

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
TECHNICKÁ FAKULTA
KATEDRA ZEMĚDĚLSKÝCH STROJŮ



VLIV ZPRACOVÁNÍ PŮDY NA POVRCHOVÝ
ODTOK A SMYV ZEMINY

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Novák

Autor práce: Bc. Lucie Červenková

Praha 2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra zemědělských strojů

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Červenková Lucie

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Vliv zpracování půdy na povrchový odtok a smyv zeminy

Anglický název

Effect of soil tillage on surface runoff and erosive wash

Cíle práce

Cílem práce je vyhodnotit vliv zpracování půdy na povrchový odtok při pěstování polních plodin včetně širokořádkových. Mimo povrchového odtoku bude hodnocen i smyv zeminy, zejména v období výskytu přivalových dešťů. Rovněž dojde k vyhodnocení naměřených výsledků včetně ekonomické úvahy.

Metodika

Literární rešerže soudobé odborné literatury věnované problematice půdy, jejího zpracování a vodní eroze. Experimentální část práce bude věnována hodnocení povrchového odtoku a smyvu zeminy v rámci založeného polního pokusu. Tyto ukazatele budou měřeny metodou stálých sběrných nádob. Po naměření bude následovat statistické zhodnocení a závěrečná diskuze. V závěru budou vysloveny doporučení a praktický dopad včetně ekonomického vyhodnocení.

Osnova práce

1. Úvod
2. Zpracování půdy a vodní eroze
3. Cíl práce a metodika
4. Výsledky a jejich vyhodnocení
5. Ekonomické zhodnocení
6. Závěr

Rozsah textové části

55 stran

Klíčová slova

půda, zpracování půdy, povrchový odtok, širokořádkové plodiny

Doporučené zdroje informací

Bagarello, V., Ferro, V., 2007. Monitoring plot soil erosion and basin sediment yield at Sparacia experimental area. Changing soil in a changing world: the soils of tomorrow. ESSC, Palermo: 67 - 74.
Hůla, J., Procházková, B. et al., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Profi Press s.r.o., Praha, 248 p.
Janeček, M. et al., 2002. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha, ISV, 200 p.
Morgan, R. P. C., 2005: Soil erosion and conservation. Third Edition. Blackwell Publishing company, Malden, USA. p. 304.
Valla, M. et al., 2002: Pedologické praktikum. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, 151 p.
Další zdroje: odborné články (Mechanizace zemědělství, Agritech science, Soil Tillage Research)

Vedoucí práce

Novák Petr, Ing.

Termín zadání

listopad 2012

Termín odevzdání

duben 2014



doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 18.3.2013

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Vliv zpracování půdy na povrchový odtok a smyv zeminy“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu literatury.

V Kladně dne

.....
Lucie Červenková

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Petru Novákovi za odborné konzultace a za vedení při vypracování diplomové práce.

Abstrakt: Tato diplomová práce je věnovaná problematice vodní eroze z hlediska metod zpracování půdy. Práce začíná Úvodem, který obsahuje obecný komentář k problému. Kapitola „Zpracování půdy“ obsahuje soudobé poznatky o systémech zpracování půdy. Kapitola „Vodní eroze“ popisuje druhy a účinky vodní eroze včetně opatření proti ní. Kapitola „Metodika“ popisuje polní pokus a metodu měření. Vlastní práce spočívá ve zhodnocení výsledků polního pokusu. V poslední části je uvedeno ekonomické zhodnocení nákladů pro jednotlivé metody založení porostu. Práce je zakončena závěrem.

Klíčová slova: půda, zpracování půdy, povrchový odtok, širokořádkové plodiny

Effect of soil tillage on surface runoff and erosive wash

Summary: This thesis is devoted to problems of water erosion in terms of soil tillage methods. The work begins with an introduction that includes a general comment on the issue. The section "Soil tillage" includes contemporary knowledge of tillage systems. Chapter "Water erosion" describes the types and effects of water erosion including measures against it. The chapter "Methodology" describes field experiment and measurement methods. Custom work is to evaluate the results of the field trial. The last section describes the economic evaluation of the costs for each method of stand establishment. The work ends with the conclusion.

Key words: soil, soil tillage, surface runoff, wide rows crops

Obsah

1	Úvod.....	2
2	Zpracování půdy a vodní eroze.....	3
2.1	Půda a půdní vlastnosti.....	3
2.1.1	Složení půdy	3
2.1.2	Zrnitost půdy.....	4
2.1.3	Struktura půdy.....	5
2.1.4	Fyzikální vlastnosti půdy	5
2.1.5	Technologické vlastnosti půdy	10
2.1.6	Chemické vlastnosti půdy	10
2.2	Zpracování půdy.....	13
2.2.1	System zpracování půdy	13
2.2.2	Základní zpracování půdy.....	15
2.2.3	Ochranné zpracování půdy	18
2.2.4	Zpracování půdy před setím a sázením.....	18
3	Eroze půdy	21
3.1	Druhy eroze	21
3.1.1	Následky eroze.....	22
3.1.2	Příčiny eroze	24
3.2	Vodní eroze	25
3.3	Povrchový odtok a vliv organické hmoty	27
3.4	Protierozní opatření.....	29
3.4.1	Protierozní opatření organizačního charakteru	30
3.4.2	Protierozní opatření agrotechnického charakteru	32
3.4.3	Protierozní opatření technického charakteru	33
4	Cíl práce.....	34
5	Metodika	35
5.1	Výsledky a diskuze	38
5.1.1	Výsledky měření srážek.....	38
5.1.2	Výsledky z měření metodou odtokových mikroparcelek	40
6	Ekonomické zhodnocení.....	51
6.1	Založení porostu kukuřice.....	51
6.2	Založení porostu ovsa	53
7	Závěr	55
8	Literatura.....	56

1 Úvod

Půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů na Zemi. Starověké říše a kultury se vždy v minulosti lokalizovaly právě na místa s dostatkem kvalitních pozemků vhodných pro pěstování plodin. Obecnou vlastností půdy je její pomalá obnovitelnost. Poškození půdního prostředí různými vlivy je naopak velice snadné a bývá patrné i po mnoho desítek let.

V současné době neustálým nárůstem počtu obyvatel dochází ke stoupajícímu zatížení půdních zdrojů na celém světě. Mezi základní rizika pro snížení kvality zemědělské půdy patří vodní a větrná eroze, úbytek organické hmoty v půdě, omezení biologických aktivit v půdě a zhutnění půdy zejména technogenního charakteru (Hůla et al., 2010).

Při degradaci zemědělské půdy velmi často dochází ke kombinaci všech výše uvedených jevů. Rovněž lze nalézt příčinnou souvislost mezi těmito nežádoucími jevy. Půda degradovaná jedním z těchto jevů ztrácí často odolnost vůči dalším rizikům.

V podmínkách ČR vodní eroze představuje vážný problém vzhledem k vysoké průměrné svažitosti zemědělské půdy. Na rozdíl od zemědělsky nejvýznamnějších států. Kde větší problém představuje eroze větrná. Z globálního pohledu jde o problém celosvětového významu, který každoročně způsobuje obrovské škody na zemědělské půdě (Morgan, 2005). Vodní eroze způsobuje degradaci půdy, která snižuje produkční schopnost půdy.

Samotná vodní eroze má příčinný charakter vzhledem k erodovatelnosti půdy. Erodovatelnost půdy závisí na řadě půdních vlastností fyzikálního, chemického a mineralogického charakteru, které se dají poměrně snadno změřit (Kinnel 1993). Mimo těchto přirozených a těžko ovlivnitelných parametrů na erozi půdy rovněž působí technologický systém obhospodařování.

V současné době dochází v podmínkách ČR k obrovskému nárůstu ploch pěstovaných širokořádkových plodin, zejména kukuřice. Pěstování těchto plodin v kombinaci s výše zmíněnou svažitostí pozemků představuje nárůst rizika poškození půdního fondu vodní erozí. Plochy kukuřice rostou zejména z důvodů budování bioplynových stanic pro produkci elektrické energie. Možnosti omezení rizika spočívají i ve volbě vhodných technologií zpracování půdy a založení porostu.

2 Zpracování půdy a vodní eroze

2.1 Půda a půdní vlastnosti

Půda je neobnovitelným přírodním zdrojem, je charakteristickou složkou krajiny. Pro zemědělství je půda především stanovištěm pěstovaných rostlin, dále také prostředkem k výrobě potravin rostlinného původu, krmiv pro hospodářská zvířata a surovin pro nepotravinářské využití. Úrodnost půdy a jejích ekologických funkcí by mělo být při hospodaření na půdě trvale v popředí zájmu (Hůla et al. 1997).

Půda je nejsvrchnější porézní pevné zemské kůry, která je složena z minerálních částic různé velikosti, živých organismů, odumřelých zbytků a organických látek v různém stupni rozkladu a syntézy. Je postoupena vodou a vzduchem. Při hospodaření na půdě by v prostředí zájmu mělo trvale být uchování úrodnosti půdy a jejích ekologických funkcí (Kumhála et al. 2007).

2.1.1 Složení půdy

Půda je složena ze tří složek různého skupenství. A to složka pevná, kapalná a plynná.

- Pevná fáze –
 - Minerální podíl tvoří zbytky hornin a prvotních minerálů vzniklých mechanickým rozpadem pevné mateční horniny a jílových minerálů, které vznikly jejich proměnou a novotvarů, které vznikly spojováním nejmenších částic zvětraliny nebo chemickými reakcemi jako nové chemické sloučeniny.
 - Organický podíl je rostlinného nebo živočišného původu. Má složku živou (tzv.edafon) a složku tvořenou odumřelými zbytky rostlin a živočichů v různém stadiu rozkladu a přeměny (tzv.humus).
- Kapalná fáze –
 - Je půdní voda v různých formách a půdní roztok, jehož složení a vlastnosti se stále mění (roční dobou, vlivem srážek, biologickou aktivitou atd.).

- Plynná fáze –
 - Je půdní vzduch složený z různých plynů. A to zejména dusíku a kyslíku, vodní páry a oxidu uhličitého (Pokorný, Šarapatka 2003).

V orných půdách převládá pevná fáze nad kapalnou a plynnou. Fáze kapalná převládá pouze dočasně, a to po silných deštích, při záplavách nebo trvale v půdách zamokřených podzemní vodou nebo v půdách ležících pod vodní hladinou.

Zvláštní a důležitou součástí půdy jsou částice mikroskopických rozměrů, jejichž velikost je menší než tisícina milimetru). Tyto částice jsou obecně nazývané koloidy. Dle původu je rozdělujeme na minerální a organické. Minerální koloidy jsou tvořeny částicemi jílu, křemičitanů, kyseliny křemičité, hydroxidu hlinitého, hydroxidu železitého atp. Organické jsou tvořeny především tzv. humusovými látkami. Velmi často dochází ke spojování organických a minerálních koloidů za vzniku organominerálního komplexu.

Přítomnost koloidů významně ovlivňuje fyzikální, fyzikálně-chemické a chemické vlastnosti půdy. Působí zejména na půdní soudržnost, tvárnost, propustnost pro vodu a kornatění půdy. Mají schopnost poutat vodu a výrazně ovlivňují vodní režim půdy.

Velmi významnou vlastností je schopnost na sebe pevné látky i plyny. Tato schopnost souvisí s velkým povrchem koloidů. Povrch koloidů může být stejně velká jako celá naše republika. Schopnost půdních koloidů na sebe poutat látky se označuje jako půdní sorpce. Půdní sorpce se zvětšuje s rostoucím obsahem jílovitého podílu. Půdy s velkou sorpcí lépe odolávají rušivým vlivům (okyselování) než půdy s malou sorpcí (Pokorný, Šarapatka 2003).

2.1.2 Zrnitost půdy

Zrnitostní složení půdy je jedním z nejvýznamnějších půdních charakteristik ovlivňujících fyzikální, chemické (sorpční) a biologické vlastnosti půdy a dále její zpracovatelnost a úrodnost. Zrnitost je dána zastoupením jednotlivých velikostně rozdílných minerálních částic. Největší význam pro půdy má jejich obsah tzv. jemnozemi, tj. v sumě minerálních částic o velikosti pod 2 mm v průměru. U vzorků jemnozeme se také provádí většina půdních rozborů. Částice, které jsou větší, než 2 mm nazýváme skelet a rozdělujeme ho na hrubý písek (2-4 mm), štěrk (4-30 mm), kameny (>30 mm) a balvany (>300 mm) (Vopravil et al. 2010).

Důležitou klasifikační jednotkou půdy je půdní typ. Typ půdy je dán vznikem půdy pod vlivem půdotvorných procesů v průběhu vývoje půdy. Představuje tedy skupinu půd, které se vyvíjely za obdobných podmínek a mají srovnatelnou přirozenou úrodnost (černozem, hnědozem, ilimerizovaná půda, rendzina, hnědá půdy, nivní půda, lužní půda aj.) (Hůla et al. 1997).

2.1.3 Struktura půdy

Struktura půdy je prvořadou půdní vlastností. Úzce spolurozhoduje o úrodnosti půdy a je třeba ji posuzovat vždy s ohledem na všechny ostatní půdní vlastnosti. Strukturu půdy ovlivňují mechanické, chemické a biologické změny, které působí na strukturu půdy v kladném i záporném smyslu. Cílem je, aby v soustavě hospodaření na půdě převládal kladný vliv zásahů pro tvorbu stabilní drobtovité struktury především v ornici. Kromě zpracování půdy je třeba do tvorby struktury půdy zapojit ostatní faktory. Jako je vhodná skladba plodin, osevnický postup, hnojení (organické i minerální).

Při obhospodařování půdy je třeba všestranně omezovat negativní vlivy, které způsobují destrukci drobtovité struktury. Negativním vlivem mohou být těžké mechanizace a nadměrná chemizace (Šimon, Lhotský et al. 1989).

2.1.4 Fyzikální vlastnosti půdy

U fyzikálních vlastností půdy se změna jednoho činitele projevuje na změně ostatních. Vztah fyzikálního stavu půdy a kultivačního zásahu je oboustranný. Dobrá znalost fyzikálního stavu půdy umožňuje volbu vhodné technologie zpracování. Růstovým požadavkům pěstovaných rostlin mohou fyzikální vlastnosti půdy vyhovovat nebo vyžadují změnu, když jsou půdní charakteristiky pro pěstování rostlin nepříznivé. S fyzikálními vlastnostmi půdy úzce souvisí hospodaření s vodou v půdě, zásobování rostlin vodou a živinami, fyzikálně-chemické procesy, vývin kořenového systému a biologická činnost půdy (Hůla, Procházková et al. 2008).

Základní fyzikální vlastnosti jsou určovány poměrem půdních fází. Rozdělují se do tří skupin:

- vlastnosti určované působením fyzikálních sil na pevné půdní částice (soudržnost, přilnavost, struktura),
- vlastnosti určované vztahem mezi půdní fází pevnou, kapalnou a plynnou (pórovitost, vzdušná a vodní kapacita),

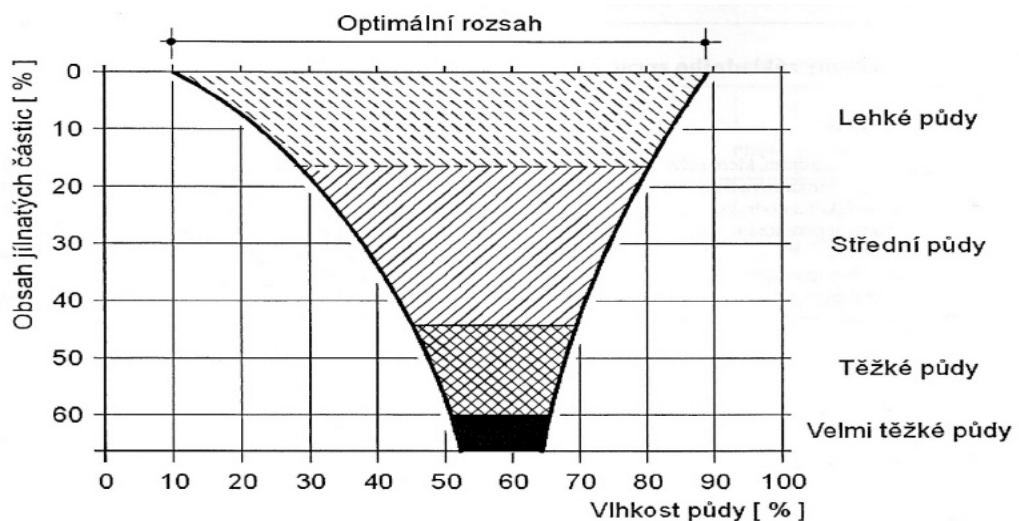
- vlastnosti podmíněné vztahy půdy k teplotě a světlu (tepelná jímavost, barva půdy).

Ke stanovení fyzikálních vlastností se odebírají vzorky půdy do Kopeckého válečku. Jeho obsah je 100 cm^3 . Vzorek je odebrán v přirozeném stavu, tzn. je odebrán včetně pórů a obsažené vody (Pokorný, Šarapatka et al. 2003).

2.1.4.1 Vlhkost

Znamená množství vody v půdě ve chvíli odběru vzorku. Vlhkost se určuje vážením po odběru a vážením po úplném vysušení a vyjadřuje se v procentech. Vlhkost je velmi proměnlivou hodnotou, zejména v ornici. Závisí na srážkách, výparu, půdním povrchu atp. (Pokorný, Šarapatka et al. 2003).

Obr. 1: Optimální vlhkost půdy pro její zpracování



Zdroj: Pastorek et al. 2002

2.1.4.2 Měrná hmotnost

Udává hmotnost určitého objemu zeminy bez pórů (částičky půdy na sebe těsně doléhají). Závisí u ornic na obsahu humusu a pohybuje se od $2,5$ do $2,7 \text{ g.cm}^3$. Čím vyšší obsah humusu, tím menší měrná hmotnost (Pokorný, Šarapatka et al. 2003).

2.1.4.3 Pórovitost

Znamená celkový objem pórů v neporušené půdě. Povrchové horizonty minerální půdy mají pórovitost $40 - 60\%$ ($0,4 - 0,6 \text{ cm}^3 / \text{cm}^3$, což znamená, že $40 - 60\%$ objemu půdy je tvořeno póry, zbytek pevnými částicemi). Póry jsou vyplněny vodou nebo

vzduchem. Nižší hodnoty znamenají, že půda je fyzikálně poškozena a vyžaduje nakypření.

Pórovitost vypočítáme dle vzorce:

$$P = \frac{(s - o)}{s} * 100 [\%],$$

kde: P – pórovitost,

s – specifická (měrná) hmotnost

o – objemová hmotnost.

Pórovitost vyjadřujeme v objemových procentech nebo jako poměrné číslo bez udání rozměru, tzn., že nenásobíme 100.

Specifická (měrná) hmotnost je hmotnost objemové jednotky pevné fáze půdy bez pórů. Za předpokladu, že pevné částice dokonale vyplňují daný prostor. Specifická hmotnost závisí na obsahu různých minerálů a organických látek (tyto složky mají různou měrnou hmotnost).

Objemová hmotnost se udává jako hmotnost jednotky objemu půdy v neporušeném stavu. Objemová hmotnost zahrnuje jak pevné částice, tak póry (vyplněné vodou i vzduchem). Redukovaná objemová hmotnost (objemová hmotnost půdy po vysušení) pak udává hmotnost jednotky objemu půdy vysušené a neporušené. Půdy s vyšší pórovitostí mají objemovou hmotnost nižší než půdy, které jsou kompaktnější a mají méně pórů (Vopravil et al. 2010).

2.1.4.4 Půdní vzduch (vzdušná kapacita)

Je schopnost půdy jímat vzduch do půdních pórů. Provzdušenost půdy je momentní obsah vzduchu v pórech. Provzdušenost je hodnotou měnlivou podle obsahu vody v půdě. Na provzdušenost půdy má zpracování půdy podstatný vliv. Výměna vzduchu v půdě je důležitá jak z hlediska pěstovaných plodin, mikroorganismů a rozkladných procesů, tak i z pedologického i biochemického aspektu (Šimon, Lhotský et al. 1989).

Praktický význam má množství vzduchu, které v půdě zůstane po jejím nasycení vodou na hodnotu maximální kapilární kapacity. Tato hodnota se nazývá minimální vzdušnost a v ornici by neměla klesnout pod 10% (Pokorný, Šarapatka 2003).

Půdní vzduch určuje zásobu kyslíku pro respirující organismy (kořeny rostlin, mikroorganismy a půdní živočichy), ovlivňuje výměnu plynů mezi půdou a atmosférou a koncentraci jednotlivých plynů v půdě (Vopravil et al. 2010).

2.1.4.5 Půdní voda (vodní kapacita)

Půdy vodu nejen přijímají, ale také ji v sobě zadržují. Plná vodní kapacita udává největší množství vody, které může být do vody umístěno (hodnota je shodná s pórovitostí). V přírodě se vyskytuje jen u půd trvale zamokřených. Obsah vody v kapilárních pórech je hodnota maximální kapilární kapacity (stanovuje se odsáváním plně nasyceného vzorku na filtračním papíře, kdy voda z makropórů odteče gravitací a voda v kapilárních pórech zůstane. V našich půdách se maximální kapilární kapacita pohybuje v hodnotě od 30 do 40 %. Neměla by ve většině orníc stoupnout nad 36% (Pokorný, Šarapatka 2003).

Voda se dostává do půdy především z atmosferických srážek, infiltrací z vodních nádrží a toků. Vzlínáním z hladiny podzemní vody a v menším množství kondenzací vodních par. Poměr množství vody k pevné fázi půdy je vyjádřen vlhkostí půdy (Vopravil et al. 2010).

Při sledování vztahů půdy k vodě rozeznáváme:

- Statiku půdní vody, kterou lze charakterizovat obsahem vody v půdě za určitých podmínek. Statika půdy je vyjádřena hodnotami momentní vlhkosti půdy, provlhlostí půdy různými hydrologickými konstantami.
- Dynamiku půdní vody. Tím se rozumí pohyblivost vody v půdě, projevující se zasakováním (infiltrací), prosakováním a vzlínáním.

Z důležitých funkcí, které vykonává voda v půdě, vyplývá i její rozhodující význam pro úrodnost půdy, protože voda spolu s živinami tvoří hlavní podmínky půdní úrodnosti. Jedním z podstatných úkonů obdělávání půdy je úprava vodního režimu půdy. Mezi obsahem vody v půdě a zpracováním vody existují vzájemné vztahy. Zpracováním půdy lze výrazně zlepšit vodní režim půdy (zasakování, infiltrace, hromadění vody v půdě a akumulace) nebo zvýšit ztráty vody z půdy (výpar) (Šimon, Lhotský et al. 1989).

2.1.4.6 Propustnost půdy pro vodu

Je schopnost propouštět vodu z půdního povrchu (zasakování). Proti zasakování je odpor půd ovlivňován velikostí a tvarem pórů, tlakem vzduchu, stupněm bobtnatelnosti koloidních látek a také zvrstvením půdního profilu. Nejpropustnější jsou půdy písčité a nejméně propustné jsou půdy jílovité. Propustnost může u velmi těžkých půd zcela zaniknout (Pokorný, Šarapatka 2003).

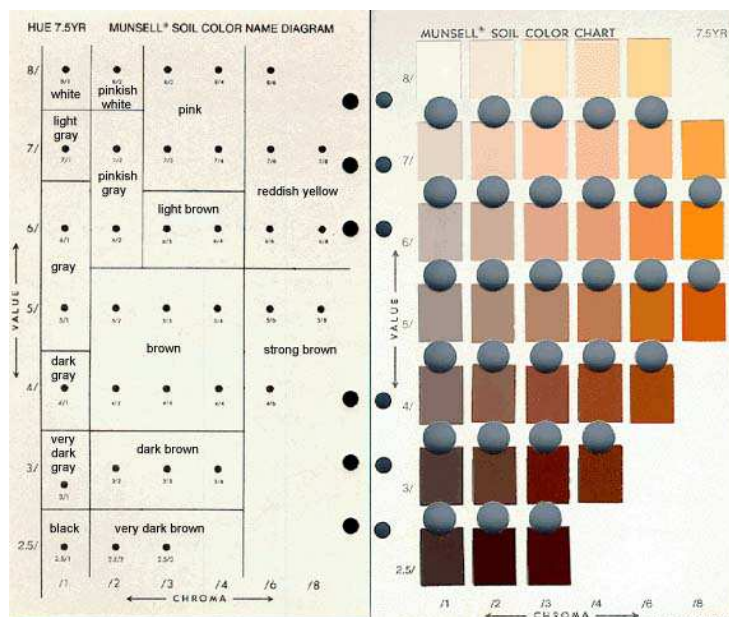
2.1.4.7 Hygroskopičnost

Je schopnost půdy poutat vzdušnou páru na povrchu půdních částic. Množství hydroskopické vody je proměnlivé. Závisí na vlhkosti vzduchu. Z půdních vlastností závisí na zrnitostním složení. Největší hygroskopičnost mají jíly a nejmenší hygroskopičnost mají písky (Pokorný, Šarapatka 2003).

2.1.4.8 Barva půdy

Je určena převládajícím barevným tónem některé její barevné složky. Určuje jí její primární složení (barva mateční horniny), akumulace humusových látek, minulý i současný oxidačně-redukční stav v půdě. Je ovlivněna klimatem, ve kterém půda vznikla, nebo vzniká. Barvu ovlivňují povlaky látek na jemné zrnitostní frakci. Humifikované organické látky půdu zabarvují do šedé nebo černé barvy. Oxidy železa způsobují zabarvení žluté, hnědé, oranžové a červené barvy a povlaky oxidů manganu způsobují černé zabarvení. Vznik povlaků je pro jednotlivé půdy charakteristické. Hodnocení barvy se děje buď subjektivním slovním spojením několika barvu popisujících slov (např. rezavohnědožlutá), pořadí barev je uváděno od barvy, která je nejméně zastoupena, až po nejvýraznější. Objektivním způsobem, jak popsat barvu půdy je použití barevných tabulek (Munsellových tabulek). Obr. ukazuje jednu z 9 tabulek, která slouží pro popis půdní barvy (Vopravil et al. 2010).

Obr. 2: Munsellova tabulka



Zdroj: http://wgharris.ifas.ufl.edu/SEED/75yr_pg.jpg

Vzorek půdy je vizuálně porovnán s odstíny barev v tabulce. Samotný popis se pak skládá z kombinace označení odstínu (uvedeno v pravém horním rohu pravé stránky) a číselných souřadnic, které určují sytost barvy (osa x – chroma) a její hodnotu (osa y - value). Výsledný popis pak může vypadat takto 7.5 YR 3/3. Na levé stránce tabulky pak lze vyčíst slovní popis půdy odpovídajícího označení. V tomto případě se jedná o půdu dark brown – tmavě hnědá (Vopravil et al. 2010).

2.1.4.9 Půdní zralost

Stav, který umožňuje nejvhodnější mechanické obdělávání půdy. U písčitých půd trvá delší dobu než u jílovitých (minutové půdy) (Pokorný, Šarapatka 2003).

2.1.5 Technologické vlastnosti půdy

Technologické vlastnosti půdy přímo souvisejí se zpracovatelností půdy. Jsou ovlivněny zrnitostním složením, půdní vlhkostí, ale i obsahem humuse (Hůla et al. 1997).

2.1.5.1 Soudržnost půdy (koheze)

Schopnost půdních částic držet pohromadě. Těžké půdy se vyznačují velkou soudržností, zvláště za sucha. Při zpracování těžkých půd vznikají potíže s tvorbou obtížně zpracovatelných hrud. Naopak lehké půdy mají soudržnost malou, při zvýšení vlhkosti se jejich soudržnost mírně zvětšuje (Hůla et al. 1997).

2.1.5.2 Přílnavost půdy (adheze, lepidivost)

Schopnost půdy ulpívat na tělesech pronikajících do půdy. Především se nepříznivě projevuje při zpracování těžkých a velmi těžkých půd při vyšší dní vlhkosti, kdy zemina ulpívá na pracovních orgánech strojů. Tím se snižuje kvalita práce a zvyšuje se energetická náročnost zpracování půdy. Přílnavost je důležitým ukazatelem vhodnosti zahájení zpracování půdy po dešti nebo na jaře (Hůla et al. 1997).

2.1.6 Chemické vlastnosti půdy

Změny v podílu minerální i organické hmoty, tvoření nových sloučenin a jejich účast v dalších chemických reakcích představují chemické pochody a reakce nejdůležitějším činitelem v chemických pochodech je voda. Půdní voda hydratuje některé půdní složky, tím je časem činí přístupnějšími chemickým a fyzikálně-chemickým reakcím. Tím se relativní podíl půdní hmoty zvětšuje. Pokud je v půdě dostatek vody

v kapalné formě, tak probíhají chemické půdní pochody nepřetržitě. Voda tvoří s rozpuštěnými látkami půdní roztok, ve kterém jsou obsaženy převážně jednoduché sloučeniny (soli). Sloučeniny působí na půdní hmotu, tím z ní výměnnými reakcemi uvolňují další látky, s nimiž tvoří sloučeniny nové, ze kterých je část opět poutána půdní hmotou v pevné formě (Pokorný, Šarapatka 2003).

Během roku se mineralizuje, tzn., že se rozkládá na oxid uhličitý, vodu a minerální látky, velké množství organické hmoty. Oxid uhličitý, který se uvolňuje, přechází do půdního roztoku. Tím vzniká kyselina uhličitá s vysokou rozpouštěcí a reakční schopností. V půdním profilu se začnou rozpuštěné látky pohybovat a dochází k jeho rozčlenění na jednotlivé horizonty. Organické kyseliny, které vznikají přeměnou organických zbytků, rovněž urychlují rozpouštěcí účinek. Rozpouštěcím procesem dochází k uvolňování rostlinných živin. Tyto živiny rostlina selektivně a jen částečně pasivně neselektivně přijímá. Mezi minerální živiny patří fosfor, draslík, dusík, hořčík, vápník, železo, síra (mikroelementy), molybden, bór, mangan, zinek, měď, chlór (mikroelementy).

Chemické složení minerální a organické půdní hmoty ovlivňuje složení obou složek a reakcemi mezi nimi. Minerální podíl půdní hmoty lze rozdělit na dvě složky. První složkou je *skelet* (drť), který je složený ze zbytků mateční horniny. Skelet je víceméně odolný proti rozkladu. Je v něm obsažen křemík, hliník, železo, vápník, hořčík draslík aj. Druhou složkou je složka *jílovitá*, která se zúčastní přímo chemických pochodů. Obsahuje ještě další prvky, a to fosfor, chlór a síru. Organická složka má původ především v rostlinných zbytcích. Tyto zbytky jsou v různém stupni rozkladu a vznikají z nich látky nové. Organická hmota je tvořena kyslíkem, uhlíkem, dusíkem a vodíkem. Nejvíce je v organické hmotě obsažen uhlík, který zaujímá až 50% organické hmoty. Organická složka obsahuje i řadu prvků, které jsou využitelné jako rostlinné živiny (fosfor, draslík, vápník, hořčík aj.) (Pokorný, Šarapatka 2003).

2.1.6.1 pH půdy

Půdní reakce neboli kyselost půdy. Ovlivňuje růst rostlin, složení mikrobiálních společenstev, rozpustnost a dostupnost prvků, pohyblivost těžkých kovů, humifikační proces, pedogenezi půd apod. Půdní reakce se označuje symbolem *pH*. Ve vodních roztocích je definován jako záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů. Označuje se písmenem *a*.

$$pH = -\log (a (H_3O^+))$$

Rekce půdy má rozmezí hodnot od 0 do 14. Hodnota pH, která je rovna 7 označuje neutrální reakci. Čím menší číslo, než 7, tím je půda kyselejší a čím větší číslo, než 7, tím je půda více zásaditá (alkalická). Reakce půdy se dělí na reakci *aktivní* a *výměnnou*. Aktivní reakce popisuje aktuální stav půdního roztoku. Při stanovení aktivní reakce se proměřuje suspenze vody a vzorku půdy. Není v ní zahrnuta aktivita vodíkových iontů, které jsou poutány pevně na sorpčním komplexu půdy. Při stanovení výměnné reakce, je ke vzorku přidán roztok neutrální soli. Neutrální sůl vytěsňuje vodíkové ionty z vazebných míst a na sorpčním komplexu. V roztoku je následně stanoveno množství vodíkových iontů elektrodou nebo titračně. Hodnota reakce výměnné je nižší, než hodnota aktivní reakce, neboť se do ní promítnou i ionty vázané na sorpčním komplexu. Stanovení půdní reakce je prováděno dvěma elektrodami. A to elektrodou *srovnávací* a *měrnou*. Dnes se používají elektrody kombinované (Vopravil et al. 2010).

2.1.6.2 Sorpce půd

Sorpční komplex zadržuje ionty prvků a dynamicky je v případě potřeby uvolňuje do půdního roztoku, ze kterého jsou pak snadno přijímány rostlinami. V půdním složení jsou ionty vázány na odlišné složky. Na složku anorganickou a organickou. Množství sorbovaných iontů záleží na kvalitě a kvantitě obou částí, jak složky anorganické, tak organické. Sorpční schopnost půdy je nejvíce ovlivněna obsahem a kvalitou humusu a zároveň množstvím a druhem nejjemnějších jílnatých částic. Dále je primárně ovlivněna půdním druhem (charakterem matečního substrátu), půdním typem a pedogenetickými procesy. Rozdílné sorpční schopnosti mají totožné půdní typy vyvinuté na zrnitostně odlišných půdotvorných substrátech. Sorpce se dělí na *mechanickou*, *fyzikálně-chemickou*, *chemickou* a *biologickou*.

Při mechanické sorpci jsou částice mechanicky zadrženy např. v pórech, při fyzikálně-chemické je výměna iontů mezi povrchem a roztokem. Při chemické sorpci vzniká tvorba sraženin a nerozpustných sloučenin, které jsou posléze mechanicky zadrženy a biologická je sorpce látek těly rostlin a půdních organismů. Největší význam pro půdu má sorpce fyzikálně-chemická (výměnná). Na fázovém rozhraní pevné fáze půdy a půdního roztoku dochází k ustalování rovnováhy a neustálé výměně iontů. Náboj v roztoku musí být kompenzován stejným nábojem iontů poutaných na pevné fázi. Ionty jsou sorbovány na půdní sorpční komplex. Nebo jsou z něho uvolňovány do roztoku takovým způsobem, aby byl dosažen rovnovážný stav náboje. Rovnováha půdního prostředí je neustále narušována (např. odběry prvků rostlinami, minerálním a organickým

hnojením, mineralizací atd.) proto se jedná o jev neustále probíhající a dynamický (Vopravil et al. 2010).

2.1.6.3 Výměnné a přípustné ionty a živiny

Stanovení sumy bazických kationtů (S), nasycenost sorpčního komplexu bazickými kationty (V) a zastoupení jednotlivých výměnných iontů v sorpčním komplexu půdy (Ca^{2+} , Mg^{2+} a K^+) patří k základním chemickým ukazatelům. Jsou stanovovány na porušených půdních vzorcích a mají vztah k sorpčnímu komplexu půdy. Tyto charakteristiky jsou primárně ovlivněny složením matečného substrátu, pedogenetickými procesy, obsahem uhličitánů, hodnotou pH a úrovní organického a minerálního hnojení. Je nutné udržovat příznivé pH půdy a pravidelné organicky a dle potřeby i minerálně hnojit.

Suma bazických kationtů (krom vodíkových) popisuje zastoupení těchto iontů v sorpčním komplexu. Je udávána v *mmol/100 g půdy*. Nasycenost V udává procentické zastoupení bazických iontů v sorpčním komplexu. Nasycenost lze vypočítat ze vztahu:

$$V = \frac{S}{KVK} * 100$$

Ideálním stavem je docílení sorpčního nasycení půdy (Vopravil et al. 2010).

2.2 Zpracování půdy

2.2.1 Systém zpracování půdy

Pro označení postupů zpracování půdy, které zahrnují různou hloubku, intenzitu i odlišný způsob kypření půdy a zacházení s rostlinnými zbytky lze použít následující třídění:

- Konvenční zpracování půdy – je založené na každoročním zpracování půdy radličnými pluhy, kdy dochází k zapravování rostlinných zbytků a plevelů do půdy. Pluhem se půda drobí, mísí, kypří a obrací. Předseťová příprava a setí se uskutečňuje v oddělených operacích nebo se operace spojují. Při oddělených operacích se pro předseťovou přípravu využívají kombinátory. Při spojených operacích převládá využívání strojů s poháněnými pracovními nástroji ve spojení se secím strojem. Při setí se mohou použít radličkové secí botky s tupým úhlem vnikání do půdy.

- Konzervační (ochranné) zpracování půdy bez orby- kde není používán pluh. Orba je nahrazena mělkým kypřením bez obracení zpracovávané vrstvy půdy. Základním strojem je kypřič, u kterého mohou být voleny různé pracovní nástroje kypřičů v závislosti na různém stupni zapravení rostlinných zbytků či jejich ponechání na povrchu půdy. Povrch půdy by měl být celoročně pokryt rostlinnou biomasou.
- Přímé setí – zde odpadá jakékoliv zpracování půdy a setí se uskuteční přímo po sklizni hlavní plodiny. Tím odpadá jakýkoliv předchozí mechanický zásah do půdy. K zakládání porostů se používají speciální secí stroje, které jsou schopny zapravit osivo do nezpracované půdy. V daleko větší míře se také při přímém setí využívají herbicidy k boji proti plevelům (Kumhála et al. 2007).

Technologie bez orby jsou dlouhodobě v největší míře využívány v USA. Půdoochranné zpracování půdy zde bývá dále děleno na několik způsobů.

Rozdělení půdoochranné technologie na pět základních typů.

- **No-till** (direct-drilling, zero-tillage) - půda je narušená až při setí, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů.
- **Ridge-till** (zpracování půdy s vytvořením hrůbků) - do hrůbků o výšce 100 – 150 mm jsou vysety širokořádkové plodiny, například kukuřice, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů a kultivací. Vytvořené hrůbky mohou zůstat na pozemku i několik sezon, v jiném případě jsou každoročně obnovovány. Významná část rostlinných zbytků zůstává po zasetí na povrchu půdy.
- **Strip-till** (zpracování půdy v pásech) - je označení pro technologii, u které se půda zpracovává v úzkých pruzích, do nichž je uloženo osivo, mezi těmito pruhy zůstává půda mechanicky nezasažena, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů a kultivací.
- **Mulch till** – je technologie, při níž po zpracování půdy zůstane nejméně 30 % rostlinných zbytků na nebo blízko povrchu půdy, použitím radličkových, talířových a dlátových nástrojů pro zpracování půdy, ochrana proti plevelům je prováděna pomocí herbicidů a kultivací.
- **Reduced-till** – jiný systém zpracování půdy a setí, který zanechá nejméně 30 % pokryvnost rostlinných zbytků na povrchu půdy (Brady a Weil 1999).

2.2.2 Základní zpracování půdy

2.2.2.1 Podmítka

Podmítka je první zákrok zpracování půdy. Provádí se po sklizni obilnin, zrnin a píce sklizených v letním období. Účinky podmítky provedené ihned po sklizni zanechávající strniště jsou oceňovány. Úkolem je vytvoření příznivé podmínky pro klíčení semen a plodů plevelů a výdrolu obilnin či řepky. Vzešlé rostliny se zapracují do půdy a zničí. Provádí se to následující operací, zpravidla orbou. U jednoletých plevelů se ke klíčení vyprovokují podmítkou jen část semen a plodů plevelů z půdní zásoby. Je to způsobeno tím, že po určitou dobu zůstávají semena a plody plevelů v klidu a neklíčí ani při vytvoření příznivých podmínek ke klíčení. A v letním období bývá v půdě nedostatek vody.

Podmítkou jsou promíchány rostlinné zbytky a povrchová vrstva ornice. Podmítka hospodaří s půdní vodou, vytvoří izolační vrstvu, která omezuje výpar vody z půdy, což je v letních měsících zvláště důležité. Pro vodní bilanci může mít význam i tvorba rosy v nakypřené vrchní části ornice, tím usnadňuje zasakování vody při deštích.

Mezi další příznivé účinky podmítky patří potlačování chorob a škůdců plodin. Důležitá je podpora mikrobiální činnosti v půdě jejím provzdušněním. Podmítka, která je kvalitně a včas vykonaná významně usnadňuje následné zpracování půdy. Orba, která je nepodmítnuta je zvláště za suchého počasí spojena s tvorbou velkých hrud, zvýšenou spotřebou motorové nafty, nižší výkonností orby a větším opotřebením plužních čepelí.

Důležitým požadavkem je rychlý úklid slámy po sklizni obilnin, je-li sláma sklížena. Každý den zpoždění (kdy pozemek není podmítnut), způsobuje závažné ztráty půdní vláhy. Na nepodmítnutém pozemku se při teplém počasí beze srážek odpařuje až 30 m³ vody z jednoho hektaru za den. Ztráta vody výparem ztěžuje či znemožňuje založení porostů strniskových meziplodin a zapřičiňuje nerovnoměrné vcházení ozimých plodin (Hůla et al. 1997).

Z důvodu častějšího využívání slámy obilnin k zapravení do půdy, jsou kladeny nové nároky na podmítku a stroje, kterými se tato operace zajišťuje. Dle hloubky kypření lze rozlišit podmítku takto:

- mělká podmítka (do 8cm),
- středně hluboká podmítka (8 až 12 cm),
- hluboká podmítka (12 až 15 cm).

Mělká podmítka stačí ve vlhčích a chladnějších podmínkách a na lehkých půdách. Hlubší podmítka se provádí v teplejších a sušších oblastech, kde je potřeba vytvořit silnější vrstvu ve vrchní části ornice. Hlubší podmítka bývá doporučována na těžších půdách, avšak mohou zde nastat problémy s tvorbou velkých hrud s řadou nepříznivých důsledků, jako např. zhoršená zpracovatelnost hrud, vzcházení plevelů či výdrolu předplodiny. Hlubší podmítka se provádí i u pozemků s vytvořenými kolejami či se zbytky nesebrané slámy dále také v případě zapravování hnojiv podmítkou (Hůla et al. 1997).

Hluboká podmítka je vhodná pro zapravování rozdrčené slámy po sklízecích mlátičkách a k eliminaci utužených půdních vrstev. Pro mělkou podmítku na půdách lehkých a středních je vhodné použít radličkové kypřiče. Radličkové kypřiče se vyznačují vysokou výkonností a dobře promísí půdu. Je možné je použít také pro zapravení slámy do půdy (Pastorek et al. 2002).

2.2.2.2 Orba

Orba je základní operací zpracování půdy. Orba se provádí radličnými pluhy a jejím úkolem je půdu nakypřit, rozdrobit, obrátit a zapravit části rostlin popř. hnojiv z povrchu do půdy. Kvalitu orby zásadně ovlivňuje stanovení správné hloubky orby a její dodržení (Pastorek et al. 2002).

Po orbě zůstává na povrchu půdy minimum rostlinných zbytků, které se při použití předradličky ještě sníží. Při předcházející podmítce se rostlinné zbytky v povrchové vrstvě ornice promísí s půdou. Radlice pluhu tuto vrstvu uloží blízko dno brázdy a přiklopí jednotlivými skývami. Rozmístění těchto zbytků je závislé na faktorech drobení půdy. Tyto faktory jsou stav a druh půdy, způsob orby, tvar odhrnovací desky a pracovní rychlost. Typické pro orbu je, že vysoký podíl rostlinných zbytků je zaklopen až na dno brázdy. Při orbě do profilu je podobně jako rostlinné zbytky zapraven i kompost. V prvním roce po zapravení je ve spodní polovině zpracované vrstvy ornice (Kovaříček et al. 2012).

2.2.2.2.1 Hloubka orby

Hloubka orby se volí dle stavu půdy a požadavků následné plodiny v osevním postupu.

Klasické rozdělení orby dle hloubky:

- mělká orba (do 18 cm),
- střední orba (18 až 24 cm),

- hluboká orba (24 až 30 cm),
- velmi hluboká orba (více než 30 cm) (Hůla et al. 1997).

Mělká orba je určena pro půdy s malou vrstvou ornice a pro přípravu půdy k setí mezipločin. Střední orba se uplatní v přípravě půdy k obilovinám, luskovinám a olejninám a také jako podzimní orba pro brambory. Tato orba se používá k zaorávce organických popř. průmyslových hnojiv. Hluboká orba je nutná především pro cukrovku popř. jiné plodiny podobného charakteru (krmná řepa, některé zeleniny). Tato orba umožňuje hluboké provzdušnění půdy (Pastorek et al. 2002).

Z hlediska termínu provedení orby se orba rozlišuje:

- Letní orba – zpravidla mělká orba a musí být provedena po sklizni předplodiny se současným rozdrobením skýv. Letní orba je většinou určena k mezipločinám nebo k druhé plodině následující po sklizni předplodiny (ozimé směsky, rané brambory).
- Seťová orba – využívá se k ozimým obilninám a řepce. Její termín a kvalita provedení je závažná zejména z hlediska vysokých výnosů zrna obilnin. Proto je třeba, aby seťová orba byla provedena za příznivé vlhkosti půdy a včas. Má se orat nejméně 3 týdny před setím po předem provedené podmítce. Čím kratší je údobí mezi orbou a setím, tím více se zmenšuje hloubka orby (rovněž se snižuje na těžkých půdách). Na zrnitostním složení půdy a obsahu vody závisí přirozené slehnutí půdy. Pokud půda nemůže před setím přirozeně slehnout, je třeba proces ulehání urychlit utužením půdy pomocí válců a pěchů. Na těžších půdách jsou využívány speciální drtiče hrud.
- Podzimní orba- významně se podílí na biologických procesech v půdě, proto má být vykonána včas. Provádí se pro jarní obilniny, luskoviny, okopaniny a další plodiny seté a sázené na jaře. Umožňuje snadné zasakování vodních srážek do půdy. Naoraná ornice se většinou ponechává v hrubé brázdě vystavena mrazům.
- Zimní orba – opožděná zimní orba, se zpravidla dělá tehdy, když nelze včas provést podzimní orbu. Např. při převlhčení pozemku, při pozdní sklizni (cukrovky, krmné kapusty), nebo při předčasném zamrznutí půdy. Tato orba je vždy méně příznivá, než orba podzimní vykonaná včas, je však většinou vhodnější, než orba jarní.

- Jarní orba – je z agrotechnického hlediska nesprávná, neboť zhoršuje podmínky zasakování vody na podzim a v zimních měsících, zvyšuje podmínky zaplevelení především jednoletými plevelely a opožďuje termíny setí a sázení plodin. Je pouze nouzovým opatřením, jestliže nebyla z různých důvodů provedena orba podzimní. Při jarní orbě je nejzávažnější vystihnout vhodnou vlhkost pro její provedení. Doba mezi provlhčením půdy a příznivým vlhkostním stavem je zpravidla velmi krátká (Šimon, Lhotský et al. 1989).

2.2.3 Ochranné zpracování půdy

Ochranné zpracování půdy neboli konzervační zpracování půdy, je spojováno se zpracováním půdy bez obracení skývy. Příznivý vliv půdoochranných technologií na snížení povrchového odtoku vody a zvýšení infiltrace vody do půdy dokládá např. Truman, Shav a Reeves (2005).

Minimalizační technologie zpracování půdy snížily ztrátu půdy erozí o polovinu až dvě třetiny (Rasmussen 1999). Podobných výsledků dosáhli Tippl et al. (2001), který sledoval porosty kukuřice, varianty tradičně pěstované bez kypření a s kypřením svrchní vrstvy půdy.

Nejmenší odtok byl zaznamenán u bezorebné varianty s ponechanými posklizňovými zbytky a s prokypřením půdy. Půdoochranné zpracování půdy může zvýšit kapacitu hydraulické vodivosti půdy a tím i následně infiltraci vody do půdy. Z tohoto důvodu může přispívat k snížení povrchového odtoku vody a rizika eroze půdy. Na druhou stranu konvenční zpracování půdy vytváří homogenní vrstvu půdy, která může snížit vsakování vody do půdy (Titi 2002). Půdoochranné technologie může redukovat povrchový odtok a zvýšit infiltraci vody do půdy (Shipitalo et al. 2000).

2.2.4 Zpracování půdy před setím a sázením

Účelem zpracování půdy před setím a sázením je vytvořit vhodné podmínky pro uložení osiva a sadby do půdy. Je třeba půdu mělce nakypřit, rozdrobit hroudy, urovnat její povrch, utužit podpovrchovou vrstvu pro uložení osiva a přispět k odplevelení a zapravení hnojiva nebo pesticidů (Pastorek et al. 2002).

Tradiční předset'ová příprava půdy se skládá čtyř samostatných operací a to: smykování, vláčení, povrchové kypření a válení. Hlavním nedostatkem je mnohonásobný

přejezd po pozemku, který vede ke zhutňování půdy. Výhodou oddělených operací je lepší možnost likvidace plevelů (Pastorek et al. 2002).

Při předseťové přípravě půdy se vytváří lůžko osiva, které je charakterizováno mírně utuženou vrstvou půdy, na kterou má být uloženo osivo, a kyprou vrstvou půdy, kterou má být osivo zahrnuto. Spodní utužená část má osivu zajistit kontakt s kapilární vodou, kyprá zemina nad hloubkou uložení osiva umožňuje přístup vzduchu k osivu a usnadňuje vzcházení. Utužení vrstvy, na kterou je osivo uloženo, zabraňuje dodatečnému slehávání půdy po zasetí, kterým by byly poškozeny kořeny mladých rostlin (Hůla et al. 1997).

Pro zpracování půdy před setím a sázením se používají stroje s pasivními pracovními nástroji (vývodovým hřídelem traktoru nepoháněnými) a stroje s aktivními pracovními orgány (poháněnými vývodovým hřídelem traktoru). Stroje s pasivními nástroji účelně spojují funkci smyků, bran, kypřičů i válců. Moderní kombinátory (stroje s několika sekcemi různých pracovních nástrojů na jednom nosném rámu) umožňují sestavit sled pracovních orgánů dle požadavků na intenzitu urovnávání a mělkého kypření půdy, drobení hrud a utužení seťového lůžka. Jednotlivé sekce jsou umístěny na společném rámu. Jsou to sekce rovnacích smyků, drobicích válců, různých typů radliček a utužovacích válců. Pro moderní kombinátory je typické přesné dodržení hloubky. Proto je tato skupina strojů vhodná pro předseťovou přípravu půdy k plodinám náročným na kvalitu přípravy půdy a tvorbu seťového lůžka (cukrovka). Stroje s aktivními pracovními orgány umožňují dobře přizpůsobit intenzitu mechanického působení na půdu. Tyto stroje umožňují změnu otáček rotorů změnou převodového stupně v převodovce nebo výměnou ozubených kol. Je možné měnit převodovou rychlost, a to i řazením převodových stupňů v převodovce traktoru pod zatížením. Obvodová rychlost pracovních nástrojů je vždy větší než pojezdová rychlost (Hůla et al. 1997).

Funkce čtyř samostatných operací pro předseťovou přípravu lez charakterizovat takto:

- a) Smykování – je zpravidla prvním obdělávacím zásahem po orbě. Na jaře nastupuje bezprostředně po oschnutí hřebenů brázd.

Smykováním se:

- urovnává hřebenitý povrch půd,
- zmenšuje povrch pole,
- snižuje neproduktivní výpar vody z půdy při vytvoření slabé vrstvy nakypřené půdy,

- rozdrobují a zatlačují hroudy do půdy a současně se ničí mělkokořenní a klíčící plevely.
- b) Vláčení – při vláčení bránami se:
- urovnává povrch ornice,
 - kypří půda do hloubky 0,10 m (a více),
 - drtí hroudy,
 - rozrušuje půdní škraloup,
 - ničí plevely,
 - zavlačuje zaseté obilí,
 - zapravují do půdy průmyslová hnojiva a pesticidy.
- c) Kypření půdy – při předseťové přípravě se používá k:
- ničení plevelů,
 - drobení, kypření a provzdušnění půdy bez jejího obrácení do hloubky 0,08 – 0,20 m.
- Při kypření půdy nesmějí pracovní orgány zvyšovat hrudovitost, ani příliš přemísťovat zeminu.
- d) Válení – využívá se při vytváření vhodného osivového lůžka zejména pro drobnosemenné plodiny. Válením půdy se:
- zvyšuje objemová hmotnost půdy,
 - snižuje celková pórovitost především na úkor pórů nekapilárních,
 - upravuje vodní režim půdy,
 - snižuje hrudovitost a urovnává povrch půdy (Šimon, Lhotský et al. 1989).

3 Eroze půdy

Slovo „eroze“ je původu latinského a je odvozené od slova „erodere“ – rozhlodávat. Kořen tohoto slova „rodere znamená hledat, vytvářet na povrchu duté tvary. Slovo eroze se nejdříve používalo v geologii, kde se pod ním rozumělo vytváření dutých forem vodou. Tento jev se nejvíce rozšířil na konci 19. století, kdy se vodní erozi připisovalo velmi důležité místo, při utváření zemského povrchu v humidních oblastech. Tehdy se vodní erozí rozumělo především eroze říční (Zachar 1970).

Eroze se v současné době definuje jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu a jiných tzv. erozních činitelů.

Působením eroze se na jedné straně zemský povrch snižuje, na druhé straně vyvyšuje hromaděním usazených hmot – agraduje. Výsledkem je zarovnávání zemského povrchu – planace. Podmínkou sanačního procesu je, aby hmoty vyvýšených částí zemského povrchu byly rozpojitelné. To zajišťuje zvětrávání hornin. Čím je kypřejší zvětralinový plášť, tím může probíhat proces zvětrávání intenzivněji (Janeček et al. 2008).

Pod pojmem eroze půdy se všeobecně rozumí především mechanické rozrušování půdy vodou a větrem, popř. jinými destruktivními činiteli – ledem, sněhem apod. při tomto rozrušování dochází i k transportu a sedimentaci uvolněných částic (Janeček et al. 2002).

3.1 Druhy eroze

Dle erozních činitelů je možné erozi třídit na erozi vodní (akvatickou, či fluviální), větrnou (eolickou), ledovcovou (glaciální) a sněhovou (nivální).

- Vodní eroze – spočívá v rozrušování zemského povrchu dešťovými kapkami a povrchovým odtokem a dle formy se dělí na erozi plošnou, výmolnou a proudovou.
- Sněhová eroze – se liší od eroze dešťové, a to např. tím, že kinetická energie, kterou působí sněhové srážky při dopadu na povrch půdy je zcela zanedbatelná a všechna energie pochází pouze z odtékající vody. Voda v zimě zůstává dlouho stát na povrchu půdy nebo přeřinuje po jejím povrchu. Erozní působení vody z tajícího sněhu je o to intenzivnější, že v relativně krátkém čase může dojít k rychlému odtoku velkého množství vody se značnou potenciální transportní kapacitou. U zmrzlých půd je infiltrační kapacita půdy závislá na půdní vlhkosti

na začátku promrzání a také na tom, jak často se opakuje perioda tání a promrzání. Voda může během tání zaplnit póry v ještě promrzlém profilu a tím, že zamrzne, brání infiltraci. Na jedné straně tedy menší kinetická energie sněhových srážek, na straně druhé chybějící vegetační pokryv a půda nasycená vodou. Půda tedy není rozrušována dopadajícími kapkami jako při přívalových deštích, ale povrchový odtok je však mnohem vyšší a má větší transportní kapacitu, než by měl při srovnatelných letních srážkách. Ta ale není plně využita, protože půda může být erodována jen v té části půdního profilu, která už není namrzlá (Janeček et al. 2008).

K erozi půdy dochází i při pomalém, plazivém pohybu sněhu, a to především na závětrných svazích, kde se půda sesouvá ve směru sklonu svahu. Kromě mechanického tlaku sněhu erodování napomáhá nadměrné rozmáčení půdy a podpovrchová eroze (Zachar 1970).

- Větrná eroze – škody působí rozrušováním půdního povrchu mechanickou silou větru (abrazí), odnášením rozrušených půdních částic větrem (deflací) a ukládáním těchto částic na jiném místě (akumulací). Vlivem větrné eroze jsou na zemědělské půdě působeny škody odnosem ornice, hnojiv, osiv a ničením plodin. Další škody vznikají zanášením komunikací, vodních toků a jiných objektů, včetně znečišťování ovzduší, neboť větrem se dostávají do ovzduší nejjemnější půdní a mohou být příčinou i vzniku tzv. prašných bouří (Janeček et al. 2002).
- Ledovcová eroze – dominuje v chladných oblastech s průměrnou teplotou nižší než 0°C. Zvláštností ledovcové eroze je, že led působí při malých rychlostech svojí vahou. Proti jeho obrovské síle je účinek ochranných opatření, včetně vegetace, mizivý. Další zvláštností ledovcové eroze, že při ní se půda poškozuje jen na okrajích a na nových ledovcových drahách. Převážná část erozní energie se vynaloží na erodování skalnatého podloží. U nás se ledovcová eroze vyskytuje jen ve fosilních formách (Zachar 1970).

3.1.1 Následky eroze

Degradace půdy vlivem eroze, spolu s účinkem dalších nepříznivých faktorů, má za následek snížení produkční schopnosti půd. Mezi největší a nejvýznamnější problém patří degradace půdy ohrožující produkční schopnosti ekosystému.

Degradace půdy je nejčastěji definována jako pokles kvality a produkční schopnosti půd způsobené nesprávným využíváním lidmi. Pojem degradace vypovídá o nepříznivých změnách v koloběhu živin a organické hmoty v půdě, o změnách ve struktuře, textuře, resp. o nepříznivých změnách chemických, fyzikálních a biologických vlastností půdy (Janeček et al. 2008).

Důsledkem eroze půdy je změna fyzikálních vlastností půdy, zejména struktury, textury, objemové hmotnosti, vodní kapacity, pórovitosti, infiltrační schopnosti, hloubky pro vývoj kořenu aj. Vlivem eroze dochází ke kvantitativním změnám fyzikálních vlastností tak i ke změnám vzájemných vztahů mezi jednotlivými půdními vlastnostmi.

Podorničí tj. materiál, který byl po oderodování ornice vystaven vlivu eroze, má obvykle nízký obsah organických látek. Proto se zdůrazňuje důležitost organické hmoty ve dvou oblastech – ve vývoji struktury agregátů a v jejich stabilitě. Degradace struktury účinkem dešťových kapek je hlavní příčinou poškozování agregátů (Janeček et al. 2008).

Zhoršování struktury je menší na půdách, kde jsou agregáty stabilizovány humusem než jílem. Tyto změny jsou výsledkem eroze povrchového horizontu – ornice, a ačkoli se změny nemusí zdát příliš velké, mají významný vliv na vodní režim půd a tím i na vzájemné vztahy dalších půdních vlastností. Když dojde vlivem eroze k obnažení podorničí s vyšším obsahem jílu, zvýší se sice celkový obsah pórů, ale velikost pórů se sníží (počínají převažovat kapilární póry). Přestože se celková vodní kapacita zvýší, kapacita vody dostupné pro rostliny se sníží (voda je poutána kapilárními silami). V takovém podorničí je sice dostatek vody, ale voda je pevně vázaná, nepřítisť přístupná pro rostliny. Infiltrační schopnost se naproti tomu snižuje a vzrůstá povrchový odtok a tak dochází k zrychlení procesu eroze. V takto obnaženém podorničí jsou strukturní agregáty méně stabilní než v originálním povrchovém horizontu nebo ve smíšeném horizontu. Tyto agregáty jsou rovněž snadněji rozrušovány a uvolňovány činností dešťových kapek a povrchová krusta (půdní škraloup), která často vzniká, omezuje infiltraci a zvyšuje povrchový odtok. Kromě toho je překážkou pro klíčení rostlin, zabraňuje rovnoměrnému vzcházení a tím způsobuje nevyrovnanost porostu (Janeček et al. 2002).

Eroze půdy má vliv i na chemické vlastnosti půdy, zejména ve třech důležitých oblastech:

- snižuje obsah organické hmoty a humusu v půdě,
- snižuje obsah minerálních živin v půdě,
- snižuje podorničí s nízkou přirozenou úrodností a vyšší kyselostí.

Eroze snižuje obsah organických látek v půdě dvěma způsoby:

- a) v důsledku ztráty povrchové vrstvy půdy – ornice – se snižuje celkový obsah organických látek, tzn. čím více je snižována její mocnost, tím nižší je obsah organických látek v něm obsažených,
- b) vzhledem ke snižování mocnosti povrchové vrstvy půdy vlivem eroze dochází při zpracování půdy k mísení podorničí a ornice, čímž dochází k ředění obsahu organických látek (Janeček et al. 2002).

3.1.2 Příčiny eroze

Vznik, průběh a intenzita erozního procesu je ovlivněna kombinovaným působením řady přírodních a člověkem ovlivněných podmínek. Tyto faktory eroze lze rozdělit na:

- a) klimatické a hydrologické
 - zeměpisná poloha,
 - nadmořská výška,
 - množství, rozdělení a intenzita srážek,
 - teplota, oslunění, výpar,
 - výskyt, směr a síla větru,
 - povrchový odtok,
- b) morfologické
 - sklon území,
 - délka a tvar svahu,
 - expozice, návětrnost,
- c) geologické a půdní
 - povaha horninového substrátu,
 - půdní druh a typ,
 - textura a struktura půdy, její vlhkost a zvrstvení, obsah humusu,
- d) vegetační
 - hustota a délka trvání vegetačního pokryvu,
- e) způsob využívání a obhospodařování půdy
 - poloha a tvar pozemků,
 - směr a technologie obdělávání,
 - střídání plodin (Janeček et al. 2002).

3.2 Vodní eroze

Vodní eroze spočívá v rozrušování zemského povrchu dešťovými kapkami, povrchovým odtokem, říční, podzemní a stojatou vodou. Na zemi je nejrozšířenější rozrušování stojatými vodami a z nich nejvíce mořskými vodami. Erozní vlivy se rozdělují na dvě skupiny. Na skupinu mořskou a pevninovou. Mořská eroze se týká hlavně mořského dna (Zachar 1970).

Pevninová eroze se týká rozrušování zemského povrchu dešťovými kapkami a povrchovým odtokem. Dělí se na plošnou, výmolovou a proudovou. Při plošné erozi je půda erodována téměř rovnoměrně po celé ploše pozemku nebo určité části svahu. Čím je rovnější plocha svahu, tím jsou podmínky pro soustředování vody menší. Ale ani dokonale urovnaný povrch nemůže zabránit soustředování vody na svahu do rýžek a proto se dá plošná eroze těžko odvodit od výmolné.

V některých případech se působením plošné eroze profil půdy postupně snižuje v některých případech až na skalní podloží. První fází plošné eroze je kapková eroze, při které vznikají v půdě drobné jamky. Další fází je eroze, která probíhá při pohybu vody po nakloněné ploše půdního povrchu. Při malé kinetické energii vody jsou jí vyplavovány nejjemnější půdní částice, a proto má silný výběrový (selektivní) účinek. Tím se na povrchu půdy tvoří hrubozrná vrstva skeletu (tzv. kamenná dlažba), která současně chrání půdu před rozrušujícím účinkem dopadajících kapek a smyvem. Soustředováním plošného odtoku vzniká rýžková eroze o hloubce a šířce několika cm. Při větším soustředění vody a postupném prohlubování stružek vznikají erozní rýhy různé velikosti a tvaru. Podle tvaru příčného profilu lze rozeznávat profily, úzké, široké, ploché a oblé.

Srážková voda působí erozně nejen při povrchovém odtoku, ale také při jejím podpovrchovém odtoku, způsobujícím vnitropůdní erozi. Je jí rozuměno mechanické vyplavování jemných částic půdy gravitační vodou mezi agregáty, přispívající k peletizaci půdy. Zvláštní formou podzemní eroze je tunelová eroze (sufoze), která spočívá ve vymílání podpovrchových chodeb vodou nad nepropustným podložím. Konečným stadiem tunelové eroze jsou erozní rýhy, vzniklé probořením stropů.

Výmolová (rýhová) eroze vzniká, pokud dojde k soustředění většího množství vody nebo prohloubením stružek, tím vznikají erozní rýhy různých tvarů a velikostí. Podle tvaru erozních rýh v příčném řezu se rozeznávají ploché, úzké, široké a oblé. Ploché tvary se vyskytují převážně na mělkých půdách. Při této formě připomínající široké „V“ převládá boční erodování svahu rýh nad vertikální erozí. Úzké tvary se tvoří ve formě úzkého „V“,

příčměž šířka rýhy je rovna nebo menší než hloubka. Široké rýhy mají široké dno a svým tvarem připomínají písmeno „U“, v nich převládá boční eroze nad hloubkovou. Aktivní rýhy si přitom nechávají strmý až kolmý břeh. Tento tvar se vyskytuje na hrubších vrstvách zvětralin, uložených na odolném podloží. Nakonec oblé tvary rýh se vyskytují při ustálených tvarech a při širokých rýhách (Janeček et al. 2002).

Hlavním znakem rýhové eroze je, že vymílací činnost vody se soustřeďuje v nejnižše ponořeném místě (erozní linii), to způsobuje, že na svahu nebo v údolí vzniká zářez-rýha.

Proudová eroze probíhá ve vodních tocích působením vodního proudu. Je-li rozrušováno pouze dno, jedná se o erozi dnovou, jsou-li rozrušovány břehy, jedná se o erozi břehovou. Dnová eroze je formou podélné eroze, prohlubující podélné osy toku, břehová eroze je formou eroze, probíhající směrem kolmo na osu toku. Nejvýrazněji se projevuje proudová eroze v bystřinách, jež nesou obvykle velké množství splavenin.

Obr. 3: Proudová eroze způsobená řekou Colorado River v Grand Canyonu (USA)



Zdroj: <http://usa.tripzone.cz/fotogalerie/uchvatny-grand-canyon-2453>

3.3 Povrchový odtok a vliv organické hmoty

Vzniká v okamžiku, kdy intenzita deště překročí vsakovací schopnosti půdy. Při deštích se srážkovými úhrny nad 10 mm překračující počáteční akumulaci půdy a intenzitu infiltrace dochází, zejména na svažitéch pozemcích, k zvýšenému povrchovému odtoku. Obdobný jev se vyskytuje i při jarním tání, kdy voda z tání sněhu se nestačí vsakovat do vodou nasycené, často ještě zmrzlé půdy. Odtékající voda se v důsledku rozmanitosti půdního povrchu soustřeďuje a vytváří v orné půdě drobné rýžky, rýhy, někdy až strže. V horních částech povodí vzniká odtok, který pak stéká dolů různými druhy proudění, které jsou ovlivňovány velkým počtem faktorů, jako je rozdělení srážek v prostoru a čase, akumulace v povodí a korytech, hydraulikou vodního toku apod. (Janeček et al. 2008).

Vliv organické hmoty je jedním z nejdůležitějších vstupních parametrů s velkým vlivem na erozní procesy. Tento vliv může mít mnoho podob, dvě základní jsou vegetační kryt půdy rostlinami a pokryvnost půdy organickými zbytky rostlin.

Dostatečně pokryvný vegetační kryt má vliv na průběh i intenzitu erozních procesů. Projevem je ochrana půdy před dopadem dešťových kapek, zpevnění půdy kořenovým systémem rostlin zejména v podpovrchových vrstvách, zvýšení infiltrační schopnosti půdy díky prorůstání kořenového systému a zlepšením fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy. Kořeny některých rostlin dokáží rozrušit ztuhlou vrstvu půdy vzniklou zejména technogenním ztuhnutím. Velice důležitou problematikou je volba vhodné kultury pro daný pozemek.

Hnojením půdy se mohou erozní ztráty snížit až 4,7 krát, úpravou mikroreliefu až 30 krát a volbou vhodné kultury až 37 000 krát. Největší nebezpečí pro půdu představují nevhodným způsobem založené porosty širokořádkových plodin, zejména v počátečním vývojovém stadiu, čerstvě založené vinice (Zachar 1970).

Rostlinné zbytky na povrchu půdy a v povrchové vrstvě půdy přispívají k omezení vypařování vody, zpomalují povrchový odtok vody a zvyšují infiltraci (Páltik 2003). Pokrytí povrchu půdy mulčem ze slámy v množství $0,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ sníží ztrátu půdy o 1/3 a množství mulče $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ redukuje ztrátu půdy o 95 % (Meyer et al. 1970).

Aplikace mulče v množství $0,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ redukuje ztrátu půdy až o 40 % a $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ mulče o 80 %. Každé zvýšení pokryvnosti půdy rostlinnými zbytky o 10 % sníží erozi půdy o 20 %. Pokrytí dvaceti až třiceti procent povrchu půdy rostlinnými zbytky snižuje vodní erozi o 50 % až 90 % v porovnání s povrchem půdy bez pokrytí (Wischmeier et Smith 1978; Johnson 1988; Latanzzi et al. 1974).

Při pokusech se ponechala na povrchu půdy pokryvnost cca 70 % a porovnávali velikost infiltrace s konvenčně zpracovávanou půdou, pokrytou pouze minimálně- cca 5 % povrchu pokryto rostlinnými zbytky. U varianty s ponechanými rostlinnými zbytky se infiltrace zvýšila v průměru o 20 % (Azooz, Arshad 1997).

Půda, která je pokryta 100 % rostlinných zbytků po předchozích plodinách umožní infiltraci deště o srážkovém úhrnu až 60 mm, kdežto utužená půda klasicky zpracovávaná infiltruje pouze do 20 % stejného srážkového úhrnu (Roth et al. 1988).

Při pokusech se porovnávalo pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky při různém zpracování půdy v porostech kukuřice. Při zpracování půdy jedním kypřením byl povrch půdy pokryt rostlinnými zbytky v rozmezí 69-82 %, při zpracování půdy dvojím kypřením 49 % a klasickém zpracování půdy méně jak 10 %. Je tedy prokazatelné, že pokryvnost půdy organickou hmotou, má prvotní souvislost s metodou zpracování půdy. (Lueschen 1991).

Dále Lueschen (1991) uvádí, že vliv organické hmoty se v žádném případě nevztahuje pouze k povrchu. Další stránkou této problematiky je půdní organická hmota. Půdní organická hmota hraje v půdě významnou funkci. Podporuje biologickou aktivitu v půdě, má dopad na vlastnosti půdních agregátů a v neposlední řadě ovlivňuje infiltraci. Velikost zastoupení organické hmoty v půdě může být označena jako jeden z indikátorů půdní kvality (Lueschen 1991).

Organická hmota je v půdě klíčový faktor při přípravě půdy a infiltraci vody do půdy. Obsah organické hmoty se určuje pomocí parametru obsahu půdního uhlíku. Franzluebbers (2002) při svých měřeních odebíral vzorky půdy na pozemcích s dlouhodobými pokusy, kde byla uplatňována klasická příprava a přímé setí. Neporušené půdní vzorky (válečky) a přesáté vzorky byly odebírány pro sledování dlouhodobého (neporušené vzorky) a krátkodobého (přesáté vzorky) vlivu na infiltraci vody do půdy, penetrační odpor, objemovou hmotnost, stabilitu půdních agregátů a obsah organické hmoty. Mezi porušenými a neporušenými vzorky u dlouhodobého pokusu se průměrná infiltrace nelišila s klasickým zpracováním půdy (hodnota 220 mm.h⁻¹). Mnohem vyšší rozdíl byl u bezorebného zpracování. Hodnoty dosáhli 720 mm.h⁻¹ u neporušeného vzorku a 280 mm.h⁻¹ u přesátého. Ačkoliv zpracování půdy zvyšuje skokově pórovitost půdy, je to vzhledem k sesedání půdy krátkodobé řešení, které má negativní dopad na povrchovou půdní stabilitu a organický uhlík. Tyto vlastnosti ovlivňují infiltraci vody do půdy, pohyb vody v půdě a zadržování vody v půdě. Pro určení postupu

zpracování půdy může být rozvrstvení organické hmoty v půdě jednoduchým nástrojem (Franzluebbbers 2002).

Půdní organická hmota byla výrazně rozvrstvená u dlouhodobě nezpracovávané půdy (no till). U konvenčního zpracování půdy bylo rozložení rovnoměrné. U nezpracovávané půdy byl obsah půdního organického uhlíku vyšší než u půdy zpracovávané, především ve vrstvě půdy do 60 mm. Obsah uhlíku v hloubce do 120 mm byl poloviční u konvenčního zpracování v porovnání s vrstvou bez zpracování půdy. Ve způsobu zpracování ani v hloubce odběru nevykázal obsah stabilních půdních agregátů významné rozdíly. Nicméně při dlouhodobém pokusu bez zpracování byl obsah stabilních půdních agregátů vyšší než u zpracovávané varianty. Infiltrace vody do neporušeného vzorku půdy byla u půdy dlouhodobě nezpracovávané vyšší než u konvenčně obdělávané půdy. U nezpracované půdy v porovnání s konvenčním způsobem zpracování byla naměřena vyšší infiltrace pouze v případě dlouhodobého způsobu popsaného zpracování půdy na stejném stanovišti, nicméně v případě uplatnění zmíněných technologií po dobu kratší než několik let, může být infiltrace u nezpracovávané půdy stejná nebo často i nižší než u orané půdy následkem počátečního technogenního utužení a absence biologické aktivity nutné pro vytvoření stabilní půdní struktury (Franzluebbbers 2002).

Potvrzuje se tak délka přechodového období pro vytvoření vhodné půdní struktury. Výsledky ukázaly, že rozložení organické hmoty v půdním profilu je důležitější, než celková hodnota půdního organického uhlíku v půdě (Franzluebbbers 2002).

Ztráta půdního uhlíku a přemísťování půdy při zpracování může být příčina degradace půdy a půdní eroze. Půda hraje významnou roli v zadržování uhlíku (Reicosky et al. 2005). Zpracování půdy, které způsobuje ztrátu uhlíku, je v přímém spojení s vlastnostmi půdy a environmentálními problémy (Paustian et al. 1997).

3.4 Protierozní opatření

Protierozní opatření představují soubor opatření organizačního, agrotechnického a stavebního (technického) charakteru, který by měl být na zemědělských pozemcích, v krajině podle konkrétních přírodně-hospodářských podmínek vhodně uplatňován zájmu zachování půdy a to jako výrobního prostředku zemědělství tak i jako základní složky životního prostředí (Hůla et al. 2003).

Zemědělskou půdu je třeba chránit před vodní erozí protierozními opatřeními. Hlavním účelem opatření na ochranu půdy před vodní erozí je:

- chránit půdy před účinky dopadajících kapek deště,
- podporovat však vody do půdy,
- zlepšovat soudržnost půdy,
- omezovat unášecí sílu vody a soustředěného povrchového odtoku,
- neškodně odvádět povrchově odtékající vodu a zachycovat smytou zeminu (Janeček et al. 2002).

Tato opatření ovlivňují, kromě prioritní funkce protierozních opatření, i vodohospodářské poměry v krajině, tím že:

- snižují objem povrchového odtoku a velikost kulminačních průtoků, vznikajících v malých povodí v důsledku intenzivních přívalových dešťů,
- mění směr občasné a náhle se vyskytující povrchových odtoků,
- přispívají k zvýšení vlhkosti půdy a k zlepšování kvality povrchové vody (Hůla et al. 2003).

3.4.1 Protierozní opatření organizačního charakteru

Organizační opatření jest založeno na rozdílné půdoochranné funkci pěstovaných plodin a kultur. Čím hustší porost a čím déle na pozemku existuje, tím lépe chrání půdu před erozí, tím více snižuje povrchový odtok (Hůla et al. 2003).

K opatřením organizačního charakteru se řadí:

- delimitace kultur, zejména mezi lesem a zemědělskou půdou,
- ochranné zatravnění a zalesnění,
- protierozní oseední postupy,
- pásové pěstování plodin,
- pozemkové úpravy, jimiž se mění velikost pozemku a jejich orientace, včetně směru trasování polních cest (Janeček et al. 2002).

3.4.1.1 Delimitace kultur

Delimitace druhu pozemku je prostorová a funkční optimalizace pozemků sloužící k pěstování jednotlivých kultur. Představuje členění v rámci organizace zemědělského půdního fondu na ornou půdu, zahrady, louky, pastviny, vinice, sady a chmelnice (Janeček et al. 2008).

Kritériem pro delimitaci je sklonitost území.

- a) svahy se sklonem vyšším než 50% by měly být zalesněny,

b) travními porosty by měly být chráněny:

- plochy se svažitostí vyšší než 25%,
- dráhy soustředěného povrchového odtoku,
- pozemky, které nelze využívat jako ornou půdu,
- pozemky nad výškovou hranicí pěstování polních plodin (Janeček et al. 2002).

3.4.1.2 Ochranné zatravnění a zalesnění

Ochranné zatravnění se používá na pozemcích, které z hlediska ztrát půdy erozí nelze využívat jako ornou půdu. Pro kvalitní vegetační kryt jsou preferovány trávy výběžkaté tvořící pevný drn (zejména u protierozních opatření liniového charakteru). Trvalými travními porosty by měly být chráněny plochy:

- podél břehů vodních toků a nádrží,
- v drahách soustředěného povrchového odtoku,
- profily průlehů a těles ochranných hrázek,

Ochranné zalesnění se nejčastěji uplatňuje jako plošné zalesnění nebo jako ochranné lesní pásy. Optimální je les smíšený (Janeček et al. 2008).

3.4.1.3 Protierozní osevní postupy

Základním principem zajišťujícím ochranu půdy proti vodní erozi je pěstování plodin nedostatečně chránících půdu před erozí (šírokořádkové plodiny) na pozemcích rovinných nebo mírně sklonitých do 8%. Na půdě, která má sklon od 8 do 15%, je možné nízký ochranný účinek těchto plodin zvýšit jejich střídáním s vrstevnicovými pásy obilovin (Janeček et al. 2002).

3.4.1.4 Pásové střídání plodin

Pásovým střídáním plodin je možné omezit ztráty půdy erozí tak, že se střídají pásy plodin chránících půdu (travní porost, jetel, vojtěška, příp. ozimá obilnina, hrách, řepka ozimá) s pásy plodin s nízkým protierozním účinkem (okopaniny, kukuřice) (Janeček et al. 2008).

3.4.1.5 Pozemkové úpravy

Uspořádání pozemků delší stranou ve směru vrstevnic a trasování sítě polních cest s příkopy. Významně přispívá ke snížení nepřerušené délky pozemků po spádnici a tím i ke snížení eroze (Janeček et al. 2002).

3.4.2 Protierozní opatření agrotechnického charakteru

Do těchto opatření řadíme především tzv. ochranné obdělávání, zahrnující celou řadu technologických postupů vyznačujících se ponecháním alespoň 30% posklizňových zbytků na povrchu půdy, např. výsev do ochranné plodiny, výsev do strniště, výsev do hrubé brázdy, důlkování, mulčování, hloubkové kypření apod. Na snížení povrchového odtoku příznivě působí pokryv půdy vegetací či posklizňovými zbytky (mulčování) nejen svou vlastní intercesí, ale hlavně tím, že zachycuje kinetickou energii kapek, čímž omezuje erozi půdních agregátů a zaplňování nekapilárních pórů rozrušenými půdními částicemi, snižujícími však vody do půdy. I orba snižuje povrchový odtok a odnos půdy tím, že mění takové charakteristiky půdy jako drsnost jejího povrchu, pórovitost a omezuje tvorbu škraloupu – půdní krusty (Hůla et al. 2003).

Agrotechnická protierozní opatření se používají ke zlepšení vsakovací schopnosti půdy, zvýšení její protierozní odolnosti a k vytvoření ochrany jejího povrchu především v období výskytu přívalových srážek, kdy zejména širokořádkové plodiny (kukuřice, brambory, cukrová řepa) svým vzrůstem a zapojením nedostatečně kryjí půdu (Janeček et al. 2002).

Dle stupně ochrany půdy před vodní erozí můžeme rozdělit pěstované plodiny do tří základních skupin:

- plodiny s vysokým protierozním účinkem po celou dobu vegetačního období (travní porosty, jetelotrávy, jeteloviny),
- plodiny s dobrou protierozní ochranou půdy po větší část vegetačního období (obiloviny, meziplodiny, luskoviny),
- plodiny s nedostatečnou protierozní ochranou půdy po převážnou část vegetačního období (kukuřice, brambory, cukrová řepa) (Janeček et al. 2008).

Nejvíce podléhá erozi půda bez vegetačního pokryvu. Porosty okopanin a kukuřice smyv půdy oproti úhoru snižují na polovinu, obiloviny na čtvrtinu až desetinu, jeteloviny na padesátinu a víceleté travní porosty až na dvousetinu (Truman, Shaw, Reese, 2005).

Základním principem protierozní ochrany je pěstování plodin s vysokým protierozním ochranným účinkem na sklonitých a erozí ohrožených pozemcích a osévání ostatních méně ohrožených částí pozemků plodinami s nízkým protierozním účinkem. Erozí ohrožená půda by neměla zůstat delší dobu bez dostatečného vegetačního pokryvu nebo posklizňových zbytků, zejména v době nejčastějšího výskytu přívalových dešťů tj. v našich podmínkách od poloviny května do začátku září (Janeček et al. 2002).

3.4.3 Protierozní opatření technického charakteru

Technická protierozní opatření zahrnují terénní urovnávky, meze, terasy a terasové dílce, sběrné, svodné a záchytné příkopy a průlehy, ochranné hrázky a protierozní nádrže. Ochranná funkce těchto opatření je založena na snížení erozního účinku proudící vody zmenšením sklonu, zkrácením délky povrchového odtoku po pozemku, jeho usměrněním a neškodném odvedení, popř. zachycením, včetně smyté zeminy (Hůla et al. 2003).

Slouží k ochraně pozemků před tzv. „cizí“ vodou např. vytékající z lesních porostů na zemědělskou půdu, k neškodnému odvedení povrchových vod z povodí, k retardaci povrchového odtoku a zachycování smyté zeminy, k ochraně intravilánů obcí a komunikací před škodami povrchovým odtokem a smytou zeminou apod. Používají se i tehdy, pokud nelze hodnot přípustné ztráty půdy dosáhnout organizačními a agrotechnickými opatřeními nebo pokud je řešení technickými opatřeními výhodnější (Janeček et al. 2008).

4 Cíl práce

Cílem práce je zhodnotit jednotlivé metody založení porostu polních plodin z hlediska veličin ovlivňujících vodní erozi. Měřenými veličinami jsou povrchový odtok a smyv půdy při přírodních dešťových srážkách na lokalitě se zvýšeným rizikem vzniku erozních událostí.

5 Metodika

Pro účely měření byl založen polní pokus v lokalitě Nesperská Lhota, ležící na západním okraji Českomoravské vrchoviny. Zvolený pozemek ležel v nadmořské výšce 420 m. Půdy byla lehká, hlinitopísčité s poměrně vysokou šterkovitostí. Na podzim 2009 byla určena průměrná svažítost pozemku a to 5,4°. Pozemek byl vybrán i z důvodů dobré dopravní dostupnosti, blízkosti silnice, což usnadňuje samotné měření i vedení pokusu. Pokus je od začátku koncipován jako víceletý.

Pokus je tvořen sedmi variantami metod založení porostu polních plodin. Každá varianta má rozměry 6 x 50 m. Orientace variant je po spádnici. Modul 6 m byl zvolen jako důsledek používané mechanizace. Pěstovanými plodinami jsou kukuřice (*Zea mays*) a oves setý (*Avena sativa*). Tyto plodiny jsou běžně pěstované plodiny v oblasti. Kukuřice byla zvolena záměrně, protože se jedná o širokořádkovou plodinu. Rozteč řádků u všech variant byla 0,75 m. Oves byl pěstován v rozponu řádků 0,125 m. Kukuřice je pěstována na čtyřech variantách a oves na dvou. Detailní popis variant a použité zpracování půdy je uvedeno dále, nicméně platí, že tři varianty jsou zpracovány orební technologií a tři bezorebně.

Obr. 4: Satelitní snímek pozemku



Zdroj: <http://maps.google.cz>

K založení pokusu došlo již na podzim roku 2009. Předcházející plodinou bylo ozimé triticales. Triticales bylo sklizeno začátkem srpna 2009 s průměrným výnosem 6,2 t.ha⁻¹. Sláma byla rozdrčena a zanechána na pozemku. V srpnu 2009 byl pozemek podmítnut talířovým kypřičem BDT 3,5 do hloubky 0,1 m. Během října 2009 byl pozemek pro pokus ohraničen a provedeno vytyčení jednotlivých variant. Tři varianty byly

ponechány v podmítnutém stavu a čtyři varianty byly na konci října zorány radličným pluhem do hloubky 0,22 m. Jízdy byly orientovány po spádnicí. Zorané varianty byly zanechány bez dalšího zpracování v hrubé brázdě. Samotné založení pokusu bylo vzhledem k pěstovaným plodinám provedeno na jaře. Druhý rok měření (2011) bylo provedeno drobné upravení variant. Jedna z bezorebných variant byla pozměněna na setí do vymrzající plodiny. Podrobný popis variant pro hodnocenou sezonu 2012 jsou uvedeny níže. V této diplomové práci jsou uvedena data ze sezony 2012 z důvodů špatné vypovídací schopnosti sezony 2013. Ta byla ovlivněna červnovými povodněmi v lokalitě, což mělo za následek vážné poškození variant a zkreslení měření, kterých jsem se zúčastnila.

1. Konvenční technologie zpracování půdy pro kukuřici – orba proběhla na podzim předcházejícího roku, přes zimu byla ponechána hrubá brázda, na jaře provedena předseťová příprava půdy smykem s hřebovými bránami, setí kukuřice strojem pro přesný výsev Kinze 3600.
2. Varianta s orbou, hlavní plodinou je jarní obilnina (oves) – orba byla uskutečněna na konci října a přes zimu ponechána hrubá brázda, na jaře předseťová příprava půdy smykem s hřebovými bránami, zasetí ovsa secím strojem Flora 601 s kotoučovými secími botkami.
3. Varianta s orbou, pěstování kukuřice s ochrannou podplodinou v meziřadí, jedná se o oves zasetý do prostoru meziřadí v rozsahu 2 řádky po 12,5cm – orba na konci října, přes zimu ponechána hrubá brázda, na jaře předseťová příprava půdy smykem s hřebovými bránami. Následoval výsev obilniny v pruzích a po vzejití ovsa výsev kukuřice přesným secím strojem Kinze 3600.
4. Varianta bez orby, kukuřice bez ochranné podplodiny, na jaře předseťová příprava půdy radličkovým kypřičem Kromexim 300 do hloubky 0,1 m, setí kukuřice přesným secím strojem Kinze 3600.
5. Varianta bez orby, hlavní plodina oves – podmínka proběhla po sklizni předplodiny, na jaře zasetí ovsa secím strojem Flora 601 s kotoučovými secími botkami.
6. Varianta bez orby, kukuřice bez ochranné podplodiny – podmínka po sklizni předplodiny talířovým kypřičem BDT 3,5, zasetí vymrzající meziplodiny (hořčice bílá), bez jarní předseťové přípravy, na jaře zasetí do vymrzající meziplodiny secím strojem Kinze 3600.

7. Varianta černý úhor – na podzim orba, přes zimu ponechána hrubá brázda, na jaře zpracování půdy radličkovým kypřičem do hloubky 0,15 m. Parcelka udržována bez vegetace použitím neselektivního herbicidu (5x aplikace Roundup Rapid v množství $5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Na každou variantu pokusu byly dále umístěny 4 odtokové mikroparcelky. K jejich umístění došlo až po zasetí všech variant. Mikroparcelka je tvořena třemi stěnami z ocelového plechu o tloušťce 1,5 mm. Délka stěny je 40 cm s výškou 12 cm, přičemž přibližně 8 cm je zatlačeno pod zem a 4 cm vyčnívá nad povrchem. Plocha jedné mikroparcelky je $0,16 \text{ m}^2$. Ve spodní části mikroparcelky se nachází sběrač zakončený výtokovým hrdlem ústícím do zakopané sběrné nádoby instalované pod mikroparcelkou. Ta je tvořena plastovým kanystrem o objemu 10 dm^3 (obr. 5). Povrchový odtok tak stéká do nádoby, kde je zachytáván a následně hodnocen. Zachycování povrchového odtoku z mikroparcelky je řešeno obdobně, jak uvádí Bagarello a Ferro (2007).

Obr. 5: Odtoková mikroparcelka



Zdroj: Vlastní

Obr. 6: Meteostanice Davis Vantage Vue



Zdroj: [http:// www.meteoshop.cz](http://www.meteoshop.cz)

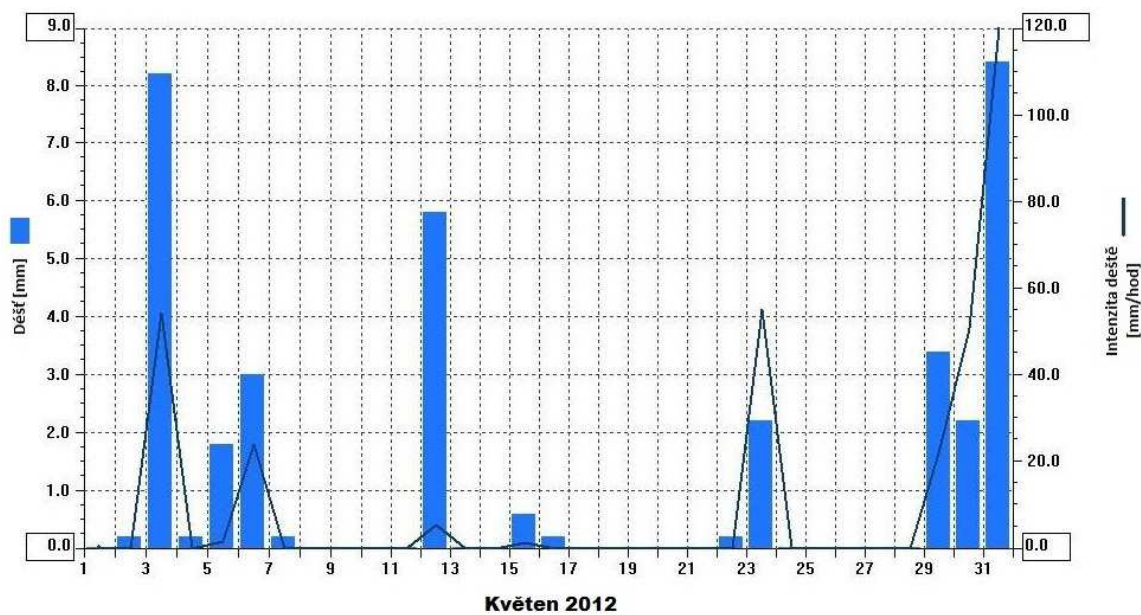
V blízkosti pokusného pozemku se nachází meteostanice Davis Vantage Vue (obr. 6), zaznamenávající úhrn srážek a jejich intenzitu. Bezprostředně po srážkách, které by mohly způsobit erozní událost, proběhla kontrola množství povrchového odtoku a smyté zeminy. Pomocí odměrných válců bylo zjištěno množství odtokové vody. Množství smyté zeminy bylo stanoveno po přefiltrování obsahu a následném vysušení při teplotě $105 \text{ }^\circ\text{C}$.

5.1 Výsledky a diskuze

5.1.1 Výsledky měření srážek

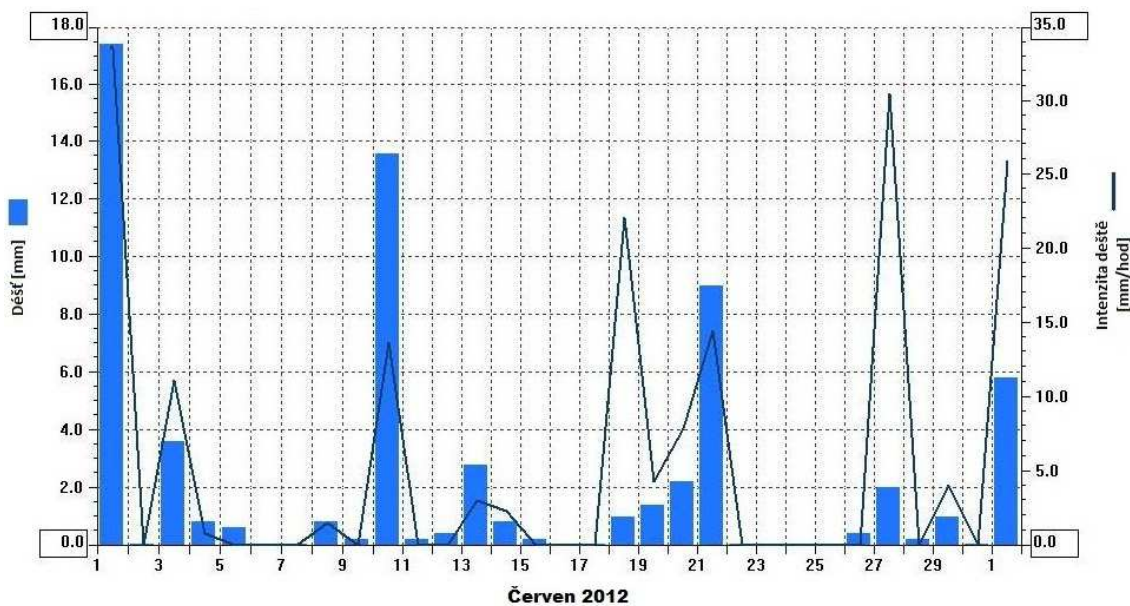
V grafech 1 až 5 jsou uvedeny výsledky měření z meteorologické stanice. V grafech jsou uvedeny 2 veličiny a to množství spadaných srážek a jejich intenzita. Grafy byly vytvořeny s pomocí programu Weather Link 5.2.

Obr. 7: Květen 2012



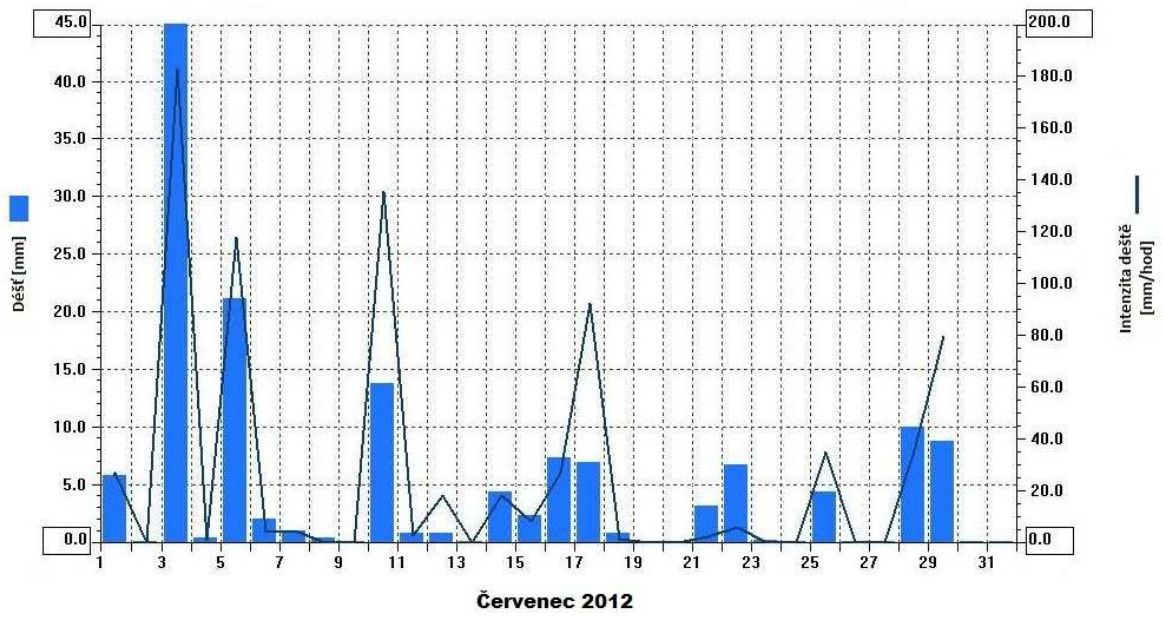
Zdroj: vlastní

Obr. 8: Červen 2012



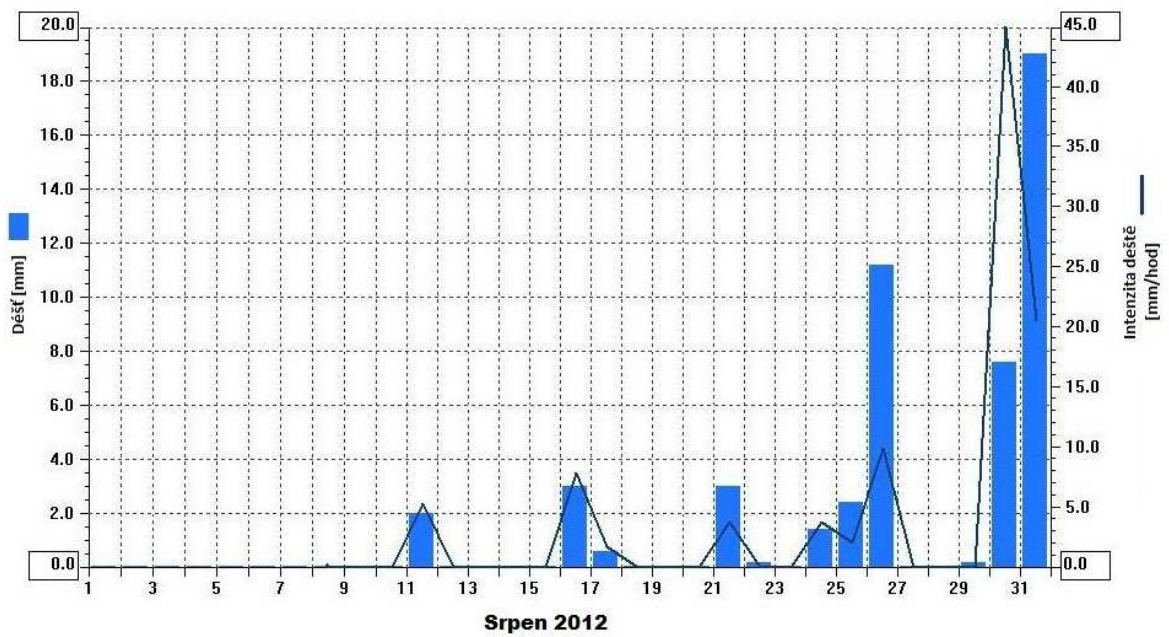
Zdroj: vlastní

Obr. 9: Červenec 2012



Zdroj: Vlastní

Obr. 10: Srpen 2012



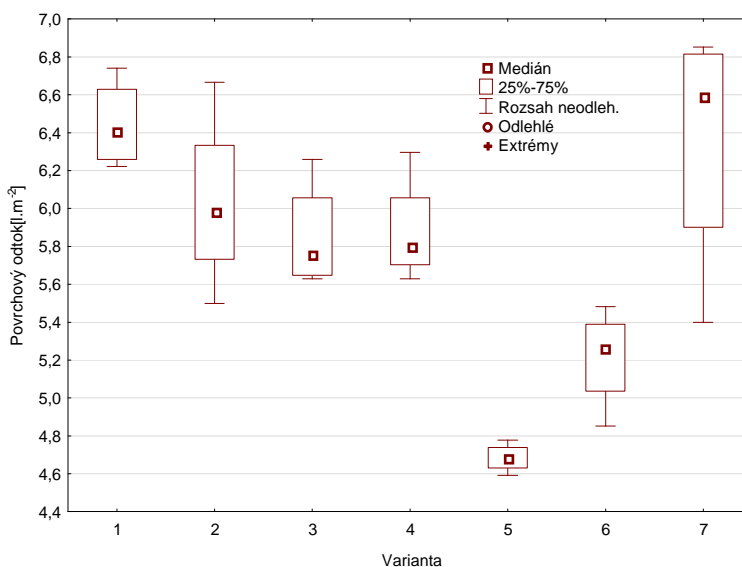
Zdroj: Vlastní

5.1.2 Výsledky z měření metodou odtokových mikroparcelek

V této kapitole budou uvedeny výsledky z měření provedených během sezony 2012. Celkově bylo zaznamenáno 10 erozních událostí. Výsledky jsou zpracovány pomocí programu Statistika 12 do podoby krabicových grafů. Grafy využívají zobrazení rozsahu pomocí svorek, samotná krabice reprezentuje kvartily (25%, 75%) a je graficky uveden medián. Pro detailnější statistickou analýzu je v práci využit Tukyevův HSD test v rámci nástroje ANOVA. Výsledky jsou uvedeny ve formě tabulek s výraznými diferencemi (černá/červená barva koeficientů).

První erozní událost byla zaznamenána 3. - 5. května. Jednalo se o dvojici krátkých bouřek o celkovém úhrnu srážek cca 15 mm. Jejich intenzita dosahovala až $45 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. K této události došlo jen několik dnů po zasetí porostu kukuřice. Na variantách se proto v případě kukuřice nenacházely žádné rostliny. Oves byl ve stádiu odnožování. Na obrázku č. 11 je vidět velikost povrchového odtoku pro jednotlivé varianty. Výrazně nižší je povrchový odtok u varianty 5 (oves- přímé setí). To bylo způsobeno příznivým efektem rostlinných zbytků na povrchu. Jednalo se o umrtvené rostliny plevelů po aplikaci neselektivního herbicidu. Výsledky Tukyeva testu potvrdili závěry vyvozené z grafu. Byly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi variantami.

Obr. 11: Povrchový odtok pro dvě bouřky z počátku května



Zdroj: Vlastní

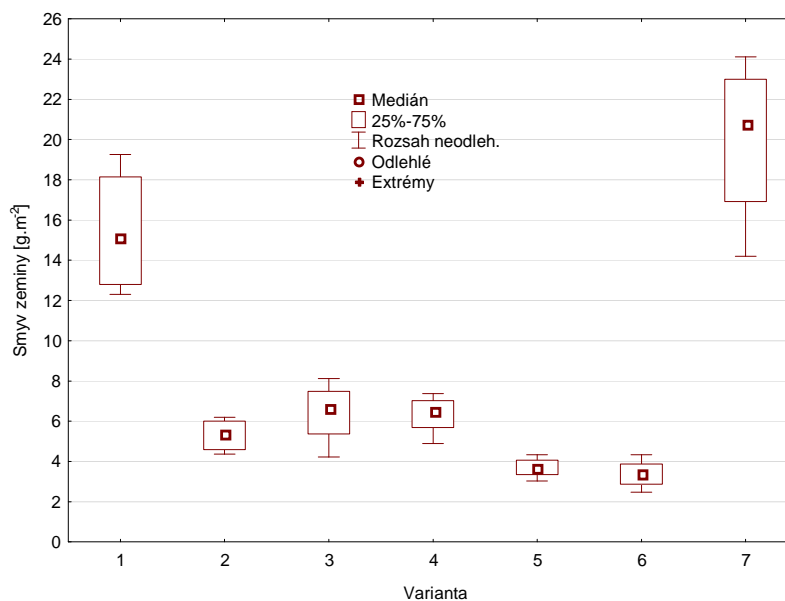
Tab. 1: Výsledky Tukeyova testu pro povrchový odtok z 3. - 5. 5.

Tukeyův HSD test; proměnná Povrchový odtok Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,13921, sv = 21,000								
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		6,4444	6,0324	5,8519	5,8796	4,6843	5,2130	6,3574
1	1		0,70638	0,31426	0,36647	0,00017	0,00226	0,99987
2	2	0,70638		0,99218	0,99684	0,00090	0,06734	0,87385
3	3	0,31426	0,99218		1,00000	0,00384	0,23838	0,49216
4	4	0,36647	0,99684	1,00000		0,00304	0,19980	0,55556
5	5	0,00017	0,00090	0,00384	0,00304		0,44116	0,00019
6	6	0,00226	0,06734	0,23838	0,19980	0,44116		0,00466
7	7	0,99987	0,87385	0,49216	0,55556	0,00019	0,00466	

Zdroj: Vlastní

Na obr. 12 je uveden graf pro hodnocení smyvu zeminy při dvojici bouřek z počátku května. Výsledky z této události potvrzují nutnost zakrytí povrchu organickou hmotou na povrchu půdy během rizikového období výskytu prudkých dešťových srážek. I varianty 2 a 3, kde byla provedena podzimní orba, byly díky pokrytí rostlinami ovesa ochráněny oproti variantám v té době bez vegetace (1 a 7).

Obr. 12: Smyv zeminy pro dvě bouřky z počátku května



Zdroj: Vlastní

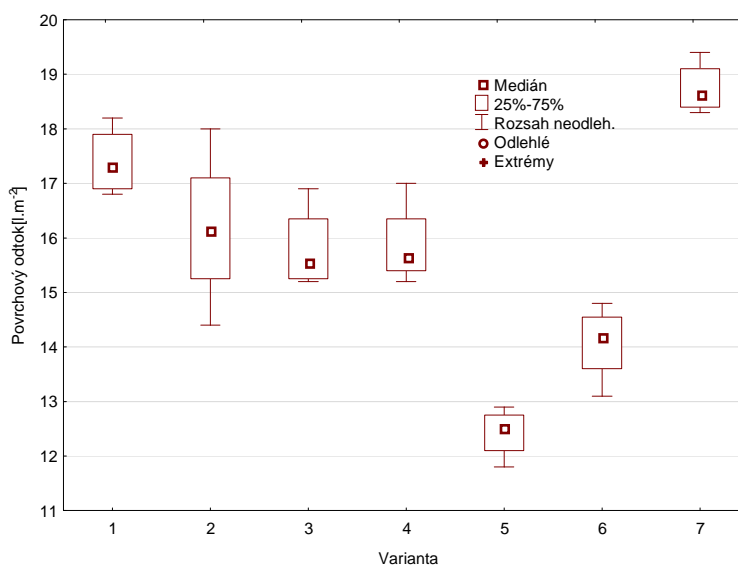
Tab. 2: výsledky Tukeyova testu pro smyv zeminy z 3. - 5. 5.

Tukeyův HSD test; proměnná Smyv zeminy [g.m ⁻²] (Tabulka1)								
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = 4,8419, sv = 21,000								
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		15,474	5,2963	6,4259	6,3519	3,7037	3,3704	19,957
1	1		0,000176	0,000288	0,000273	0,000156	0,000155	0,104771
2	2	0,000176		0,989327	0,992537	0,942678	0,871423	0,000155
3	3	0,000288	0,989327		1,000000	0,593086	0,464249	0,000155
4	4	0,000273	0,992537	1,000000		0,622215	0,492183	0,000155
5	5	0,000156	0,942678	0,593086	0,622215		0,999990	0,000155
6	6	0,000155	0,871423	0,464249	0,492183	0,999990		0,000155
7	7	0,104771	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	

Zdroj: Vlastní

Druhá erozní událost v sezoně 2012 na rozmezí května a června. Jednalo se o velmi prudkou bouřku s výskytem přivalového deště. Intenzita deště krátkodobě přesáhla 100 mm.h⁻¹. Výsledky opětovně ukázaly rizikovost výskytu nechráněné nebo málo chráněné půdy na svazích. Výsledky rovněž ukazují příznivý vliv minimalizačních technologií na povrchový odtok. I jarní kypření půdy (varianta 4) bez orby u obou erozních událostí vykazuje poměrně vysoký povrchový odtok. To však mohlo být způsobeno malým množstvím organické hmoty na povrchu půdy po zimním období. To bezpochyby nepříznivě ovlivnilo hodnoty povrchového odtoku. Opět výrazně (statisticky významně) nejnižší hodnoty vykazovala varianta 5.

Obr. 13: Povrchový odtok pro bouřku z konce května



Zdroj: Vlastní

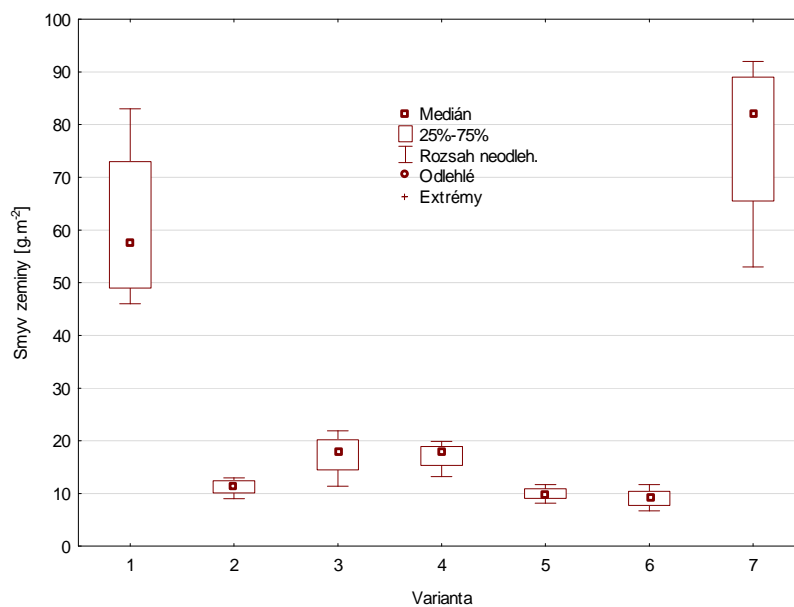
Tab. 3: Výsledky Tukeyova testu pro povrchový odtok pro bouřku z konce května

Tukeyův HSD test; proměnná Povrchový odtok [l.m ⁻²] (Tabulka1)								
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = ,67619, sv = 21,000								
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		17,400	16,175	15,800	15,875	12,425	14,075	18,750
1	1		0,384382	0,133836	0,169065	0,000155	0,000324	0,279847
2	2	0,384382		0,994301	0,998343	0,000182	0,023293	0,003819
3	3	0,133836	0,994301		1,000000	0,000292	0,088820	0,000969
4	4	0,169065	0,998343	1,000000		0,000254	0,068757	0,001264
5	5	0,000155	0,000182	0,000292	0,000254		0,113884	0,000155
6	6	0,000324	0,023293	0,088820	0,068757	0,113884		0,000155
7	7	0,279847	0,003819	0,000969	0,001264	0,000155	0,000155	

Zdroj: Vlastní

Z průběhu smyvu zeminy na obr. 14 je dobře patrná erozní schopnost prudkých dešťových srážek, kdy velké kapky mající i velkou kinetickou energii významně erodují povrch půdy. To může výrazně zlepšit využití organické hmoty na půdě v jakékoliv podobě. Výrazně příznivý vliv mají jak umrtnené plevele a výdrol, ale i rostliny ovesa a v neposlední řadě i účelově pěstované podplodina. Nejvýraznější smyv zeminy se logicky vyskytoval u varianty 7 bez vegetace.

Obr. 14: Smyv zeminy pro bouřku z konce května



Zdroj: Vlastní

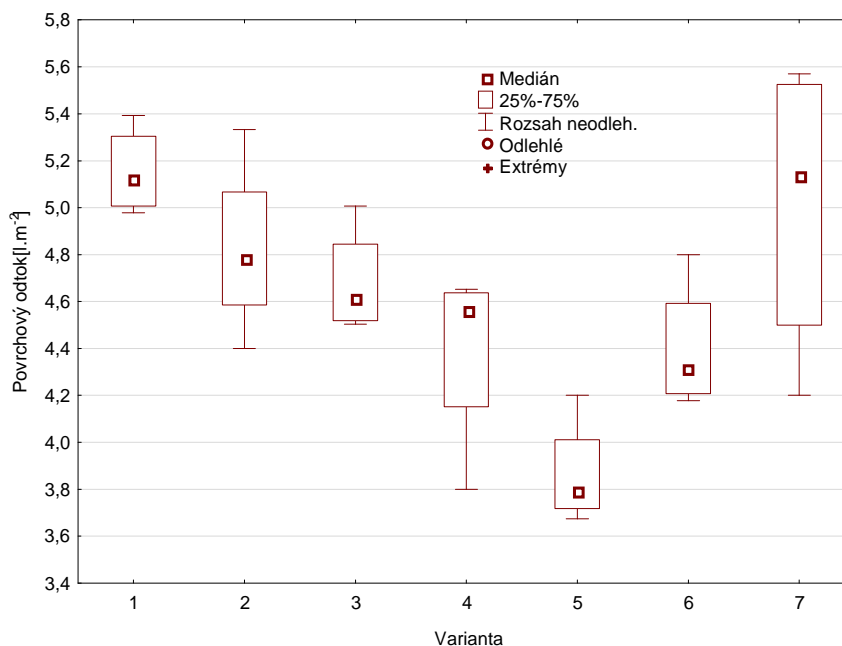
Tab. 4: Výsledky Tukeyova testu pro smyv zeminy pro bouřku z konce května

Tukeyův HSD test; proměnná Smyv zeminy [g.m ²] (Tabulka1)								
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = 85,023, sv = 21,000								
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		61,000	11,250	17,350	17,150	10,000	9,1000	77,250
1	1		0,000156	0,000168	0,000168	0,000155	0,000155	0,211914
2	2	0,000156		0,962179	0,967742	0,999995	0,999875	0,000155
3	3	0,000169	0,962179		1,000000	0,912458	0,859825	0,000155
4	4	0,000168	0,967742	1,000000		0,922227	0,872712	0,000155
5	5	0,000155	0,999995	0,912458	0,922227		0,999995	0,000155
6	6	0,000155	0,999875	0,859825	0,872712	0,999995		0,000155
7	7	0,211914	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	

Zdroj: Vlastní

Třetí zaznamenanou událostí v roce 2012 byly deště z 13. - 15. června. Úhrn srážek činil 17 mm. Intenzita deště byla minimální a to okolo 10 mm.h⁻¹. Hodnoty povrchového odtoku byly oproti předchozím erozním událostem minimální. Rovněž je patrný vzrůstající vliv vegetace na jeho hodnoty. Nicméně i varianta 7 bez vegetace vykazovala nízké hodnoty a to nejspíše díky výskytu makro pórů vlivem jarního kypření radličkami kypřiče. I přesto lze mezi variantami dosud nalézt statisticky významné rozdíly, jak ukazuje tabulka č. 5.

Obr. 15: Povrchový odtok pro deště z poloviny června



Zdroj: Vlastní

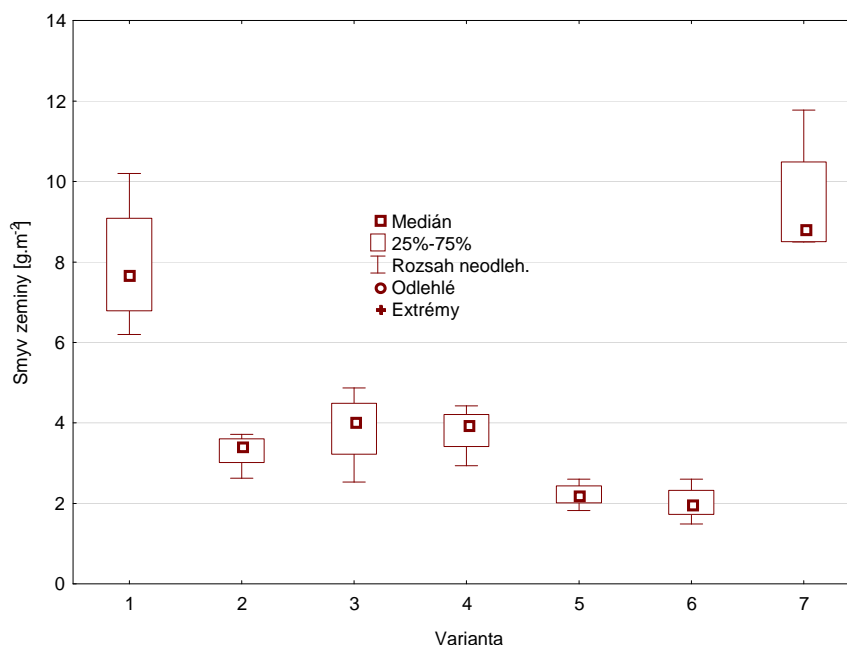
Tab. 5: Výsledky Tukeyova testu pro povrchový odtok pro deště z poloviny června

Tukeyův HSD test; proměnná Povrchový odtok[l.m ⁻²] (Tabulka1) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,13454, sv = 21,000								
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		5,1556	4,8259	4,6815	4,3944	3,8641	4,4000	5,0130
1	1		0,857409	0,545288	0,094568	0,001173	0,098575	0,997642
2	2	0,857409		0,997468	0,645572	0,018857	0,658536	0,989701
3	3	0,545288	0,997468		0,919097	0,061409	0,925665	0,854287
4	4	0,094568	0,645572	0,919097		0,418071	1,000000	0,253210
5	5	0,001173	0,018857	0,061409	0,418071		0,406254	0,003810
6	6	0,098575	0,658536	0,925665	1,000000	0,406254		0,262061
7	7	0,997642	0,989701	0,854287	0,253210	0,003810	0,262061	

Zdroj: Vlastní

Závěry vyvozené z měření povrchového odtoku potvrzují i výsledky měření smyvu zeminy. Nicméně statistická analýza potvrdila daleko větší rozdíly než v případě povrchové odtoku. Tedy větší povrchový odtok nutně neznamená větší smyv zeminy a naopak. Velmi zajímavý je i vliv meziřádkové plodiny (oves) u varianty 3 oproti variantě 1. Naopak trvale vysoké hodnoty smyvu zeminy u klasické technologie pěstování kukuřice jsou potvrzením rizikovosti tohoto postupu při pěstování na lehkých svažitéch pozemcích.

Obr. 16: Smyv zeminy pro deště z poloviny června



Zdroj: Vlastní

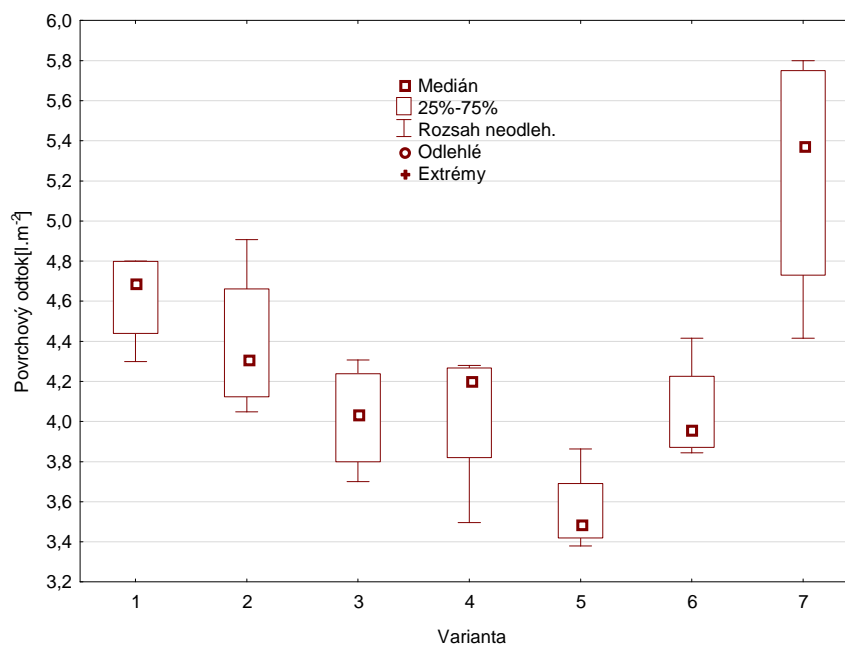
Tab. 6: Výsledky Tukeyova testu pro smyv zeminy pro deště z poloviny června

Č. buňky	Varianta	Tukeyův HSD test; proměnná Smyv zeminy [g.m ⁻²] (Tabulka1) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,0152, sv = 21,000						
		{1} 7,9400	{2} 3,3056	{3} 3,8556	{4} 3,8111	{5} 2,2222	{6} 2,0222	{7} 9,4994
1	1		0,000178	0,000318	0,000295	0,000155	0,000155	0,342111
2	2	0,000178		0,985339	0,990539	0,730215	0,561485	0,000155
3	3	0,000318	0,985339		1,000000	0,292856	0,184448	0,000155
4	4	0,000295	0,990539	1,000000		0,321900	0,205370	0,000155
5	5	0,000155	0,730215	0,292856	0,321900		0,999951	0,000155
6	6	0,000155	0,561485	0,184448	0,205370	0,999951		0,000155
7	7	0,342111	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	

Zdroj: Vlastní

Velmi podobná erozní událost nastala i 19. – 21. června. Jednalo se o pomalý dešť. Objem srážek činil 14 mm. Intenzita kolísala mezi 10 a 20 mm.h⁻¹. Hodnoty povrchového odtoku byly na spodní hranici měřitelnosti. Intenzita deště byla však vyšší než u předchozích dešťů. Zřejmě to je příčinou větších rozdílů mezi variantami. Zejména kontrolní varianta 7 byla statisticky odlišná od všech ostatních, až na variantu 1. Mezi ostatními variantami byl rozdíl až na výjimky statisticky nevýznamný.

Obr. 17: Povrchový odtok pro deště z poslední dekády června



Zdroj: Vlastní

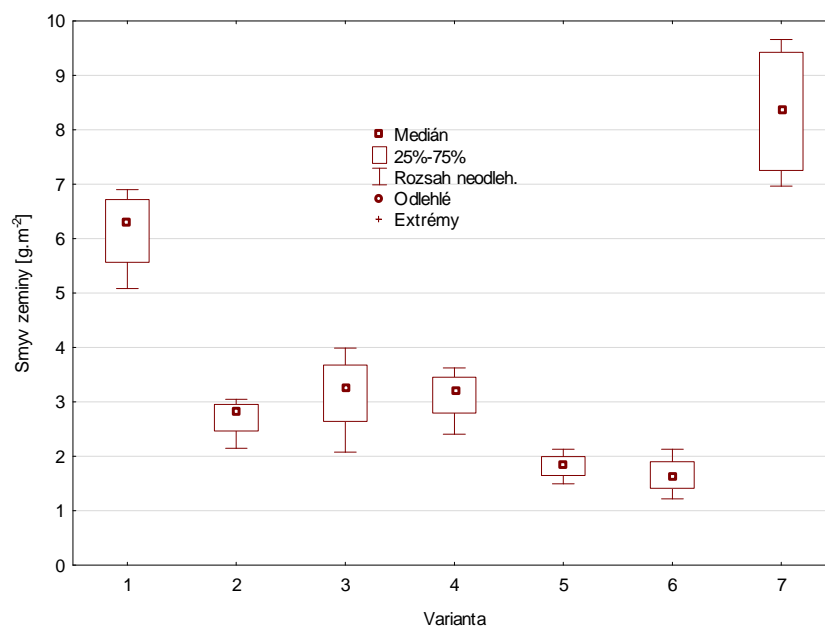
Tab. 7: Výsledky Tukeyova testu povrchového odtoku pro deště z poslední dekády června

Tukeyův HSD test; proměnná Povrchový odtok [l.m ⁻²] (Tabulka1)								
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = ,13330, sv = 21,000								
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		4,6193	4,3927	4,0194	4,0429	3,5549	4,0480	5,2397
1	1		0,972146	0,279009	0,320647	0,007545	0,330212	0,245634
2	2	0,972146		0,771711	0,818559	0,050719	0,828137	0,047050
3	3	0,279009	0,771711		1,000000	0,562798	1,000000	0,001997
4	4	0,320647	0,818559	1,000000		0,507758	1,000000	0,002426
5	5	0,007545	0,050719	0,562798	0,507758		0,495959	0,000177
6	6	0,330212	0,828137	1,000000	1,000000	0,495959		0,002532
7	7	0,245634	0,047050	0,001997	0,002426	0,000177	0,002532	

Zdroj: Vlastní

Smyv zeminy byl opětovně výrazně vyšší pro varianty 1 a 7. V tomto případě byl u obou těchto variant statisticky významný rozdíl oproti ostatním. Děšť sice neměl velkou intenzitu, nicméně kapky silně erodovaly povrch zejména nezakryté půdy. Výrazně se u tohoto měření potvrdil příznivý efekt bezorebných technologií na smyv zeminy.

Obr. 18: Smyv zeminy pro deště z poslední dekády června



Zdroj: Vlastní

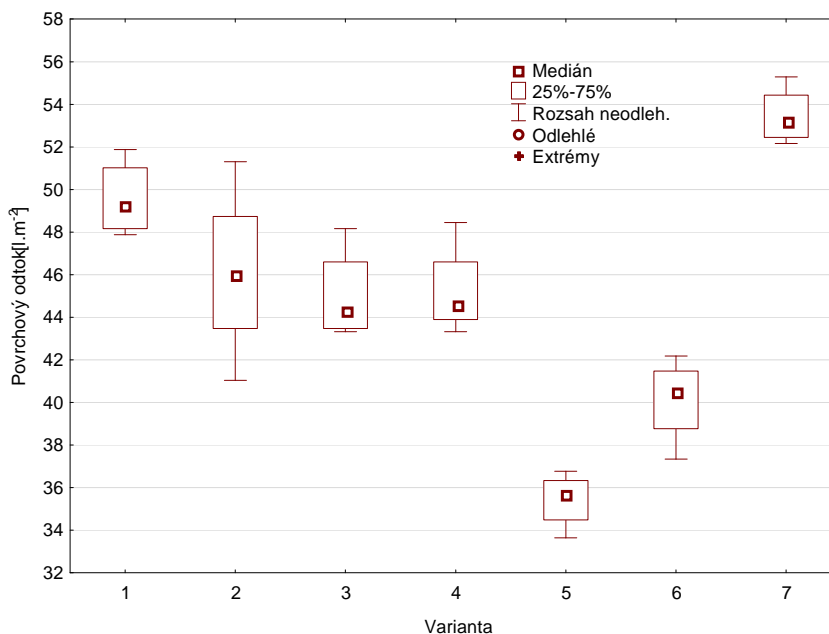
Tab. 8: Výsledky Tukeyova testu smyvu zeminy pro deště z poslední dekády června

		Tukeyův HSD test; proměnná Smyv zeminy [g.m ⁻²] (Tabulka1) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,50649, sv = 21,000						
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		6,1448	2,7106	3,1616	3,1251	1,8222	1,6582	8,3429
1	1		0,000165	0,000255	0,000239	0,000155	0,000155	0,004366
2	2	0,000165		0,969206	0,979648	0,583485	0,392756	0,000155
3	3	0,000255	0,969206		1,000000	0,157770	0,085289	0,000155
4	4	0,000239	0,979648	1,000000		0,179411	0,098228	0,000155
5	5	0,000155	0,583485	0,157770	0,179411		0,999883	0,000155
6	6	0,000155	0,392756	0,085289	0,098228	0,999883		0,000155
7	7	0,004366	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	

Zdroj: Vlastní

Erozní událost z období 3. - 7. července byla charakterizována přivalovým deštěm v první den události. Ten dosahoval intenzity až 120 mm.h⁻¹. Tato intenzita trvala pouze několik minut, nicméně došlo k prudkému eroznímu účinku dopadajících kapek. Na hodnotách se výrazně projevil i zapojující se porost kukuřice. Statisticky významné rozdíly lze pozorovat téměř mezi mnoha variantami. Výrazně nižší povrchový odtok měla varianta 5. Naopak výrazně větší povrchový odtok byl zaznamenán u varianty 7 bez vegetačního pokryvu.

Obr. 19: Povrchový odtok pro deště z počátku července



Zdroj: Vlastní

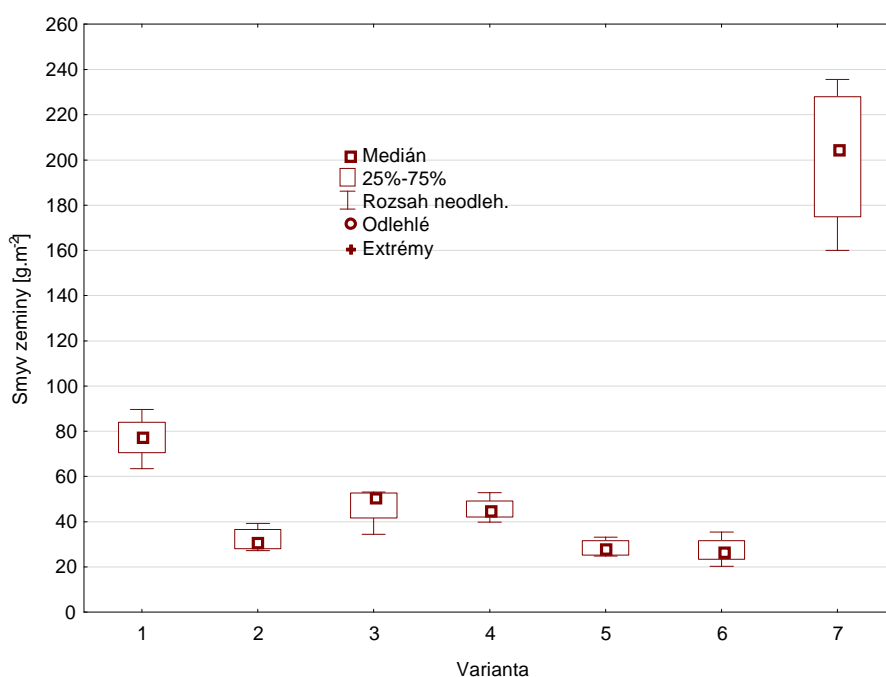
Tab. 9: Výsledky Tukeyova testu povrchového odtoku pro deště z počátku července

Tukeyův HSD test; proměnná Povrchový odtok[l.m ⁻²] (Tabulka1)								
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = 5,4924, sv = 21,000								
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		49,590	46,099	45,030	45,244	35,411	40,114	53,438
1	1		0,384382	0,133836	0,169065	0,000155	0,000324	0,279847
2	2	0,384382		0,994301	0,998343	0,000182	0,023293	0,003819
3	3	0,133836	0,994301		1,000000	0,000292	0,088820	0,000969
4	4	0,169065	0,998343	1,000000		0,000254	0,068757	0,001264
5	5	0,000155	0,000182	0,000292	0,000254		0,113884	0,000155
6	6	0,000324	0,023293	0,088820	0,068757	0,113884		0,000155
7	7	0,279847	0,003819	0,000969	0,001264	0,000155	0,000155	

Zdroj: Vlastní

V grafu na obr. 20 jsou zjištěné údaje o smyvu zeminy při této prudké erozi události. Jednoznačně nejvyšší smyv zeminy byl, zaznamenan u varianty 7. Projevil se přímý účinek na půdní povrch. U ostatních variant příznivě působil vegetační kryt. Nicméně i varianta 1 vykazovala vysoké hodnoty smyvu zeminy. Příznivě se opětovně projevil vliv bezorebných technologií. Varianty 2 a 5 měli minimální hodnoty smyvu zeminy vzhledem k velikosti a hustotě porostu ovsa na nich.

Obr. 20: Smyv zeminy pro deště ze začátku července



Zdroj: Vlastní

Tab. 10: Výsledky Tukeyova testu smyvu zeminy pro deště ze začátku července

Tukeyův HSD test; proměnná Smyv zeminy [g.m ⁻²] (Tabulka1)								
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = 203,47, sv = 21,000								
Č. buňky	Varianta	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		77,250	32,266	47,195	45,654	28,416	27,482	201,41
1	1		0,003564	0,086571	0,063821	0,001571	0,001291	0,000155
2	2	0,003564		0,752961	0,831831	0,999708	0,998982	0,000155
3	3	0,086571	0,752961		0,999999	0,524680	0,469715	0,000155
4	4	0,063821	0,831831	0,999999		0,617899	0,561272	0,000155
5	5	0,001571	0,999708	0,524680	0,617899		1,000000	0,000155
6	6	0,001291	0,998982	0,469715	0,561272	1,000000		0,000155
7	7	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	0,000155	

Zdroj: Vlastní

Většina autorů citovaná v literární rešerši popisuje příznivý vliv bezorebných technologií na povrchový odtok i smyv zeminy. V druhém případě toto výsledky potvrzují. V případě povrchového odtoku jen částečně. To může být způsobené i dlouhodobostí vytváření půdní struktury, kdy její tvorba je záležitostí několika let.

Z této problematiky se ovšem nedá vyloučit rozdílné chování různých typů půd. Na jedné straně Benjamin (1993); Chan, Mead (1989) zjistili, že půda, kde se několik let zpracovává minimalizačním způsobem, měla o 30-180 % vyšší rychlost infiltrace než půdy orané. Na druhé straně Obi, Nnabude (1988) a Heard a kol. (1988) nezjistili na písčítých půdách rozdíly v infiltraci mezi bezorebně a konvenčně zpracovávanými půdami nebo dokonce i opačný efekt vyšší rychlosti infiltrace u konvenčních ploch.

6 Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení spočívá ve vyjádření nákladových položek na založení porostu výše uvedenými technologiemi. Pro všechny technologie stejné plodiny byla zvolena stejná úroveň hnojení a chemické ochrany. Tato úroveň byla zvolena jako běžná pro nadmořské výšky okolo 400 m. Obě pěstované plodiny lze považovat pro danou oblast za typické. U kukuřice je předpokladem pozdější termín výsevu a využití hybridu s vyšším FAO číslem, což mírně zvyšuje náklady na porost. V jednotlivých tabulkách jsou navíc připočteny i náklady na nutná ošetření porostu, součástí naopak nejsou sklizňové práce.

6.1 Založení porostu kukuřice

Dosud nejužívanější metodou je založení porostu klasickou technologií s využitím podzimní orby. V nákladovém zhodnocení se projevuje vyšší intenzita zpracování půdy, což zvyšuje celkové náklady na založení porostu. Bylo uvažováno i herbicidní a insekticidní ošetření. Celkové náklady na založení porostu dosáhly 16 580 Kč.ha⁻¹.

Tab. 11: Náklady na založení porostu kukuřice orební technologií

Zvolený pracovní postup	Souprava		ATL	Spotřeba		Náklady		
	Traktor	Stroj	Začátek	paliva (l/ha)	materiálu (t/ha)	materiál. (Kč/ha)	přímé (Kč/ha)	celkové (Kč/ha)
Podmítka	150 kW	tal. podmítač 5 m	20.7	6,8	0,00	0	640	640
Hnojení PK	60 kW	rozmetadlo odstředivé	3.10	1,80	0,40	4000	320	4320
Orba střední	150 kW	pluh návěsný	17.10	18,5	0,00	0	1140	1140
Příprava půdy	120 kW	kombinátor	5.4.	5,5	0,00	0	520	520
Setí	80 kW	secí stroj přesný	10.4.	4,2	0,03	3500	720	4320
Ochrana rostlin	60 kW	postřikovač návěsný	10.4.	1,5	Gardoprim 3 l/ha	740	450	1390
Hnojení N	60 kW	postřikovač návěsný	10.5	1,5	100l/haDAM 390	2700	450	3150
Ochrana rostlin	60 kW	postřikovač návěsný	10.4.	1,5	Vaztak 0,3 l/ha	650	450	1100
								16580

Zdroj: Vlastní

Alternativní cestou do budoucna je využití orební technologie s využitím meziřádkové plodiny. Dosud pro jednorázovou operaci nejsou k dispozici vhodné technické prostředky, nicméně vzhledem k legislativnímu vývoji toto lze očekávat. Náklady na tuto technologii, kdy bylo uvažované dvojnásobné setí, jsou nevyšší ze všech. To je dáno i cenou osiva do meziřádkového prostoru. V případě této technologie se nejvíce naskýtá využití obilovin i vzhledem k možné úpravě herbicidní úpravy. Využití dvouděložných rostlin by bylo z tohoto pohledu problematické. Celkové náklady na jeden hektar dosáhli 17 480 Kč.

Tab. 12: Náklady na založení porostu kukuřice orební technologií s meziřádkovou plodinou

Zvolený pracovní postup	Souprava		ATL	Spotřeba		Náklady		celkové (Kč/ha)
	Traktor	Stroj	Začátek	paliva (l/ha)	materiálu (t/ha)	materiál. (Kč/ha)	přímé (Kč/ha)	
Podmítka	150 kW	tal. podmítač 5 m	20.7	6,8	0,00	0	640	640
Hnojení PK	60 kW	rozmetadlo odstředivé	3.10	1,80	0,40	4000	320	4320
Orba střední	150 kW	pluh návěsný	17.10	18,5	0,00	0	1140	1140
Příprava půdy	120 kW	kombinátor	5.4.	5,5	0,00	0	520	520
Setí meziř. plodiny	80 kW	secí stroj plošný	20.3	4,5	0,07 ovsá	250	650	900
Setí	80 kW	secí stroj přesný	10.4.	4,2	0,03	3500	720	4320
Ochrana rostlin	60 kW	postřikovač návěsný	10.4.	1,5	Gardoprim 3 l/ha	740	450	1390
Hnojení N	60 kW	postřikovač návěsný	10.5	1,5	100l/haDAM 390	2700	450	3150
Ochrana rostlin	60 kW	postřikovač návěsný	10.4.	1,5	Vaztak 0,3 l/ha	650	450	1100
								17480

Zdroj: Vlastní

Další možností je založení porostu pomocí redukované technologie s využitím mělkého jarního kypření půdy. Tato technologie využívá výrazně nižší intenzitu zpracování půdy, než dvě předcházející. Z tohoto důvodu jsou celkové náklady na založení hektaru porostu pouze 11 550 Kč. Na první pohled tato technologie je jednoznačně výhodnější. Nicméně k posouzení by bylo třeba sledovat výnosové parametry po dobu několika let na několika lokalitách. V případě tohoto pokusu nebylo v roce 2012 pozorováno statisticky významné snížení výnosu oproti konvenční technologii.

Tab. 13: Náklady na založení porostu kukuřice bezorební technologií s jarním kypřením

Zvolený pracovní postup	Souprava		ATL	Spotřeba		Náklady		celkové (Kč/ha)
	Traktor	Stroj	Začátek	paliva (l/ha)	materiálu (t/ha)	materiál. (Kč/ha)	přímé (Kč/ha)	
Hnojení PK	60 kW	rozmetadlo odstředivé	19.8	1,80	0,40	4000	320	4320
Podmítka	150 kW	tal. podmítač 5 m	20.8	6,8	0,00	0	640	640
Kypření	150 kW	rad. Kypřič 4 m	5.4.	12,8	0,00	0	950	950
Setí	80 kW	secí stroj přesný	10.4.	4,2	0,03	3500	720	4320
Ochrana rostlin	60 kW	postřikovač návěsný	10.4.	1,5	Gardoprim 3 l/ha	740	450	1390
Hnojení N	60 kW	postřikovač návěsný	10.5	1,5	100l/haDAM 390	2700	450	3150
Ochrana rostlin	60 kW	postřikovač návěsný	10.4.	1,5	Vaztak 0,3 l/ha	650	450	1100
								11550

Zdroj: Vlastní

Poslední technologií je dnes často propagované setí do vymrzající podplodiny. V tomto případě byla využita hořčice bílá. Intenzita zpracování půdy byla v tomto případě nejnižší ze všech technologií, což i přes cenu osiva meziploidy znamenalo nejnižší celkovou cenu a to 11 410 Kč na hektar založeného porostu. Je však třeba dodat, že v roce hodnocení došlo k statisticky významnému snížení výnosu. V této technologii lze využít i vyšší intenzitu zpracování půdy na podzim, což sice zvýší nákladové položky, ale zlepší prokořenění rostlin v porostu.

Tab. 14: Náklady na založení porostu kukuřice bezorební technologií s vymrzající podplodinou

Zvolený pracovní postup	Souprava		ATL	Spotřeba		Náklady		
	Traktor	Stroj	Začátek	paliva (l/ha)	materiálu (t/ha)	materiál. (Kč/ha)	přímé (Kč/ha)	celkové (Kč/ha)
Hnojení PK	60 kW	rozmetadlo odstředivé	19.8	1,8	0,40	4000	320	4320
Podmítka	150 kW	rad. podmítač 5 m	20.8	6,8	0,00	0	950	950
Setí mezplodiny	60 kW	rozmetadlo odstředivé	22.8	1,8	15 kg/ha	180	320	500
Setí	80 kW	secí stroj přesný	10.4.	4,2	0,03	3500	720	4320
Ochrana rostlin	60 kW	postřikovač návěsný	10.4.	1,5	Gardoprim 3 l/ha	740	450	1390
Hnojení N	60 kW	postřikovač návěsný	10.5	1,5	100l/haDAM 390	2700	450	3150
Ochrana rostlin	60 kW	postřikovač návěsný	10.4.	1,5	Vaztak 0,3 l/ha	650	450	1100
								11410

Zdroj: Vlastní

6.2 Založení porostu ovsa

V tabulce jsou uvedeny náklady na založení porostu ovsa s využitím střední orby jakožto hlavního zpracování půdy. Tato technologie je v současné době nejvyužívanější. Náklady jsou samozřejmě ovlivněny vysokou intenzitou zpracování půdy a dosahují částky 12 320 Kč na hektar ovsa. Byla zvolena vyšší intenzita pěstování s hnojením dusíkem na list plodiny.

Tab. 15: Náklady na založení porostu ovsa klasickou orební technologií

Zvolený pracovní postup	Souprava		ATL	Spotřeba		Náklady		
	Traktor	Stroj	Začátek	paliva (l/ha)	materiálu (t/ha)	materiál. (Kč/ha)	přímé (Kč/ha)	celkové (Kč/ha)
Podmítka	150 kW	tal. podmítač 5 m	20.7	6,8	0,00	0	640	640
Hnojení PK	60 kW	rozmetadlo odstředivé	3.10	1,80	0,25	2500	320	2820
Orba střední	150 kW	pluh návěsný	17.10	18,5	0,00	0	1140	1140
Příprava půdy	120 kW	kombinátor	20.3	8,5	0,00	0	720	720
Setí	80 kW	secí stroj plošný	15.3	5,5	0,2	1200	650	1850
Ochrana rostlin	60 kW	postřikovač návěsný	15.4	1,5	Dicopur 1l/ha	450	450	900
Hnojení N	60 kW	postřikovač návěsný	25.4	1,5	100 l/ha DAM	2700	450	3150
Ochrana rostlin	61 kW	postřikovač návěsný	25.5	1,5	Cerone 3 l/ha	650	450	1100
								12320

Zdroj: Vlastní

Druhou technologií je setí ovsa na jaře do nezpracované půdy. Tato technologie sice měla výrazný protierozní efekt, nicméně při měření výnosu na daném pokusu způsobila propad výnosu v řádech desítek procent. Náklady byly v tomto případě vzhledem k nižší intenzitě zpracování půdy nižší a to 10 460 Kč.ha⁻¹. K ověření propadu výnosu by bylo opět nutné víceletých výsledků z několika lokalit.

Tab. 16: Náklady na založení porostu ovsa bezorební technologií

Zvolený pracovní postup	Souprava		ATL	Spotřeba		Náklady		
	Traktor	Stroj	Začátek	paliva (l/ha)	materiálu (t/ha)	materiál. (Kč/ha)	přímé (Kč/ha)	celkové (Kč/ha)
Podmítka	150 kW	tal. podmítač 5 m	20.7	6,8	0,00	0	640	640
Hnojení PK	60 kW	rozmetadlo odstředivé	3.10	1,80	0,25	2500	320	2820
Setí	80 kW	secí stroj plošný	15.3	5,5	0,2	1200	650	1850
Ochrana rostlin	60 kW	postřikovač návěsný	15.4	1,5	Dicopur 1l/ha	450	450	900
Hnojení N	60 kW	postřikovač návěsný	25.4	1,5	100 l/ha DAM	2700	450	3150
Ochrana rostlin	61 kW	postřikovač návěsný	25.5	1,5	Cerone 3 l/ha	650	450	1100
								10460

7 Závěr

Předložená diplomová práce se zabývala hodnocením technologií založení porostu polních plodin z hlediska vlivu na některé erozní veličiny. Mezi měřené veličiny patřil povrchový odtok a smyv zeminy. Naměřené a zpracované výsledky potvrzují závěry vzniklé z literární rešerše této práce. Byl prokázán příznivý vliv bezorebných metod zpracování půdy na erozní veličiny. Zcela jednoznačně toto platí smyv zeminy, v případě povrchového odtoku toto není výrazné. Je však třeba připomenout, že se jedná o výsledky z jedné lokality a jednoho půdního typu. Z této problematiky nelze vyloučit rozdílné chování různých půdních typů. Ekonomické zhodnocení se týkalo nákladových položek na jednotlivé metody založení porostu popsané v předložené diplomové práci. Z jeho výsledků je zřejmé, že nákladově nejvýhodnější je pojetí minimálního zpracování půdy. Při pěstování kukuřice je však nutné respektovat otázku výnosnosti biomasy. I přes to, že na založeném pokusu byl sledován výnos biomasy, je nutno dodat, že výsledky měření z jedné lokality a jednoho maloparcelkového pokusu nelze brát jako zobecňující princip. Pro určení skutečných nákladů na jednotku hmotnosti biomasy by bylo nutné ověření z více pokusů a provozních zkoušek.

V oblasti vývoje metod založení pokusu je patrný vliv standardů GAEC 2 na pěstování širokořádkových plodin. V současné době nejvíce doporučovaná technologie setí do vymrzající meziploidy klade nároky na polní práce v období podzimních prací. Mezi perspektivní metody patří určitě i setí meziřádkových plodin, nicméně zde je třeba zajistit i dopovídající technické vybavení. Rovněž další rozvoj lze očekávat u technologií pásového zpracování půdy, které se pro širokořádkové plodiny hodí více než např. pro obiloviny.

8 Literatura

- AZOOZ, R. H., ARSHAD, M. A., 1997: *Soil infiltration and hydraulic conductivity under long-term no-tillage and conventional tillage systems*. Can. J. Soil Sci. 76: 143-152.
- BAGARELLO, V., FERRO, V., 2007. *Monitoring plot soil erosion and basin sediment yield at Sparacia experimental area. Changing soil in a changing world: the soils of tomorrow*. ESSC, Palermo: 67 - 74.
- BENJAMIN, J.G., 1993: *Tillage effects on near surface soil hydraulic properties*. Soil Tillage Res. 26: 277-288.
- BRADY, N.C., WEIL, R.R. 1999: *The nature and properties of soils. 12th ed. Prentice Hall Inc., New Jersey, USA*.
- FRANZLUEBBERS, A.J., 2002. *Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth*. Soil Tillage Res. 66: 197–205.
- HEARD, J.R., KLADIVKO, E.J., MANNERING, J.V., 1988: *Soil macroporosity, hydraulic conductivity and air permeability of silty soils under long-term conservation tillage in Indiana*. Soil Tillage Res. 11: 1-18.
- HŮLA, J. ET AL., 2010: *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí*. VUZT v.v.i., Praha, 60 p.
- HŮLA, J., ABRHÁM, Z., BAUER, F., 1997: *Zpracování půdy*. Nakladatelství Brázda s.r.o., Praha, 144 p. ISBN 80-209-0265-1
- HŮLA, J., JANEČEK, M., et al., 2003: *Agrotechnická protierozní opatření*. VÚMOP Praha. 48p. ISSN 1211-3972.
- HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. et al., 2008: *Minimalizace zpracování půdy*. Profi Press s.r.o., Praha, 248 p. ISBN 978-80-86726-28-1.
- CHAN, K.Y., MEAD, J.A., 1989: *Water movement and macroporosity of an Australian Alfisol under different tillage and pasture conditions*. Soil Tillage Res. 14: 301-310.
- JANEČEK, M. et al., 2002. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha, ISV, 200 p. ISBN 80-85866-85-8.
- JANEČEK, M. et al., 2008: *Základy erodologie*. ČZU v Praze, Praha. 172 p. ISBN 978-80-213-1842-7.
- JOHNSON, R.R., 1988. *Soil engaging tool effects on surface residue and roughness with chisel-type implements*. Soil Sci. Soc. Am. J. 52, 237-243pp.
- KINNEL, P.I.A., 1993: *Interrill erodibilities based on the rainfall intensity flow discharge erosivity factor*. Aust. J. Soil Res. 31: 319-332.

- KOVAŘÍČEK, P., ABRHAM, Z., HŮLA, J., PLÍVA, P., VLÁŠKOVÁ, M., KROULÍK, M., MAŠEK, J., 2012. *Technologie a ekonomika zvyšování protierozní odolnosti půdy zapravením organické hmoty*. VÚZT, v.v.i., ČZU Praha, 33p.
- KUMHÁLA, F., HEŘMÁNEK, P., MAŠEK, J., KVÍZ, Z., HONZÍK, I., 2007. *Zemědělská technika - stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. ČZU v Praze, Praha, 438p.
- LATTANZI, A.R., MEYER, I.D., BAUGARDNER, M.F., 1974: *Influence of mulch rate and slope steepness of interrill erosion*. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 38: 946-950.
- LUESCHEN, J.M., ELIOT, W.J., SIMANTON, J.R., STOLZHEY, C.S., KHOL, K.D., 1991: *WEPP soil erodibility experiments for rangeland and cropland soils*. J. Soil Water Conserv. 46: 39-44.
- MEYER, L.D., WISCHMEIER, W.H., FOSTER, G.R., 1970: *Mulch rates required for erosion control on steep slopes*. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 34: 982-991.
- MORGAN, R. P. C., 2005: *Soil erosion and conservation*. Third Edition. Blackwell Publishing company, Malden, USA. p. 304.
- OBI, M.E., NNABUDE, P.C., 1981: *The effect of different management practices on the physical properties of a sandy loam soil in southern Nigeria*. Soil Tillage Res. 12: 81-90
- PASTOREK, Z., SYROVÝ, O., PODPĚRA, V., HOLUBOVÁ, V., HŮLA, J., KOVAŘÍČEK, P., KROUPA, P., FÉR, J., SKALICKÝ, L., 2002: *Technologické systémy rostlinné výroby*. VÚZT Praha 95p. ISBN 80-238-9956-2.
- PAUSTIAN, K., COLLINS, H.P., PAUL, E.A., 1997. "Management controls on soil carbon." *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E. A. Paul, K. Paustian, E. T. Elliot, and C. V. Cole, eds. CRC Press, Boca Raton., 15-49.
- PÁLTIK, J. et al., 2003. *Stroje pre rastlinnú výrobu – obrábanie pôdy, sejba*. SPU, Nitra, 241p.
- POKORNÝ, E., ŠARAPATKA, B., 2003: *Půdoznalství pro ekozemědělce*. Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha 40p. ISBN 80-7084-295-4.
- RASMUSSEN, K.J., 1999: *Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review*. Soil Tillage Res. 53: 3-14.
- REICOSKY, D.C., LINDSTROM, M.J., SCHUMACHER, T.E., LOBB, D.E., MALO, D.D., 2005. *Tillage-induced CO₂ loss across an eroded landscape*. Soil Tillage Res. 81, 183–194.
- ROTH, C.H., MEYER, B., FREDE, H.G., DERPSCH, R., 1988: *Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an Oxisol in Parana, Brazil*. Soil Tillage Res. 11: 81-91.

- SHIPITALO, M.J., DICK, W.A., EDWARDS, W.M., 2000: *Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals*. Soil & Tillage Res. 53: 167 - 183.
- ŠIMON, J., LHOTSKÝ, J., et al., 1989: *Zpracování a zúrodnování půd*. 1.vyd. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 320p. ISBN 80-209-0048-9.
- TIPPL, M., JANEČEK, M., BOHUSLÁVEK, J., PIVCOVÁ, J., 2001: *Vliv půdní krusty na povrchový odtok a erozi*. VÚMOP Praha 12: 127-136.
- TITI, E.A., 2002: *Soil tillage in agroecosystems*. CRC press, U.S.A., 367 p.
- TRUMAN, C.C. - SHAW, J.N. - REEVES, D.W., 2005: *Tillage effects on rainfall partitioning and sediment yield from an ultisol in central Alabama*. Journal of Soil and Water conservation 60: 89-98.
- VOPRAVIL, J. ET AL., 2010: *Půda a její hodnocení v ČR díl 1*. VÚMOP v.v.i., Praha 148p. ISBN 978-80-87361-02-3.
- WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D., 1978. *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. USDA Agric. Handb. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC., 79 p.
- ZACHAR, D., 1970: *Erózia pôdy*. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 528 p.

Seznam obrázků

Obr. 1: Optimální vlhkost půdy pro její zpracování	6
Obr. 2: Munsellova tabulka	9
Obr. 3: Proudová eroze způsobená řekou Colorado River v Grand	26
Obr. 4: Satelitní snímek pozemku.....	35
Obr. 5: Odtoková mikroparcelka	37
Obr. 6: Meteostanice Davis Vantage Vue	37
Obr. 7: Květen 2012.....	38
Obr. 8: Červen 2012.....	38
Obr. 9: Červenec 2012	39
Obr. 10: Srpen 2012.....	39
Obr. 11: Povrchový odtok pro dvě bouřky z počátku května	40
Obr. 12: Smyv zeminy pro dvě bouřky z počátku května	41
Obr. 13: Povrchový odtok pro bouřku z konce května	42
Obr. 14: Smyv zeminy pro bouřku z konce května	43
Obr. 15: Povrchový odtok pro deště z poloviny června	44
Obr. 16: Smyv zeminy pro deště z poloviny června.....	45
Obr. 17: Povrchový odtok pro deště z poslední dekády června.....	46
Obr. 18: Smyv zeminy pro deště z poslední dekády června.....	47
Obr. 19: Povrchový odtok pro deště z počátku července	48
Obr. 20: Smyv zeminy pro deště ze začátku července	49

Seznam tabulek

Tab. 1: Výsledky Tukyeva testu pro povrchový odtok z 3-5.5.....	41
Tab. 2: výsledky Tukyeva testu pro smyv zeminy z 3-5.5.	42
Tab. 3: Výsledky Tukyeva testu pro povrchový odtok pro bouřku z konce května.....	43
Tab. 4: Výsledky Tukyeva testu pro smyv zeminy pro bouřku z konce května.....	44
Tab. 5: Výsledky Tukyeva testu pro povrchový odtok pro deště z poloviny června	45
Tab. 6: Výsledky Tukyeva testu pro smyv zeminy pro deště z poloviny června	46
Tab. 7: Výsledky Tukyeva testu povrchového odtoku pro deště z poslední dekády června	47
Tab. 8: Výsledky Tukyeva testu smyvu zeminy pro deště z poslední dekády června.....	48
Tab. 9: Výsledky Tukyeva testu povrchového odtoku pro deště z počátku července	49
Tab. 10: Výsledky Tukyeva testu smyvu zeminy pro deště ze začátku července	50
Tab. 11: Náklady na založení porostu kukuřice orební technologií	51
Tab. 12: Náklady na založení porostu kukuřice orební technologií s meziřádkovou plodinou	52
Tab. 13: Náklady na založení porostu kukuřice bezorební technologií s jarním kypřením	52
Tab. 14: Náklady na založení porostu kukuřice bezorební technologií s vymrzající podplodinou	53
Tab. 15: Náklady na založení porostu ovsa klasickou orební technologií.....	53
Tab. 16: Náklady na založení porostu ovsa bezorební technologií	54