

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí



Diplomová práce

**Srovnání technologie setí kukuřice do klasického řádku a
úzkořádku ve vztahu ke snížení eroze a porovnání jejich
výnosu**

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Miloslav Janeček, DrSc.

Vypracovala: Bc. Lenka Šedková

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Miloslava Janečka, DrSc a citovala jsem pouze texty uvedené v příložené bibliografii. Další informace se mi podařilo získat z internetových stránek a od pracovníků Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. a P&L spol. s r.o. Biskupice u Luhačovic.

V Praze dne 10.4.2015

.....

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce prof. Ing. Miloslavu Janečkovi, DrSc. za odborné vedení, cenné připomínky a informace, které mi poskytoval při zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Janu Vopravilovi, Ph.D. a svému otci Ing. Antonínu Šedkovi za pomoc a cenné rady. A v neposlední řadě pracovníkům Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i., kteří mi poskytli důležité materiály pro mou práci.

V Praze dne 10.4.2015

.....

ABSTRAKT

Eroze v současné době představuje celosvětový problém. Ve své práci se zaměřuji na posouzení erozní činnosti při pěstování kukuřice s klasickou roztečí řádku (0,75 m) a úzkého řádku (0,375 m). Nejprve se zabývám erozí a jejími příčinami, dále půdou a infiltrací vody do půdy. Poté zde uvádím výčet protierozních opatření, která jsou aplikovatelná v zemědělské praxi. V další kapitole je seznámení se standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES), kde se zaměřuji hlavně na standardy DZES 4 a DZES 5. Jako další je kapitola o kukuřici a jejím pěstitelském významu. V metodice práce jsou popsány části zpracovávaného projektu, jeho cíle, postup, harmonogram a výsledky. Další kapitola se zabývá posouzením vhodnosti úzkých řádků a jejich vliv na celkový výnos. Diskuze zahrnuje posouzení řešeného projektu. V závěru je shrnutí celé práce.

Klíčová slova: eroze, půda, kukuřice, úzkořádek, řádek s klasickou roztečí, simulátor deště, výnos

Erosion is currently a global problem. In my thesis I focussed on the assessment of erosion in the cultivation of maize with conventional row spacing (0,75m) and narrow row (0,375m). First the erosion and its causes, as well as soil and water infiltration into the soil. Then here is a enumeration of erosion control measures that are applicable in agricultural practice. The next chapter is an introduction to the standards of good agricultural and environmental condition (GAEC), which focuses mainly on the standards GAEC 4 and GAEC 5. As the next chapter is about corn and its growing importance. The work methodology are described parts of fproject, goals, progress, timing and results. Another chapter deals with the assessment of the adequacy of narrow rows and their effect on the overall yield. The discussion includes evaluating the present project. In conclusion is a summary of the whole work.

Key words: erosion, soil, maize, narrow row, classic row, rain simulator, yield

Obsah

1. Úvod	10
2. Eroze obecně	11
2.1. Vodní eroze	11
2.2. Větrná eroze	12
3. Půda, její struktura a vliv na infiltraci vody	14
4. Ochrana zemědělské půdy před vodní erozí	18
4.1. Opatření organizačního charakteru	19
4.2. Agrotechnická opatření	19
4.3. Technická opatření	19
5. Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu DZES (GAEC – <i>Good Agricultural and Environmental Conditions</i>)	20
5.1. Standard DZES 4	21
5.2. Standard DZES 5	21
6. Kukuřice a její pěstitelský význam	24
7. Cíl práce	26
8. Metodika projektu	27
8.1. Přírodní podmínky zájmového území	27
8.1.1. Průběh počasí v roce 2013	28
8.1.2. Průběh počasí v roce 2014	29
8.2. Popis dešťového simulátoru	30
8.2.1. Metodika měření dešťovým simulátorem	31
8.2.2. Laboratorní rozbor	36
8.3. Agrotechnika pokusu	38
8.3.1. Konvenční zpracování půdy	40
8.3.2. Přímé setí	40
8.3.3. Úhor	41
8.4. Strojní vybavení	41
8.4.1. Secí stroj KINZE 3500 8 R Interplant	41
8.4.2. Diskový podmítač Lemken-Rubín	42
8.5. Výsledky měření 2013	43
8.5.1. První zadeštění 2. 7. 2013	43
8.5.2. Druhé zadeštění 23. 7. 2013	46
8.5.3. Třetí zadeštění 22. 8.2013	49

8.6. Výsledky měření 2014	50
8.6.1. První zadeštění 22. 5. 2014.....	50
8.6.2. Druhé zadeštění 27. 6. 2014	52
8.6.3. Třetí zadeštění 15. 8. 2014.....	54
9. Vliv odlišné meziřádkové vzdálenosti na výnos.....	56
9.1. Výsledky.....	57
10. Diskuze.....	62
11. Závěr.....	64
Seznam zkratk.....	68
Seznam použité literatury	69
Seznam obrázků	72
Seznam tabulek.....	74
Seznam grafů	75

1. Úvod

Půda patří mezi životně důležité a těžko obnovitelné přírodní zdroje. Je jednou ze základních složek životního prostředí, její funkce produkční a mimoprodukční jsou nezastupitelné. Při posuzování různých způsobů zpracování půdy hrají vedle ekonomických a technických aspektů stále významnější úlohu hlediska ekologická **Hůla a kol.** (2010). Půda je totiž nejen základním výrobním prostředkem v zemědělství, ale představuje i významnou složku životního prostředí s širokým obsahem funkcí a je důležitým prostředím pro akumulaci a filtraci vody, je stanovištěm rostlin a živočichů, je zdrojem stavebních materiálů a archivem dějin. **Šarapatka a kol.** (2002) uvádí, že obrovský tlak na naše půdy a životní prostředí zaznamenáváme v důsledku intenzivního rozvoje průmyslu a zemědělství zejména v posledních desetiletích. Degradace půdy vede vzhledem ke svému vlivu na životní prostředí a produkční schopnost půd k sociální a politické nestabilitě v řadě zemí světa a ovlivňuje samou podstatu existence lidstva **Janeček a kol.** (2005).

V praxi se často naráží na rozpor mezi ekologickým a ekonomickým pohledem na zemědělskou výrobu. V České republice je zemědělská výroba poměrně intenzivní a to má i své ekologické dopady na životní prostředí. Proto je nutné půdu chránit a zároveň efektivně využívat, aniž bychom ohrožovali její budoucí vývoj a úrodnost.

2. Eroze obecně

Eroze je rozrušující mechanický pochod na povrchu litosféry, způsobený pohybem vody, ledu a proudícího vzduchu (větru) a jimi unášenými částicemi (is.muni.cz). Eroze jako výsledek působení přírodních činitelů, zejména vody a větru, se podílela na utváření krajiny v geologických dobách v daleko větší měřítku nežli dnes. Jejím působením byly mimo jiné vytvářeny i takové přírodní útvary, jejichž krása a unikátnost významně obohacuje i naši krajinu, totéž však nelze říci o současné erozi, jak o tom svědčí především pole rozbrázděná po příválových deštích erozními rýhami, zatímco na úpatí pozemků se rostliny utápí v nánosech smyté zeminy **Hůla a kol.** (2003). Podle **Janečka a kol.** (2007) eroze ochuzuje zemědělské půdy o nejurodnější část – ornici, zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půd, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah živin a humusu, poškozují plodiny a kultury, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztráty osiv a sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin.

Podle erozních činitelů je možné erozi třídit na erozi vodní (akvatickou, či fluviální), větrnou (eolitickou), ledovcovou (glaciální), sněhovou (nivální) atd. **Janeček** (2008). Ovšem v zemědělství má největší vliv na půdu eroze vodní a větrná.

Janeček a kol. (2012) uvádí, že na území naší republiky je cca 50% orné půdy ohroženo vodní erozí a téměř 10% větrnou, na převážné ploše erozí ohrožených půd není prováděna systematická ochrana, která by omezovala ztráty půdy na stanovené přípustné hodnoty, tím méně na úroveň, která by bránila dalšímu snižování mocnosti půdního profilu a ovlivňování kvality vod v důsledku pokračujícího procesu eroze.

2.1. Vodní eroze

Vodní eroze je vyvolávána destrukční činností dešťových kapek a povrchového odtoku a následným transportem uvolněných půdních částic povrchovým odtokem. Vodní eroze se projevuje na povrchu půdy selekcí půdních částic a vznikem odtokových drah různých rozměrů a v místech výrazné koncentrace povrchového odtoku se mohou vytvářet strže **Janeček a kol.** (2007). Intenzita vodní eroze je dána charakterem srážek a povrchového odtoku, půdními poměry, morfologií území (sklonem, délkou a tvarem svahu), vegetačními poměry a způsobem využití pozemků, včetně používaných agrotechnologií **Janeček a kol.** (2012).

Zemědělskou půdu ohroženou vodní erozí je potřeba účinně chránit vhodnými protierozními opatřeními. Hlavním účelem protierozních opatření je chránit půdu před účinky dopadajících kapek deště, podporovat vsak vody do půdy, zlepšovat soudržnost půdy, omezovat unášecí sílu vody a soustředěného povrchového odtoku, neškodně odvádět povrchově odtékající vodu a zachycovat smytou zeminu. Vodní eroze je přírodní a obtížně měřitelný proces. Působí všude tam, kde je voda v kontaktu se zemským povrchem **Toman** (1996).

Měsíc	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
%	2,8	14,8	22,0	21,2	20,0	12,7	5,8	0,7

Tab. 1: Pravděpodobnost výskytu erozně nebezpečných dešťů (Zdroj: Hůla a kol. 2010)



Obr. 1: Vodní eroze (Zdroj: google.com)

2.2. Větrná eroze

Větrná eroze není v ČR tolik rozšířená a nejčastěji se vyskytuje na rovinách jižní Moravy. Větrná eroze (eolická) působí škody rozrušováním půdního povrchu mechanickou silou (abrazí), odnášením rozrušených půdních částic větrem (deflací) a ukládáním těchto částic na jiném místě. Další škody vznikají zanášením komunikací, vodních toků a jiných objektů, včetně znečišťování ovzduší, neboť nejjemnější půdní částice se větrem dostávají do ovzduší a mohou být příčinou vzniku tzv. prашných bouří **Janeček** (2002).

Podle **Janečka a kol.** (2007) je rozhodující složkou větrné eroze vítr, kdy je jeho unášecí síla závislá na rychlosti větrného proudu, době trvání a četnosti výskytu. Z dalších klimatických činitelů jsou pro větrnou erozi významné srážky a teplota vzduchu. Dalším důležitým faktorem je pro větrnou erozi stav a povaha půdy a odpor půdních částic.

Účinnými opatřeními proti větrné erozi jsou především výsadby dřevin, které slouží jako větrolamy, pásové střídání plodin, pozemkové úpravy a dále jsou to půdoochranné technologie s důrazem většího počtu rostlinných zbytků na povrchu.



Obr. 2: Větrná eroze (Zdroj: google.com)

3. Půda, její struktura a vliv na infiltraci vody

Obsah organické hmoty v půdě a její pórovitost patří mezi rozhodující faktory, které hrají významnou roli nejenom v úrodnosti zemědělských půd, ale také ovlivňují jejich hydrologické vlastnosti, mají vliv zejména na infiltrační a akumulaci schopnost půd, distribuci plynů a usnadňují prorůstání kořenového systému půdou **Tippl a kol.** (2003).

Hůla a kol (2010) ve své knize uvádí, že degradace půdy má za následek snížení pórovitosti půdy a to se promítá do omezené prostupnosti půdy pro vodu, to znamená, že nadměrné zhutnění způsobuje nejen změny v obsahu vody v půdě, ale také omezuje její pohyb v půdě. Nadměrné zhutnění zvyšuje odpor půdy při jejím zpracování, zvyšuje taky energetickou náročnost zpracování a zhoršuje jeho kvalitu. Snížení propustnosti půd pro vodu vede ke zvyšování povrchového odtoku srážkové vody a erozi půd. Smyv půdy vodou může způsobovat její degradaci zejména na svažitéch pozemcích.

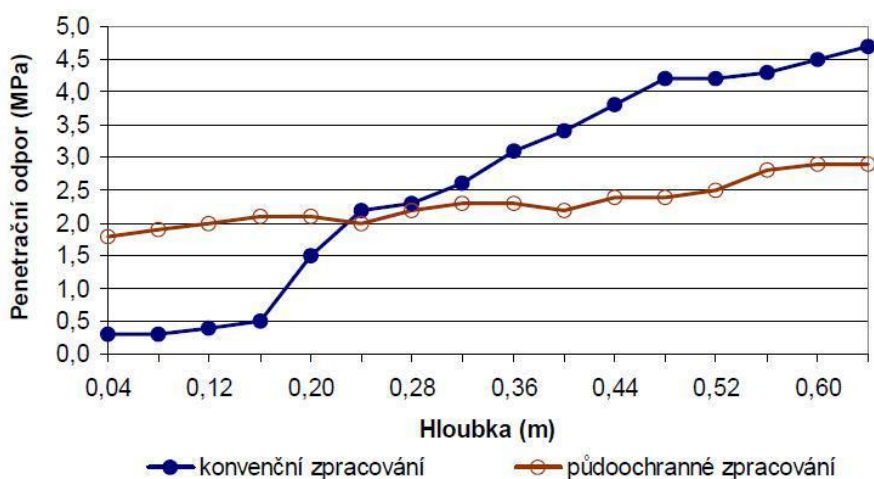
Podle **Hůly a kol.** (2010) jsou změny fyzikálních vlastností půdy charakteristickým projevem nežádoucího zhutnění půdy. Profil půdy z pohledu zhutnění dělíme na část orniční a podorniční. Na mnoha stanovištích je zhutnění příčinou významného zhoršení produkční schopnosti půdy, snižuje efektivitu dalších vstupů a omezuje plné využití genetického potenciálu výkonných odrůd plodin. Zhutňování půdy se negativně projevuje především zvýšením objemové hmotnosti a zasahuje do života půdní fauny a flory. Nadměrné zhutnění půdy zvyšuje odpor půdy při jejím zpracování, zvyšuje také energetickou náročnost zpracování a zhoršuje její kvalitu. Je prokázáno, že nadměrné zhutnění půdy redukuje rychlost růstu kořenů i tvorbu kořenového vlášení.

Šedek (2011) uvádí, že nadměrné zhutnění půdy je způsobováno například nevhodným pohybem zemědělské techniky se špatně volenými pneumatikami, kdy je půda zamokřena, nebo na souvratích, polních složištích atd. Podle **Tullberga** (2000) přejezdů pojezdových ústrojí strojů po pozemcích zvyšují energetickou náročnost následného zpracování půdy o 25 – 40%. **Li a kol.** (2004) zjistili, že při uplatnění systému stálých kolejových stop, oddělených od produkční plochy pro pěstování plodin, byl odtok vody z pozemku o 36% nižší než na pozemku se standardním způsobem přejíždění techniky. Podle **Kovaříčka a kol.** (2014) racionalizace přejezdů strojů po pozemcích může být přínosem zejména v obdobích, kdy má půda sníženou odolnost vůči stlačování (jarní období, sklizňové práce při vyšší vlhkosti půdy). Dále je nadměrné zhutnění způsobeno používáním nevhodných technologických postupů

zpracování – horizontální zpracování půdy dlouhodobě založené na mělkém kypření, nebo na konstantní hloubce zpracování. Z toho vyplývá, že kombinace stálých kolejevých stop a půdoochranného zpracování půdy může být dalším příspěvkem k zadržení vody na pozemcích.

Šedek (2011) uvádí, že větší problém z pedologického pohledu je zhutnělé podorničí. To je zapříčiněno výše popsanými vlivy a také dlouhodobým používáním orby. Pod prokypřenou orniční vrstvou v hloubce orby se vytvoří zhutnělá deska, na jejímž vzniku se mimo orby podílí také pohyb těžkých strojních souprav na nevhodných pneumatikách většinou v době podzimních sklizní. Půda, která není z pedologického pohledu v pořádku nejen do hloubky zpracování půdy, ale i v podorniční vrstvě, má podstatně nižší penetrační schopnosti z pohledu zachycení většího množství srážek.

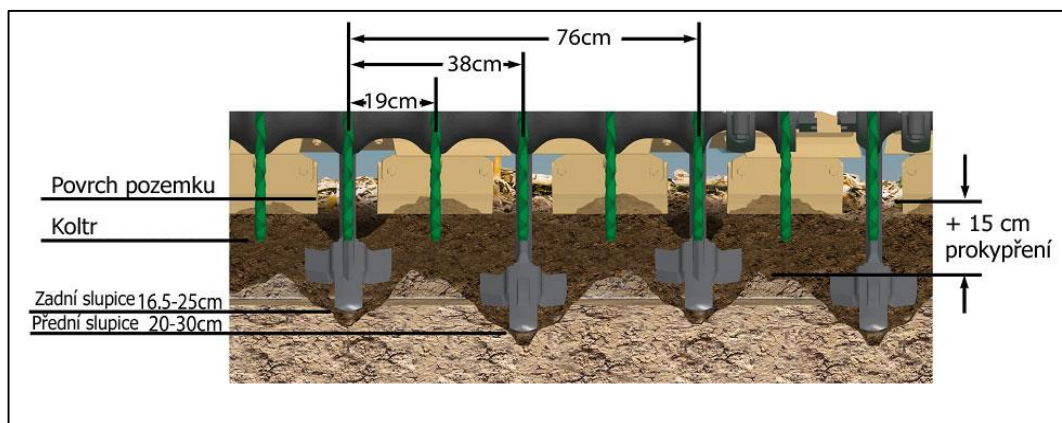
Takto pedologicky zasažená půda snižuje schopnost prorůstání kořenového systému rostlin do větších hloubek. Například u kukuřice, která je pěstována na hlubokých půdách, může hloubka prokořenění dosahovat více jak 2 metry. Pokud se na pozemku s utuženým podorničím pěstuje kukuřice a dojde k období přísušků, pak jsou jednotlivé fáze organogeneze rostlin významně zbrzděny, protože utužené podorničí nedovoluje rychlejší prorůstání kořenového systému, a tím zabraňuje rostlinám přístup k vláze a živinám, které jsou obsaženy v hlubších částech půdního profilu. Porosty na takto poškozených půdách nejsou schopny výnosu, který by se dal v dané půdní klimatické oblasti standardně očekávat.



Graf 1: Penetrometrický odpor půdy konvenční a půdoochranné technologie (Zdroj: prof. Ing. Josef Hůla CSc. a kolektiv, 9 let založený pokus)

Šedek (2011) uvádí, že z grafu je patrné, že půdoochranná technologie vykazuje vyšší odpor než konvenční zpracování, ale pouze do hloubky 0,25 cm. Celkový průběh penetračního odporu je příznivější pro půdoochranné technologie. To se projeví lepší infiltrací vody, kořenový systém má lepší podmínky pro svůj vývoj a v neposlední řadě únosnost povrchu pozemku pro pohyb strojních souprav je příznivější v případě půdoochranných technologií.

Pro vytváření správné struktury půdy, a to nejen z pohledu penetračních schopností, ale i půdní úrodnosti, je vhodné požívat vertikální zpracování půdy. To je založeno na tom, že stroje pro zpracování půdy jsou vybaveny radličkami, dláty nebo slupicemi pro kypření pod hloubku orby. V případě hloubkového zpracování se půda neobrací tak, jak je tomu u orebných systémů, ale pouze se kypří a nadzvedává. Takto se vytváří v půdě vertikály, kterými může voda vsakovat snadno i do oblastí podorničí. Tato operace se provádí na podzim a je vhodná pro cukrovku, kukuřici, slunečnici a další širokořádkové plodiny. Vertikální zpracování půdy také dává předpoklad zachování většího množství rostlinných zbytků na povrchu než je tomu u orebných způsobů zpracování půd



Obr. 3: Schéma vertikálního zpracování půdy kypřičem do hloubky až 30 cm (Zdroj: Hůla 2010)

Ze sledu jednotlivých operací je patrné, že pracovní orgány nepůsobí v celém pracovním záběru stroje. Na druhé straně půdy v celém horizontu nadzvedávají a kypří, nikoliv obrací. Tedy slupice vnikají do půdy vertikálně a zónově. Tím je zajištěno to, že půda není utužena na dně zpracované hloubky (30 – 35 cm) v celém profilu na rozdíl od orby (25 cm), která působí tlakem na půdu horizontálně v celém záběru pluhu. Takto lze stručně vysvětlit rozdíl mezi vertikálním zpracováním půdy (dále jen VZP) a horizontálním zpracováním půdy (dále jen HZP). VZP zajistí

podmínku, při které na povrchu pozemku zůstane většina rostlinných zbytků, jež jsou po přejezdu stroje lépe rozvrstveny a nařezány. Dále zásadně naruší utužené podorničí, které snižuje půdní úrodnost a zhoršuje penetraci vody. Také následná příprava seťového lůžka, je v případě VZP podstatně snazší a levnější než po orbě.



Obr. 4: Hlubkový kypříč Great Plains Turbo Chisel TCN 5311 pracuje až do hloubky 34 cm. Půdu v celém profilu nadzvedává, ale neobrací. Rozteč pracovních orgánů je 38 cm. (Zdroj: Šedek 2012)

4. Ochrana zemědělské půdy před vodní erozí

Zemědělská politika se za poslední desítky let významně změnila. A to především tím, že se snížily stavy skotu takřka o 50%, což má velký vliv na obsah organických látek v půdě. Podstatně ubylo druhů plodin v osevním postupu, dochází i k monokulturnímu pěstování, nebo k časté rotaci jednotlivých plodin v osevním postupu. V osevních postupech se snížil podíl pěstování víceletých píceň, luskovin a dalších plodin, které zlepšují přirozenou strukturu půdy, a to má také vliv na snížení penetračních schopností půdy a zadržetí dešťové vody v krajině.

Vlivem zvyšujícího se počtu bioplynových stanic v ČR jsou zemědělci často nuceni zařazovat kukuřici do osevního postupu ve větším zastoupení. Tím jsou nuceni kukuřici pěstovat i ve výrobních oblastech a na plochách, kde by se standardně kukuřice pěstovat neměla. Dalším negativním vlivem bioplynových stanic na půdu může být technologicky nevhodná aplikace digestátu, který se často aplikuje především pro jarní plodiny. Zemědělci používají ne zcela vhodnou aplikační technologii pro digestát, často dochází k přejezdům těžké techniky i za méně vhodných půdních podmínek, následkem toho je půda utužena až do hloubky, kde je následnou kultivací stěžší obnovená původní struktura. Při příliš vysokých dávkách digestátu na hektar a jeho nedostatečném zapravení do půdy může dojít k rozplavování půdních částic. Následkem se může vytvořit půdní škraloup, jehož vliv může mít až fatální následky na intenzivní erozi půdy. Digestát je bezesporu velmi kvalitní hnojivo, které se svým charakterem spíše blíží minerálnímu typu, avšak pokud je technologicky nevhodně aplikován, může negativně ovlivnit kvalitu struktury půdy.

Zemědělské plodiny, ať již širokořádkové neb úzkořádkové, se často pěstují na erozně ohrožených plochách bez použití dostatečných protierozních opatření. Ochranu půdy před vodní erozí lze zajistit použitím protierozních opatření, která spočívají v její ochraně před účinky dopadajících kapek erozně účinného deště a následnému povrchovému odtoku vody. Záměrem je docílit vsáknutí co největšího množství povrchového odtoku do půdního profilu, snížení rychlosti odtékající vody, a tím pádem i snížení erodovatelnosti půdy z dlouhodobého hlediska.

Z hlediska finančního je nutné při návrhu protierozních opatření postupovat od finančně méně náročných opatření, jako jsou opatření organizačního a agrotechnického charakteru, až po finančně náročnější opatření technická.

Rozdělení protierozního opatření podle **Kobzové, Kristenové (2012)**:

4.1. Opatření organizačního charakteru

- návrh optimálního tvaru a velikosti půdního bloku/dílu
- návrh vhodného umístění pěstovaných plodin, včetně ochranného zatravnění,
- návrh pásového pěstování plodin.

4.2. Agrotechnická opatření

- setí, sázení po vrstevnici,
- ochranné obdělávání (setí/sázení do nezpracované půdy, setí/sázení do mulče, setí/sázení do mělké podmítky, setí/sázení do ochranné plodiny), hrázkování, důlkování.

4.3. Technická opatření

- terénní urovnávky,
- protierozní meze,
- protierozní příkopy,
- průlehy,
- zatravněné dráhy soustředěného odtoku,
- polní cesty s protierozní funkcí,
- ochranné hrázky,
- protierozní nádrže,
- terasy.

5. Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu DZES (GAEC – *Good Agricultural and Environmental Conditions*)

Jedním z hlavních témat současné zemědělské politiky je řešení negativních dopadů zemědělství na krajinu a životní prostředí. Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu DZES (GAEC) zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí. Jsou definovány v nařízeních vlády jednotlivých dotačních titulů a jejich dodržování je pro zemědělce v České republice povinné od roku 2004. Standardy DZES (GAEC) individuálně definují členské země Evropské unie na základě rámce stanoveného v příloze III nařízení Rady (ES) 73/2009, jež obsahuje 5 tematických okruhů (eroze půdy, organické složky půdy, struktura půdy, minimální úroveň péče, ochrana vody a hospodaření s ní). Od 1. 1. 2012 se v ČR uplatňovalo 11 standardů GAEC, které pokryly všechny výše zmíněné tematické okruhy **Ministerstvo zemědělství** (2010).

Od roku 2015 v souvislosti s novým programovacím obdobím Společné zemědělské politiky 2014 – 2020 došlo v podmínkách standardů na základě nových legislativních předpisů k celé řadě změn. Jako například, že podmínky některých standardů dříve samostatně uváděných jsou sloučeny do jednoho znění standardu DZES, čímž dochází ke snížení počtu definovaných standardů na celkový počet sedm. Jedno znění standardu DZES však může obsahovat několik samostatných požadavků. V této souvislosti je změněno označení standardů a jejich číslování.

Tyto standardy se nově týkají:

1. ochranných pásů podél vodních toků
2. zavlažovacích soustav
3. ochrany podzemních vod před znečištěním
4. minimálního pokryvu půdy
5. minimální úrovně obhospodařování půdy k omezování eroze
6. zachování úrovně organických složek půdy, včetně zákazu vyplavování strnišť
7. zachování krajinných prvků a opatření proti invazivním druhům rostlin.

5.1. Standard DZES 4

Tento standard řeší problematiku protierozní ochrany půdy na svažitých pozemcích prováděním minimálních opatření vedoucích k omezení smyvu půdy, zpomalení povrchového odtoku a zvýšení retence vody v krajině **Ministerstvo zemědělství** (2010).

Žadatel na půdním bloku, popřípadě jeho dílu s druhem zemědělské kultury orná půda, jehož průměrná sklonitost přesahuje 5°, zajistí po sklizni plodiny založení porostu ozimé plodiny, nebo uplatní alespoň jedno z níže uvedených opatření:

a) ponechání strniště sklizené plodiny na dílu půdního bloku do založení porostu následné jarní plodiny

b) podmítnutí strniště sklizené plodiny a jeho ponechání bez orby až do založení porostu následné jarní plodiny

c) díl půdního bloku je nejpozději do 20. září oset meziplodinou a tento porost plodiny je zachován nejméně do 31. října.

Tato opatření se neuplatní v případě, kdy je v rámci agrotechnického postupu provedeno zapravení statkových hnojiv, s výjimkou hnojiv z chovu drůbeže, nebo organických hnojiv nejméně v dávce 10 tun na hektar a nejvýše v dávce 50 tun na hektar.

Záměrem je ponechání minimálního pokryvu půdy v období po sklizni a v mimovegetačním období z důvodu omezení povrchového odtoku vody, proti působení vodní, větrné eroze a zachování půdní vláhové bilance. Opatřeními v rámci tohoto standardu je řešena problematika jak protierozní ochrany půdy prováděním půdoochranných opatření vedoucích k omezení smyvu půdy, zpomalení povrchového odtoku, tak zvýšení retence vody v krajině a zachování či zvýšení kvality půdy zapravením hnojiv. Zmíněná opatření jsou zároveň důležitá pro snižování rizika povodní a jimi působených škod (www.eagri.cz).

5.2. Standard DZES 5

Tento standard řeší problematiku protierozní ochrany půdy stanovením požadavků na způsob pěstování vybraných hlavních plodin na silně ohrožených půdách. Pro vymezení kategorie silně erozně ohrožených půd je nově využito nejen kritérium sklonitosti svahu, ale také např. kritéria délky svahu po spádnici, erodovatelnosti půdy, faktory přívalových dešťů atd.

Tento standard je doplněn o doporučené půdoochranné technologie, pro něž je charakteristické nejméně 30% pokrytí povrchu půdy posklizňovými rostlinnými zbytky do doby vzcházení porostu a snížení intenzity zpracování půdy **Ministerstvo zemědělství** (2010).

Žadatel na ploše půdního bloku, popřípadě jeho dílu, označené v evidenci půdy (LPIS) jako silně erozně ohrožená, zajistí, že se zde nebudou pěstovat širokořádkové plodiny kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice a čirok. Porosty obilnin a řepky olejné na takto označené ploše budou zakládány s využitím půdoochranných technologií. V případě obilnin nemusí být dodržena podmínka půdoochranných technologií při zakládání porostů pouze v případě, že budou pěstovány s podsevem jetelovin nebo jetelotravních směsí.

Na mírně erozně ohrožených půdách žadatel zajistí, že širokořádkové plodiny kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice a čirok budou zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií (www.eagri.cz).

Vyhovující půdoochranné technologie:

- bezorebné setí (technologie přímého setí do nezpracované půdy)
- setí do mulče
- setí do mělké podmítky (za předpokladu dodržení stanovené pokrývnosti povrchu půdy rostlinnými zbytky)
- setí do ochranné plodiny (např. do vymrzající meziplodiny – svazenka vratičolistá, hořčice bílá)

Tyto technologie patří mezi technologie ochranného zpracování půdy, pro něž je charakteristické, u mírně erozně ohrožených půd nejméně 30% pokrytí povrchu půdy posklizňovými rostlinnými zbytky do doby vzcházení porostu a snížení intenzity zpracování půdy a u silně erozně ohrožených půd minimálně 20% pokrývnost půdy rostlinnými zbytky do doby vzcházení porostu, přičemž do 30. června musí být zachována ještě minimální 10% pokrývnost půdy rostlinnými zbytky.

V technologiích ochranného zpracování půdy není používán radličný pluh, ornice tedy není při zpracování obracena. Šetrného kypření, které přispívá k vytvoření a udržení stabilní struktury půdy, je dosahováno zejména pasivními kypřícími nástroji, jako jsou radličkové kypřiče, dlátové kypřiče, prutové kypřiče, kombinované kypřiče a talířové kypřiče **Ministerstvo zemědělství** (2010).

Kontrola podmíněnosti spočívá v poskytování přímých plateb, některých podpor Programu rozvoje venkova (PRV) a některých podpor společné organizace trhu s vínem, kdy je vše „podmíněno“ dodržováním vybraných legislativních předpisů. Kontrola podmíněnosti v roce 2015 zahrnuje dvě části – standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) půdy a povinné požadavky na hospodaření (PPH). Kontrole podmíněnosti podléhají všichni žadatelé, kteří žádají o přímé platby, některé podpory osy II Programu rozvoje venkova a některé podpory v rámci společné organizace trhu s vínem.

6. Kukuřice a její pěstitelský význam

Historie pěstování kukuřice jako kulturní plodiny je stará déle než 5 600 let. Z původní vlasti Jižní Ameriky se do Evropy dostala koncem 15. století a do střední Evropy se rozšířila z Balkánu. V Čechách má krátkou historii pěstování.

Kukuřice je celosvětově jednou z nejdůležitějších plodin v zemědělství pro její mnohostrannost ve využití, jak v průmyslové, zemědělské či potravinářské výrobě. Největším pěstitelem kukuřice jsou Spojené státy americké a také udávají nejnovější trendy související s jejím pěstováním, a to nejen v genetice osiv, ale i v technologiích pěstování kukuřice.

Všechny pěstované formy kukuřice patří do botanického druhu *Zea Mays* L., skupiny kukuřicovitých (Maydae), čeleď lipnicovité (Poaceae), **Hůla, Procházková** (2008). Kukuřice je rostlina teplomilná, do určité míry odolná suchu a nenáročná k půdním podmínkám. Minimální teplota pro její klíčení 7 - 8 °C, ovšem optimální teplota pro její klíčení je v rozmezí 12 – 15 °C, pro růst a vývoj generativních orgánů 20 – 24 °C.

Požadavky zejména na vláhu jsou vysoké zejména ve fázi intenzivního růstu, tj. období od metální do mléčné zralosti. Na suchu je citlivá v době kvetení blizen, kdy může docházet k jejich zasychání. Krátké přísušky překonává kukuřice velmi dobře pomocí hlubokého a bohatě rozvinutého kořenového systému **Hůla a kol.** (2008). Co se týká požadavků na půdu, tak není kukuřice příliš náročná, přesto jsou nevhodnější pro její pěstování strukturní hluboké půdy s vyšší přirozenou půdní úrodností. Naopak nevhodné jsou půdy těžké, chladné a zamokřené, které neumožňují včasné setí. Současné a výkonně hybridní materiály posouvají kukuřici z kukuřičné výrobní oblasti běžně do oblasti bramborářské. Jsou běžné případy, kdy je kukuřice úspěšně pěstována s ekonomickým výnosem v oblastech s nadmořskou výškou 450 – 500 m.n.m.

Podle **Hůly a kol.** (2008) zaujímá kukuřice ve struktuře plodin a osevním postupu významnou roli a nejčastěji je v osevním postupu zařazována po obilninách. Kukuřice patří k plodinám s velkou snášenlivostí, toleruje častější pěstování několikrát po sobě. Dále uvádí, že za účelný je považován dvou až tříletý sled a doba, po kterou lze kukuřici po sobě pěstovat bez větších negativních důsledků závisí na stanovištních podmínkách, úrovni hospodaření a také na technologii pěstování.

Dosud převažují dva užitkové směry: kukuřice na zrno a kukuřice na siláž. Kromě těchto hlavních užitkových směrů se u nás rozvíjí další alternativní formy využití produkce kukuřice. Jedná se o použití v potravinářském průmyslu (na výrobu

škrobu, tuku a olejů, nových mlýnských a pekárenských produktů), pro průmyslové zpracování (jako surovina pro výrobu stavebních hmot, papíru, lepidel, bioplastů) a nejnověji pro výrobu obnovitelných zdrojů energie **Hůla, Procházková** (2008).

V ČR je zhruba 320 000 ha kukuřice, z toho přibližně 1/3 kukuřice na zrno a 2/3 kukuřice na siláž. Nárůst zrnové kukuřice je z několika důvodů. Prvním důvodem je stabilní cena na trhu, druhým důvodem náhrada za řepu cukrovou (*Beta vulgaris* var. *Altissima*), která se v rámci kvót z některých lokalit úplně vytratila a třetím důvodem je nárůst bioplynových stanic, kterých je v ČR okolo 500, z toho 400 v zemědělské prvovýrobě.

7. Cíl práce

Vzhledem k tomu, že výčet půdoochranných opatření, která může zemědělec v rámci DZES 5 zvolit, je omezený a ne všechny technologie jsou jednoduše aplikovatelné v podmínkách ČR, bylo nutné zajistit ověření další technologie, která by byla, v případě doložení její účinnosti, zařazena do seznamu specifických půdoochranných technologií využitelných na mírně erozně ohrožených (MEO) plochách. Pro zemědělce by to znamenalo větší výběr ze širšího spektra technologií, která by byla pro něj přijatelná, rychle a jednoduše aplikovatelná, funkční jak z protierozního, tak z ekonomického hlediska a zaručovala by trvalou udržitelnost hospodaření na zemědělské půdě, přičemž by byly zároveň dodrženy podmínky standardu DZES 5. Předmětem projektu bylo zahájit ověření půdoochranného vlivu technologie pěstování kukuřice s meziřádkovou vzdáleností max. 0,45 m. V případě získání pozitivních výsledků tohoto ověření se otevírá možnost případného zařazení této technologie do seznamu specifických technologií využitelných na MEO plochách v rámci plnění podmínek DZES 5. V roce 2013 VÚMOP, v.v.i., ve spolupráci s dalšími výzkumnými pracovišti, zemědělskou praxí a finanční podporou ministerstva zemědělství, zahájil ověřování dalších technologií navržených pro pěstování erozně nebezpečných plodin, které po prokázání účinnosti bude možné zařadit mezi specifické půdoochranné technologie. **Kadlec a kol.** (2013).

8. Metodika projektu

Předmětem projektu bylo ověření technologie pěstování kukuřice s meziřádkovou vzdáleností max. do 0,45 m. V České republice je běžně kukuřice seta v řádcích vzdálených 0,75 m, pro možnost zařazení technologie mezi půdoochranné byla maximální vzdálenost řádků stanovena na 45 cm.

Pro potřeby ověření půdoochranné technologie byl použit secí stroj Kinze 3500 8 R Interplant, jehož pomocí je možné dosáhnout i kratších vzdáleností řádků. Poloprovodní pokusná plocha byla vytipována s pomocí ZD Krásna Hora nad Vltavou, a. s., a byl vybrán pozemek v k. ú. Kuní, spadajícího do správního území obce Petrovice. Pro ověření účinnosti technologie byl použit dešťový simulátor navržený a sestrojený VÚMOP, v.v.i **Kadlec a kol.** (2013).

Pro možnost porovnání výsledků se zahraničním testováním a vzhledem ke konvenční vzdálenosti půlřádku 0,375 m a dostupné technice secího stroje bylo přistoupeno k hodnocení úzkořádkové rozteče v rozmezí 0,375 m.

8.1. Přírodní podmínky zájmového území

Zájmové území se nachází v jihovýchodní části okresu Příbram ve Středočeském kraji. Reliéf terénu je mírně členitý, na východě území, které je tvořené žulami se střídají pahorkatiny s málo skloněnými rovinami a ojedinělými hlubšími erozními rýhami skloněnými k západu do kotlinovitého útvaru ve středu území kolem obcí Petrovice a Villasova Lhota. Pro západní část území jsou charakteristické vyšší a strmější kopce, které jsou skloněné převážně k východu, s ploššími depresemi a erozními rýhami. Převážná část pozemků se nachází v nadmořské výšce 500 m. Na území se nenacházejí větší vodní plochy. Zájmové území spadá do mírně teplého a vlhkého regionu. Teplota vzduchu v ročním průměru nepřesahuje 7,5 °C. Nejnižší průměrná teplota je v lednu (-3,0 °C), nejvyšší v červenci (16,0 °C). Atmosférické srážky jsou v ročním průměru vesměs vyšší než 600 mm.

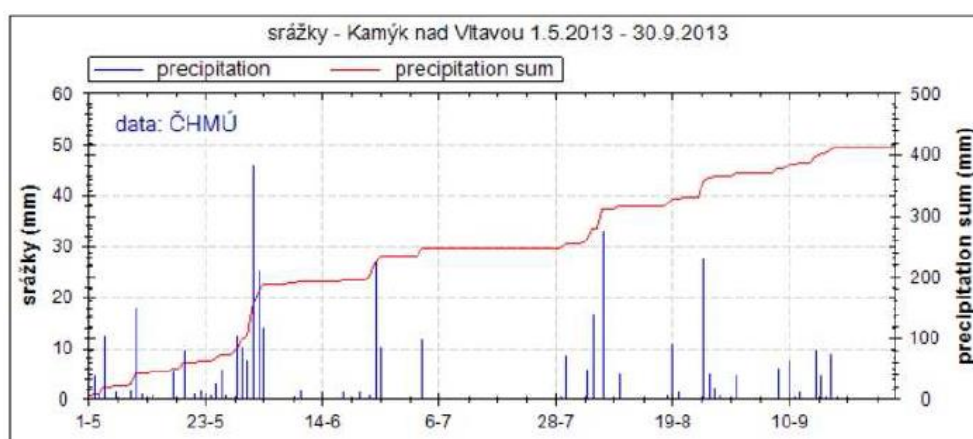
Podle **Kobzové a kol.** (2014) je geologické složení zájmového území poměrně pestré. Převážnou část tvoří kyselé horniny ze skupiny žul, dále pak pískovcová souvrství, břidlice a vápence.

Před započítáním pokusů ověřování technologií bylo provedeno detailní zhodnocení půdních podmínek a charakteru půdního profilu pro každou testovanou variantu. V rámci hodnocení půdního profilu byla sledována: stratigrafie genetických

půdních horizontů (jejich mocnost), přítomnost morfologických znaků, subjektivní vyhodnocení skeletovitosti, struktury a zrnitosti půdy. Popis půdního typu byl proveden podle Taxonomického klasifikačního systému půd České republiky dle **Němečka a kol.** (2011). K hodnocení půdních vlastností orniční vrstvy byly použity doporučené limity platné pro půdy náležící do (ZPF) zemědělského půdního fondu dle **Sáňka a kol.** (2004). U každé z pokusných parcel byly hodnoceny vlastnosti půdního profilu ze sondovací tyče, které byly následně potvrzeny laboratorními rozbory: zrnitosti (% obsahu jílu a jílnatých částic), obsahem organických látek „humusu“. Na všech plochách byl klasifikován půdní typ kambizemě modální (KAm). Typické kambizemní podmínky (relativně dobré infiltrační, ale nízké retenční schopnosti půd) jsou v rámci hodnocené lokality přítomností svahovin mírně transformovány. Přítomnost svahovin zapříčiňuje v půdním profilu při srovnání nižších horizontů zrnitostně těžší charakter půd kambizemního typu – hlavní půdní jednotka HPJ 35 **Kobzová a kol.** (2014).

Mezi externí faktory, které mohou ovlivnit výsledky ověřování půdoochranných technologií, jsou především vývoj počasí a extrémní klimatické jevy, ale také poškození experimentálních ploch a plodin zvěří, či vandalismem. Přívalové srážky a dlouhodobý déšť nepatrně ovlivnily posun termínů zadešťování. Průběh počasí je uvedený níže.

8.1.1. Průběh počasí v roce 2013



Graf 2: Souhrn srážek během vegetační doby (Zdroj: VÚMOP, autor Jiří Kadlec, data ČHMÚ)

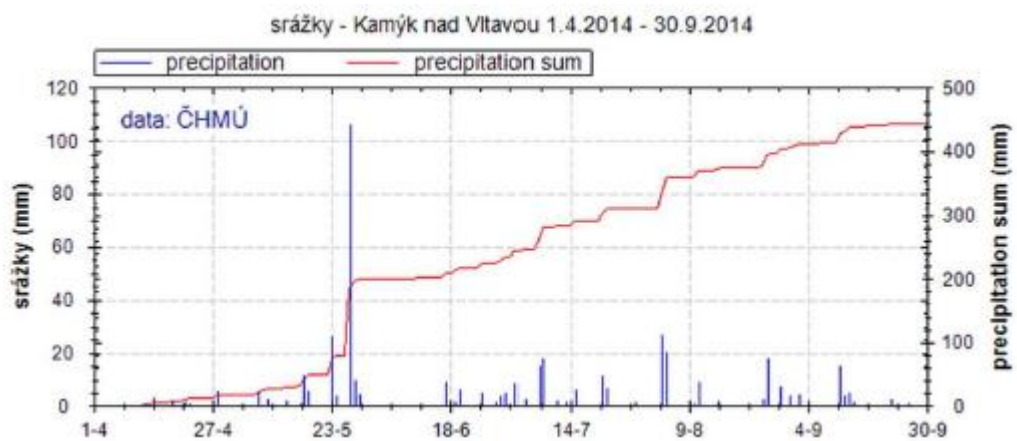
Vzhledem k častým deštům a povodním byly pokusné plochy značně postiženy rýhovou erozí, což mohlo v některých případech ovlivnit konečné výsledky simulací.



Obr 5: Ukázka rýhové eroze na pokusné ploše v roce 2013 (zdroj: A. Šedek 2013)

Na obrázku je subjektivně viditelné, že na části, kde byla kukuřice zasetá do úzkého řádku, byly následky eroze menší.

8.1.2. Průběh počasí v roce 2014



Graf 3: Souhrn srážek během vegetační doby (Zdroj: VÚMOP, autor Jiří Kadlec, data ČHMÚ)

V roce 2014 nebyly zaznamenány tak časté deště jako v roce 2013, díky tomu nebyla pokusná plocha poškozena vodní erozí, která by měla zásadní vliv na konečné výsledky simulace.

8.2. Popis dešťového simulátoru

Účinným simulátorem deště je zařízení, jímž je možné přesně a opakovaně reprodukovat umělý déšť, který má stejný účinek na půdu jako déšť přirozený. Zároveň umělé zadeštění odstraňuje nevýhody nutné dlouhé pozorovací doby při sledování eroze na odtokových parcelách s přirozeným deštěm. Simulátory deště jsou již více než 50 let používány k objasnění procesů eroze, odtoku a infiltrace na různých půdách, za různého systému využití a obhospodařování půdy, při různých deštích apod. Postupem doby se staly jedním z nejcennějších nástrojů k získávání výsledků v protierozní ochraně, neboť umožňují opakovat dešťové srážky v kteroukoliv dobu a na kterémkoliv místě. Na druhé straně je nutné si uvědomit určitá omezení, která jsou spojená s odlišností simulovaných a přirozených podmínek a omezení velikostí plochy s ohledem na potřebu vody **Janeček (2008)**.

Použití trysky je prakticky jediná dostupná metoda k vytváření takového rozdělení kapek, které zahrnuje rozsah jejich velikostí obdobný přirozenému dešti. Hlavním sledovaným parametrem trysek bývá dopadová rychlost kapek. Rozdělení velikosti kapek, konečná rychlost kapek při dopadu a dešťová intenzita, jsou základními parametry simulátorů deště. Oproti využití malých, poměrně jednoduchých, přenosných odkapávacích polních simulátorů – infiltrometrů, které slouží především pro detailní zjišťování vlastností půdního povrchu, je využití velkých, složitějších, tryskových převozných simulátorů výhodnější. Protože jejich záběr je dostatečný k tomu, aby zadešťovaná plocha mohla charakterizovat způsob obdělávání a délka plochy po spádnicí byla dostatečná k rozvinutí povrchového odtoku a odnosu erodovaných půdních částic **Janeček (2008)**.

Polní simulátor deště VÚMOP, v.v.i., umožňuje měřit aktuální ztrátu půdy vodní erozí během simulace srážky. Kromě toho se dá stanovit infiltrační schopnost půdy a díky zdvojenému rozvodu trysek je možné pozorovat chování půdy při různých vlhkostních podmínkách a intenzitách srážek. Simulátor se skládá z části technické, tvořené elektrocentrálou a motorovým čerpadlem, z regulačních a ovládacích prvků, nádrže na vodu a konstrukce s rozvody a tryskami. Princip měření spočívá v rozstříku vody na jasně definovanou a ohraničenou plochu, snímání počátku povrchového odtoku, množství smyté zeminy a obsahu nerozpuštěných látek v sedimentu. Řízení

přístroje je prováděno pomocí softwaru, který umožňuje následné zpracování zaznamenaných údajů a výpočet požadovaných veličin **Kobzová a kol.** (2014).



Obr. 6: Pohled z boku na složený simulátor



Obr. 7: Pohled na rozložený simulátor (Zdroj: VÚMOP)

8.2.1. Metodika měření dešťovým simulátorem

Základním kritériem pro ověřování půdoochranných technologií je stanovení počtu měření a výběr termínů. Měření je nezbytné provádět opakovaně, tak jak se mění růstové fáze plodiny.

Kobzová a kol. (2014) uvádějí, že pro časové vymezení těchto fází je využito kombinace dvou přístupů. Prvním je stanovení jednotlivých období dle W. H. WISCHMEIER & D. D. SMITH (1978), kteří pěstební rok rozdělili do šesti fází. Přístup vychází z celkové pokrývnosti půdy plodinou, kdy není zohledněn časový průběh vývoje plodiny. Jednotlivé fáze jsou pak definovány takto:

- Perioda F (rough fallow) – období od orby do vláčení
- Perioda SB (seedbed) – období od vláčení až do 10% pokrytí povrchu
- Perioda 1 (establishment) – období od 50% pokrytí povrchu
- Perioda 2 (development) – období končí při 75% pokrytí povrchu
- Perioda 3 (maturing crop) – období končí sklizní plodiny
- Perioda 4 (residue or stubble) – období od sklizně do orby nebo nového setí

Dále autoři uvádějí druhý přístup, který zohledňuje jednotlivé fáze agrotechnických operací dle JANEČEK A KOL. (2012). Dle tohoto přístupu je pěstební období rozděleno do pěti fází, které jsou definovány:

- I. období - období podmínky a hrubé brázdy
- II. období - období od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení
- III. období - období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, u ozimů do 30. 4.
- IV. období - období od konce III. období do sklizně
- V. období - období strniště Při výběru termínu ověřování jsou zohledněny oba výše popsané postupy. Porost plodiny musí nejdříve splnit požadovanou pokryvnost a poté reprezentovat pěstební období.
- První termín měření byl proveden ve II. pěstebním období, kdy porost vzchází a jeho pokryvnost dosahuje maximálně 10 %.
- Druhý termín měření byl proveden ve III. pěstebním období, kdy se porost začíná zapojovat a jeho pokryvnost nepřekročí 50 %.
- Třetí termín měření byl proveden ve IV. pěstebním období, krátce před sklizní, kdy je porost zapojen plně nebo alespoň ze 75 %.
- Čtvrtý termín měření byl proveden v V. pěstebním období, kdy se na pozemku nacházelo strniště (v tomto termínu bylo provedeno doplňkové měření pouze u vybraných půdoochranných technologií)

Samotný princip měření spočíval v rozstříku vody na jasně definovanou a ohraničenou plochu, určení počátku povrchového odtoku (resp. nasycení půdního profilu), odběru vzorků půdy (určení vlhkosti, OHR, stability půdní struktury, příp. dalších analýz), odběru vzorků vody (stanovení množství splavenin gravimetricky in situ a obsahu nerozpuštěných látek, příp. organické složky v sedimentu ex situ).

Pro ověřování účinnosti protierozních opatření byly zvoleny jednotné a standardizované podmínky na všech pokusných plochách. Ověřování bylo uskutečněno na pokusných parcelkách, se stejnými půdními i sklonitostními poměry. Na vymezených pokusných plochách byla ověřována účinnost jednotlivých technologií a výsledné hodnoty byly srovnávány s údaji získanými z parcelky černého úhoru (kypřená plocha držená bez vegetace), který sloužil jako kontrolní varianta.

Pro každou ověřovanou variantu pokusu byla založena plocha 12x15 m s danou plodinou a technologií, která byla následně rozdělena na tři dílčí plochy, na kterých byly prováděny jednotlivé simulace, vždy pro každý termín zadeštění (minimálně tři termíny zadeštění pro každou variantu). Tři termíny zadeštění byly vybrány proto, aby byla postihnuta různá růstová část plodin a také různá pokryvnost.

Mezi jednotlivými dílčími plochami byl vždy dostatečný prostor, tak aby nedocházelo k poškození měřeného porostu nebo půdy.

Režim postřiku trval po dobu 20 minut a postřikovaná plocha o rozloze 25 m² byla tvořena dopadovými kužely 4 trysek firmy Spraying System 30WSQ, kdy byl jejich provozní tlak během simulace nastaven na 0,5 bar. Trysky ve zvoleném režimu postřikují plochu po celou dobu měření současně bez přerušování.

Zadešťování probíhalo 2x po sobě, tedy na půdě s přirozenou vlhkostí a na půdě nasycené po prvním zadešťování, kdy byl interval mezi oběma měřeními 15 minut. Testovaná plocha byla přesně vymezena tak, aby veškerá voda dopadala do takto vymezené plochy, ta je navíc chráněna před klimatickými vlivy, které by mohly znehodnocovat výsledky měření makrolonovými deskami a plastovou fólií.

Intenzita simulované srážky byla volena na podkladě doporučení Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), založeném na průměrné intenzitě příválové srážky v ČR. Za tuto intenzitu je považováno 60 mm/hod. Použité trysky byly testovány za účelem nastavení vhodné pádové výšky, tlaku a jejich orientace. Tyto parametry ovlivňují rozptyl jednotlivých kapek, jejich kinetickou energii a deformační účinek na povrch půdy **Kobzová a kol.** (2014).

Pro požadovaný tlak jsou v softwaru zaneseny odpovídající exaktně ověřené průtoky, neboť množství vody se odvíjí od aktuálního provozního tlaku v rozvodu trysek. Oscilace tlaku v řádech desetin je vyrovnávána interpolací hodnot přímo v softwaru tak, aby bylo známo skutečné množství zadešťované vody. Intenzita simulované srážky byla volena na podkladě doporučení ČHMÚ, založeného na průměrné intenzitě příválové srážky v ČR. Za tuto intenzitu je považováno 60 mm/hod, přičemž při konstrukci režimu byla brána na zřetel také podmínka (v průběhu 15 minut alespoň 6,25 mm) uvedená v metodice „Ochrana zemědělské půdy před erozí“ autorů **Janečka a kol.** (2012) **Kobzová a kol.** (2014).

Ovládací a vyhodnocovací software umožňuje definici modulačních prvků pro následné výpočty požadovaných hodnot (typ půdoochranné technologie, nastavení trysek – tlak, 9 průtok, dopadová plocha). Předdefinované hodnoty jednotlivých trysek umožňují nastavit a měnit režim simulace. Možné modulace režimu umožňující simulaci dynamiky srážek (s využitím před deště, tedy zdvojeného rozvodu trysek s nízkou intenzitou a velikostí kapek), kterou lze použít při výzkumných aktivitách směřujících k popisu závislosti vlhkostního stavu půdy a odnosu sedimentu. V případě ověřování půdoochranných technologií byl volen vždy jednotný program **Kobzová a kol.** (2014). Kromě záznamu měření software umožňuje také vyhodnocení naměřených dat z lokality.

Tryska	30WSQ
Tlak	0,5 bar
Doba deště	20 min
Ventil	V2 + V3 společně
Interval	0 s
Úhrn srážky	20,5 mm
Intenzita srážky	1,02 mm/min

Tab. 2: Režim simulace

Po započetí simulace srážky začala postupem času z vymezené plochy odtékat povrchová voda směrem ke žlabu, ve kterém se koncentrovala. V těchto místech byl nainstalován snímač začátku a konce povrchového odtoku, který zaznamenával, jak dlouhý čas uplynul od spuštění simulace do začátku povrchového odtoku. U žlabu se rovněž nacházelo i místo pro odběr vzorků vodní suspenze sedimentu, kde se odebíral přesný objem vzorku pyknometrem. Splaveniny byly odváděny pomocí soustavy trubek do překlápěcího mechanismu, který slouží k měření množství odtékající vody. Bylo nezbytné, aby vše bylo v rovnoměrném spádu, aby se zabránilo možnému ucpání jednotlivých částí. Ovšem výjimkou byl překlápěcí mechanismus, který musel být pro splnění přesného měření objemu splavenin umístěn do vodorovné polohy.

Potřebná data byla získána odběrem vzorků z výustě průtokoměru, kde byl nainstalován snímač pro stanovení začátku odtoku a následně i času jednotlivých odebíraných vzorků. Vzorek se vždy odebíral na začátku povrchového odtoku a poté opakovaně min. po 3 minutách až do konce měření. Veškeré údaje ze snímačů byly zasílány a následně zaznamenány v programu Simulátor deště.



Obr. 8: Průtokoměr simulátoru s překlápěcím mechanismem (Zdroj: VÚMOP)

Vzorky byly dále postoupeny laboratornímu zpracování, kde byl proveden rozbor sedimentu a vyhodnocen obsah nerozpuštěných látek. Získané informace byly vstupními daty pro další výpočty.

Mimo jiné byl sledován i půdní organický uhlík (C), který, má významný vliv na chemické a fyzikální vlastnosti půdy a je jedním z klíčových komponentů hodnocení kvality půdy. Eroze půdy je spojována s poklesem obsahu C v půdě. Některé studie o vztahu eroze půdy a obsahu uhlíku uvádějí vysoké ztráty půdního C na erodovaných plochách. V rámci hodnocení srážkoodtokových poměrů pomocí simulátoru deště byla hodnocena nejen kvantifikace odnosu půdních částic - ztráta půdy, ale rovněž její kvalita – ztráta půdní organické hmoty. Obsah půdní organické hmoty byl stanoven metodou Cox (celkový organicky vázaný uhlík) ze směsného vzorku „kalu“ odebraného v průběhu měření simulátorem deště. Hodnota organicky vázaného C (Cox) je základní parametr určující kvalitu smytého vzorku zeminy. Při zahrnutí hodnoty Cox (kalu) do výpočtu pro celkovou ztrátu půdy z pozemku, je možné pro každou z hodnocených variant v relativním měřítku kvantifikovat i odnos organického C - ztrátu půdní organické hmoty. Vyhodnocení je však možné provést až po získání statisticky korektního vzorku dat **Kobzová a kol.** (2014).

8.2.2. Laboratorní rozbor

Při ověřování půdoochranných technologií jsou odebírány vzorky půdy a vody, které slouží jako základní zdroje dat. Každý odběr vzorků má předem stanovený postup, který je nutno dodržovat, aby nedocházelo ke zkreslení výsledných hodnot.

V těsné blízkosti testované varianty se odebíraly vzorky půdy pro stanovení jednotlivých charakteristik:

8.2.2.1. Vzorky půdy

1) Vzorek pro chemické analýzy

Tento směsný vzorek se odebírá do papírového sáčku o hmotnosti cca 200 g, kdy je nezbytné dbát, aby půda byla odebrána z hloubky 5 - 10 cm pod povrchem. Tento odběr byl proveden u každé testované varianty, ale pouze při prvním zadeštění v rámci podrobnějšího pedologického hodnocení lokality. Z odebraného vzorku byla stanovena hodnota organicky vázaného uhlíku a stanovovaly se zrnitostní frakce **Kobzová a kol.** (2014).

2) Vzorek pro stanovení struktury půdy

Stejně jako v případě vzorku pro chemickou analýzu i pro stanovení struktury půdy se odebírá papírový sáček o hmotnosti 200 g. Odběr je proveden z povrchu půdy maximálně do hloubky 3 cm. Vzorek je hodnocen metodou MWD, při které se hodnotí rozpad půdních agregátů **Kobzová a kol.** (2014).

3) Vzorek pro fyzikální analýzy

Vzorek pro fyzikální analýzy se odebírá pomocí Kopeckého válečku o objemu 100 cm³ ještě před započítáním měření simulátorem. Po odebrání je nezbytné vzorek vždy přiklopit víčky a ihned umístit do PE pytlíku, aby nedocházelo ke ztrátě vlhkosti. V pedologické laboratoři je následně zjištěna objemová a hmotnostní vlhkost **Kobzová a kol.** (2014).

4) Vzorek odběru váženky

Odběr váženky se provádí vždy po simulaci u každé varianty. Odebrané vzorky jsou zabaleny stejně jako v případě fyzikální analýzy do PE pytlíku, aby nedocházelo ke ztrátě vlhkosti. V pedologické laboratoři je následně z váženky zjišťována hmotnostní vlhkost **Kobzová a kol.** (2014).

8.2.2.2. Vzorky vody

Každé 2 minuty byly ze sběrného žlabu při simulaci odebírány vzorky vody a sedimentu do pyknometru přesně definovaného objemu. U odběru je důležité, aby byl pyknometr plný, ale zároveň nedocházelo k jeho přeplnění. Po odběru je pyknometr uzavřen výtlačným víčkem, opláchnut čistou vodou a otřen. Následně je znovu otevřen a jeho obsah je přelit do PET lahve, která je označena číslem vzorku. Tyto vzorky jsou následně filtrovány a vyhodnoceny v pedologické laboratoři na nerozpuštěné látky. K určení podílu organické složky se postupovalo následovně:

1. Vzorek kalu se v laboratoři kvantitativně převedl do nálevky s filtračním papírem (KA 3) o známé hmotnosti umístěné nad plastovou sběrnou lahev (1 l).
2. Vzorek se nechal v nálevce filtrovat gravitačním spádem k úplné filtraci (min. 5 h, ideálně 24 h přes noc).
3. Po filtraci byl vzorek sedimentu sušen na Petriho misce (známé hmotnosti), při 105 °C po dobu 3 h.
4. Po vysušení byl vzorek sedimentu zvážen s přesností 0,01 g, hmotnost sedimentu (nerozpuštěných látek) se přepočítala ve vztahu k měřenému objemu vzorku a vyjádřila se ve formě koncentrace NL (mg/l). Pro orientační stanovení organické složky kalu byly zvážené a vysušené vzorky využity ke stanovení spalitelných látek (LOI) **Kobzová a kol.** (2014).

Postup pro jeho stanovení byl následující:

1. Zvážený (cca 5 g ± 0,01 g) a vysušený vzorek sedimentu (na 105 °C) po úpravě na NL, byl umístěn do předem zváženého žíhacího kelímku (vysušeného do konstantní hmotnosti v muflové peci při 550 °C).
2. V peci byl vzorek postupně zahříván na teplotu 550 °C s krokem 5 °C / minutu.
3. Vyžíhaný vzorek kalu byl umístěn na 3 h do exikátoru nad vysoušedlo (silikagel).
4. Následně byl zvážen na laboratorní váze na 0,01 g.
5. Úbytek hmotnosti - obsah LOI je vyjádřen v hmot. % vůči vysušenému vzorku kalu. Pro stanovení dalších chemických analýz (především obsahu Cox) byl separovaný sediment vysušený na 105°C přenesen vhodným nástrojem do sáčku a předán do centrální laboratoře (VÚMOP) k dalšímu zpracování.

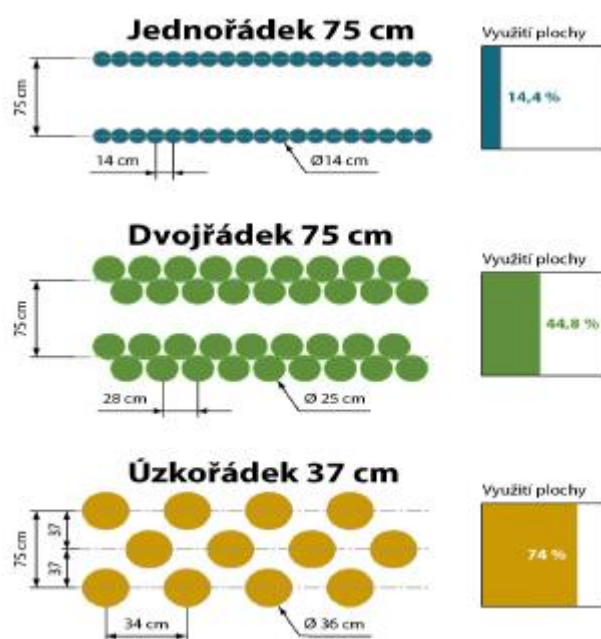
Laboratorně stanovené hodnoty nerozpuštěných látek jsou následně přeneseny do výpočetního programu Simulátor deště, kde je uložen průběh odběru vzorků při simulaci. Pomocí algoritmu jsou vstupující hodnoty přepočteny a následně program stanoví výsledné hodnoty ztráty půdy a hodnoty odtoku pro každou zadanou variantu.

8.3. Agrotechnika pokusu

Na experimentální ploše byla po sklizni pšenice ozimé provedena aplikace 20 m³ digestátu na 1 ha, poté následovalo zapravení rostlinných zbytků strniště a digestátu diskovým podmítačem Lemken - Rubín. Následně byla zasetá strnisková meziplodina - svazenka vratičolistá s výsevkem 10 kg/ha a zavláčena do půdy. Svazenka přes zimu částečně vymrzla a dodatečně se na jaře desikoval pouze plevel, který na pozemku zůstal. Na jaře byla kukuřice zasetá strojem Kinze s výsevkem 90 tis. jedinců na ha a s meziřádkovou vzdáleností 37,5 a 75 cm, hloubka setí byla 6 cm.

Na experimentální ploše byly v rámci testování kukuřice s meziřádkovou vzdáleností do 45 cm porovnávány tyto varianty pokusu:

- V1** - konvenční zpracování půdy a setí kukuřice v řádcích 75 cm
- V2** - bezorebné (přímé) setí kukuřice v řádcích 75 cm
- V3** - konvenční zpracování půdy a setí kukuřice v řádcích 37,5 cm
- V4** - bezorebné (přímé) setí kukuřice v řádcích 37,5 cm
- V5**- kypřený černý úhor



Obr. 9: Způsoby setí kukuřice (Zdroj: A Šedek)

Ze schématu viz. výše je patrné, jaký vliv mají stávající tři používané způsoby organizace porostu na využití oseté plochy. Na tomto principu je založen předpoklad, že úzkořádkové setí s roztečí 0,375 cm má potenciál jako prakticky využitelná technologie, která přispívá ke snížení eroze půdy.

Testovány byly varianty konvenčního a bezorebného zpracování půdy, vždy pro úzký 37,5 cm a široký 75 cm řádek, pro kontrolu jsou zmíněné varianty porovnány s kypřeným úhorem. U jednotlivých pokusů byl sledován parametr „velikost povrchového odtoku“ a „ztráta půdy erozí“. Mimo to byly zjišťovány i další důležité parametry jako vlhkost půdy, množství organické hmoty v půdě a sedimentech atd.



Obr. 10: Porosty kukuřice založené klasicky s roztečí 75 cm a úzkořádkově s roztečí 37,5 cm (Zdroj: A Šedek)

8.3.1. Konvenční zpracování půdy

Bylo použito u variant V1 a V3. Podle **Hůly** (1999) je konvenční zpracování půdy založené na každoročním zpracování půdy radličkovým pluhem, kdy jsou rostlinné zbytky a plevely zapraveny do půdy. Při setí jde bez problémů použít secí stroje s radličkovými botkami s tupým úhlem vnikání do půdy.

8.3.2. Přímé setí

Bylo použito u variant V2 a V4. **Hůla** (1999) uvádí, že přímé setí je setí bez zpracování půdy po sklizni předplodiny. Dále uvádí, že jestliže je v době setí povrch půdy pokryt větším množstvím rostlinných zbytků předplodiny nebo meziplodiny, uplatňuje se setí do mulče.

Jako meziplodina byla použita při pokusu v Krásné hoře nad Vltavou svazinka vratičolistá. Tato meziplodina má optimální vlastnosti, a to nejen z pohledu dostatečné tvorby nadzemní hmoty, ale i tvorby rozsáhlého kořenového systému, který pozitivně zlepšuje půdní strukturu již v daném roce. Malou nevýhodou této meziplodiny je fakt, že pokud není porost založen nejpozději do 10. září, optimálně do konce srpna, nevytvoří dostatečnou hmotu pro účinnou protierozní ochranu.

Technologie přímého setí se vyznačuje vysokou protierozní účinností.

Hlavní význam této technologie spočívá v omezení tvorby půdní krusty, a tím zvýšení infiltrace vody do půdy, nevýhodou je zvýšená možnost zaplevelení a potřeby herbicidů a případné rozšíření chorob plodin **Hůla a kol.** (2010).

Technologie patří mezi nejjednodušší s minimem pracovních operací a přejezdů po pozemku.

8.3.3. Úhor

Jedná se o kontrolní variantu kypřeného černého úhoru, který je udržován bez rostlinného pokryvu a po každém přívalovém dešti byl zkypřen rotavátorem.

8.4. Strojní vybavení

8.4.1. Secí stroj KINZE 3500 8 R Interplant

Model Kinze 3500 se vyrábí v záběrech 6 a 8 řádků s roztečí 0,75m v kombinaci se setím do úzkořádků na 0,375m, nebo technologii setí v dvouřádcích. Unikátní je patentovaný systém centrálního sloupu s otočí pro změny transportní polohy do polohy pracovní z místa obsluhy.

Secí stroj lze vybavit sadou pro granulované nebo kapalné formy minerálních hnojiv s aplikací pod osivo. Výjimečnou předností je systém zónového zpracování setového lůžka pro každou botku „KOLTREM“. Přesné výsevní ústrojí může být mechanické nebo podtlakové „EdgeVac“.

Kvalitu setí umocňuje systém pneumatického přítlaku na každou botku, elektronický systém AG Leader pro nastavení a kontrolu procesu setí včetně autopilotu GPS.

Masivní rám podvozku stroje se středovým sloupem s otočí, včetně zasunovatelné oje stroje pro změnu z transportní polohy do polohy pracovní, to vše hydraulicky ovládané z místa obsluhy.

Pracovní rám stroje s botkami je svařen ze dvou profilů, jeden pro secí jednotky, druhý jako nosník pro přihnojování aplikační jednotky hnojiva. Secí botky s dvěma disky (prům. 380 mm, 3,5 mm tloušťky) a dvěma širokými opěrnými pryžovými koly, škrabka disků.

Hydraulický a elektrický rozvod pro ovládání funkcí stroje, osvětlení, maják, odkládací bedna, centrální transmisní pohon výsevního ústrojí včetně ozubených kol pro nastavení výsevku (www.pal.cz).



Obr. 11: Secí stroj KINZE 3500 8 R Interplant (Zdroj: A Šedek)

8.4.2. Diskový podmítač Lemken-Rubín

Krátké diskové brány Rubin zaručují i za těžších podmínek intenzivní a rovnoměrné promíchání organické hmoty a půdy až do pracovní hloubky přibližně 12 cm. Podstatně tak redukují ztráty vlhkosti půdy, protože nedochází k odpařování v tak velké míře. Rubin se nejlépe hodí pro povrchové, ale přesto celoplošné agresivní zpracování strniště při vysoké pracovní rychlosti.

Otevřená konstrukce rámu s velkými volnými prostory zaručuje i ve vysoce vzešlých porostech organického materiálu práci bez ucpávání.

Ozubené 620 mm velké vyduté disky s šestimilimetrovou tloušťkou stěny uložené v bezúdržbovém axiálním kuličkovém ložisku vytvářejí základ pro vynikající kvalitu práce a vysokou životnost.

Držáky slupic vydutých disků uloženy v uzavřeném pouzdru jsou jištěny proti přetížení stabilními vinutými pružinami a garantují stabilní stopu disků i v obtížných podmínkách.

Rubin je dodáván v pracovních šířkách od 4 do 6 metrů jako polonesený s lehkým transportním podvozkem, nebo s kombinovaným podvozkem, který umožňuje použití s pneumatickým secím strojem Solitaire od firmy LEMKEN (www.lemken.cz)



Obr. 12: Diskový podmítač Lemken – Rubin (Zdroj: www.lemken.cz)

8.5. Výsledky měření 2013

Na projektu jsem se aktivně podílela s Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy. Většinu měření v terénu jsem prováděla spolu se specializovaným týmem a při rozboru půdy a měření v laboratoři jsem byla přítomna v rámci povinné školní praxe.

8.5.1. První zadeštění 2. 7. 2013

První zadeštění proběhlo ve třetím pěstebním období, které je definováno podle **Janečka** (2007) jako období po dobu druhého měsíce od jarního setí. Rostlinka kukuřice dosahovala výšky do 50 cm.

Pokusné plochy byly značně poškozeny rýhovou erozí z důvodu povodní, které se v oblasti vyskytly přibližně měsíc před zadešťováním. Je možné, že tento stav mohl do značné míry ovlivnit výsledky měření.

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku [s]	velikost povrchového odtoku [mm]	infiltrace [mm]	ztráta půdy* [t/ha]
			před	po				
V1	suchá	40	19,1%	28,7%	222	7,24	13,40	2,24
	mokrá	40	28,7%	36,1%	44	11,44	9,21	4,78
V2	suchá	40	20,1%	33,4%	220	5,96	14,62	0,36
	mokrá	40	33,4%	35,2%	61	11,36	9,21	0,99
V3	suchá	40	11,3%	21,5%	207	8,88	11,75	0,90
	mokrá	40	21,5%	32,6%	74	11,20	9,34	0,77
V4	suchá	40	11,8%	24,1%	297	6,36	14,20	0,18
	mokrá	40	24,1%	31,3%	100	9,72	10,69	0,24
V5	suchá	0	11,2%	25,8%	170	7,40	13,18	3,22
	mokrá	0	25,8%	33,9%	49	11,20	9,40	10,68

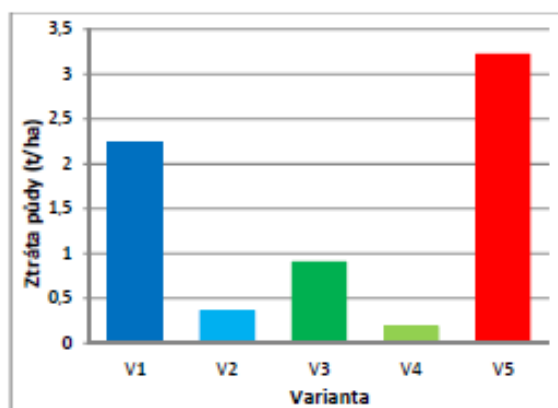
V1 konvenční technika - řádek 75 cm, V2 konvenční technika – řádek 37,5 cm, V3 přímé setí – řádek 75 cm, V4 přímé setí – řádek 37,5 cm, V5 kypřený černý úhor

*Ztráta půdy z prvního měření po dobu 20 min. a intenzitě 1,02 mm/min

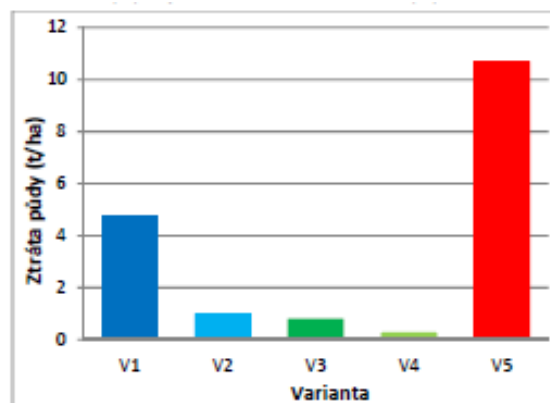
Tab. 3: Výsledky prvního měření 2013

Před každým měřením a bezprostředně po něm byla změřena vlhkost půdy a zároveň byl při zadešťování stanoven začátek povrchového odtoku, na jehož základě probíhalo vyhodnocení protierozní účinnosti jednotlivých agrotechnologií. Podle předpokladu nastal nejrychleji povrchový odtok u varianty V5 - úhoru (plocha bez rostlinného pokryvu), jak při prvním, tak i při druhém zadešťení.

Při srovnání povrchového odtoku je z tabulky patrné, že nejnižší hodnoty byly naměřeny ve variantách V2 a V4, tedy u variant s řádkovou roztečí 37,5 cm. Tento trend se potvrdil při prvním i při druhém zadešťení.



Graf 4: Ztráty půdy po prvním zadešťení



Graf 5: Ztráty půdy po druhém zadešťení

Z grafu vyplývá, že k nejvyšším ztrátám půdy erozí docházelo u úhoru, což nám potvrzuje, že ponechání půdy bez vegetace vede k její výrazné degradaci.

Pozitivní trend byl shledán u varianty s úzkým řádkem, jak u konvenčního zpracování půdy, tak i u přímého setí. Vůbec nejnižší odnos byl zaznamenán na půdě s přímým setím, bez ohledu na meziřádkovou vzdálenost, což potvrzuje významný pozitivní efekt minimalizačních technologií.



Obr. 13: Varianta V1



Obr. 14: Varianta V2



Obr. 15: Varianta V3



Obr. 16: Varianta V4

8.5.2. Druhé zadeštění 23. 7. 2013

Druhé zadešťování proběhlo ve 4. pěstebním období, kdy kukuřice dosahovala výšky 160 cm, tedy s výjimkou konvenční varianty s úzkým řádkem, kdy se průměrná výška pohybovala okolo 120 cm.

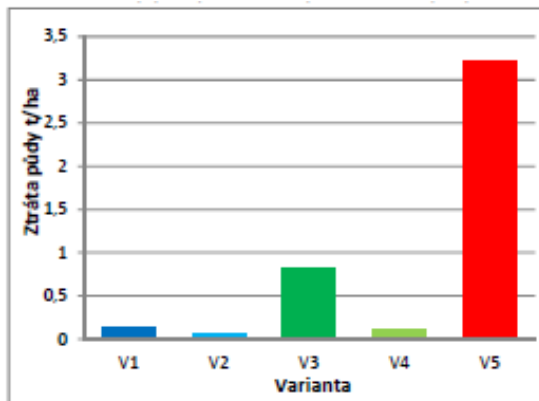
varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku [s]	velikost povrchového odtoku [mm]	infiltrace [mm]	ztráta půdy* [t/ha]
			před	po				
V1	suchá	160	11,2%	29,7%	360	2,40	18,23	0,14
	mokrá	160	29,7%	34,8%	40	9,68	10,91	0,72
V2	suchá	120	12,7%	29,5%	784	1,60	19,00	0,06
	mokrá	120	29,5%	35,6%	66	9,44	11,12	0,31
V3	suchá	160	8,5%	27,9%	200	7,72	12,88	0,83
	mokrá	160	27,9%	34,2%	75	9,88	10,72	0,51
V4	suchá	160	7,6%	28,7%	224	5,64	14,95	0,11
	mokrá	160	28,7%	33,9%	69	8,80	11,84	0,14
V5	suchá	0	11,2%	25,8%	170	7,40	13,18	3,22
	mokrá	0	25,8%	33,9%	49	11,20	9,40	10,68

V1 konvenční technika - řádek 75 cm, V2 konvenční technika – řádek 37,5 cm, V3 přímé setí – řádek 75 cm, V4 přímé setí – řádek 37,5 cm, V5 kypřený černý úhor

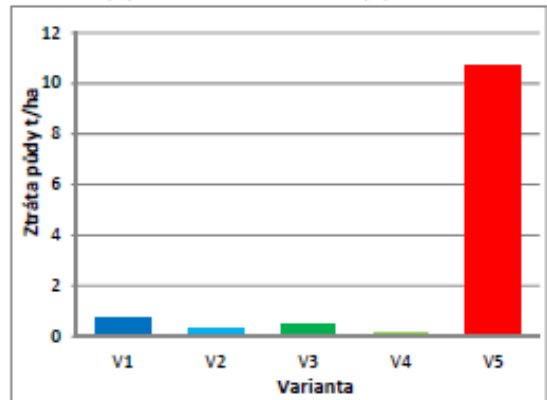
*Ztráta půdy z prvního měření po dobu 20 min. a intenzitě 1,02 mm/min

Tab. 4: Výsledky druhého měření 2013

Z celkových naměřených hodnot je patrný pozitivní vliv významně zapojeného porostu a jeho vyšší pokrývnost se srovnáním s prvním zadeštěním, to znamená, že povrchový odtok nastal později než u prvního zadeštění. Průměrně se hodnoty povrchového odtoku snížily o 2,12 mm, z toho u konvenční technologie o 3,22 mm a u technologie přímého setí o 1,03 mm. Větší rozdíly byly zaznamenány u technologií s řádkem 75 cm.



Graf 6: Ztráty půdy po prvním zadeštění



Graf 7: Ztráty půdy po druhém zadeštění

Stejně jako při prvním termínu zadeštění byly největší ztráty půdy zaznamenány u varianty V5 – úhor, naopak nejnižší ztráty půdy byly opět zaznamenány u variant V2 a V4 – úzký řádek. Ovšem průměrně se snížila ztráta půdy vodní erozí oproti prvním termínu o 0,69 t/ha.

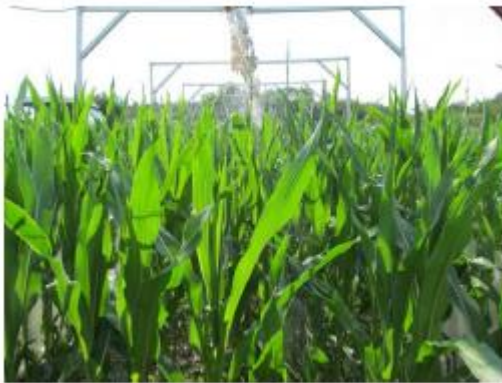
U druhého termínu se díky výraznému zapojení porostu neprojevují tak velké rozdíly mezi jednotlivými variantami.



Obr. 17: Varianta V1



Obr. 18: Varianta V2



Obr. 19: Varianta V3



Obr. 20: Varianta V4



Obr. 21 a 22: Varianta V5



8.5.3. Třetí zadeštění 22. 8.2013

Třetí termín zadešťování proběhl na konci 4. pěstební období, kdy kukuřice dosahovala výšky od 175 cm do 230 cm a vytvořila hustý porost, který pozitivně eliminoval účinky dopadajících kapek deště na půdu.

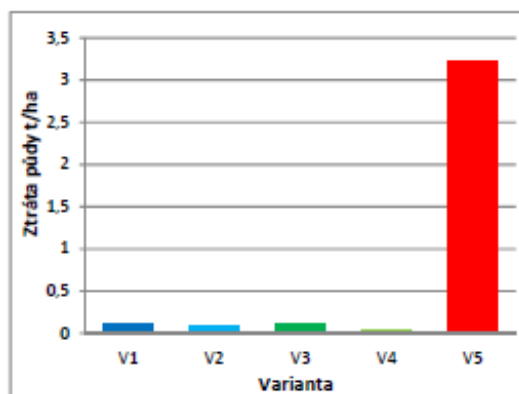
varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku	velikost povrchového odtoku	infiltrace [mm]	ztráta půdy* [t/ha]
			před	po	[s]	[mm]		
V1	suchá	200	17,9%	29,4%	103	2,44	18,18	0,10
	mokr	200	29,4%	33,8%	39	8,56	12,05	0,15
V2	suchá	175	17,5%	28,6%	352	3,44	17,17	0,08
	mokr	175	28,6%	34,7%	90	9,88	10,72	0,17
V3	suchá	230	11,5%	24,8%	159	4,56	16,04	0,11
	mokr	230	24,8%	33,7%	86	7,60	12,92	0,13
V4	suchá	230	12,3%	23,7%	197	1,76	18,80	0,03
	mokr	230	23,7%	31,4%	92	5,60	14,97	0,07
V5	suchá	0	11,2%	25,8%	170	7,40	13,18	3,22
	mokr	0	25,8%	33,9%	49	11,20	9,40	10,68

V1 konvenční technika - řádek 75 cm, V2 konvenční technika – řádek 37,5 cm, V3 přímé setí – řádek 75cm, V4 přímé setí – řádek 37,5 cm, V5 kypřený černý úhor

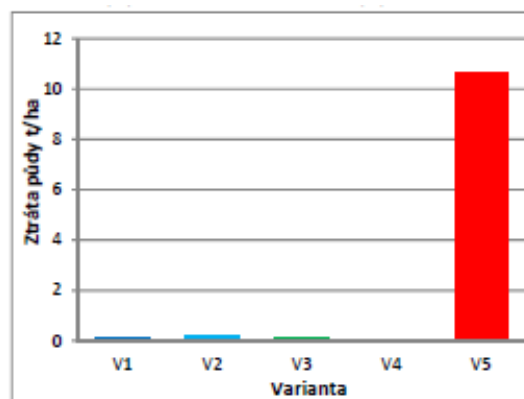
*Ztráta půdy z prvního měření po dobu 20 min. a intenzitě 1,02 mm/min

Tab. 5: Výsledky třetího měření 2013

Z tabulky je patrné, že nejpozději nastal povrchový odtok u variant s úzkým řádkem, čímž se potvrzuje trend z prvních dvou měření. Nejrychleji nastal začátek povrchového odtoku u varianty V1 – konvenční setí do řádku 75 cm.



Graf 8: Ztráty půdy po prvním zadeštění



Graf 9: Ztráty půdy po druhém zadeštění

Při porovnání výšek povrchového odtoku je z grafu patrné, že při zapojeném hustém porostu je rozdíl mezi jednotlivými variantami zanedbatelný. Snížení povrchového odtoku bylo prokázáno u obou variant přímého setí V3 a V4, ale neprojevilo se u varianty V2 – konvenční setí do řádku 37,5 cm.



Obr. 23: Přímé setí 0,75 m



Obr. 24: Přímé setí 0,375 m

8.6. Výsledky měření 2014

8.6.1. První zadešnění 22. 5. 2014

První zadešnění proběhlo v polovině druhého pěstebního období, kdy rostlinka dosahovala výšky zhruba 5 cm a měla vyvinuté 3 listy. Celková pokryvnost plochy rostlinou byla minimální, činila cca 2%.

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek	velikost	infiltrace [mm]	ztráta půdy [t/ha]
			před	po	povrchov ého odtoku [s]	povrchov ého odtoku [mm]		
V1	suchá	5	18,7%	32,7%	103	14,15	24,18	1,33
	mokrá	5	32,7%	33,6%	44	10,10	8,11	4,12
V2	suchá	5	22,1%	31,3%	93	17,00	21,40	10,01
	mokrá	5	31,3%	32,5%	40	10,70	8,61	4,18
V3	suchá	4	19,6%	31,9%	319	10,30	28,23	1,33
	mokrá	4	31,9%	33,3%	60	10,10	9,21	1,05
V4	suchá	4	21,4%	31,2%	320	5,90	32,75	0,73
	mokrá	4	31,2%	32,6%	65	7,45	11,87	0,52
V5	suchá	0	13,8%	28,2%	227	15,50	23,07	8,62
	mokrá	0	28,2%	31,4%	22	11,50	7,64	5,10

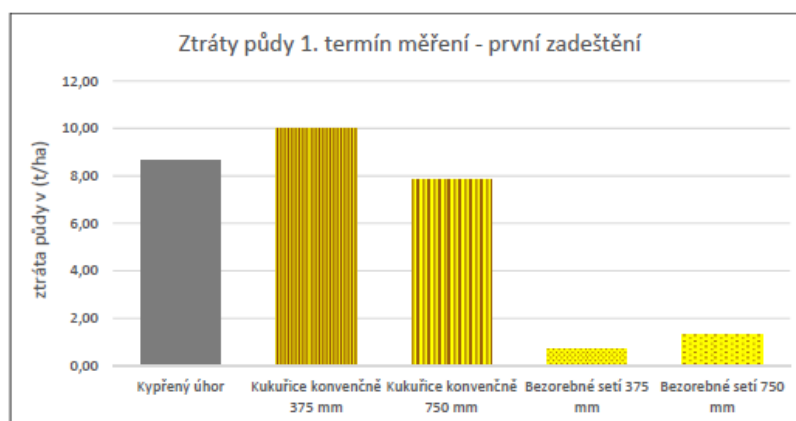
V1 konvenční technika - řádek 75 cm, V2 konvenční technika – řádek 37,5 cm, V3 přímé setí – řádek 75 cm, V4 přímé setí – řádek 37,5 cm, V5 kypřený černý úhor

*Ztráta půdy z prvního měření po dobu 20 min. a intenzitě 1,02 mm/min

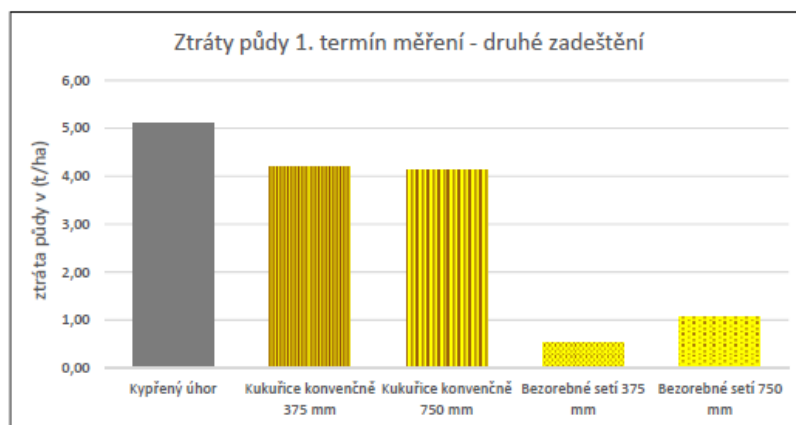
Tab. 6: Výsledky prvního měření 2014

Výsledky z prvního měření sloužily především ke zhodnocení vhodné agrotechniky z důvodu nepatrného ochranného vlivu vegetace. Jednoznačně se projevil význam bezorebného setí, které se oproti konvenční variantě lišilo podstatně sníženou ztrátou půdy. Výsledky jsou jasným důkazem, že zařazení bezorebného setí mezi půdoochranné technologie je více než správné.

V tomto pěstebním období by neměl být výrazný rozdíl mezi klasickým řádkem a úzkým řádkem, a to z toho důvodu, že ochranný vliv vegetace je v tomto období minimální. Rozdíl v případě prvního zadeštění je patně způsoben rozdílnou vlhkostí půdy, která se u konvenční varianty liší o 3,4 % objemu. U druhého zadeštění je již rozdíl ztráty půdy srovnatelný.



Graf 10: Ztráty půdy 1. termín měření – první zadeštění



Graf 11: Ztráty půdy 1. termín měření – druhé zadeštění

8.6.2. Druhé zadeštění 27. 6. 2014

Druhé měření na pokusných plochách proběhlo v termínu, který odpovídá třetímu pěstebnímu období. Kukuřice v tomto období dosahovala výšky 50 – 80 cm. Celková pokryvnost plochy rostlinou dosahovala asi 50 %.

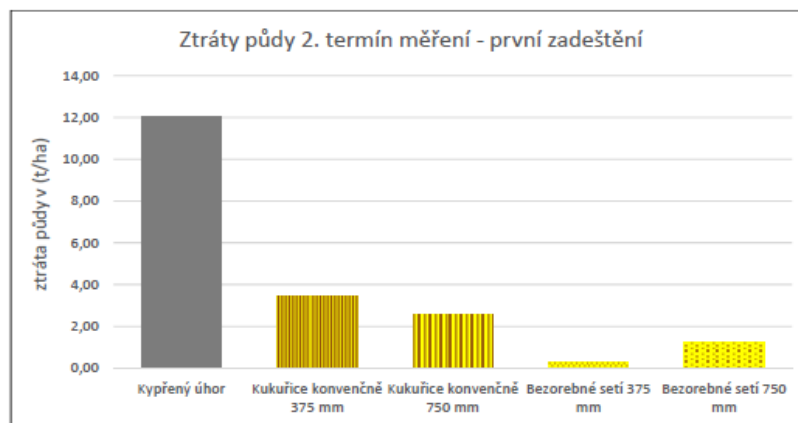
varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku	velikost povrchového odtoku	infiltrace [mm]	ztráta půdy [t/ha]
			před	po	[s]	[mm]		
V1	suchá	80	17,5%	24,3%	140	18,40	20,06	2,57
	mokrá	80	24,3%	31,4%	58	11,20	8,01	1,51
V2	suchá	80	14,1%	24,7%	114	18,20	20,30	3,44
	mokrá	80	24,7%	28,8%	56	11,00	8,30	1,52
V3	suchá	50	17,8%	27,2%	242	6,55	31,91	1,22
	mokrá	50	27,2%	31,6%	63	8,60	10,60	0,82
V4	suchá	50	15,9%	26,5%	431	3,50	34,96	0,27
	mokrá	50	26,5%	30,7%	52	5,30	13,90	0,51
V5	suchá	0	17,8%	27,2%	242	6,55	31,91	1,22
	mokrá	0	28,7%	30,2%	45	10,60	8,75	5,22

V1 konvenční technika - řádek 75 cm, V2 konvenční technika – řádek 37,5 cm, V3 přímé setí – řádek 75 cm, V4 přímé setí – řádek 37,5 cm, V5 kypřený černý úhor

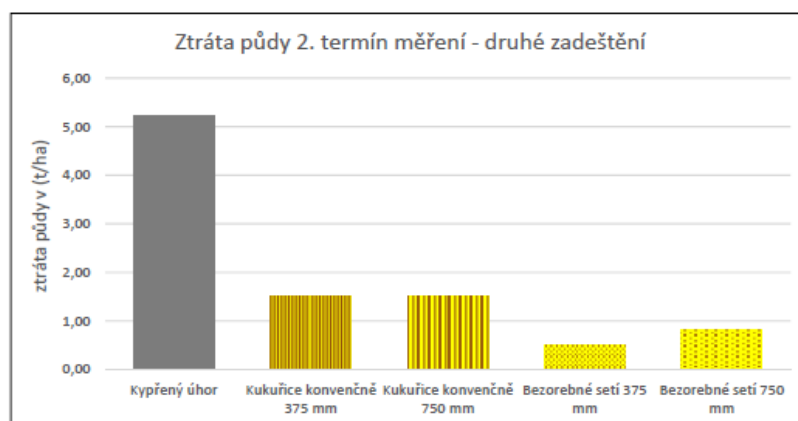
*Ztráta půdy z prvního měření po dobu 20 min. a intenzitě 1,02 mm/min

Tab. 7: Výsledky druhého měření 2014

V rámci druhého měření je znát pozitivní efekt výraznějšího zapojení porostu. Opět jsou zde vidět lepší výsledky u zpracování půdy přímým setím. Překvapivě rozdíl mezi úzkým a širokým řádkem z hlediska ztráty půdy byl jen minimální.



Graf 12: Ztráty půdy 2. termín měření – první zadržování



Graf 13: Ztráty půdy 2. termín měření – druhé zadržování



Obr. 25: Úzký řádek - přímé setí



Obr. 26: Široký řádek - přímé setí



Obr. 27: Úzký řádek - konvenčně



Obr. 28: Široký řádek - konvenčně

8.6.3. Třetí zadeštění 15. 8. 2014

Třetí měření na pokusných plochách proběhlo v termínu, který odpovídá čtvrtému pěstebnímu období. Kukuřice v tomto období dosahovala výšky 290 cm. Celková pokrývnost plochy plodinou byla zhruba 65 %.

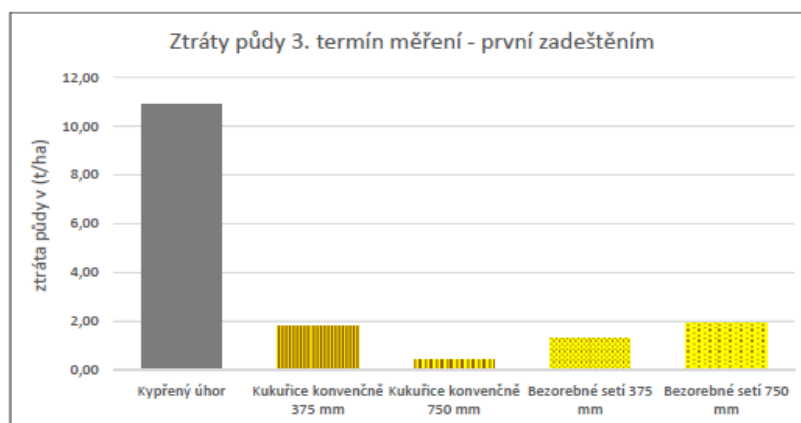
Ani u třetího termínu se neprojevil významný rozdíl mezi úzkým a širokým řádkem. Ovšem celkový odnos půdy byl nejnižší ze všech měření z důvodu nejvyšší pokrývnosti plodinou.

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek	velikost	infiltrace [mm]	ztráta půdy [t/ha]
			před	po	povrchov ého odtoku [s]	povrchov ého odtoku [mm]		
V1	suchá	290	19,4%	24,7%	94	15,35	22,92	0,43
	mokrá	290	24,7%	28,8%	50	12,25	6,98	0,36
V2	suchá	290	15,9%	25,9%	107	19,65	18,68	1,81
	mokrá	290	25,9%	29,1%	47	12,70	6,62	1,01
V3	suchá	290	23,2%	29,6%	39	20,55	17,76	1,95
	mokrá	290	23,2%	31,9%	37	14,30	5,04	1,16
V4	suchá	290	23,2%	29,8%	68	19,75	18,69	1,28
	mokrá	290	23,2%	32,7%	43	13,20	6,28	0,68
V5	suchá	0	23,2%	25,8%	180	24,75	13,66	10,90
	mokrá	0	23,2%	29,5%	43	14,35	4,91	3,95

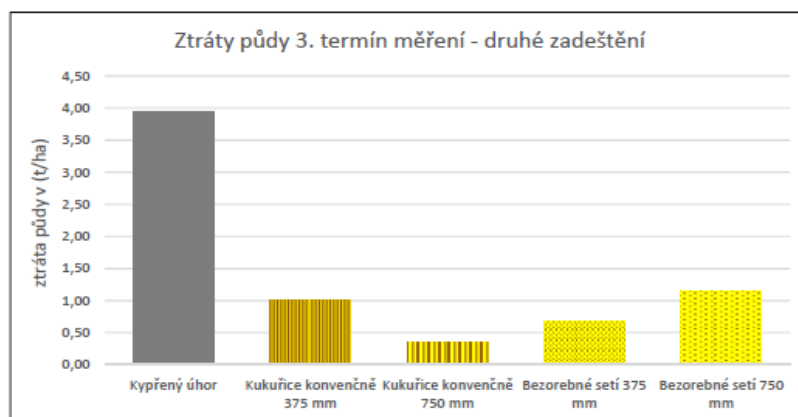
V1 konvenční technika - řádek 75 cm, V2 konvenční technika – řádek 37,5 cm, V3 přímé setí – řádek 75 cm, V4 přímé setí – řádek 37,5 cm, V5 kypřený černý úhor

*Ztráta půdy z prvního měření po dobu 20 min. a intenzitě 1,02 mm/min

Tab. 8: Výsledky třetího měření 2014



Graf 14: Ztráty půdy 3. termín měření – první zadeštění



Graf 15: Ztráty půdy 3. termín měření – druhé zadeštění

9. Vliv odlišné meziřádkové vzdálenosti na výnos

Plochy pěstování kukuřice se ve světě, ale i u nás, rozšiřují, a to i přesto, že za posledních dvacet let došlo k výraznému úbytku hospodářských zvířat, která byla významnými konzumenty kukuřičné siláže. V posledních letech se kukuřičná siláž stala stěžejním zdrojem biomasy, která je využívána v bioplynových stanicích. Snahou pěstitelů je docílit co nejvyššího zisku z hektaru, často bez ohledu na rizika vzniku eroze v důsledku pěstování kukuřice v širokých řádcích, především na svažitéch pozemcích **Smutný a kol.** (2014).

V řadě případů jsou využívány tzv. půdoochranné technologie v různých modifikacích, jejichž podstatou je ponechání dostatečného množství rostlinných zbytků na povrchu půdy **Birkás** (2002). Nevýhodou je, že v našich podmínkách s rostoucí protierozní účinností těchto technologií často dochází k poklesu produkce. A to je důvod, proč se dnes hledají i jiné přístupy v oblasti inovace pěstební technologie kukuřice. Sem patří pěstování kukuřice při užší meziřádkové vzdálenosti s rychlejším zapojením porostu, a tedy vyšší odolnost vůči erozi. Zároveň výhodnější rozmístění rostlin v řádku umožňuje efektivnější využití vody a živin v půdě, což je předpokladem pro vyšší produkční potenciál. Tyto výhody, dokumentované navýšením výnosu, potvrzuje řada prací (především z USA, kde tyto systémy byly nejdříve testovány; (**Cox a kol.** 2006, **Lee** 2006), (**Porter a kol.** 1997). Na druhou stranu však najdeme i řadu prací s opačnými výsledky (**Roth** 1997, **Widdicombe a Thelen** 2002) **Smutný a kol.** (2014).

V letech 2013 a 2014 probíhal polní pokus, který byl založen na pokusné stanici v Žabčicích. Byl zde sledován vliv odlišné meziřádkové vzdálenosti a výsevu na výnos silážní kukuřice. Lokalita Žabčice je řazena do kukuřičné výrobní oblasti s dlouhodobým ročním úhrnem srážek 480 mm a průměrnou roční teplotou vzduchu 9,2 °C. Oblast je charakteristická častým výskytem déletrvajících období sucha, ovšem negativní projevy jsou kompenzovány vysokou hladinou podzemní vody a vlastnostmi půdy.

V obou letech byly porovnány tři odlišné meziřádkové vzdálenosti – 75 cm, klasická, dále tzv. technologie dvouřádků („twin rows“), kdy je porost tvořený dvojicemi řádků od sebe vzdálených cca 20 cm, přičemž středy jednotlivých dvouřádků jsou vzdáleny 75 cm. Poslední technologií je výsev do úzkých řádků, na poloviční vzdálenost 37,5 cm. Dalším sledovaným faktorem byl výsevek, a to na standardní úrovni 80 – 90 tis. jedinců a zvýšený cca o 10 – 20 tis. jedinců.

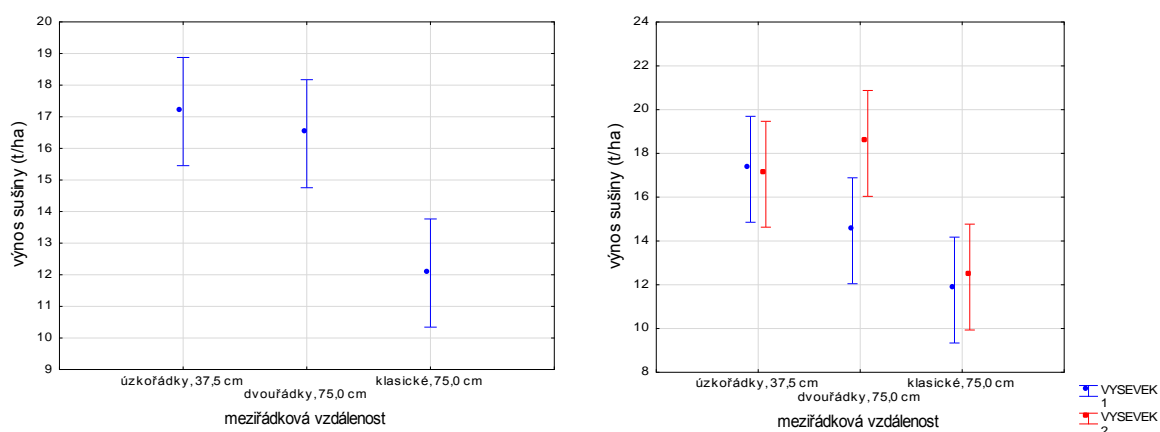
V roce 2013 byly do pokusu zařazeny dvě úrovně výsevu, v roce 2014 pak tři. Konkrétní výsevky, vyjádřené počtem vysetých semen, se u jednotlivých technologií meziřádkové vzdálenosti lišily v závislosti na nastavení secího stroje pro přesný výsev KINZE 3500. Setí kukuřice proběhlo 23. 4. 2013 (hybrid Silotop) a 14. 4. 2014 (Beautiful), hloubka výsevu 7 cm. Hnojení dusíkem bylo v dávce 180 kg, použitým hnojivem byla UREA STABIL. Byla použita postemergentní aplikace herbicidů a insekticidní ošetření proti zavíječi kukuřičnému. Sklizeň byla provedena ve fázi mléčně voskové zralosti jednořádkovou řezačkou ve čtyřech opakováních **Smutný a kol. (2014).**

9.1. Výsledky

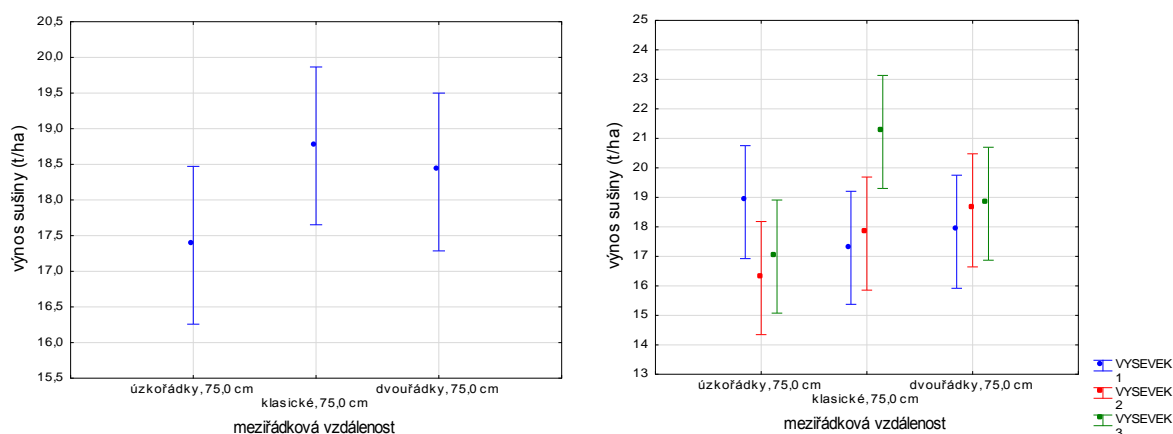
Rok	Meziřádková vzdálenost	Název technologie	Výsevek (ks/ha)	Výnos (t/ha) čerstvá hmota	Výnos (t/ha) v sušině	Sušina při sklizni (%)
2013	37,5 cm	úžkořádková	1 - 85000	37,50	17,28	46,06
			2 - 99000	38,90	17,05	43,82
	75,0 cm	klasická	1 - 76000	31,02	11,76	37,92
			2 - 80000	34,81	12,35	35,46
		dvouřádky	1 - 91000	34,06	14,46	42,56
			2 - 102000	40,49	18,46	45,52
2014	37,5 cm	úžkořádková	1 - 87000	48,00	18,84	39,21
			2 - 97000	50,44	17,77	35,22
			3 - 109000	49,33	16,99	34,34
	75,0 cm	klasická	1 - 89000	48,89	17,29	35,34
			2 - 97000	50,44	17,77	35,22
			3 - 108000	56,44	21,22	37,51
		dvouřádky	1 - 87000	49,11	17,84	36,32
			2 - 97000	50,00	18,56	37,16
			3 - 109000	53,33	18,78	35,24

Tab. 9: Výnosové ukazatele technologií pěstování kukuřice na siláž s odlišnou meziřádkovou vzdáleností a výsevkem (Zdroj: Smutný a kol.)

V roce 2013 byly statisticky průkazně vyšší výnosy zjištěny u úzkorádkové technologie a technologie zakládání porostů kukuřice do dvouřádků v porovnání s technologií klasickou na 75,0 cm. U této technologie byla také nejnižší sušina při sklizni. V relativních hodnotách se jedná o rozdíl 37 – 42 %. Pouze u varianty založení porostu do tzv. dvouřádků (meziřádková vzdálenost 75 cm) došlo k nárůstu výnosu se zvýšeným výsevem (+ 28 % oproti standardnímu výsevku).



Graf 16 a 17: Výnos sušiny nadzemní hmoty kukuřice při různé meziřádkové vzdálenosti a odlišných výsevcích v roce 2013 (Zdroj: Smutný a kol.)



Graf 18 a 19: Výnos sušiny nadzemní hmoty kukuřice při různé meziřádkové vzdálenosti a odlišných výsevcích v roce 2014 (Zdroj: Smutný a kol.)

V roce 2014 byly dosaženy odlišné výsledky. Mezi variantami odlišné meziřádkové vzdálenosti, podobně jako mezi výsevky, nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Nejvyšší výnos sušiny nadzemní biomasy byl zjištěn u klasické meziřádkové vzdálenosti (75 cm; 18,76 t/ha), nižší u „dvouřádků“ (18,39 t/ha) a

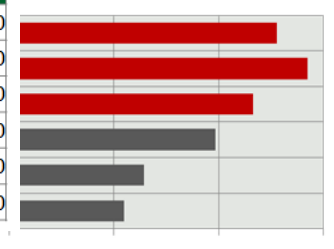
nejnižší u úzkořádků (17,87 t/ha). U „dvouřádků“ a klasické technologie narůstal výnos se zvyšujícím se výsevkem, ale rozdíl nebyl statisticky průkazný. U setí kukuřice do dvouřádků byl nejvyšší výnos zjištěn u nejnižšího výsevku. Zdůvodněním rozdílných výsledků v roce 2013 a 2014 může být odlišné rozložení srážek v průběhu vegetace. Zatímco v roce 2013 bylo období první poloviny vegetace kukuřice vlhké, tak naopak v letním období výrazně suché. Rozložení srážek ve vegetačním období roku 2014 bylo ve srovnání s rokem 2013 opačné. V relaci se srážkami byl také průběh vlhkosti půdy. Vyšší hodnoty vlhkosti půdy byly zjištěny u porostu kukuřice založeného do řádků 37,5 cm a tzv. dvouřádků. Výsledky potvrdily hypotézu, že tyto porosty rychleji a lépe zakrývají půdu, čímž ji chrání před přímým slunečním zářením, které je hlavní příčinou vysychání půdy. Proto se lze domnívat, že v období s nedostatkem srážek v průběhu léta (rok 2013) byla voda limitním faktorem pro výnos. Důvodem nevyrovnaných výsledků při porovnávání výnosů u klasických řádků, dvouřádků a úzkých řádků může být kromě různorodosti prostředí či vlivu počasí také odlišná schopnost hybridů odolávat stresu. Ten může vyvolat i hustota porostu **Smutný a kol.** (2014).

Souběžně probíhaly výzkumy i v jiných částech České republiky, kde se potvrdil pozitivní trend úzkořádkového zakládání porostů.

- Lokalita Hrubčice:
 Manažer: Ing. Jiří Matuš
 Datum setí: 15. 4. 2013
 Datum sklizně: 27. 10. 2013
 Nadmořská výška: 220 m.n.m.

Tento pokus založila a vyhodnotila společnost Limagrain.

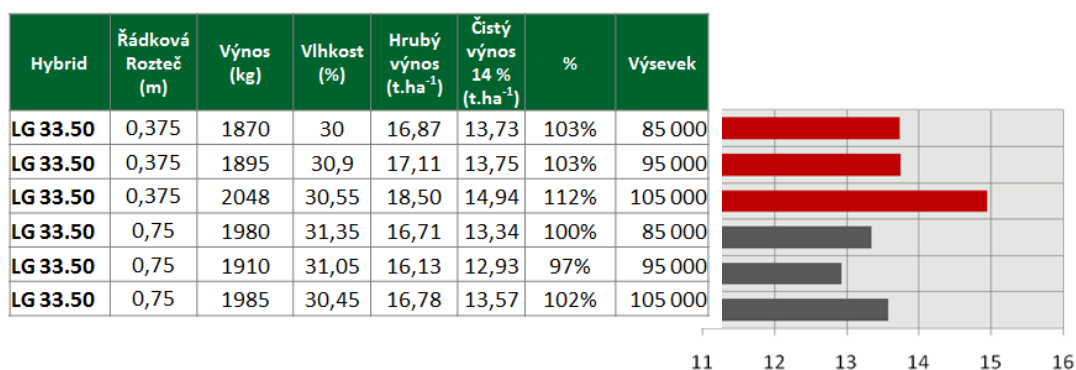
Hybrid	Řádková rozteč (m)	Hrubý výnos (t.ha ⁻¹)	Vlhkost (%)	Čistý výnos 14 % (t.ha ⁻¹)	%	Výsevek
LG 33.50	0,375	14,31	30,5	11,56	105%	85 000
LG 33.50	0,375	15,01	32,1	11,85	108%	95 000
LG 33.50	0,375	14,79	34,1	11,33	103%	105 000
LG 33.50	0,75	13,71	31,2	10,97	100%	85 000
LG 33.50	0,75	12,98	31,8	10,29	94%	95 000
LG 33.50	0,75	12,95	32,9	10,1	92%	105 000



Tab. 10: Výsledky slizní kukuřice 2013 (Zdroj: P&L s.r.o.)

Datum setí: 10. 4. 2014

Datum sklizně: 27. 10. 2014



Tab. 11: Výsledky sklizní kukuřice 2014 (Zdroj: P&L s.r.o.)

Výnosový pokus zrnové kukuřice, který měl prokázat vyšší výnosový potenciál u úzkořádkového setí kukuřice, byl založen společností Limagrain na šlechtitelské stanici v Hrubčicích. Z výsledků obou let je patrné, že úzkořádek dosahuje při stejném počtu jedinců vyššího výnosu. S odvoláním na výsledky i jiných osivařských firem jako jsou KWS, Monsanto a Syngenta je evidentní, že úzkořádek má potenciál vyššího výnosu u zrnové kukuřice mezi 3 – 10 % s porovnáním s kukuřicí, která je setá do klasických řádků. Statisticky průkaznějšího zvýšení výnosu je dosaženo u variant, kde je zaseto 100 – 105 tisíc jedinců. Důvodem je skutečnost, že při tomto počtu jedinců nastává u klasických řádků větší konkurence mezi rostlinami, které jsou zasety hustěji. Naproti tomu u úzkořádku je vzdálenost jednotlivých rostlin nad 0,02 m i při takto vysokém výnosu a porosty tedy nejsou pod tlakem stresu z přehuštění.

Lokalita: Dolní Heřmanice
 Manažer: Ing. Jan Bogaň
 Datum setí: 26. 4. 2014
 Datum sklizně: 7. 10. 2014
 Nadmořská výška: 475 m.n.m.

Hybrid	Řádková Rozteč (m)	Sklizňová sušina (%)	Výnos ZH (t.ha ⁻¹)	Výnos SH (t.ha ⁻¹)	%	Výsevok počet zm na ha
Atletico	0,375	32,79	57,5	18,9	101%	85 000
Atletico	0,375	34,09	55,6	19,0	101%	95 000
Atletico	0,375	34,21	60,4	20,7	110%	105 000
Atletico	0,75	33,51	56,0	18,8	100%	85 000
Atletico	0,75	34,28	53,3	18,3	97%	95 000
Atletico	0,75	34,26	51,4	17,6	94%	105 000

Tab. 12: Výsledky sklizní kukuřice 2014, Dolní Heřmanice (Zdroj: P&L s.r.o.)

Tento pokus byl založen společností KWS a jeho cílem bylo porovnání úzkořádkového setí s klasickým pěstováním kukuřice na siláž. Z grafu je patrné, že trend potenciálu vyššího výnosu se potvrdil i u silážní kukuřice.

Podle **Duvicka** (1977) je maximální využití výnosového potenciálu hybridů možné v případě, že jsou pěstovány ve výsevku, pro který byly vyšlechtěny. Autor dále uvádí, že zatímco starší hybridy mají vyšší výnosy při nižší hustotě výsevku, tak u nových hybridů je tomu naopak **Smutný a kol.** (2014).

10. Diskuze

Vliv technologie u šířky řádku 0,375 m u kukuřice na ztrátu půdy erozí a množství povrchového odtoku byl ověřován na pěti variantách (konvenční zpracování půdy - setí kukuřice v řádcích 37,5 cm a 75 cm, bezorebné setí kukuřice v řádcích 37,5 cm a 75 cm a kypřený černý úhor).

Simulace přívalových srážek pomocí dešťového simulátoru probíhaly ve třech termínech, a to z důvodu podchycení rozdílných růstových fází plodiny. V rámci všech termínů zadeštění probíhaly dvě měření na každé variantě. První měření na suchou - předtím nezadeštěnou plochu a následně po prvním zadeštění na plochu zadeštěnou, tedy nasycenou. Při každém zadeštění se měřila vlhkost půdy před zadeštěním a po zadeštění, počátek povrchového odtoku, velikost povrchového odtoku a infiltrace vody do půdy.

V průběhu měření se odebíraly vzorky smyvu půdy, které se následně laboratorně vyhodnocovaly a z vyhodnocených dat byla vypočtena ztráta půdy a vyhodnoceny varianty, které ji pozitivně či negativně ovlivňují.

Výsledky získané po prvním roce ověřování setí kukuřice do úzkého řádku (0,375 m) poukázaly na pozitivní trend při snižování ztráty půdy vodní erozí. Je zde patrný mírný efekt ve snížení ztráty půdy při setí kukuřice do úzkého řádku oproti konvenční technologii s řádkem klasickým (0,75 m). Vzhledem k déle trvajícím dešťům a celkovému nepříznivému vlivu počasí však neproběhlo měření v druhém pěstebním období, které je z pohledu protierozní ochrany nejdůležitější, jelikož porost plodiny není v tomto období dostatečně zapojen a půda je k erozi nejvíce náchylná.

V roce 2014 již měření v druhém pěstebním období proběhlo, ale spíše než odlišná meziřádková rozteč se projevil pozitivní vliv přímého setí oproti konvenčnímu zpracování půdy, a to z toho důvodu, že v tomto pěstebním období je ochranný vliv vegetace minimální.

Jednoznačně se projevil efekt pokrytí půdy rostlinnými zbytky v době, kdy porost hlavní plodiny není dostatečně zapojen. Kvalitní půda s optimální zásobou organické hmoty snižuje riziko eroze a zabraňuje vyplavování živin a má pozitivní vliv i na infiltraci vody do půdy, a tím pádem i dostatečný přísun živin pro rostliny, čímž přispívá k lepšímu hospodaření s vodou v krajině. Následná měření poukazují na pozitivní účinek zapojení porostu na snížení ztráty půdy u bezorebných i konvenčních variant.

Závěry z měření v roce 2013 a 2014 se vzájemně úplně nepotvrdily. V roce 2013 se efekt úzkořádkové technologie jednoznačně projevil v porovnání s rokem 2014. Příčin může být několik. Vedle půdně klimatických podmínek je to především ta skutečnost, že zadešťování ve 2013 se provádělo v podstatně pozdějším termínu a tím i vývojové fázi kukuřice. Důvodem byly špatné klimatické podmínky, kdy ve stanoveném termínu zadešťování převládaly na lokalitě přívalové deště. Svůj vliv na výsledky má také zkušenost realizačního týmu, aby konstrukce simulátoru byla instalována na pozemek v co nejvhodnějším směru odtoku zadešťované vody. Tedy brát v potaz sklon a tvar pozemku.

Z výsledků však jednoznačně vyplývá pozitivní efekt bezorebné technologie pěstování kukuřice, ať už v úzkém či širokém řádku, která je efektivní především na začátku vegetačního období, které je pro kukuřici nejproblematičtější. Pro stanovení hodnoty C faktoru pro jednotlivé testované varianty a tedy pro možnost zapracovat technologii do metodik je nezbytné pokračovat v měření ještě následující roky a získat statisticky průkazná data.

11. Závěr

Neustálý tlak na rozšiřování ploch určených k pěstování kukuřice jako energetické plodiny přináší potřebu hledat nové a šetrné způsoby jejího pěstování. Netradiční způsob pěstování kukuřice v úzkém řádku může představovat přínos v mnoha oblastech.

Zemědělská praxe potřebuje účinná a technologicky nenáročná řešení, jak redukovat a zamezit vodní erozi u širokořádkových plodin. Zemědělské podniky jsou permanentně pod ekonomickým tlakem, jak uspět na trhu v ČR, ale i v Evropě. Pokud vezmeme v úvahu důležitost kukuřice jako strategické a pro mnoho podniků nejdůležitější plodiny a na druhé straně rizika, která tato plodina z pohledu vodní eroze nese, je velice nutné intenzivně posuzovat vliv jednotlivých technologií na životní prostředí. Je nezbytné testovat takové pěstitelské postupy, které mají silnou pravděpodobnost, že budou levné, účinné a zásadním způsobem neovlivní výnos. Jakýkoliv technologický postup, který bude pro zemědělce buď náročný z pohledu pořízení nové a většinou jednoúčelové techniky, nebo z pohledu technologických opatření, která sníží produktivitu práce, bude mít negativní vliv na konkurenceschopnost zemědělských podniků. Z hlediska ekonomické stability podniků je takřka nepřijatelné, aby pod vlivem aplikace některých protierozních technologií, byť by byly sebeúčinnější, v konečném důsledku znatelně snižovaly výnos kukuřice na zrno nebo na siláž. Je tedy cílem najít optimální technologii pěstování kukuřice, a to jak z pohledu protierozního, tak i výnosového, která zemědělským podnikům při dodržování technologických zásad přinese zisk.

Zakládání porostů kukuřice technologií úzkořádkového setí s roztečí řádků 0,375 m má velkou šanci se pro zemědělské podniky stát právě tou technologií, která by vyvážený pohled na erozi půdy a ekonomický výnos mohla splňovat. Pokud je tato technologie používána na pozemcích, kde po sklizni bylo provedeno správné zpracování půdy a ve správném agrotechnickém termínu založena vhodná meziplodina, pak se tato technologie jeví jako efektivní, a to jak z pohledu ekologického, tak i ekonomického. Jít cestou zakládání kvalitních meziplodin znamená nejen protierozní efekt, ale i snížení deficitu organické hmoty v půdě, které za poslední desítky let ubývá, a tím se zhoršuje struktura půdy. To je jednou z příčin vodní eroze půdy.

Z technického pohledu není u secích strojů přechod z klasické rozteče řádků na úzkořádek příliš náročný a dá se říci, že naopak poskytuje podniku mnoho výhod

a rozšíření využití secího stroje. V případě secího stroje Kinze, který byl použit na pokusných plochách, se jedná o standardní model 3500, který je doplněn o sedm kusů tlačných výsevních botek. V tom případě lze secí stroj využít jak pro setí kukuřice se standardní roztečí 0,75m pro pozemky, které jsou určeny jak pro kukuřici zrnovou, tak pro kukuřici, která bude pěstována s roztečí 0,375 m na pozemcích MEO určených pro sklizeň kukuřice na siláž. Změna nastavení stroje z 0,75 m na rozteč 0,375 m je velice snadná, bez potřeby servisního zázemí a provádí se přímo na poli. Při tomto procesu změny není složitá technická část, jejíž doba trvání nepřesáhne patnáct minut. Je však nutné, aby obsluha správně nastavila pohon výsevního ústrojí, a tím správný počet jedinců na hektar. Meziřádková vzdálenost 0,375 m je také velice vhodná pro pěstování sóji (*Glycine max*). Úzkořádková technologie Kinze dále umožňuje setí řepky olejky (*Brassica napus*) na konečnou vzdálenost rostlin v řádku. Tím se využití secího stroje podstatně zvýší, a nestává se tedy jednoúčelovým strojem pouze pro kukuřici.

Z měření na stanovištích v Krásné Hoře v období 2013 -2014 je patrné, že pouze vlastní využití úzkořádkového setí není z pohledu eroze velmi zásadní. V prvních fázích růstu kukuřice, kdy ještě není dostatečně vyvinuta nadzemní část rostlin, změna organizace porostu z klasických řádků na řádky úzké není zcela průkazná. Ovšem v pozdějších růstových fázích, kdy je povrch pozemku rychleji zakryt, právě u úzkořádkové varianty dochází ke stále silnějšímu protieroznímu efektu na rozdíl od klasických řádků. Jednoznačně bylo měřením potvrzeno, že pokud je porost kukuřice založen do správně založeného prostu meziplodiny, která vytvoří dostatečný pokryv rostlinnými zbytky i po zasetí kukuřice, pak je protierozní efekt úzkořádkové technologie nejsilnější. To se projevilo především na pokusech v roce 2013.

Posouzení technologie s klasickou roztečí řádků a úzkořádkovou technologií z pohledu výnosu nebylo předmětem měření v Krásné Hoře. Na druhé straně budoucí uživatelé technologie úzkořádku očekávají, že se vedle protierozního efektu naopak neprojeví efekt snížení výnosu kukuřice.

Touto problematikou se zabývá projekt vyhlášený Národní agenturou pro zemědělský výzkum - QJ1210008, kde řešitelský tým vede doc. Ing. Vladimír Smutný Ph. D. Jedním z cílů projektu je právě posouzení výnosu kukuřice z pohledu různé rozteče řádků. Touto problematikou se také zabývají firmy, které dodávají na náš trh osiva kukuřice. Tímto tématem se již od roku 2012 intenzivně zabývá i společnost P&L spol.s r.o., která jako jedna z prvních stroje pro úzkořádkové setí, nebo setí do

dvojřádků na trh v EU dodává. Z mnoha poloprovozních pokusů, které jsou zakládány v rámci celé ČR, je evidentní, že trend vyššího výnosu u technologie úzkořádků je nesporný. Stejně poznatky vykazují i studie ze zahraničí, a to především z USA.

Zemědělský podnik, který se aktuálně rozhodne v rámci obnovy strojního vybavení pro novou technologii setí kukuřice a souběžně s tím je nucen kukuřici set na MEO pozemcích, má v podobě úzkořádkové technologie k dispozici řešení, které v sobě spojuje ekologický a ekonomický přístup.

Mnoho zemědělských podniků hospodaří v oblastech, kde je poměrně mnoho pozemků zařazeno v MEO, a tyto podniky jsou nuceny pěstovat kukuřici i na těchto pozemcích. Často se ovšem nejedná o celou plochu pozemku, ale pouze o její části, které jsou tak svahovité, že už jsou zařazeny do MEO. Z organizačně ekonomického hlediska ovšem není vhodné volit dvě technologie založení porostu kukuřice, a to na části v pásmu MEO a na zbytku pozemku, který je mimo ohrožení. Zemědělská praxe očekává, že budou k dispozici pro tyto případy v rámci opatření DZES navrženy takové technologické postupy, které budou jednoduché, účinné a bez dodatečných velkých investic. Budou to technologie, které dosáhnou vysokého výnosu a budou protierozní. Technologie, které se budou moci uplatnit v rámci celého technologického postupu v podniku a nevyžádají si další náklady a budou organizačně jednoduché. Z těchto pohledů je vysoce pravděpodobné, a již několikaletými praktickými zkušenostmi v podnicích potvrzené, že technologie úzkořádkového setí kukuřice do meziplodiny bude patřit právě k těm velice efektivním a často využívaným.

Technologie setí do úzkořádků sebou nepřináší výrazně vyšší náklady na provoz ani na pořízení. Vedle toho technologie zakládání meziplodin pro jarní širokořádkové plodiny má jednoznačný nejen protierozní efekt, ale pozitivně ovlivňuje pedologický stav půdy, působí jako stabilizátor dusíku v době vegetace meziplodiny, a v neposlední řadě dodává do půdy tolik potřebnou organickou hmotu. Spojení technologie setí kukuřice do úzkých řádků spolu se systémem setí do meziplodin spolu přináší jednoznačný protierozní efekt a společně tyto systémy podporují vysoký výnos, jsou organizačně jednoduché a investičně nenáročné. Technologie úzkořádků na rozdíl od klasické rozteče řádků poskytuje uživateli možnost set i jiné plodiny (sója, čirok, řepku olejku a další), pro které je vzdálenost řádků 0,375 podstatně vhodnější, než je tomu u klasické rozteče.

Technologie setí do úzkých řádků není v České Republice úplnou novinkou. Tímto směrem se již vydala více jak desítka zemědělských podniků, které

byly pravděpodobně motivovány více ekonomickým přínosem technologie. Pokud však budou nuceny pěstovat kukuřici i na MEO pozemcích, je tato technologie přidanou hodnotou. Tím je ekologicky akceptovatelný způsob pěstování kukuřice, kdy bude dostatečně chráněna půda, a tím i životní prostředí.

Seznam zkratek

VZP	Vertikální zpracování půdy
HZP	Horizontální zpracování půdy
PRV	Program rozvoje venkova
PPV	Povinné požadavky na hospodaření
GAEC	Good Agricultural and Environmental Conditions
DZES	Dobrý zemědělský a environmentální stav
MEO	Mírně erozně ohrožená půda
ZPF	Zemědělský půdní fond
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav

Seznam použité literatury

- BADALÍKOVÁ B., HRUBÝ J., 2009: *Využití netradičních mezipločin při protierozní ochraně půdy*, Zemědělský výzkum, spol. s.r.o., Troubsko, 10 s.
- BIRKÁS, M. a kol., 2002: *Environment conservation and energy saving tillage*, Gödöllő, Szent István University. 345 s.
- BOARDMAN J., POESEN J., 2006: *Soil Erosion in Europe*, British Library Cataloguing in Publication Data, 855 s.
- BRTNICKÝ M. a kol., 2012: *Degradace půdy v České republice*, VÚMOP, Praha, 91 s.
- DIVIŠ J., KAJAN M., 2010: *Kukuřice v Praxi 2010*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 55 s.
- DUVICK, D. N., 1977: *Genetic rates of gain in hybrid maize yields during the past 40 years*, *Maydica* 12:187-196
- FOSTER G. R., RENARD K. G., 2002: *Soil Erosion*, Library of Congress Cataloging, USA, 338 s.
- HŮLA J., 2000: *Pŕdoochranné technologie zakládání porostů plodin*, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 46 s.
- HŮLA J., 2010: *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí*, Výzkumný ústav zemědělské techniky v.v.i., Praha, 58 s.
- HŮLA J., PROCHÁZKOVÁ B., 2008: *Minimalizace zpracování půdy*, Profi Press s.r.o., Praha, 246 s.
- HŮLA J., JANEČEK M., KOVAŘÍČEK P., BOHUSLÁVEK., 2005: *Agrotechnical Erosion Control Measures*, Research Institute for Soil Water Conservation, Praha, 48 s.
- JANEČEK M., PASÁK V., TIPPL M., PIVCOVÁ J., 1998: *Nové směry v protierozní ochraně půdy*, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 55 s.
- JANEČEK M., 2002: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*, ISV nakladatelství, Praha, 201 s.
- JANEČEK M., 2008: *Základy erodologie*, Česká zemědělská univerzita, Praha, 172 s.
- KAČICOVÁ L., PROKEŠ K., 2011: *Kukuřice v Praxi 2011*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 55 s.

- KADLEC V. a kol., 2013: *Ověřování půdoochranné technologie pěstování kukuřice s meziřádkovou vzdáleností 45 cm s možností zařazení technologie do Seznamu specifických půdoochranných technologií využitelných na MEO plochách v rámci plnění podmínek standardu GAEC 2*, VÚMOP v.v.i., Praha 5 – Zbraslav, 21 s.
- KOBZOVÁ D. a kol., 2014: *Závěrečná zpráva o plnění zakázky Zpracování analýzy podmínek GAEC týkající se půdoochranných technologií s cílem metodického nastavení vybraných půdoochranných technologií vyplývajících ze smlouvy o dílo č. 1161-2014-14143*, VÚMOP v.v.i., Praha 5 – Zbraslav, 137 s.
- KOUŘIL M., 2011: *Kukuřice v Praxi 2011*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 55 s.
- KOVAŘÍČEK P., HŮLA J., ABRHAM Z., VLÁŠKOVÁ M., 2014: *Systém hospodaření s cílem omezit nežádoucí zhutnění půdy a zvýšit propustnost půdy pro vodu* VÚMOP, Praha, 40 s.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 201: *Příručka ochrany proti vodní erozi*, MZE, Praha, 54 s.
- PODHRÁZSKÁ J., DUFKOVÁ J., 2005: *Protierozní ochrana půdy*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 99 s.
- PRAŽAN J., KRŽÍŽ Z., 1997: *Vliv zemědělství na životní prostředí*, Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky, Praha, 49 s.
- ROSE C. W., 2004: *An Introduction to the Environmental Physics of Soil, Water and Watersheds*, Cambridge university press, Cambridge, 441 s.
- ROUNSEVELL M. D. A., LOVELAND P. J., 1994: *Soil Responses to Climate Change*, Soil Survey and Land Research Centre, Bedfordshire, 313 s.
- SHUKLA M. K., 2011: *Soil Hydrology, Land Use and Agriculture*, CAB International, USA 427 s.
- ŠARAPATKA B., DLAPA P., BEDRNA Z., 2002: *Kvalita a degradace půdy*, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 246 s.
- ŠEDEK A., 2011: *Kukuřice v Praxi 2011*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 55 s.
- ŠEDKOVÁ L., 2012: *Bakalářská práce – Protierozní opatření v systému pěstování kukuřice*, ČZU, Praha, 59 s.
- ŠUK J., BALÍK J., JACOB E. [eds], 1998: *Kukuřice*, VP Agro, Kněžves, 131 s.
- MZ, 2010: *Kontrola podmíněnosti*, Ministerstvo zemědělství, Praha, 112 s.
- TOMAN F., 1996: *Protierozní ochrana půdy*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 73 s.
- VAVŘINA M., SEDLÁČEK M., STROPNICKÝ M., 2009: *Kukuřice v Praxi 2009*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 47 s.

ZEMAN L., PROKEŠ K., 2010: *Kukuřice v Praxi 2010*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 55 s.

Časopisy:

KOBZOVÁ D., KRISTENOVÁ H., 2012: *Organizační, technická a agrotechnická protierozní opatření*, Agromanuál, č. 3:86-88

STONE R.P., MOORE N., 1996: *Control of soil erosion*, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, č. 95-089

ŠEDEK A., 2012: *Náskok díky technologii*, Farmář, č. 4:24-25

ŠEDEK A., 2012: *Technika Kinze pro setí kukuřice*, Mechanizace, č. 2:21-23

Web:

www.eagri.cz [online]. cit. [2015-2-14]. Dostupné z:
<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/dobry-zemedelsky-a-environmentalni-stav/aktualni-zneni-standardu-gaec-2-od-1-1.html>

www.eagri.cz [online]. cit. [2015-2-14]. Dostupné z:
http://eagri.cz/public/web/file/361767/IV_Prirucka_CC_vlastni_material_web.pdf

www.pal.cz [online]. cit. [2015-3-21]. Dostupné z: <http://www.pal.cz/Zemedelska-technika/Kinze/Kinze-3000/Seci-stroje-Kinze-3600>

www.lemken.cz [online]. cit. [2015-3-8]. Dostupné z: <http://www.lemken.cz/rubin-47>

Seznam obrázků

Obr. 1: Vodní eroze

Obr. 2: Větrná eroze

Obr. 3: Schéma vertikálního zpracování půdy kypřičem do hloubky až 30 cm

Obr. 4: Hlubkový kypřič Great Plains Turbo Chisel TCN 5311 pracuje až do hloubky 34 cm. Půdu v celém profilu nadzvedává, ale neobrací. Rozteč pracovních orgánů je 38 cm

Obr. 5: Ukázka rýhové eroze na pokusné ploše v roce 2013

Obr. 6: Pohled z boku na složený simulátor

Obr. 7: Pohled na rozložený simulátor

Obr. 8: Průtokoměr simulátoru s překlápěcím mechanismem

Obr. 9: Způsoby setí kukuřice

Obr. 10: Porosty kukuřice založené klasicky s roztečí 75 cm a úzkořádkově s roztečí 37,5 cm

Obr. 11: Secí stroj KINZE 3500 8 R Interplant

Obr. 12: Diskový podmítač Lemken – Rubín

Obr. 13: Varianta V1

Obr. 14: Varianta V2

Obr. 15: Varianta V3

Obr. 16: Varianta V4

Obr. 17: Varianta V1

Obr. 18: Varianta V2

Obr. 19: Varianta V3

Obr. 20: Varianta V4

Obr. 21: Varianta V5

Obr. 22: Varianta V5

Obr. 23: Přímé setí 0,75 m

Obr. 24: Přímé setí 0,375 m

Obr. 25: Úzký řádek - přímé setí

Obr. 26: Široký řádek - přímé setí

Obr. 27: Úzký řádek - konvenčně

Obr. 28: Široký řádek - konvenčně

Seznam tabulek

Tab. 1: Pravděpodobnost výskytu erozně nebezpečných dešťů

Tab. 2: Režim simulace

Tab. 3: Výsledky prvního měření 2013

Tab. 4: Výsledky druhého měření 2013

Tab. 5: Výsledky třetího měření 2013

Tab. 6: Výsledky prvního měření 2014

Tab. 7: Výsledky druhého měření 2014

Tab. 8: Výsledky třetího měření 2014

Tab. 9: Výnosové ukazatele technologií pěstování kukuřice na siláž s odlišnou meziřádkovou vzdáleností a výsevkem

Tab. 10: Výsledky slizní kukuřice 2013

Tab. 11: Výsledky slizní kukuřice 2014

Tab. 12: Výsledky sklizní kukuřice 2014, Dolní Heřmanice

Seznam grafů

Graf 1: Penetrometrický odpor půdy konvenční a půdoochranné technologie

Graf 2: Souhrn srážek během vegetační doby

Graf 3: Souhrn srážek během vegetační doby

Graf 4: Ztráty půdy po prvním zadeštění

Graf 5: Ztráty půdy po druhém zadeštění

Graf 6: Ztráty půdy po prvním zadeštění

Graf 7: Ztráty půdy po druhém zadeštění

Graf 8: Ztráty půdy po prvním zadeštění

Graf 9: Ztráty půdy po druhém zadeštění

Graf 10: Ztráty půdy 1. termín měření – první zadeštění

Graf 11: Ztráty půdy 1. termín měření – druhé zadeštění

Graf 12: Ztráty půdy 2. termín měření – první zadeštění

Graf 13: Ztráty půdy 2. termín měření – druhé zadeštění

Graf 14: Ztráty půdy 3. termín měření – první zadeštění

Graf 15: Ztráty půdy 3. termín měření – druhé zadeštění

Graf 16: Výnos sušiny nadzemní hmoty kukuřice při různé meziřádkové vzdálenosti a odlišných výsevcích v roce 2013

Graf 17: Výnos sušiny nadzemní hmoty kukuřice při různé meziřádkové vzdálenosti a odlišných výsevcích v roce 2013

Graf 18: Výnos sušiny nadzemní hmoty kukuřice při různé meziřádkové vzdálenosti a odlišných výsevcích v roce 2014

Graf 19: Výnos sušiny nadzemní hmoty kukuřice při různé meziřádkové vzdálenosti a odlišných výsevcích v roce 2014