ověřování půdoochranného efektu pomocí polního simulátoru deště

Pro ověřování půdoochranné technologie byly vytipovány a analyzovány vhodné plochy splňující alespoň minimální požadavky na svažitost terénu, kdy lze vodní erozi změřit. Protierozní účinnost byla testována za pomoci polního simulátoru deště využívaného ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půdy, v. v. i., který umožňuje měřit ztrátu půdy vodní erozí a infiltrační schopnost půdy během simulace srážky. Ověřování půdoochranného efektu technologií, určených pro pěstování kukuřice seté, proběhlo na experimentální lokalitě Víška u Jevíčka. Na všech pokusných parcelách byly po metodické stránce zajištěny srovnatelné podmínky pro ověřování.

OBRÁZEK 6: POLNÍ SIMULÁTOR DEŠTĚ VYUŽÍVANÝ VE VÝZKUMNÉM ÚSTAVU MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, V. V. I.



Princip měření simulátorem deště spočívá v rozstřiku vody na jasně definovanou a ohraničenou plochu 21 m², kdy trysky ve zvoleném režimu rozstřikují vodu na plochu po celou dobu měření. Na každé pokusné ploše dochází ke dvěma po sobě následujícím zadeštěním. Při prvním zadešfování je délka postřiku 30 minut. Následuje 15 minut

technologická pauza, po níž se provede druhé zadeštění, jehož délka je 15 minut. Intenzita simulované srážky byla zvolena na základě doporučení ČHMÚ. Za tuto intenzitu je považováno množství 60 mm/hod. Po začátku povrchového odtoku jsou každé tři minuty odebrány vzorky do předem kalibrované nádoby (okamžik, kdy srážková voda tekoucí spádnici dosáhne ze směru od horní části svahu okraje odtokového žlabu a začne po jeho povrchu nepřetržitě proudit). Z odebraných vzorků je možné stanovit množství smyté půdy včetně obsažených živin. Při ověřování protierozní účinnosti jednotlivých technologií byl kladen důraz na to, aby veškeré operace proběhly v jednotných a standardizovaných podmínkách na všech pokusných plochách. Termíny ověřování jednotlivých variant vycházejí z pěstebních období daných pro stanovení C-faktoru podle příručky „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ (Janeček et al., 2012):

První termín – období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí.

Druhý termín – období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí.

Třetí termín – období od konce druhého termínu zadeštění do sklizně.

OBRÁZEK 7: POVRCHOVÝ OTOK A VYÚSTĚNÍ ZE SBĚRNÉHO ŽLABU, KDE DOCHÁZÍ K ODBĚRU VZORKŮ

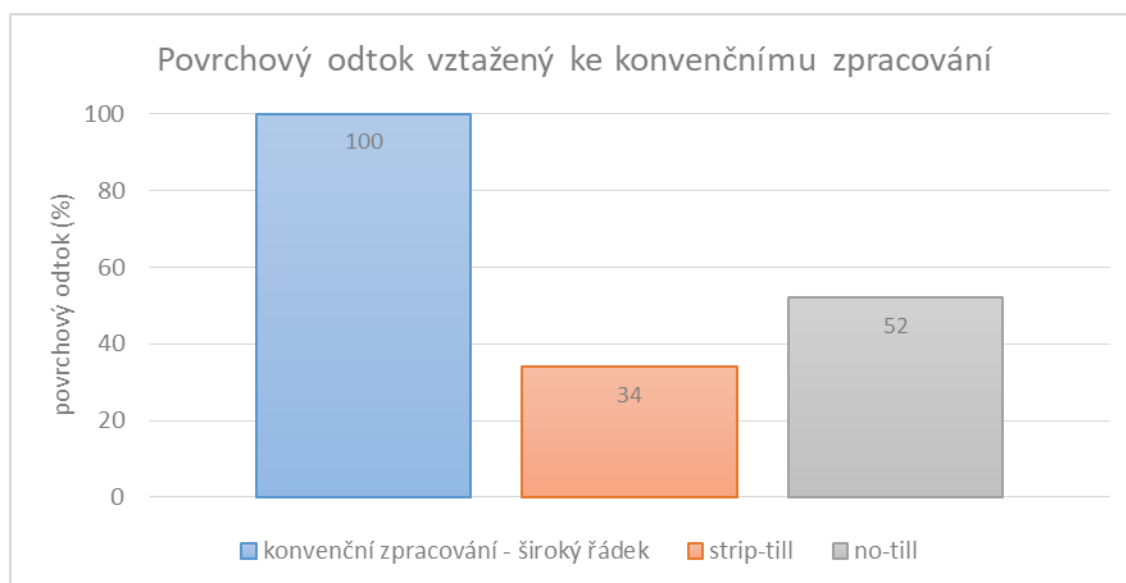


Naměřené výsledky – simulátor deště

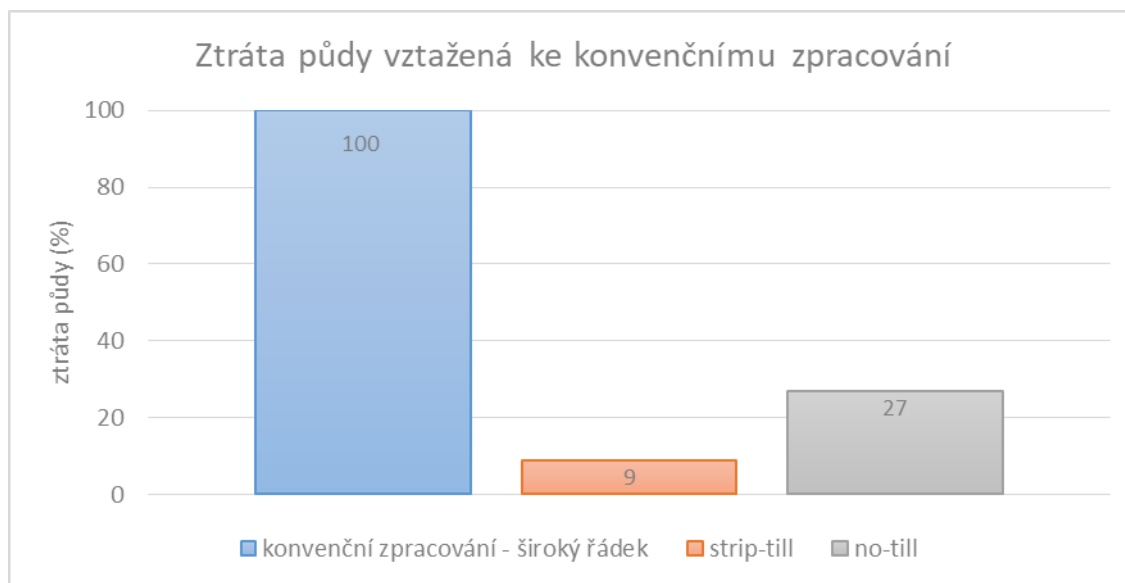
Měření pomocí polního simulátoru deště na lokalitě Víška u Jevíčka probíhalo po dobu tří let. V každém roce se uskutečnily tři termíny měření (viz předchozí kapitola) z důvodu zachycení různých růstových fází kukuřice a měnící se pokrývnosti povrchu půdy rostlinnými zbytky. Výsledky podávající informace o povrchovém odtoku u ověřovaných technologií jsou důležité z hlediska zadržování vody v krajině. U konvenčního způsobu hospodaření vznikají problémy se zrychleným odtokem vody ze zemědělské půdy. Jak ukazují výsledky uvedené na grafu 4, využívání protierozních agrotechnických opatření může mít významný vliv na snižování nežádoucího povrchového odtoku. Tato skutečnost je zároveň pevně spjata s omezením erozních ztrát půdy, ale i potencionálním výnosem a ekonomikou hospodaření. U technologie strip-till a no-till byl snížen povrchový odtok o přibližně 40 %, respektive 50 % ve srovnání s konvenční technologií.

Jak je patrné z grafu 5 obě z ověřovaných půdoochranných technologií dosahovaly významně nižších hodnot ve ztrátě půdy než konvenční technologie s orbou. U technologie strip-till aplikované do porostu ozimého žita se ukázal silný půdoochranný účinek. Významný faktor ovlivňující míru vodní eroze, je kvalita porostu ozimého žita a délka doby krytí povrchu rozkládajícími se zbytky rostlin po provedené desikaci. Ztráta půdy byla snížena ve srovnání s konvenční technologií o více než 80 %. Rovněž velmi pozitivní výsledky byly naměřeny i u bezorebné technologie. Ztráta půdy byla snížena o více než 70 %.

GRAF 4: MNOŽSTVÍ POVRCHOVÉHO ODTOKU – SIMULÁTOR DEŠTĚ

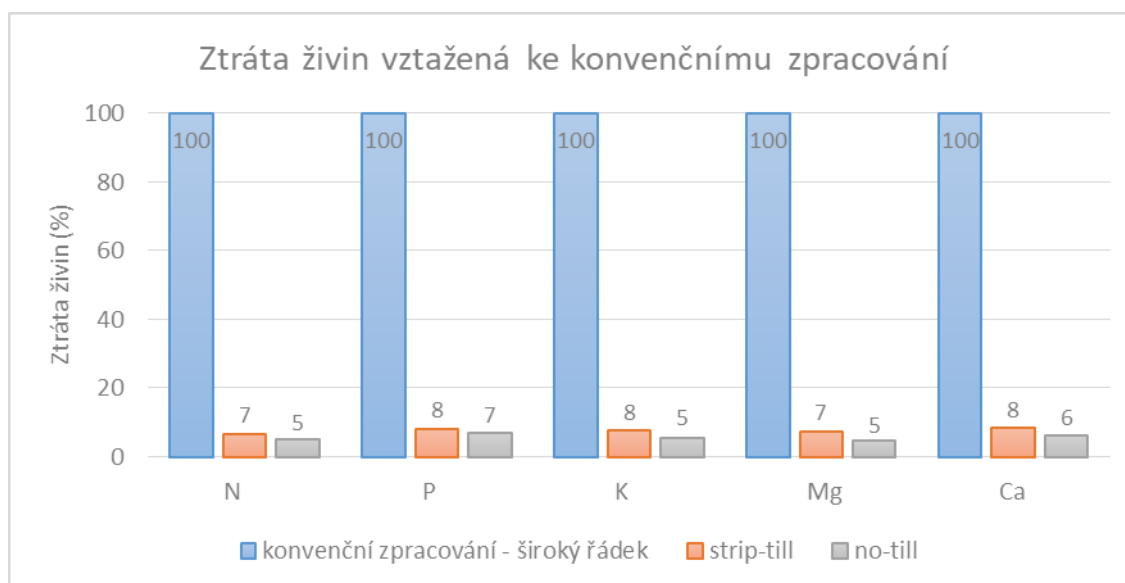


GRAF 5: ZTRÁTA PŮDY ZJIŠTĚNÁ BĚHEM VÝZKUMU – SIMULÁTOR DEŠTĚ



Při hodnocení ztráty živin je u technologie strip-till a no-till patrná velmi silná půdoochranná účinnost ve srovnání s konvenční technologií pěstování kukuřice. Celková ztráta živin byla u obou půdoochranných technologií nižší o více než 90 %. Výsledky uvedené na grafu 6 byly stanoveny ze sedimentu smytého během simulací deště.

GRAF 6: ZTRÁTA ŽIVIN – LOKALITA VÍSKA U JEVÍČKA



Závěr z ověřování půdoochranných technologií

Půdoochranné technologie jsou při pěstování kukuřice vhodným řešením z hlediska omezení ztráty půdy v důsledku zrychleného povrchového odtoku. Kromě snížení ztrát půdy se díky půdoochranným technologiím dosahuje také snížení ztrát základních živin. To jsou parametry zajišťující stabilní výnosy a dlouhodobou odolnost půdy vůči vnějším vlivům a jejich konzervace může pomoci výrazně snížit živinové vstupy do systému.

Data z tříletého výzkumu poukazují na fakt, že pěstování kukuřice v širokých řádcích (75 cm) bez použití půdoochranných technologií, což je v podmínkách České republiky nejrozšířenější způsob, vede v porovnání s ostatními ověřovanými technologiemi k vyšším ztrátám přístupných živin, jež jsou z pozemku smyty v důsledku erozních událostí. **Ztráta všech sledovaných živin byla u konvenční technologie násobně vyšší, než u ostatních ověřovaných technologií. Nejeфективněji se z tohoto hlediska projevílo pěstování kukuřice s využitím minimalizačního zpracování půdy.** U těchto technologií, tedy u pásového zpracování půdy a zejména u přímého setí kukuřice do ozimého žita, byl pozorován významný efekt na snížení množství odnosu přístupných živin obsažených v erozním smyvu a v povrchovém odtoku, způsobených erozně nebezpečnými dešti. To přímo koresponduje s faktem, že tyto technologie měly nejvyšší účinnost při snižování ztráty půdy a množství povrchové odtékající vody. Na všech sledovaných variantách došlo během tříletého ověřování k výrazně vyšším ztrátám dusíku a vápníku oproti ostatním hodnoceným živinám. Tento poměr vychází z přirozeného zastoupení těchto látek v půdě.

Vzhledem k tomu, že ornice odnesená ze zemědělských pozemků vlivem vodní eroze je velmi bohatá na základní živiny, které jsou jinak běžně dodávány do půdy formou minerálních hnojiv, je zcela zřejmé, že erozní události mají za následek zvýšení nákladů na aplikovaná hnojiva. Zvýšení nákladů však v takovém případě není jednorázovou záležitostí, ale naopak má trvalý charakter. Degradovaná půda působením vodní eroze přichází o řadu příznivých vlastností, které pomáhají s udržením stabilní produkce. Vodní erozí je postupně půda ochuzována o jemnozrnnou frakci, tvořenou složitými vazbami mezi humusem a minerálními koloidy. Ztrátou jemnozrnné frakce dochází k oslabení sorpčního komplexu a tím je výrazně omezena schopnost půdy vyrovnávat se s extrémními vnějšími vlivy, ať už jde o srážky, sucho, nebo například o aplikaci herbicidů, či zvýšených dávek hnojení. Narušením přirozené struktury půdy se také snižuje její schopnost zadržovat srážkovou vodu a můžeme hovořit o snížení schopnosti retence a infiltrace srážkové vody do nižších půdních horizontů. Všechny výše uvedené procesy probíhající v půdě jsou vzájemně provázány a jeden degradační proces zpravidla znamená postupné spuštění

celé řady dalších degradačních procesů. Je předpoklad, že hospodaření pomocí půdoochranných technologií bude do budoucna uplatňováno stále častěji, neboť následky nevhodného způsobu hospodaření představují pro zemědělské subjekty zvýšenou ekonomickou zátěž.

Základní výhody a omezení půdoochranného způsobu hospodaření

- ✓ Pomocí půdoochranných technologií je možné hospodařit trvale udržitelně.
- ✓ Významná redukce potřeby času na provedení jednotlivých pracovních operacích. Tímto lze založit porost v optimálním termínu.
- ✓ Kukuřici lze založit po předplodinách, po kterých to nebylo při konvenčním způsobu hospodaření možné.
- ✓ Možnost založení se současným podpovrchovým zapravením minerálního hnojiva.
- ✓ Velmi výrazné omezení projevů vodní eroze ve srovnání s konvenční technologií.
- ✓ Přispívají k zachytávání vody v krajině přímo v místě dopadu srážek, čímž dochází k omezení povrchového odtoku.
- ✓ Půda je obohacována o organickou hmotu – nižší náklady potřebné na dodání živin do půdy.
- ✓ Úspora paliv v důsledku nižší tahové síly potřebné založení porostu kukuřice.
- ✓ V důsledku přítomnosti rostlinných zbytků je u půdoochranných technologií podpořena mikrobiální aktivita.

- ✗ Některé půdy mohou být náchylnější k utužování.
- ✗ V jarním období je většinou nutné počítat s aplikací neselektivního herbicidu.
- ✗ Při vyšším množství rostlinných zbytků se mohou vyskytovat mezi rostlinnými zbytky plísňe, což vyžaduje další fungicidní ochranu.
- ✗ U dlouhodobého využívání půdoochranných technologií může nastat problém s hlodavci – v takovém případě se doporučuje provést orbu a následně pokračovat znovu půdoochranným způsobem.
- ✗ U půdoochranných technologií jsou v průměru celkové výnosy mírně nižší ve srovnání s konvenční technologií.
- ✗ Pomalejší prohřívání půdy v důsledku nedostatku vzduchu, což může oddálit termín setí, případně negativním způsobem ovlivnit klíčení a vzcházení porostu kukuřice.
- ✗ Při vyšším množství rostlinných zbytků mohou nastat problémy s kvalitou založení porostu a nižší účinností preemergentních herbicidů.

Náklady spojené s hospodařením pomocí půdoochranných technologií

Ekonomické hodnocení zakládání kukuřice konvenční technologií, technologií pásového zpracování půdy a v porostu žita, neboli přímým setím do porostu žita nebo strniště žita po sklizni na zeleno vychází z aktuálního ekonomického šetření v poloprovozních a provozních podmínkách v zemědělských podnicích Hanácká zemědělská společnost Jevíčko, a.s., ZD Krásná Hora nad Vltavou, a.s. v období 2016 – 2018. Ekonomická náročnost pro jednotlivé technologie začíná pracovní operací podíl hnojení, resp. vápnění, přes orbu, resp. pásové zpracování půdy, hnojení, setí, ochranu rostlin, sklizeň, odvoz zelené hmoty, konzervaci píče a končí pracovní operací zakrytí silážního žlabu.

Výsledky skutečných nákladů, které byly získané v provozních podmínkách (modelových podnicích) byly porovnány s technologiemi a ekonomikou plodin (Abrham et al. 2007, Kavka et al. 2006), kde základem kalkulace nákladů a výnosů jsou modelové technologické postupy pěstování jednotlivých plodin, tj. doporučený sled výrobních operací (hnojení a příprava půdy, setí, ošetřování během vegetace, ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům, sklizeň, odvoz produkce a úprava pole po sklizni). Při jejich zpracování se vychází z průměrných podmínek a intenzity výroby. Náklady jsou vztaženy na průměrné půdní podmínky a na průměrné roční využití agregovaných souprav. V zemědělských podnicích se mohou tyto náklady pohybovat v určitém rozmezí. Zejména u pracovních operací zpracování půdy jsou náklady ovlivněny momentálním stavem půdy (vlhkost a stupeň utužení) a zrnitostním složením půd apod. Obecně lze říci, že výsledné náklady na půdoochranné technologie jsou mírně vyšší oproti konvenční technologii. Vyšší náklady jsou ovšem kompenzovány přidanou hodnotou ochrany půdy (trvale udržitelným hospodařením na půdě).

Konvenční zpracování s výsevem v širokém řádku (a) - HZS Jevíčko, a.s.

Tabulka 3: Náklady potřebné na založení, ošetřování a sklizeň porostu kukuřice

Pořadí	Druh operace	Použitý stroj (označení)	Popis stroje a záběr	Pracovní výkon (ha.hod ⁻¹)	Tažný prostředek (kW/PS)	Spotřeba PHM (l.ha ⁻¹)	Potřeba práce (min.ha ⁻¹)	Náklady (variabilní + fixní) na pracovní operaci (Kč.ha ⁻¹)*
0	Podíl hnojení**	Rozmetadlo Bergmann TSW 3140	Rozmetadlo Bergmann s talířovým rozmetacím ústrojí TSW, prac. záběr do 24 m	2,75	147/200	10	21	1325 ¹
1	Orba	Kverneland PN 100	6-radličný polonesený otočný pluh	1,5	147/200	22	40	1800 ²
2	Kypření	Köckerling Vario 480	8-lišťový návěsný kultivátor s možností hydraulického paralelního nastavení hloubky pro hlubší prokypření půdy, prac. záběr 4,8 m	2	265/360	16	30	1100
3	Předseťová příprava	Köckerling Allounder 750	Univerzální kypřič pro zpracování setového lůžka, prac. záběr 7,5 m	2–2,5	200/270	8	25	1000
4	Hnojení (předsetím)**	Amazone Catros 5001-2	Aplikace organického hnojiva digestát se zapravením do půdy pomocí diskového adaptéru, prac. záběr 5 m	1,7	270/370	14	35	1800 ³
5	Seť***	Horsch Maestro 8,70 CC	8-řádkový přesný secí stroj s pneumat. výsev. ústrojím a zařízením pro přihnojování min. hnojivy pod patu, prac. záběr 6 m	3	90/120	7	20	1100
6	Hnojení (po zasetí)**	Bogballe M3 (W)	Rozmetadlo min. hnojiv na tažném podvozku s nosností 4 t hnojiva a prac. záběru 28–36 m	15	105/140	3	4	200 ⁴
7	Ochrana rostlin****	Tecnomas Laser 4000	Samojízdný postřikovač se sklopnými rameny o prac. záběru 32 m	13	140/190	4,5	5	280 ⁵
8	Sklizeň	Claas Jaguar 870	Samojízdná sklízecí řezačka vybavená šestirádkovým adaptérem pro sklizeň kukuřice na siláž Claas RU 450	2	305/410	30	30	2300
9	Odvoz zelené hmoty	Návěs Annaburger HTS 29.03	Traktorový návěs Annaburger HTS 29.03 o objemu 48 m ³ a celkové užitečné hmotnosti 30 tun, s maximální povolenou rychlostí 50 km/hod.	0,5	147/200	12	120	1050 ⁶
10	Konzervace do žlabů		2 x traktor s dusacím zařízením, 2 x nakladač - rozhrnování hmoty, celkem 72 hod					2185 ⁷
11	Zakrytí silážního žlabu		10 pracovníků, celkem 2 hod.					50
Celkem								14 190

Pozn.:

* / náklady uvedeny v Kč bez DPH; ** / bez ceny hnojiva; *** / bez ceny osiva; **** / bez ceny chemických přípravků a vody.

Uvedené strojní soupravy jsou určeny pro velké a střední podniky.

Kalkulováno při průměrném výnosu zelené hmoty 50 t.ha⁻¹.

¹ včetně nákladů hnoje, uveden podíl 1/4 (hnůj se aplikuje 1 x za 4 roky v dávce 50 t.ha⁻¹)

² střední orba (18–24 cm)

³ včetně návozu organického hnojiva digestát k aplikátoru

⁴ včetně návozu hnojiva k rozmetadlu

⁵ včetně dopravy vody k postřikovači

⁶ vzdálenost do 4 km při průměrné rychlosti 30 km.h⁻¹

⁷ kalkulováno pro silážní žlab o skladovací kapacitě 5600 t

Tabulka 4: Materiální náklady

Pořadí	Druh materiálu	Popis	Náklady na materiál (Kč.ha ⁻¹)*
0-1	Hnůj	50 t.ha ⁻¹ / 1x za 4 roky (150 Kč/t)	1875
4-1	Digeťát	20 m ³ .ha ⁻¹ (60 Kč/1000 l)	1200
5-1	Osivo	1 VJ = 80 000 zrn (3550 Kč/1VJ)	3772
6-1	LAV	0,2 t.ha ⁻¹ (6000 Kč/t)	1200
7-1	Chemické přípravky + voda	Koban 4l.ha ⁻¹ (425 Kč/l) Voda 200 l.ha ⁻¹ (0,08 Kč/l)	1716
Celkem			9763

Pozn.:

*/ náklady uvedeny v Kč bez DPH

Náklady celkem (pracovní operace + materiál): 14 190 + 9 763 = 23 953 Kč.ha⁻¹

Jarní pásové zpracování půdy (strip-till) - HZS Jevíčko, a.s.

Tabulka 5: Náklady potřebné na založení, ošetřování a sklizeň porostu kukuřice

Pořadí	Druh operace	Použitý stroj (označení)	Popis stroje a záběr	Pracovní výkon (ha.hod ⁻¹)	Tažný prostředek (kW / PS)	Spotřeba PHM (l.ha ⁻¹)	Potřeba práce (min.ha ⁻¹)	Náklady (variabilní + fixní) na pracovní operaci (Kč.ha ⁻¹)*
0	Podíl hnojení**	Rozmetadlo Bergmann TSW 3140	Rozmetadlo Bergmann s talířovým rozmetacím ústrojí TSW, prac. záběr do 24 m	2,75	147/200	10	21	1325 ¹
0	Podmítka	Horsch Jocker HD	Talířový podmítač pro zpracování půdy s větším množstvím posklizňových zbytků až do hloubky 20 cm, prac. záběr 8 m	5	286 / 390	10	12	600
1	Předseřová příprava	Neptun III 8	Kombinovaný kypřič pro zpracování seřového lůžka, prac. záběr 8 m	4	228 / 310	8	15	900
2	Seť***	Pöttinger Terrasem C8	64-řádkový univerzální sečí stroj vybavený zařízením pro přihnojování minerálních hnojiv, prac. záběr 8 m	4,5-5	265 /360	7	12	1060
3	Strip-till	ECO-TILLER P&L	4-řádkový stroj pro pásové zpracování půdy do hloubky 25 cm a rozteč řádků 75 cm, narušení porostu předplodiny a vytvoření hrubku pro setí	4	130/180	14	40	1200
4	Ochrana rostlin****	Tecnomo Laser 4000	Samojízdný postřikovač se sklopnými rameny o prac. záběru 32 m	13	140/190	4,5	5	280 ⁵
5	Hnojení (před setím)**	Amazone Catros 5001-2	Aplikace organického hnojiva digestát se zapravením do půdy pomocí diskového adaptéru, prac. záběr 5 m	1,7	270/370	14	35	1800 ³
6	Seť***	Kinze 3500	8/15 řádkový přesný sečí stroj s pneumat. výsev. ústr., prac. záběr 6 m (možnost setí "úzkého řádku" na rozteč 37,5 cm)	3	130/180	7	20	1100
7	Hnojení (po zasevu)**	Bogballe M3 (W)	Rozmetadlo min. hnojiv na tažném podvozku s nosností 4 t hnojiva a prac. záběru 28-36 m	15	105/140	3	4	200 ⁴
8	Ochrana rostlin****	Tecnomo Laser 4000	Samojízdný postřikovač se sklopnými rameny o prac. záběru 32 m	13	140/190	4,5	5	280 ⁵
9	Sklizeň	Claas Jaguar 870	Samojízdná sklízecí řezačka vybavená šestířádkovým adaptérem pro sklizeň kukuřice na siláž Class RU 450	2	305/410	30	30	2300
10	Odvoz zelené hmoty	Návěs Annaburger HTS 29.03	Traktorový návěs Annaburger HTS 29.03 o objemu 48 m ³ a celkové užitečné hmotnosti 30 tun, s maximální povolenou rychlostí 50 km/hod.	0,5	147/200	12	120	1050 ⁶
11	Konzervace do žlabů		2 x traktor s dusacím zařízením, 2 x nakladač - rozhrnování hmoty, celkem 72 hod.					2185 ⁷
12	Zakrytí silážního žlabu		10 pracovníků, celkem 2 hod.					50
Celkem								14 330

Pozn.:

*/ náklady uvedeny v Kč bez DPH; **/ bez ceny hnojiva; ***/ bez ceny osiva; ****/ bez ceny chemických přípravků a vody.

Uvedené strojní soupravy jsou určeny pro velké a střední podniky.

Kalkulováno při průměrném výnosu zelené hmoty 50 t.ha⁻¹.

¹ včetně nákladů hnoje, uveden podíl 1/4 (hnůj se aplikuje 1 x 4 roky v dávce 50 t.ha⁻¹)

³ včetně návozu organického hnojiva digestát k aplikátoru

⁴ včetně návozu hnojiva k rozmetadlu

⁵ včetně dopravy vody k postřikovači

⁶ vzdálenost do 4 km při průměrné rychlosti 30 km.h⁻¹

⁷ kalkulováno pro silážní žlab o skladovací kapacitě 5600 t

Tabulka 6: Materiální náklady

Pořadí		Druh materiálu	Popis	Náklady na materiál (Kč.ha ⁻¹)*
0-1		Hnůj	50 t.ha ⁻¹ / 1x za 4 roky (150 Kč/t)	1875
2-1		Osivo	130 kg.ha ⁻¹ (6000 Kč/t)	780
4-1		Chemické přípravky	Roundup Klasik 4 l.ha ⁻¹ (108 Kč/l) Voda 200 l.ha ⁻¹ (0,08 Kč/l)	449
5-1		Digestát	20 m ³ .ha ⁻¹ (60 Kč/1000 l)	1200
6-1		Osivo	1 VJ = 80 000 zrn (3550 Kč/1VJ)	3772
7-1		LAV	0,2 t.ha ⁻¹ (6000 Kč/t)	1200
8-1		Chemické přípravky + voda	Koban 4l.ha ⁻¹ (425 Kč/l) Voda 200 l.ha ⁻¹ (0,08 Kč/l)	1716
Celkem				10992

Pozn.:

*/ náklady uvedeny v Kč bez DPH

Náklady celkem (pracovní operace + materiál): 14 330 + 10 992 = 25 322 Kč.ha⁻¹

Konvenční zpravování s výsevem v širokém řádku (b) - ZD Krásná Hora n/Vltavou, a.s.

Tabulka 7: Náklady potřebné na založení, ošetřování a sklizeň porostu kukuřice

Pořadí	Druh operace	Použitý stroj (označení)	Popis stroje a záběr	Pracovní výkon (ha.hod ⁻¹)	Tažný prostředek (kW/PS)	Spotřeba PHM (l.ha ⁻¹)	Potřeba práce (min.ha ⁻¹)	Náklady (variabilní + fixní) na pracovní operaci (Kč.ha ⁻¹)*
0	Podíl vápnění**	Terra-gator TG3244 Trailer	Linka Terra-Gator TG3244 Trailer (TG 3244 - šneky 14m), souprava vybavena tenzometrickými váhami, autopilotem, prac. záběr 14 m	8,40	364/271	12	7,1	360 ¹
0	Podíl hnojení**	Rozmetadlo Bergmann TSW 3140	Rozmetadlo Bergmann s talířovým rozmetacím ústrojí TSW, prac. záběr do 24 m	2,75	147/200	10	21	660 ²
1	Orba	Kverneland PN 100	6-radličný polonesený otočný pluh	1,5	147 / 200	22	40	1830 ³
2	Smykování	Smyk + brány	Deskový smyk se stavitelnými ozubenými hradítky + těžké hřebové brány, prac. záběr 8 m	4	230 / 310	12	15	840
3	Předseřová příprava	Kompaktomat Farnet	Univerzální polonesený kypřič pro zpracování seřového lůžka, prac. záběr 6 m	3	250 / 340	9	20	950
4	Hnojení (před seřím)**	Case 7230 + Zunhammer 12500	Aplikátor organického hnojiva digestát na povrch půdy pomocí hadicového adaptéru, prac. záběr 8 m	1,5	230 / 310	14	40	1580 ⁴
5	Seř***	Kinze 3500	8-řádkový přesný secí stroj s mech. výsev. ústrojím a zařízením pro přihnojování prům. hnojivy pod patu, prac. záběr 6 m	3	250 / 340	7	20	1400
6	Ochrana rostlin**** + přihnojení**	MGM 2000	Tažený postřikovač se sklopnými rameny o prac. záběru 18 m, pro kombinovanou aplikaci herbicidu a kapalného N hnojiva	10	140 / 190	4	6	220 ⁵
7	Sklizeň	Claas Jaguar 950	Samojízdná sklízecí řezačka vybavená osmiřádkovým adaptérem pro sklizeň kukuřice na siláž Claas Orbis	3	305 / 410	22	20	2650
8	Odvoz zelené hmoty	Návěs ZDT Mega 20	Traktorový návěs TDZ Mega o nosnosti 13,9 tun a celkové užitečné hmotnosti 20 tun, s maximální povolenou rychlostí 40 km/hod.					1425 ⁶
9	Konzervace do žlabů		2 x traktor s dusacím zařízením, 2 x nakladač - rozhrnování hmoty, celkem 24 hod.					1850 ⁷
10	Zakrytí silážního žlabu		6 pracovníků, celkem 2 hod.					70
Celkem								13 835

Pozn.:

*/ náklady uvedeny v Kč bez DPH; **/ bez ceny hnojiva; ***/ bez ceny osiva; ****/ bez ceny chemických přípravků a vody.

Uvedené strojní soupravy jsou určeny pro velké a střední podniky.

Kalkulováno při průměrném výnosu zelené hmoty 40–45 t.ha⁻¹.

¹ včetně návozu vápence k aplikátoru, uveden podíl ¼ (vápenec se aplikuje 1 x za 4 let)

² včetně nákladů hnoje, uveden podíl ¼ (hnůj se aplikuje 1 x 4 roky v dávce 40 t.ha⁻¹)

³ střední orba (18–24 cm)

⁴ včetně návozu hnojiva k rozmetadlu

⁵ včetně dopravy vody k postřikovači

⁶ vzdálenost do 4 km při průměrné rychlosti 30 km.h⁻¹

⁷ kalkulováno pro silážní žlab o skladovací kapacitě 1500 t

Tabulka 8: Materiální náklady

Pořadí	Druh materiálu	Popis	Náklady na materiál (Kč.ha ⁻¹)*
0-1	Vápenec	2 t.ha ⁻¹ / 1x za 4 roky (1100 Kč/t)	550
0-1	Hnůj	50 t.ha ⁻¹ / 1x za 4 roky (150 Kč/t)	1875
4-1	Digestát	20 m ³ .ha ⁻¹ (60 Kč/1000 l)	1200
5-1	Osivo	1 VJ = 80 000 zrn (3550 Kč/1VJ)	3772
6-1	Chemické přípravky + voda	Koban 4l.ha ⁻¹ (425 Kč/l) Voda 200 l.ha ⁻¹ (0,08 Kč/l)	1716
Celkem			9113

Pozn.:

*/ náklady uvedeny v Kč bez DPH

Náklady celkem (pracovní operace + materiál): 13 835 + 9 113 = 22 948 Kč.ha⁻¹

Bezorebné seť do nezpracované půdy (no-till) - ZD Krásná Hora n/Vltavou, a.s.

Tabulka 9: Náklady potřebné na založení, ošetřování a sklizeň porostu kukuřice

Pořadí	Druh operace	Použitý stroj (označení)	Popis stroje a záběr	Pracovní výkon (ha.hod ⁻¹)	Tažný prostředek (kW/PS)	Spotřeba PHM (l.ha ⁻¹)	Potřeba práce (min.ha ⁻¹)	Náklady (variabilní + fixní) na pracovní operaci (Kč.ha ⁻¹)*
0	Podíl vápnění**	Terra-gator TG3244 Trailer	Linka Terra-Gator TG3244 Trailer (TG 3244 - šneky 14m), souprava vybavena tenzometrickými váhami, autopilotem, prac. záběr 14 m	8,40	364/271	12	7,1	360 ¹
0	Podíl hnojení**	Rozmetadlo Bergmann TSW 3140	Rozmetadlo Bergmann s talířovým rozmetacím ústrojím TSW, prac. záběr do 24 m	2,75	147/200	10	21	660 ²
1	Podmítka	Kverneland 3m	Střední orba do 22 cm,	1	190 / 250	22	60	1825,-
2	Předseťová příprava	Kompaktomat Farmet	Kombinovaný kypřič pro zpracování seťového lůžka, prac. záběr 6 m	3	220 / 258	7	20	945,-
3	Seť***	Pöttinger Terrasem C6	Secí stroj 6m	4	265 /360	6	15	1540,-
5	Hnojení (před seťm)**	Case 7230 + Zunhammer 12500	Aplikátor organického hnojiva digestát na povrch půdy pomocí hadicového adaptéru, prac. záběr 8 m	1,5	230 / 310	14	40	1550 ¹
6	Seť***	Kinze 3500	8-řádkový přesný secí stroj s mech. výsev. ústrojím a zařízením pro přihnojování prům. hnojivy pod patu, prac. záběr 6 m	3	250 / 340	7	20	1400
7	Ochrana rostlin**** + přihnojení**	MGM 2000	Tažený postřikovač se sklopnými rameny o prac. záběru 18 m, pro kombinovanou aplikaci herbicidu a kapalného N hnojiva	10	140 / 190	4	6	220 ⁴
8	Sklizeň	Claas Jaguar 950	Samojízdná sklizeň řezačka vybavená osmiřádkovým adaptérem pro sklizeň kukuřice na siláž Claas Orbis	3	305 / 410	22	20	2650
9	Odvoz zelené hmoty	Návěs ZDT Mega 20	Traktorový návěs TDZ Mega o nosnosti 13,9 tun a celkové užitečné hmotnosti 20 tun, s maximální povolenou rychlostí 40 km/hod.					1425 ⁵
10	Konzervace do žlabů		2 x traktor s dusacím zařízením, 2 x nakladač - rozhrnování hmoty, celkem 24 hod.					1850 ⁶
11	Zakrytí silážního žlabu		6 pracovníků, celkem 2 hod.					70
Celkem								14 495

Pozn.:

*/ náklady uvedeny v Kč bez DPH; **/ bez ceny hnojiva; ***/ bez ceny osiva; ****/ bez ceny chemických přípravků a vody.

Uvedené strojní soupravy jsou určeny pro velké a střední podniky.

Kalkulováno při průměrném výnosu zelené hmoty 40–45 t.ha⁻¹.

¹ včetně návozu vápence k aplikátoru, uveden podíl ¼ (vápenec se aplikuje 1 x za 4 let)

² včetně nákladů hnoje, uveden podíl ¼ (hnoj se aplikuje 1 x 4 roky v dávce 40 t.ha⁻¹)

³ včetně návozu hnojiva k rozmetadlu

⁴ včetně dopravy vody k postřikovači

⁵ vzdálenost do 4 km při průměrné rychlosti 30 km.h⁻¹

⁶ kalkulováno pro silážní žlab o skladovací kapacitě 1500 t

Tabulka 10: Materiální náklady

Pořadí	Druh materiálu	Popis	Náklady na materiál (Kč.ha ⁻¹)*
0-1	Vápenec	2 t.ha ⁻¹ / 1x za 4 roky (1100 Kč/t)	550
0-1	Hněj	50 t.ha ⁻¹ / 1x za 4 roky (150 Kč/t)	1875
3-1	Osivo	130 kg.ha ⁻¹ (6000 Kč/t)	780
5-1	Digestát	20 m ³ .ha ⁻¹ (60 Kč/1000 l)	1200
6-1	Osivo	1 VJ = 80 000 zrn (3550 Kč/1VJ)	3772
7-1	Chemické přípravky + voda	Koban 4l.ha ⁻¹ (425 Kč/l) Voda 200 l.ha ⁻¹ (0,08 Kč/l)	1716
Celkem			9893

Pozn.:

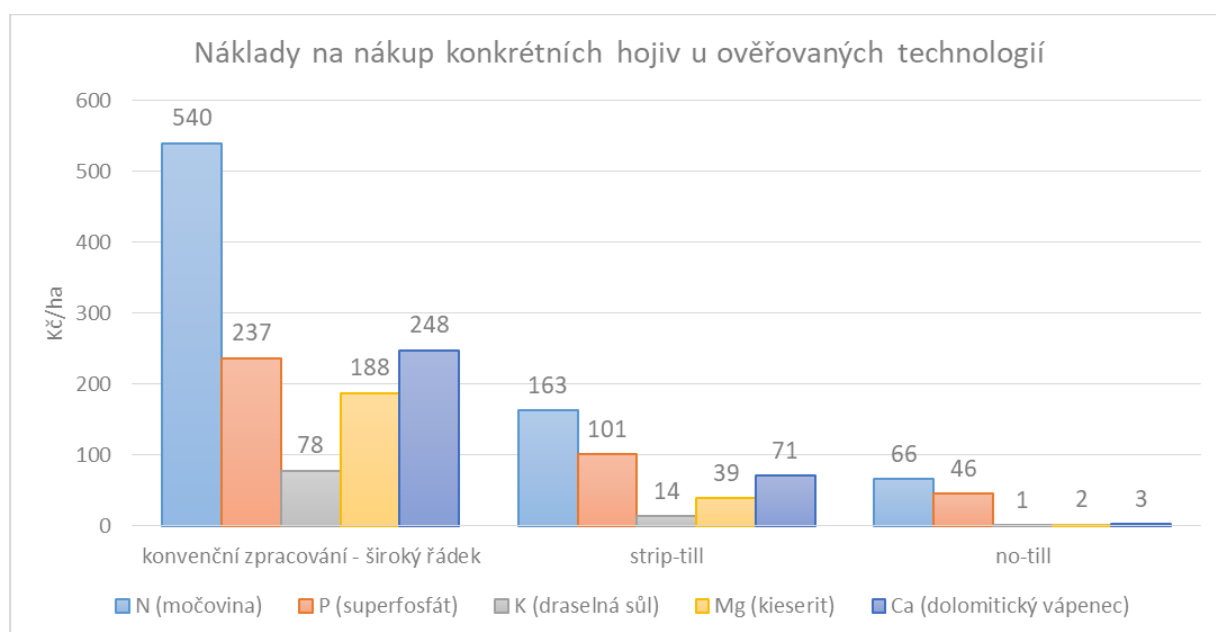
*/ náklady uvedeny v Kč bez DPH

Náklady celkem (pracovní operace + materiál): 14 495 + 9 893 = 24 338 Kč.ha⁻¹

Ekonomické vyčíslení ztráty živin vlivem vodní eroze

Ztrátu živin způsobenou vodní erozí lze ekonomicky vyjádřit tak, aby odrážely dopad vodní eroze na investici do minerálních hnojiv. Ztráty půdních živin v důsledku eroze dosahovaly nemalých hodnot a náklady nutné k nahrazení těchto živin v podobě minerálních hnojiv byly poměrně značné. Na základě znalosti o celkovém množství odplavených živin z ověřovaných variant byly finančně vyjádřeny náklady nutné na nákup průmyslových hnojiv, které by bylo potřeba do půdy navrátit k pokrytí ztrát jednotlivých živin způsobených vodní erozí. V rámci výzkumu byl sledován odnos dusíku, fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku. Ekonomické vyčíslení hodnoty odplavených živin během let 2017 až 2019 na lokalitě Třebšín je znázorněno na grafu 7. Jedná se o vyjádření nákladů nutných k nahrazení jednotlivých sledovaných živin v podobě minerálních hnojiv.

GRAF 7: ZTRÁTY ŽIVIN V LETECH 2017 AŽ 2019 PŘEPOČTENÉ NA CENU HNOJIV



Z grafu vyplývá, že při používání současného konvenčního způsobu pěstování kukuřice seté s mezířádkovou vzdáleností 75 cm jsou náklady na nahrazení odplavených živin v porovnání s technologiemi strip-till a no-till výrazně vyšší. Náklady na hnojiva potřebné k pokrytí ztrát živin za dobu výzkumu jsou uvedeny v Tabulce 11.

Tabulka 11: Ekonomické zhodnocení technologií

Technologie	Náklady na hnojiva potřebná k pokrytí ztrát živin za 3 roky (Kč/ha)					Celkem za technologii (Kč)
	N (močovina)	P (superfosfát)	K (draselná sůl)	Mg (kieserit)	Ca (dolomitický vápenec)	
Konvenční zpracování - široký řádek	540	237	78	188	248	1290
Strip-till	163	101	14	39	71	388
No-till	66	46	1	2	3	118

Uvedené modelové vyčíslení nákladů na pokrytí ztráty živin nelze v praxi považovat za neměnné. Samozřejmě záleží na konkrétním použitém hnojivu, které hospodařící subjekt používá a na jeho ceně. Dále pak na klimatických podmínkách, půdních podmínkách a v neposlední míře na reliéfu terénu, kde je kukuřice pěstována.

Srovnání novosti postupů

Novost a přínos publikace spočívá především ve způsobu ověřování půdoochranné účinnosti a následném stanovení ztráty živin vlivem vodní eroze u vybraných technologií určených pro pěstování kukuřice seté. Sledována byla protierozní účinnost u dvou půdoochranných způsobů hospodaření (no-till, strip-till) a následně porovnána s konvenčním pěstováním kukuřice. V publikaci byly zkombinovány dvě metody měření vodní eroze: metoda založená na přirozených srážkách a metoda za využití polního simulátoru deště.

Vyhodnocena byla data ze tříletého výzkumu, kdy byla půdoochranná účinnost a ztráta živin sledovány vždy v průběhu celého vegetačního období kukuřice. Předkládaná publikace poskytuje praktický návod a podklad týkající se půdoochranných technologií určených pro pěstování kukuřice seté. Z výsledků uvedených v publikaci je patrné, že využívání půdoochranných technologií účinným způsobem omezuje ztrátu půdy a živin v porovnání s konvenčním hospodařením. To je velmi důležitý údaj z hlediska zachování dostatečné úrodnosti erozí zasažené půdy. Vzhledem k tomu, že erodovaná půda je velmi bohatá na základní živiny, které jsou jinak běžně dodávány do půdy formou minerálních hnojiv, je patrné, že erozní události mají za následek i zvýšení nákladů na aplikovaná hnojiva. Náklady na následné dodání odplavených živin do půdy jsou v porovnání s technologiemi strip-till a no-till několikanásobně vyšší.

Uplatnění v praxi

Kukuřice setá je u nás jednou z nejpěstovanějších zemědělských plodin, což dává dobrý předpoklad širokému využití napříč celou republikou. Předpoklad trvale udržitelného rozvoje je neslučitelný s trvalým úbytkem kvalitní orné půdy. Proto je potřeba zavádět do praxe šetnější a trvale udržitelné způsoby hospodaření.

Konečným potenciálním uživatelem publikace jsou zemědělské subjekty hospodařící na erozně ohrožených pozemcích. Ačkoliv je technologie určena primárně pro erozně ohrožené pozemky, její využití je možné i na neohrožených pozemcích s cílem obohatit půdu o organickou hmotu, která zlepšuje základní fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy.

Publikace, které předcházely vydání

Petrů A., Kincí D., Nerušil P., 2019: Pěstování kukuřice a ztráty živin v důsledku vodní eroze. Úroda 6/2019, 14-18.

Petrů A., 2019: Půdoochranné technologie pěstování kukuřice seté jako nástroj pro snížení vstupů znečištění z nebodových zdrojů znečištění do povrchových vod. Rybníky 2019, 53-62.

Petrů A., Kincí D., Srbek J., Čáp P., Kabelka D., Kobzová D., Vopravil J., 2017: Nové postupy v managementu zpracování půdy vedoucí ke snížení znečištění vod z nebodových zdrojů – Interní metodický postup prací a odběru vzorků při polním experimentu. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha.

Petrů A., Petera M., Srbek J., Čáp P., Kabelka D., Kincí D., Vopravil J., 2017: Nové postupy v managementu zpracování půdy vedoucí ke snížení znečištění vod z nebodových zdrojů – Pokusná stanice. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha.

Výroční zpráva projektu TAČR č.: TH02030642 z roku 2017 až 2020.

Fňukalová E., Hrabalíková M., Petrů A., Khel T., Vopravil J., 2017: Interní metodický postup vymezování pedoklimatických regionů. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha.

Petrů A., Čáp P., Kincí D., Štěpánová V., 2019: Vliv managementu zpracování půdy na ztrátu organické hmoty a přístupných forem živin. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha.

Menšík L., Kincí D., Nerušil P., Srbek J., Kabelka D., Herout M., Jurka M., Šedek A., Horký T., Vach M., 2018: Pěstování kukuřice seté půdoochrannými technologiemi. Příkladová studie Boskovická brázda a Středočeská pahorkatina. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha.

Kincí D., Šedek A., Nerušil P., Srbek J., Menšík L., Herout M., Jurka M., 2018: ECO TILLER stroj pro pásové zpracování půdy od společnosti P&L. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i. Praha.

Použitá literatura

Brant, V., Bečka, D., Cihlár, P., Fuksa, P., Hakl, J., Holec, J., Chyba, J., Jursík, M., Kobzová, D., Krček, V., Kroulík, M., Kusá, H., Novotný, I., Pivec, J., Prokinová, E., Růžek, P., Smutný, V., Škeříková, M., Zábranský, P., 2016: Pásové zpracování půdy (strip tillage). Profi press s.r.o., Praha.

Blanco H., Lal R., 2008: Principles of soil conservation and management. Springer, Dordrecht.

Cerdà A., Flanagan D. C., Le Bissonnais Y., Boardman J., 2009: Soil erosion and agriculture. Soil Tillage Research 106: 107 – 108.

ČSÚ, 2020: Sklizňové plochy a výnosy vybraných plodin. Český statistický úřad, Praha: online: <https://www.czso.cz/csu/xb/skliznove-plochy-a-vynosy-vybranych-plodin>, cit. 2. 10. 2020

Hůla J., Janeček M., Kovaříček P., Bohuslávka J., 2003: Agrotechnická protierozní opatření. 1. vydání, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha.

Hůla, J., Procházková, B., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Profi Press, Praha.

Janeček M., Dostál T., Kozlovský-Dufková J., Dumbrovský M., Hůla J., Kadlec V., Kovář P., Krása T., Kubátová E., Kobzová D., Kudrnáčová M., Novotný I., Podhrázská J., Pražan J., Procházková E., Středová I., Toman F., Vopravil J., Vlasák J., 2012: Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. 1. vyd., Powerprint, Praha.

Kincl D., Šedek A., Nerušil P., Srbek J., Menšík L., Herout M., Jurka M., 2018: ECO-TILLER stroj pro pásové zpracování půdy od společnosti PaL. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., PaL s.r.o, ZD Krásná Hora nad Vltavou a.s., Hanácká zemědělská společnost Jevíčko a.s.

Menšík L., Kincl D., Nerušil P., Srbek J., Kabelka D., Herout M., Jurka M., Šedek A., Horký T., Vach M., 2018: Pěstování kukuřice seté půdoochrannými technologiemi. Příkladová studie Boskovická brázda a Středočeská pahorkatina. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha.

Morgan R. C. P., 2009: Soil erosion and conservation. John Wiley & Sons, Carlton.

Němeček J., Mühlhanslová M., Macku J., Vokoun J., Vavříček D., Novák P., 2011: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. upravené vydání. ČZU Praha.

SPÚ, 2002: Meziplodiny chrání pole a vylepšují půdu. Státní pozemkový úřad, Praha: online: <http://zitkrajinou.cz/puda/meziplodiny-chrani-pole-vylepsuji-pudu/>, cit. 27. 8. 2020.

Renard, K. G., 1997: Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). United States Government Printing.

Vácha R., Čechmánková J., Duffková R., Horváthová V., Huislová P., Kabelka, D., Kapička J., Khel T., Kincl D., Kulhavý Z., Novák P., Novotný I., Papaj V., Pelíšek I., Podhrázká J., Pochop M., Skála J., Srbek J., Tlapáková L., Vopravil J., Zajíček A., Žížala D., 2019: Půda naše bohatství. Profi Press, Praha.

Wischmeier, W. H., Smith, D. D., 1958: Rainfall energy and its relationship to soil loss. Eos, Transactions American Geophysical Union, 39(2), 285-291.

Zhang X. C., 2012: Cropping and Tillage Systems Effects on Soil Erosion under Climate Change in Oklahoma. Soil Science Society of America Journal 76(5): 1789 – 1797.

Přílohy

Obrázek 1: Vodní eroze u konvenčního způsobu hospodaření



Obrázek 2: Pásově zpracovaná půda v porostu žita



Obrázek 3: Půda s žitem připravená pro přímé setí



Obrázek 4: Zasetá kukuřice u konvenční technologie



Obrázek 5: Jarní zpracování půdy na experimentální lokalitě Třebšín



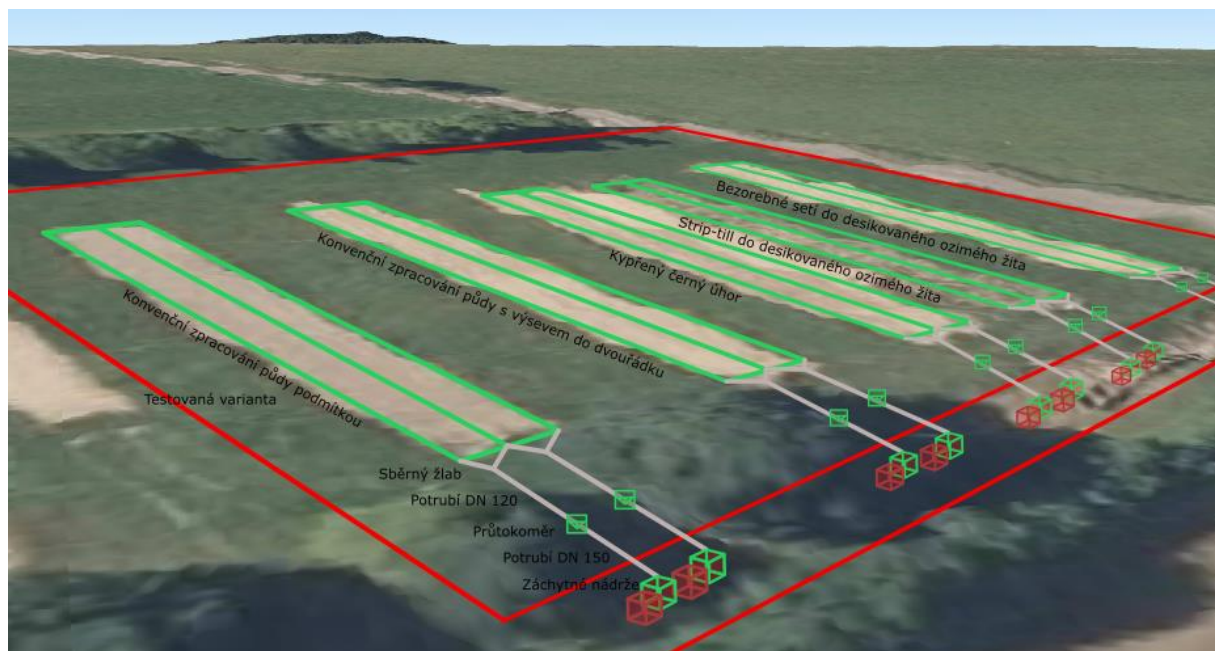
Obrázek 6: Pokusné plochy připravené pro měření vodní eroze způsobené přirozenými srážkami



Obrázek 7: Secí stroj při setí kukuřice, konvenční varianta



Obrázek 8: Schéma instalace na pokusné stanici Třebsín



Obrázek 9: Záchytné nádrže na konci měřicí soustavy



Obrázek 10: Ohraničená pokusná parcela v polovině vegetační sezóny - konvenční varianta

