

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



**Půdoochranné technologie při pěstování kukuřice na pro-
dukci bioplynu**

Bakalářská práce

Autor práce: Jiří Král

Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Pulkrábek, CSc.

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Půdoochranné technologie při pěstování kukuřice na produkci bioplynu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15. 4. 2015

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval prof. Ing. Josefu Pulkrábkovi, CSc., pod jehož vedením byla tato práce vypracována, za jeho trpělivost, vstřícnost a hlavně za výpomoc při zpracovávání a vyhodnocování výsledků a celé práce.

Dále patří dík také Ing. Marcelu Heroutovi, agronomovi farmy Petrovice spadající pod ZD Krásná Hora nad Vltavou a. s., který mi pomáhal během praktické části mé práce a spolu s jeho kolegy mi poskytli zázemí a vše, co jsem potřeboval ke sledování a vyhodnocování pokusů založené na pozemku v Krásné Hoře.

Půdoochranné technologie při pěstování kukuřice na produkci bioplynu

Souhrn

Uvědoměním každého zemědělce musí být mimo jiné také správné a šetrné obhospodařování půdy, která je důležitou přírodní složkou pro veškerý život na Zemi. Tato bakalářská práce se zabývá problematikou vodní eroze v porostu širokořádkové plodiny kukuřice seté (*Zea mays*), a využitím půdoochranných technologií jako agrotechnických protierozních opatření sloužící ke snížení nebo odstranění erozního rizika. Hlavním bodem zájmu této práce je vodní eroze, která postihuje právě širokořádkové plodiny, kde je půda vystavena přímému působení klimatických jevů, hlavně deště. Voda rozrušuje půdní agregáty a unáší půdní částice a ochuzuje půdu o organickou hmotu, která je důležitá pro správný růst a vývoj plodin.

Cílem práce bylo analyzovat vybrané půdoochranné technologie v porostu kukuřice v podniku ZD Krásná Hora nad Vltavou a. s. a zhodnotit vliv na vodní erozi půdy a na produkci biomasy. Mezi hodnocené půdoochranné technologie patří diskový podmítač, pásové zpracování, přímé setí do vymrznuté meziplodiny a jako kontrola byl založen úhor. Tyto technologie byly použity při zakládání porostu kukuřice na vybraném honu ve zmiňovaném podniku. Poté byly stanoveny tři termíny umělého zadešťování a nakonec byly získány hodnoty infiltrace vody a hodnoty smyvu půdy, které byly mezi sebou porovnány. Hodnocen byl vliv těchto technologií na celkový výnos biomasy. Z výsledků vyplývá, že nejvhodnějšími technologiemi pro pěstování kukuřice na erozně ohrožené půdě bylo páskové zpracování půdy a setí kukuřice do vymrznuté meziplodiny. Co se týče výnosu biomasy, hrála zde velkou roli zvolená šířka řádků. Největšího výnosu biomasy se dostalo u varianty páskového zpracování půdy s šířkou řádků 0,375 m a u varianty s šířkou 0,75 m je to technologie setí do vymrznuté meziplodiny.

Součástí práce je literární přehled podávající obecné informace o erozi a jejím rozdělení, o organizačních, technických a agrotechnických opatřeních a s ní spojená i legislativní opatření, využití a význam půdoochranných technologií. V neposlední řadě také uvádí informace o využití kukuřice na bioplyn, neboť kukuřice patří k výborným substrátům do bioplynových stanic.

Klíčová slova: vodní eroze, protierozní opatření, půdoochranné technologie, kukuřice, bioplyn

Soil Protective Technologies of Maize Grown for Biogas Production

Summary

Awareness of each farmer must, among all other things be proper and careful land management, which is an important natural ingredient for all life on Earth. This thesis deals with the problems of water erosion in the stand of wide row crop maize (*Zea mays*), and the use of soil conservation technologies such as agrotechnical anti-erosion measures used to reduce or eliminate the risk of erosion. The main focus of this Bachelors thesis is water erosion, which affects mainly sloping crops where soil is exposed to different effects of changing weather, mainly rain. Water breaks down the soil aggregates and moves the soil particles and impoverishes the soil off organic matter, which is important for proper growth and development of crops.

The aim of the study was to analyze selected soil conservation technologies in crop maize on the farm Krásná Hora nad Vltavou and evaluate the impact on water erosion of soil and biomass production. Among the selected soil conservation technologies include disc harrow, strip - till, direct seeding into freezed intercrop and a set-aside was established as a control measurement. These technologies were used in the creation of the growing crop fields at selected field in the mentioned company. Then three dates were set up of artificial raining by a rainfall machine and ultimately values were of water infiltration and soil loss, which were compared. The impact of these technologies on the total biomass yield was evaluated. Given the results, it was found that the most appropriate technologies for maize cultivation on soil endangered by erosion was strip tillage and sowing of maize into freezed intercrop. Regarding the yield of biomass, selected line width played a big role. The greatest yield of biomass was from still tillage variant with a line width of 0,375m and from variations with 0,75m width with sowing to freezed intercrop technology.

The work includes a review of literature serving as a general information on erosion and its division, the organizational, technical and agro-technical measures and the related legislative measures, the use and meaning of soil conservation technologies and also states informations of processing corn into biogas, since corn is one of the best substrates for biogas stations.

Keywords: water erosion, erosion control measures, soil conservation technologies, maize, biogas

Obsah

Obsah	6
1 Úvod	1
2 Cíl práce	3
3 Literární rešerše	4
3.1 Ekologické zemědělství a vztah k půdě	4
3.1.1 Půda v ekologickém zemědělství	4
3.1.2 Půdní charakteristiky v ekologickém a konvenčním zemědělství	6
3.1.3 Energetika v ekologickém zemědělství	6
3.2 Eroze půdy	8
3.2.1 Rozdělení eroze.....	9
3.2.2 Ohrožení a ztráty půd erozí v ČR a ve světě	17
3.2.3 Příčiny eroze.....	19
3.2.4 Dlouhodobá ztráta půdy - USLE a erodovatelnost půdy	19
3.3 Protierozní opatření	21
3.3.1 Organizační protierozní opatření.....	23
3.3.2 Agrotechnická opatření	25
3.3.3 Technická opatření.....	27
3.3.4 Legislativní opatření.....	29
3.4 Půdoochranné technologie	31
3.4.1 Základní technologie zpracování půdy	33
3.4.2 Bezorebné zpracování půdy.....	33
3.4.3 Příznivý vliv půdoochranných technologií na půdu	36
3.5 Kukuřice a protierozní ochrana při jejím pěstování	39
3.5.1 Půdoochranné technologie při pěstování kukuřice	39
3.5.2 Minimalizační a ochranné technologie při pěstování kukuřice po různých předplodinách.....	41
3.5.3 Zakládání porostu kukuřice.....	41
3.6 Kukuřice na bioplyn	47
4 Materiál a metody	50
4.1 Zemědělský podnik ZD Krásná Hora nad Vltavou a. s.	50
4.2 Metodika pokusu	52
5 Výsledky	54
6 Diskuze	62
6.1 Simulace deště	63

6.2	Výnos biomasy	65
7	Závěr	66
8	Seznam použité literatury.....	67

1 Úvod

Půda, voda, kyslík a světlo jsou nejdůležitější složky životního prostředí pro existenci života. Ovšem veškerý život na Zemi je i přesto z větší části vázaný pouze na jednu z těchto složek a to na půdu. Je to nejdůležitější a těžko obnovitelný přírodní zdroj, bez kterého by život na Zemi vyhasnul. Půda poskytuje prostředí pro akumulaci a filtraci vody a je stanovištěm pro rostliny a živočichy. Není stabilním a neměnným prostředím, ale je stále se vyvíjejícím systémem.

Půda je ovlivňována člověkem přímo i nepřímo. Vzhledem k současnému růstu antropogenní činnosti dochází k velkému zatížení a degradaci půdy. Tyto problémy jsou způsobeny využíváním půdy jako výrobního prostředku v zemědělství, zabírání půdy pro stavební účely a použití půdy pro stavební materiály. Mezi nejdůležitější rizika, která ohrožují půdu, patří eroze, úbytek organické hmoty, omezení biologické aktivity půdy a zhutnění. Všechna tato rizika jsou způsobena a umocňována právě lidskou činností a zásahem člověka do životního prostředí. Proto se snažíme půdu co nejvíce chránit a na mysli každého zemědělce by měla být otázka, jak nejlépe a nejšetrněji hospodařit na zemědělské půdě. Cílem každého zemědělce je však získat co největší výnos a dosáhnout výborné produkce, a proto dělá vše potřebné pro zdravý růst rostlin a obdělává půdu, tak jak rostlina potřebuje, ale nemyslí při tom na to, je-li to příhodné i pro půdní prostředí.

Zpracování půdy a zakládání porostů je významnou pěstitelskou technologií polních plodin, při níž se má půda upravit do stavu, kdy plodinám jsou poskytovány příhodné podmínky pro růst a vývoj. Volba technologií zpracování půdy a zakládání porostů musí respektovat kromě agroekologických podmínek stanoviště a nároků plodin na půdní prostředí i časovou náročnost, nákladovost pracovních operací a požadavky legislativy. Zpracování půdy a zakládání porostů pomocí klasických konvenčních metod, stále více nespĺňují na mnoha stanovištích požadavky pěstovaných plodin, hlavně co se týče kvalitního a rychlého založení porostu. Proto se začínají využívat šetrnější a méně nákladné minimalizační technologie nebo také půdoochranné technologie. Jde o různé formy mělkého zpracování půdy, výsev plodin do vymrzajících nebo přezimujících meziplodin, zpracování půdy ve výsevních pásech, setí do mulče a využití pokrytí půdy rostlinnými zbytky a další. Tyto technologie jsou uplatňovány hlavně v porostech širokořádkových plodin, kde je půda vystavena přímému vlivu klimatických a jiných faktorů jako je např. déšť způsobující vodní erozi a následný odnos půdy a tudíž i organické hmoty. Problematika eroze se širokořádkových plodin velmi týká a jednou mož-

ností jak eliminovat erozní ohrožení je uplatnění právě půdoochranných technologií zpracování půdy.

Mezi tyto plodiny patří také kukuřice setá (*Zea mays*), která je oblíbenou plodinou v zemědělství pro pěstování na siláž nebo na zrno a hlavně jako substrát do bioplynových stanic. Člověk využívá k získávání energie hlavně fosilní paliva, která ovšem mají špatné dopady na životní prostředí a hlavně jsou neobnovitelná. Proto se člověk snaží najít způsob, jak získat energii, aniž by nějak ovlivňoval životní prostředí. Klíčovou technologií výroby obnovitelné energie je výroba z biomasy, při které nedochází k emisi oxidu uhličitého do atmosféry a je tak jeho obsah v atmosféře o mnoho menší ve srovnání s využíváním a těžbou fosilních paliv. Pro Českou republiku je biomasa v dlouhodobém horizontu nejperspektivnější z obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a tepla. Nejvíce biomasy, kterou můžeme pro tyto účely použít, najdeme v zemědělství. Jedná se o exkrementy hospodářských zvířat, vedlejší produkci z rostlinné výroby a cíleně pěstované energetické plodiny. Mezi tyto plodiny se řadí právě i kukuřice, která se využívá na výrobu bioethanolu nebo bioplynu. Je totiž rostlinou s obrovským výnosovým potenciálem. Kukuřice je C4 rostlina, která má schopnost vytvořit velké množství biomasy s vysokým obsahem škrobu a tudíž má vysokou možnost tvorby methanu, neboť pro tvorbu bioplynu je důležitý obsah zkvasitelných cukrů. Takovéto plodiny nám pomohou získávat kvalitní zdroj energie ve formě elektřiny a tepla.

2 Cíl práce

Posoudit vliv vybrané půdoochranné technologie využívané při pěstování kukuřice na vodní erozi. Vyhodnotit dopady zvoleného založení porostu na vodní erozi, produkci biomasy kukuřice a bioplynu. Vyhodnotit vliv porostu kukuřice na vodní erozi půdy.

3 Literární rešerše

3.1 Ekologické zemědělství a vztah k půdě

Ekologické zemědělství je v Evropě i u nás uznávanou metodou, která je definována zákonem č. 242 z roku 2000, který vstoupil v platnost 1. 1. 2001. Tento zákon zní: „Ekologickým zemědělstvím se rozumí zvláštní druh zemědělského hospodaření, který dbá na životní prostředí a jeho jednotlivé složky stanovením omezení či zákazů používání látek a postupů, které zatěžují, znečišťují nebo zamožují životní prostředí nebo zvyšují rizika kontaminace potravního řetězce, a který zvýšeně dbá na vnější životní projevy a chování a na pohodu chovaných hospodářských zvířat“. Je modelem setrvalého zemědělství, které je doporučováno pro zachování kulturní krajiny a udržení osídlenosti na venkově (Urban, Šarapatka a kol., 2003).

Novotný a kol. (2014) definuje ekologické zemědělství jako moderní formu hospodaření bez používání chemických vstupů s nepříznivými dopady na životní prostředí, zdraví lidí a zdraví hospodářských zvířat.

Ekologické zemědělství bylo taktéž definované jako setrvalé zemědělství. Bylo uvedeno mnoho definic setrvalého zemědělství, ale nakonec se odborníci shodli na jedné. Setrvalé zemědělství je zemědělství, které je ekologicky únosné, sociálně spravedlivé, ekonomicky přijatelné a humánní (Gold, 2007). Podle Jacksona et al. (1984) setrvalé zemědělství nevyčerpává půdu, ani neochuzuje lidi.

3.1.1 Půda v ekologickém zemědělství

Půda obhospodařována v ČR v ekologickém zemědělství byla k roku 2011 cca 500 000 hektarů, což odpovídá přibližně 11% z celkové výměry zemědělské půdy. Díky tomu se ČR pohybuje nad průměrem EU (Dvorský, Urban, 2011).

V zemích EU byl rozvoj ekologického zemědělství v posledních deseti letech vesměs rychlý jak co do plochy, tak i podílu bioproduktů na trhu. Od roku 1993 vzrostla tato plocha více než trojnásobně na současných bezmála 3,5 milionu hektarů. (Moudrý, Prugar, 2001).

Mezi základní přístupy patří zachování hodnotné a kvalitní půdy (Novotný a kol., 2014).

Ekologické zemědělství můžeme vysvětlovat jako vyvážený agroekosystém trvalého charakteru, který má za cíl snahu o udržení úrodnosti půdy a rozvoj biodiverzity včetně půdního edafonu. V ekologickém zemědělství je nezbytné hledět na roli půdy jako živého systému, který musí být spojnicí k produkci plnohodnotných rostlinných produktů, zdravých zvířat i zdravého člověka. Posledních desetiletí se zaznamenalo značného výnosu plodin, ale právě kvůli takové intenzitě hospodaření jsou vidět i různá negativní stránky (Pokorný a Šarapatka, 2003).

Tyto negativní důsledky se objevují hlavně na intenzivně obhospodařovaných půdách, kde se setkáváme s utužením půdy nebo erozí půdy, dále také s úbytkem a horší kvalitou organické hmoty, což má za následek horší strukturu půdy (Urban, Šarapatka a kol., 2003).

Půdní úrodnost a fyzikální vlastnosti půdy se dají ovlivnit činností zemědělce. K takovýmto činnostem patří dodržování osevních postupů, zpracování půdy a hnojení (Urban, Šarapatka a kol., 2003).

Hnojení půd, které je rozdílné v konvenčním a ekologickém zemědělství, je důležitým intenzifikačním faktorem. V ekologickém zemědělství respektuje přirozený koloběh živin a negativně neovlivňuje biologické procesy, které jsou důležité pro koloběh živin. V konvenčním zemědělství není kladen takový důraz na zajištění biologických procesů v půdě (Pokorný a Šarapatka, 2003).

Toto hnojení značně ovlivňuje fyzikální faktory půdy a vede k obohacování půdy organickou hmotou, která je důležitá z hlediska zajištění energie a živin pro půdní organismy a rostliny a přispívá značně při snižování vodní a větrné eroze (Novotný a kol., 2014).

Zpracování půdy slouží k úpravě půdních vlastností ve vztahu k pěstovaným plodinám. Patří k němu povrchové kypření půdy, povrchové utužení, kypření a drobení orniční vrstvy, urovnání orniční vrstvy, prohlubování ornice a kypření podorničí a odvodnění půdního profilu (Novotný a kol., 2014).

Povrchové kypření provzdušňuje svrchní vrstvy půdy, umožňuje výměnu plynů a zejména zvyšuje obsah kyslíku v rhizosféře. Tímto úkonem se snižuje přívod tepla. Naopak utužením povrchu se přívod tepla a kapilární zdvih vody k povrchu zvyšují (Urban, Šarapatka a kol., 2003).

3.1.2 Půdní charakteristiky v ekologickém a konvenčním zemědělství

Rozdíly mezi ekologickým a konvenčním zemědělstvím můžeme zjistit sledováním změn v obsahu a kvalitě půdní organické hmoty, biologické aktivity půdy, struktury půdy a erozi. Řada výzkumu potvrdila, že na ekologicky obhospodařovaných půdách je obsah organického uhlíku, který je hlavním indikátorem kvalitní půdní organické hmoty, vyšší ve srovnání s konvenčními půdami. Také se ukázalo, že ekologické pozemky dokonce i lépe chrání půdní organickou hmotu. Biologická aktivita je důležitá z hlediska dekompozice hmoty v půdě, kde hrají největší roli žížaly. Různé výzkumy došli k závěru, že ekologicky obhospodařované pozemky lépe chrání půdu i proti vodní a větrné erozi a lépe chrání půdní úrodnost než v konvenčním hospodaření (Pokorný a Šarapatka, 2003).

Užití půdy	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013
Orná půda	19 164	19 637	20 766	29 505	44 906	59 281	56 286
Trvalé travní porosty	195 633	231 683	209 956	257 899	329 232	398 061	412 158
Trvalé kultury	963	928	820	1 870	4 331	7 429	7 837
Ostatní plochy	2 354	2 747	23 440	23 616	19 937	18 157	17 615
Celková plocha	218 114	254 995	254 982	312 890	398 406	482 927	493 896

Tab. č. 1.: Vývoj struktury půdního fondu v ekologickém zemědělství (MZe a REP, k 31 .12. 2013)

3.1.3 Energetika v ekologickém zemědělství

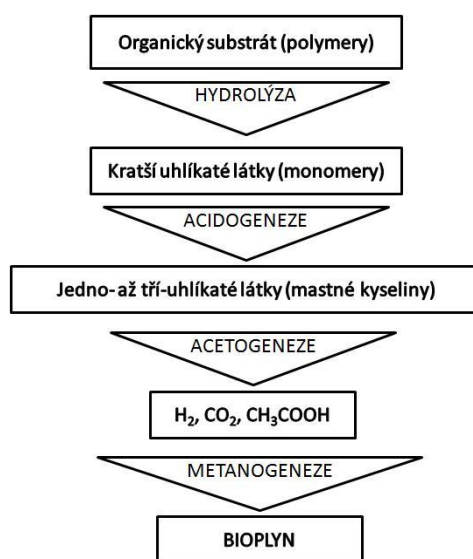
Energie je pro hospodářský rozvoj důležitější než jiné suroviny především proto, že ostatní suroviny se dají celkem úspěšně nahrazovat jedna druhou, zatímco u jednotlivých zdrojů energie je to podstatně obtížnější. Obecně je světová spotřeba energie ve světě pokrývána z 80 % fosilními palivy, jako je například ropa, uhlí a zemní plyn. V dnešní době zemědělské podniky využívají i možnost zpracovávat exkrementy hospodářských zvířat spolu

s rostlinnými zbytky či vyloženě čistou rostlinnou biomasu na tvorbu bioplynu. Toto se děje v bioplynových stanicích, ze kterých je přebytečné teplo a získaná energie použita na další účely ať u ž v rámci zemědělského podniku nebo pro běžnou lidskou potřebu. Využití rostlinné biomasy jako neustále se obnovující zdroj energie se stalo pozorností celého světa (Moudrý a Stražil, 1998).

Anaerobní digesce kejdy a plodin poskytuje možnost kombinované výroby energie z obnovitelných zdrojů a organických hnojiv na ekologických farmách. Tato možnost byla navržena ke zlepšení udržitelnosti ekologického zemědělství (Pugesgaard et al., 2014).

Biomasa zahrnuje veškeré přírodní produkty, které jsou výsledkem procesu fotosyntézy, schopné zachytit 1-3 % dopadajícího slunečního záření. Biomasu s převahou vlákniny lze využívat při výrobě různých stavebních a jiných materiálů (desky, obaly, výplně aj.), jako surovinu pro výrobu papíru nebo jako hnojivo. Rostliny nebo jejich části s vysokým obsahem oleje, cukru, škrobu, barviv, farmak či dalších specifických látek mohou být využity nejen v potravinářském, ale i v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu. Pro energetické využití se používá biomasa záměrně pěstována k tomuto účelu a biomasa odpadní. Biomasa pěstována pro výrobu energie je například obilí, cukrová řepa, olejniny a energetické dřeviny. K odpadní biomase řadíme řepkovou slámu, část slámy obilovin, kukuřičnou slámu, přestárlé travní porosty, dřevní odpady, organické komunální odpady, odpady z živočišné výroby apod. (Moudrý a Stražil, 1998).

Dospělo se k závěru, že výroba bioplynu na ekologických farmách umožňuje farmám dosáhnout pozitivní energetické bilance, poskytnutí soběstačnosti s organickými hnojivy a snížení emisí skleníkových plynů (Pugesgaard et al., 2014).



Obr. č. 1: Schéma anaerobní digesce (www.web2.mendelu.cz)

3.2 Eroze půdy

Eroze spolu se zábořem půdy je jedna z nejvýznamnějších problematik zemědělské půdy a půdy celkem. Stali se nejzávažnějšími mechanismy degradace půdy a stále se zvyšují (Brtnický a kol., 2012).

Intenzivní využívání půdy pro zemědělskou výrobu a realizace investiční výstavby porušila postupně přirozený kryt půdy a vystavila její povrch působení erozních sil (Holý, 1994).

Eroze půdy je přirozený proces, který nelze zcela zastavit (Brtnický a kol., 2012). Slovo „eroze“ pochází z latinského „erodere“, což znamená rozhlodávat. Tento pojem se začal objevovat v literatuře již ve 30. a zejména ve 40. letech minulého století. Na vymezení a zpřesnění jeho obsahu má zásluhu známý americký erodolog H. H. Bennet a jeho spolupracovníci. Erozi rozumíme rozrušování litosféry resp. pedosféry pohybující se hmotou erodenního původu. Obecně se eroze definuje jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu a jiných tzv. erozních činitelů (Janeček a kol., 2002).

Sadeghi et al. (2014) ve své studii říká, že eroze půdy a rozrušené sedimenty jsou vážné problémy při obhospodařování zemědělské půdy.

V případě větrné eroze jde především o poškozování klíčících rostlin, znečišťování ovzduší, škody navátím ornice atd. (Janeček a kol., 2007).

Jiné definice vysvětlují obecně erozi jako přemísťování zemin, zvětralin a hornin z jednoho místa na druhé, a tím, kdo tyto materiály přenáší, je voda, vítr a ledovce. Všem těmto činitelům je společná jedna vlastnost, a to je pohyb (Kutílek, 2012).

Janeček (2002) uvádí všeobecnou definici eroze, jako mechanické rozrušování půdy vodou a větrem, popř. jinými destruktivními činiteli. Při tomto transportu dochází k transportu a sedimentaci uvolněných částic. Zemský povrch se pomocí těchto sedimentačních částic na jedné straně snižuje - degradace a na druhé straně zvyšuje - aggradace. Výsledkem toho je pak zarovnání povrchu neboli planace.

Eckelmann a kol. (2006) definuje erozi, jako proces při kterém dochází k odnosu půdního a geologického materiálu většinou přirozenými činiteli, tedy definice podobná předchozím. Ovšem dále erozi definuje také jako proces, který může vzniknout i antropogenními činiteli, které uvolňují, přemísťují a akumulují půdní a geologický materiál.

Výsledkem dlouhodobého negativního působení eroze na půdu jsou často nevratné změny fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy (Bielek, 1996).

Eroze půdy ochuzuje zemědělské půdy o nejurodnější část - ornici, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah humusu a živin, poškozují plodiny a kultury, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztráty osiv a sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin. Transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje, zanášejí akumulární prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují prostředí pro vodní organismy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin (Janeček a kol., 2007).

Jemný materiál je však transportován vodou do hydrografické sítě, v níž tvoří převážnou část splavenin. Tyto splaveniny v tocích zvyšují nivelitu neboli výšku dna, což vyvolá zvýšení hladiny podzemní vody v přilehlém území a nežádoucí inundaci, která způsobí zamokření (Holý, 1994).

Různé výzkumy a literatury poukazují na souvislost mezi stabilitou půdních agregátů a erodovatelností či náchylností půdy k erozi. Stabilita půdních agregátů je brána jako fyzikální půdní indikátor této skutečnosti (Nciizah and Wakindiki, 2015).



Obr. č. 2: Projevy vodní eroze na zemědělské půdě (Heřmanovská, Kulířová, Vopravil, 2013)

3.2.1 Rozdělení eroze

Eroze se člení dle do různých forem podle působení erozních činitelů a podle odnosu půdy vlivem eroze. Někteří činitelé působí na půdu přímo, a proto se eroze člení podle těchto činitelů resp. vodní, větrnou, ledovcovou a antropogenní (Janeček a kol., 2002).

Erozní činitelé však mohou působit i na povrchu nebo pod povrchem půdy. Takovéto členění pak nazýváme dělení podle formy eroze. Další dělení je podle intenzity eroze, tedy podle odnosu půdy vyjádřený v hmotnostních nebo objemových jednotkách z jednotky plochy za jednotku času (Holý, 1994).

Podle Holého (1994) se do třídění eroze dá zařadit také antropogenní eroze, která je založena hlavně na stavbě komunikací, spojitostí s urbanizací a intenzifikaci zemědělské výroby.

3.2.1.1 Rozdělení eroze podle erozních činitelů

Dělení (Janeček a kol, 2002):

- a) Vodní a větrná eroze
- b) Ledovcová (glaciální) eroze a sněžná (nivální) eroze
- c) Antropogenní eroze

3.2.1.1.1 Vodní eroze

Vodní eroze je vyvolána kinetickou energií dešťových kapek dopadajících na půdní povrch a mechanickou silou povrchově stékající vody (Holý, 1994). Je definována jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody (Novotný a kol., 2014).

Kutílek (2012) ve své knize popisuje vodní erozi jako proces při dešti, když se srážková voda nestačí vsakovat do půdy. Na začátku přívalového deště je intenzita velice vysoká a převyšuje hydraulickou vodivost půdy. Proto se část srážkové vody nestačí vsakovat a odtéká po povrchu půdy. Dešťové kapky mají velký vliv na půdní agregáty. Při jejich dopadu se z půdního agregátu vytrhnou a do okolí vymrští uvolněné půdní částice. Tyto částice jsou po dopadu na povrch odneseny vodou a půda tak ztrácí důležité částice. Tyto částice se také usazují a ucpávají hrdla půdních pórů. Tím se snižuje infiltrace a zvyšuje se povrchový odtok a s ním se zvyšuje odnos půdních částic, tedy eroze.

Podle formy se dělí na erozi plošnou, rýhovou, výmolovou a proudovou. Při plošné erozi je půda erodována téměř rovnoměrně po celé ploše pozemku nebo určité části svahu. Čím je plocha svahu rovnější, tím jsou podmínky pro soustředování vody menší. Avšak ani dokonale urovnaný povrch nemůže zabránit soustředování vody na svahu do rýžek a proto se dá plošná eroze těžko oddělit od rýžkové. Působení plošné eroze postupně snižuje půdní profil až na skalnaté podloží. První fází je kapková eroze, kterou vznikají v půdě drobné jamky.

Druhou fází je pohyb vody po nakloněné ploše a odnos jemnějších částic, při malé kinetické energii a velkých částic v opačném případě. Tímto se na povrchu půdy tvoří hrubozrnná vrstva tzv. kamenná dlažba, která chrání půdy před smyvem. Pokud se voda na povrchu soustřeďuje do jednoho místa, vzniká rýžková eroze nebo při velkém soustředění vody erozní rýhy (Janeček, 2002).

Kultivace na svažitém terénu je již dlouho viníkem přispívající k vodní erozi. Ztráty půdy z mírných svahů jsou považovány za méně důležité a dokonce zanedbávány.

Z jedné studie však, kde zkoumali kultivaci na svazích o různých sklonitostech, vyšlo závěrem, že vodní eroze je poměrně znatelná také na svazích o sklonu menší než 20°. Vše velmi záleží na druhu vegetace na pozemku a na srážkovém období (Wei et al., 2014).

Stupeň ohrožení	Sklon ve stupních	Smyv půdy (t/ha/rok)	Působení smyvu
velmi slabé ohrožení	Do 2°	1,5	Příležitostné
slabé ohrožení	Do 4°	1,6 – 3,0	Patrné
střední ohrožení	Do 5°	3,1 – 4,5	Znatelné
silné ohrožení	Do 8°	4,6 – 6,0	Nebezpečné
velmi značné až extrémní ohrožení	Nad 8°	6,1 7,6 a více	Velmi škodlivé

Tab. č. 2: Potencionální ohrožení vodní erozí zemědělských půd podle svažitostí pozemků a možný smyv půdy (Vach, Javůrek, 2007)

3.2.1.1.2 Větrná eroze

Větrná (eolitická) eroze půdy dominuje v podmínkách aridního klimatu a je způsobena mechanickou silou proudění vzdušných mas. Vítr rozrušuje povrch půdy a odnáší volné půdní částice a strukturní agregáty z jednoho místa na místo jiné, kde vznikají navátiny (Šarapatka, Dlapa, Bedrna, 2002).

Brtnický a kol. (2012) rozděluje pohyb půdních částic na tři formy:

- 1) Pohyb nejjemnějších půdních částic ve formě prachu, které jsou unášeny na velké vzdálenosti. Mohou vznikat prašné bouře.

- 2) Pohyb půdních částic skokem, při kterém dochází k největšímu přemístování půdní hmoty.
- 3) Pohyb půdních částic sunutím po povrchu půdy, kterým se pohybují větší a těžší částice.

Při těchto procesech vznikají přesypy a duny, které jsou charakteristické hlavně pro polo-pouště a pouště (Šarapatka, Dlapa, Bedrna, 2002).

K větrné erozi dochází nejvíce na půdě bez vegetace a při nízké půdní vlhkosti (Brtnický a kol., 2012).

Větrná eroze působí škody na zemědělské půdě nejen odnosem půdních částic a hnojiv, ale i obnažováním kořinek rostlin (Šarapatka, Dlapa, Bedrna, 2002).

Způsobuje odnos ornice, osiv a ničí plodiny zejména klíčících rostlin. Dále zanáší vodní toky a komunikace a jiných objektů, včetně znečišťování ovzduší (Brtnický a kol., 2012).

3.2.1.1.3 Ledovcová (glaciální) a sněžná (nivální) eroze

Ledovcovou erozi způsobují ledovce pohybující se působením tíže do údolí. Při pohybu vynakládá ledovec převážnou část energie na erodování skalního podloží, které jednak obrušuje a vyhlazuje, jednak rýhuje valouny zamrzými v ledu. Ledovec strhuje a unáší do nižších poloh velké množství horninových zvětralin, jež po uložení vytvářejí morény (Holý, 1994).

Sněhová eroze se liší od dešťové v tom, že sněhové srážky mají při dopadu na povrch půdy zanedbatelnou kinetickou energii a všechna energie pochází pouze z odtékající vody (Janeček a kol., 2002).

Eroze je způsobena také vodou z tajícího sněhu, hlavně v jarním období. Jinak je sněhová eroze definována jako pohyb sněhu po podloží ve formě lavin, jejichž erozní činnost probíhá při velkých tlacích a rychlostech sněhu (Šarapatka, Dlapa, Bedrna, 2002).

3.2.1.1.4 Antropogenní eroze

Činnost člověka v přírodě způsobuje mnoho ztrát, co se týče ekosystémů, biosféry a hlavně půdy. V této souvislosti hovoříme o ovlivňování eroze nepřímo nebo přímo (Šarapatka, Dlapa, Bedrna, 2002).

Nepřímý vliv se projevuje ničením přirozeného vegetačního krytu půdy a jeho nahrazení vegetací s nízkým ochranným účinkem před erozí, zhoršení fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy, soustředování povrchového odtoku různými úpravami území,

znečištěním půdy odpady apod. Přímý vliv se projevuje především výstavbou technických staveb a hlavně urbanizací. Člověk má výrazný vliv hlavně na zrychlenou erozi (Holý, 1994).

3.2.1.2 Rozdělení dle intenzity

Intenzita eroze se vyjadřuje obvykle odnosem půdy v hmotnostních nebo objemových jednotkách u jednotky plochy za jednotku času (Holý, 1994).

Podle Janečka a kol. (2002) čím je půda skeletovitější, tím rychleji klesá intenzita plošné eroze. Intenzita plošné, vodní a větrné eroze se zpravidla vyjadřuje ztrátou, resp. odnosem půdy v mm, t/ha popř. m³/ha za určité časové období, zpravidla za 1 rok.

Podle intenzity rozlišujeme (Holý, 1994):

- a) Erozi normální
- b) Erozi zrychlenou

3.2.1.2.1 Eroze normální

Normální eroze neustále přetváří reliéf území (Šarapatka, Dlapa, Bedrna, 2002). Probíhají při ní erozní procesy s malou intenzitou. Ztráta půdních částic je doplňována tvorbou nových částic z půdního podkladu. Mocnost půdního profilu se nesnižuje, mění se však zrnitostní složení vrchního půdního horizontu, který se stává hrubozrnějším (Holý, 1994).

Eroze půdy se rovná její tvorbě zvětráváním (Brtnický, 2012). Zachar (1960) takovou erozi nazývá vyrovnanou či kompenzační.

Tato eroze je přirozená a tyto procesy probíhají postupně a jsou z hlediska lidské generace prakticky nepozorovatelné (Brtnický, 2012).

3.2.1.2.2 Eroze zrychlená

Ke zrychlené erozi dochází po změně přírodních podmínek antropickou činností (Šarapatka, Dlapa, Bedrna, 2002).

Její intenzita je 10-1000x vyšší než normální eroze (Brtnický, 2012). Při zrychlené erozi se půdní částice smývají v takovém rozsahu, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem z půdního podkladu (Holý, 1994). Projeví se zejména po odstranění a změně vegetace a na orné půdě je intenzivní zejména v porostech okopanin (Šarapatka, Dlapa, Bedrna, 2002).

Zrychlená eroze je tak velmi vážným celosvětovým problémem (Brtnický, 2012). Šarapatka, Dlapa a Bedrna (2002) uvádí, že tato eroze vede postupně k degradaci půdy

a v konečném efektu k devastaci krajiny, neboť podle Holého (1994) přispívá k tvorbě ostře modelovaného tvaru povrchu území.

3.2.1.3 Rozdělení eroze podle formy

Formy eroze jsou odvozeny podle toho, jak na půdu působí daný erozní činitel. Hlavně se jedná o působení vody. Působí tedy na povrchu půdy nebo pod povrchem půdy resp. vodní eroze povrchová a podpovrchová (Holý, 1994).

Dělení (Holý, 1994):

1. Povrchová vodní eroze – Jedná se o působení srážkové a povrchové vody na půdní povrchový profil. Rozeznáváme:
 - a) Plošná eroze
 - b) Výmolová eroze
 - c) Proudová eroze
2. Podpovrchová vodní eroze – Srážková voda působí erozně i při jejím podpovrchovém odtoku. Způsobuje vnitropůdní erozi (Janeček a kol., 2002). Zachar (1960) jí rozumí mechanické vyplavování jemných, různě dispergovaných frakcí půdy gravitační vodou mezi agregáty, přispívající ke skeletizaci půdy. Zvláštní formou podzemní eroze je tunelová eroze (sufoze), která vede k vymílání podzemních chodeb a může vést až k proboření stropů (Janeček a kol., 2002).

3.2.1.3.1 Plošná eroze

Plošná eroze se projevuje rozrušováním a rovnoměrným smyvem půdních částic po celé ploše, tím dochází k plošnému odtoku a postupnému snižování mocnosti půdy. Tato forma eroze má silné selektivní působení (Brtnický a kol., 2012).

První fází plošné eroze je kapková eroze, kterou vznikají v půdě drobné jamky. Další fází je eroze, která probíhá při pohybu vody po nakloněné ploše půdního povrchu, která má již zmíněný selektivní působení (Janeček a kol., 2002).

Při selektivní erozi povrchový odtok odnáší jemné půdní částice a na ně vázané chemické látky. Dochází ke změně půdní textury a obsahu živin v půdě. Půdy podléhající selektivní erozi se stávají hrubozrnějšími a mají výrazně snížený obsah živin, půdy obohacené smyvem jsou jemnozrnější a bohaté na živiny (Holý, 1994).



Obr. č.3: Plošná eroze – odnos jemných půdních částic (Novotný a kol.,2014)

Podle Brtnického a kol. (2012) se tato eroze dopouští zhoršení chemických a fyzikálních vlastností půd. Souvisí s tím např. ovlivnění retenční schopnosti a pufrční kapacity půdy, dále s jejími fyzikálními vlastnostmi souvisí snížení úrodnosti a v konečné fázi se podílí na snížení obsahu humusu jako složky podílející se významně na tvorbě půdní struktury a také na snížení rezistence vůči vodní a větrné erozi.

Šarapatka, Dlapa a Bedrna (2002) dělí vodní erozi na podle mechanické síly vody a jejímu vlivu na půdu na plošnou erozi a liniovou erozi, přičemž soustředěný odtok vody může podle intenzity vést k tvorbě výmolové eroze a rýhové eroze.

Selektivní eroze probíhá zvolna, často nepozorovaně, a nezanechává viditelné stopy. Lze ji zjistit z jemného materiálu akumulovaného v dolních částech svahu po přívalovém dešti (Holý, 1994). Brtnický a kol. (2012) udává ještě další způsobu zjištění jako např. půdní vpich, kopaná sonda, nestejný vývoj vegetace projevující se rozdílným růstem apod.



Obr. č. 4: Plošná eroze (Heřmanovská, Kulířová, Vopravil, 2013)

3.2.1.3.2 Výmolová eroze

Výmolová vodní eroze vzniká postupným soustředěním povrchově stékající vody, která vyrývá v půdním povrchu mělké zářezy, postupně se prohlubující (Holý, 1994).

Vzniká v členitém terénu a na dlouhých svazích, podle intenzity se dále dělí na erozi rýžkovou a brázdovou, rýhovou, výmolnou a stržovou (Brtnický a kol., 2012).

Při rýžkové erozi vznikají v půdním povrchu drobné úzké zářezy, které vytvářejí na postiženém svahu hustou síť (Holý, 1994). Brtnický (2012) podává informaci, že se tyto rýžky pohybují v šíři a hloubce okolo 2 – 10 cm. Brázdová eroze se vyznačuje mělkými širšími zářezy, jejichž hustota na svahu je menší než u eroze rýžkové (Holý, 1994).

Brázdová eroze postihuje velké plochy a je někdy označována za nejvyšší stupeň eroze plošné (Brtnický a kol., 2012). Holý (1994) však k tomuto stupni zařazuje i erozi rýžkovou.



Obr. č. 5: Rýžková eroze v kukuřici (Novotný a kol., 2014)

Z rýžek a brázd vznikají pokračujícím soustředěním povrchově odtékající vody hlubší rýhy, které se směrem po svahu postupně spojují a prohlubují. Jsou tak výsledkem rýhové eroze. Rýhová eroze přechází ve vyšší stupeň neboli erozi výmolnou a ta v nebezpečnou, území devastující erozi stržovou (Holý, 1994). Ta podle Brtnického a kol. (2012) může mít strže o šíři v řádu větší než jeden metr a mohou dosahovat délky větší než 1 km.

Rýhy můžeme rozeznávat podle tvaru příčného profilu na ploché, úzké, široké a oblé (Janeček a kol., 2002). Brtnický (2012) udává šířku a hloubku rýh okolo 10 – 30 cm a pro vyhodnocování intenzity rýhové eroze je doporučeno hodnotit hustotu erozních rýh v km/km^2 .

Výmolná eroze je eroze, při níž vznikají výmoly obvykle kaskádovitěho tvaru a o hloubce a šířce více jak 30 cm. Vzniká v místech koncentrace a soutoku přívalových vod v úžlabinách, údolnicích, cestách a příkopech (Brtnický a kol., 2012).

Výmoly a strže zasahují často do podzemních vodonosných horizontů, z nichž odvádějí vodu, čímž snižují hladinu podzemní vody a vysušují okolní území (Holý, 1994).



Obr. č. 6: Výmolná eroze (vlevo) a příklad stržové eroze (vpravo), (Novotný a kol., 2014)



Obr. č. 7: Rýhová eroze (Heřmanovská, Kulířová, Vopravil, 2013)

3.2.1.3.3 Proudová eroze

Proudová vodní eroze probíhá ve vodních tocích působením vodního proudu. Je-li rozrušováno pouze dno, nazývá se tato eroze jako dnová. Jsou-li rozrušovány břehy, mluvíme o erozi břehové (Holý, 1994).

3.2.2 Ohrožení a ztráty půd erozí v ČR a ve světě

Odhady ztrát půdy erozí ve světovém měřítku kolísají podle různých autorů mezi 0,088 mm za rok až 0,3 mm za rok (Janeček a kol., 2002).

Šarapatka, Dlapa a Bedrna (2002) uvádí, že podle údajů FAO jsou ve světě degradovány 2 miliardy hektarů půd, z toho 56 % vodní erozí a 28 % erozí větrnou. Odhaduje se, že

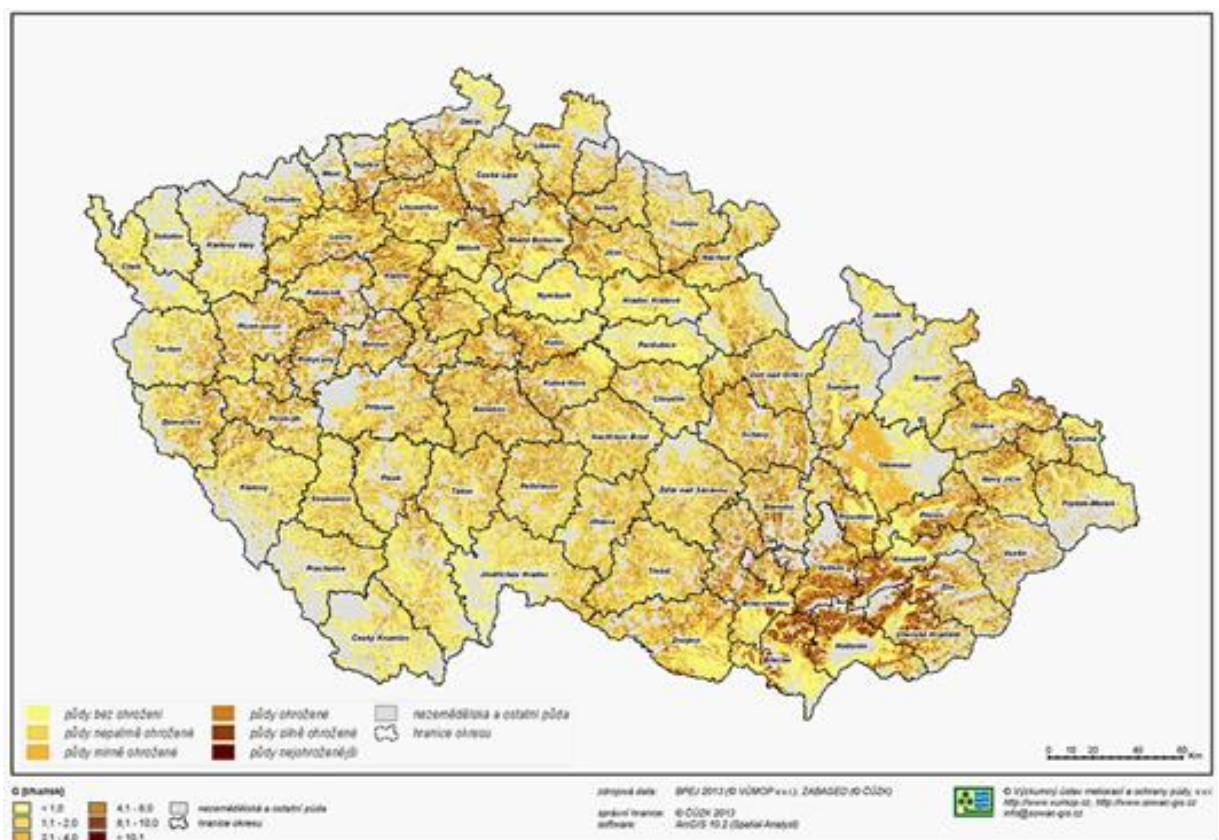
v Evropské unii je ohroženo vodní erozí 26 milionů hektarů a větrnou cca 1 milion hektarů. Novější poznatky tyto odhady poněkud vyvrací.

Podle Brtnického (2012) je v Evropě vodní erozí degradováno kolem 115 milionů ha půd (tj. 12 % zemědělské půdy). Nejvíce se problematika eroze týká zemí Balkánského poloostrova a okolí Černého a Středozemního moře.

Odnos půdy erozí ve Spojených státech amerických se pohybuje okolo 4 miliardy tun ročně, z toho dvě třetiny vodou a jedna třetina větrem (Brady, Weil, 2002).

V ČR je vodní erozí potenciálně ohroženo téměř 50 % zemědělské půdy (Novotný a kol., 2014).

V současnosti je poškozeno 42 % zemědělského půdního fondu. V současné době (k 1.1 2010) je maximální ztráta půdy vyčíslena na přibližně 21 milionu tun ornice za rok. Pokud by byla kukuřice pěstována na veškeré orné půdě v ČR, pak by ztráta půdy činila přes 73 milionů tun za rok (Brtnický a kol., 2012).



Obr. č. 8: Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí [t/ha/rok], ČR, 2013, (VÚMOP, v.v.i)

Potenciální ohrožení vodní erozí (k 1. 1. 2010), (Brtnický a kol., 2012):

- Půdy bez ohrožení: cca 1224 tis. ha – 24,5 %
- Půdy náchylné: cca 1285 tis. ha – 25 %
- Půdy mírně ohrožené: cca 1285 tis. ha – 25 %
- Půdy ohrožené: cca 507 tis. ha – 10,1 %
- Půdy silně ohrožené: cca 379 tis. ha – 7,6 %
- Půdy nejvíce ohrožené: cca 690 tis. ha – 13,8 %

3.2.3 Příčiny eroze

Mezi základní příčiny vzniku eroze patří (Brtnický a kol., 2012):

- Výskyt vydatných a intenzivních přívalových dešťů
- Rozšířené pěstování širokořádkových plodin (okopanin, kukuřice...) a kultur na svazích bez protierozních opatření
- Vytváření příliš velkých oraných půdních celků a nevhodně provedená orba
- Používání konvenčních pěstebních technologií a strojů na pozemcích ohrožených erozí
- Zrušení hydrografických prvků v krajině – remízky, zatravněné údolnice, cestní příkopy atd.
- Snížení vsaku vody do půdy (v důsledku utužení)
- Nezpevněná koryta (břehy) toků
- Nedostatečná ochrana půdy na staveništích, skládkách apod.

3.2.4 Dlouhodobá ztráta půdy - USLE a erodovatelnost půdy

K určování ohroženosti zemědělských půd vodní erozí a k hodnocení účinnosti navrhovaných protierozních opatření se podobně jako v jiných zemích používá v České republice tzv. „Univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE“ dle Wischmeier a Smith (1978).

Renard et al. (1997) popisuje empirický model ve stádiu ověřování zvaný RUSLE, tzv. revidovaná univerzální rovnice.

Oba tyto modely vychází z principu přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku, který má definované parametry odvozeny z rozměrů standardních elementárních odtokových ploch o délce 22 m a sklonu 9 %, jejichž povrch je po každém přívalovém dešti mechanicky udržován ve směru sklonu svahu jako úhor (Janeček a kol., 2007).

Rovnice ztráty půdy vodní erozí (Janeček a kol., 2007):

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P, \text{ kde}$$

G = průměrná ztráta půdy v $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$,

R = faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů,

K = faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu,

L = faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí,

S = faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí,

C = faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice,

P = faktor účinnosti protierozních opatření, (Janeček a kol., 2007).

Vypočtená hodnota udává množství půdy, které může být v dlouhodobém měřítku za daných podmínek z pozemku uvolněno plošnou vodní erozí. K posouzení míry erozního ohrožení pozemků slouží princip přípustné ztráty půdy, která je definována jako maximální hodnota ztráty půdy dovolující trvale a ekonomicky dostupně udržovat úrodnost půdy. Pokud vypočtená hodnota překročí hodnoty přípustných ztrát stanovených podle hloubky půdního profilu pro půdy, je zřejmé, že pozemek nezabezpečuje dostatečnou ochranu proti erozi a je nutné navrhnout protierozní opatření (Brtnický a kol., 2012).

Hodnoty půdního profilu (Brtnický a kol., 2012):

- mělké do 30 cm – 1 t/ha/rok,
- středně hluboké 30 – 60 cm – 4 t/ha/rok,
- hluboké nad 60 cm – 10 t/ha/rok.

Ve spojitosti s erozí hovoříme o erodovatelnosti půd, což je náchylnost půdy k erozi. Podílí se na ní soudržnost půdních částic a vlastnosti ovlivňující infiltrační schopnost půdy. Čím je soudržnost půdy větší, tím je potřeba více energie na uvolnění těchto částic a uvedení do pohybu. Čím větší je infiltrační schopnost půdy, tím menší je povrchový odtok a transport půdy. Při stanovení erodovatelnosti půdy se vychází ze zrnitosti, kdy nejnáze podléhají erozi prachové částice. Z důvodu vyšší hmotnosti je méně erodovatelný písek a nejodolnější je jíl (Šarapatka, Dlapa, Bedrna, 2002). Nejjednodušší popsání erodibility podle Bouyoucose je (Šarapatka, Dlapa, Bedrna, 2002):

$$E_p = \% \text{ písku} + \% \text{ prachu} / \% \text{ jílu}$$

3.3 Protierozní opatření

Zemědělskou půdu je potřeba chránit před erozí pomocí vhodných protierozních opatření. Právě tyto ochranná opatření pomohou snížit lidským působením zrychlenou erozi na úroveň normální, geologické eroze, která je přirozená (Bennet, 1939).

Tato ochrana je o to více důležitá u pozemků vyskytujících se na svazích, kde je největší pravděpodobnost ohrožení vodní erozí (Janeček a kol., 2002).

Protierozní ochrana se stává v dnešní době nezbytnou, neboť stále dochází k ekonomické aktivitě společnosti a roste snaha účelně a hospodárně využívat přírodních zdrojů. Úkolem protierozní ochrany je chránit dva nejcennější z těchto zdrojů – půdu a vodu. Dále je to zabránění důsledkům, které by mohli ohrozit národní hospodářství, zejména zemědělství a vodní hospodářství i pro utváření prostředí pro život člověka (Holý, 1994).

O použití jednotlivých způsobů ochrany rozhoduje jejich účinnost, požadované snížení smyvu půdy a nutná ochrana objektů (vodních zdrojů, toků a nádrží, intravilánů měst a obcí atd.) při respektování zájmů vlastníků a uživatelů půdy, ochrany přírody, životního prostředí a tvorby krajiny (Janeček a kol., 2007).

Ochrana proti větrné erozi

Na ochranu proti větrné erozi se používají především organizační a agrotechnická opatření. Technická opatření pak tvoří kostru protierozního opatření a slouží ke snížení rychlosti větru a omezení jeho erozního působení. Organizační opatření zahrnují především použití vlivu vegetace (Váška, Dostál, Vrána, 2000).

Ochrana proti vodní erozi

Ochranu proti vodní erozi je možné zajistit s pomocí opatření, které chrání půdu před účinky dopadajících dešťových kapek erozně nebezpečného deště, podpoře vsaku vody do půdy, omezení unášecí síly vody a soustředěného povrchového odtoku, zpomalení, zachycení a bezpečném odvedení povrchového odtoku na určitém půdním oddílu. Tento povrchový odtok je potřeba zachytit a odvést do vodního toku, tak aby nezpůsobil další škody, a je třeba zachytit smytou zeminu (Novotný a kol., 2014).

Klasifikace těchto opatření vychází z normy ČSN 75 4500 „Protierozní ochrana zemědělské půdy“ (Váška, Dostál, Vrána, 2000).

Hlavním účelem opatření na ochranu půdy před vodní erozí je tedy (Janeček a kol., 2002):

- Chránit půdu před účinky dopadajících kapek deště
- Podporovat vsakování vody do půdy
- Zlepšovat soudržnost půdy
- Omezovat unášecí sílu vody a soustředěného povrchového odtoku
- Neškodně odvádět povrchově odtékající vodu a zachycovat smytou zeminu.

Erozní procesy závisí na mnoha faktorech. Především se jedná o přírodní (geologické, půdní, terénní, klimatických), ale také faktory vyplívající z hospodářské činnosti člověka (pěstování plodin, agrotechniky, organizace území, organizace půdního fondu apod.), (Pasák, 1984).

Tyto faktory nepůsobí izolovaně, ale komplexně, což je i základním požadavkem na protierozní opatření (Tlapák a kol., 1992).

Při hodnocení a návrhů těchto opatření je nutné vycházet z vodního celku jako ze základní jednotky, ve které lze organickou soustavou zásahů vhodně upravit odtokové poměry. Tento postup vyhovuje i při větrné erozi (Holý, 1994).

Váška, Dostál a Vrána (2000) uvádí, že ve vyšetřování území se ochrana řeší ve variantách a přednost se dává systému, který umožňuje určitý stupeň protierozní ochrany, minimalizuje zábor půdy a je realizovanější a ekonomicky výhodnější.

Protierozní opatření zahrnují soubor opatření organizačního, agrotechnického a stavebního charakteru, který by měl být na zemědělské půdě a v krajině vhodně uplatňován, jako hlavní způsob ochrany a zachování půdy (Hůla et al., 2005).

Navrhují se za účelem zachování úrodnosti půdy, k ochraně vodních zdrojů, cenných území, komunikací a intravilánů obcí (Váška, Dostál, Vrána, 2000).

Všechna tato opatření se navzájem doplňují a respektují požadavky a možnosti zemědělské výroby dnešní doby (Janeček a kol., 2005).

Cílem těchto opatření je (Brtnický a kol., 2012):

- Uchovat půdu jako základní výrobní prostředek,
- Chránit půdu před degradací,
- Zadržet půdní vlhkost, zvýšit infiltrační schopnost půdy,
- Zvýšit úrodnost půdy,
- Snížit počet pojezdů po poli,
- Zajistit trvale udržitelné hospodaření s půdou i pro budoucí generace.

Návrhy a uskutečňování těchto opatření by mělo vycházet z odborně zpracovaných projektů pozemkových úprav respektujících základní principy ochrany půdy před erozí (Podhrázská, Dufková, 2005).

Z hlediska finančního je nutné při návrhu protierozních opatření postupovat od finančně i realizačně nejjednodušších opatření organizačního a agrotechnického charakteru k opatřením technického charakteru (Novotný a kol., 2014).

3.3.1 Organizační protierozní opatření

Tato opatření ovlivňují návrhy agrotechnických a vegetačních i stavebně technických opatření (Holý, 1994).

K těmto opatřením řadíme (Janeček a kol., 2002, Hůla et al., 2003):

- komplexní pozemkové úpravy, realizované podle půdně-morfologických podmínek
- delimitace (oddělení) kultur, zejména mezi lesem a zemědělskou půdou,
- rozmísťování plodin v rámci protierozních osevních postupů,
- pásové střídání plodin,
- ochranné zatravnění a zalesnění.

Základem opatření týkající se pozemkových úprav je situování pozemku delší stranou po vrstevnici, což zároveň stimuluje k obdělávání po vrstevnici a současně zkracuje délku pozemku po spádnicí (Váška, Dostál, Vrána, 2000).

Tato délka ve směru odtokových linií nesmí překročit maximální přípustnou délku vypočtenou hlavně pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy – USLE (Novotný a kol., 2014).



Obr. č. 9: Vrstevnicové obdělávání (Novotný a kol., 2014)

Delimitace kultur znamená prostorová a funkční optimalizace pozemku, která umožňuje pěstování jednotlivých kultur. Jedná se o jejich umístění v rámci půdního fondu z hlediska terénních, půdních a klimatických podmínek se zřetelem k jeho účelnému využití pro zemědělskou a lesní výrobu (Holý, 1994).

Pozemky, které mají sklonitost větší než 50 % by měly být zalesněny a pozemky se sklonitostí vyšší jak 25 % by měly být chráněny trvalými travními porosty (Janeček a kol., 2002).

Ochranné travní porosty zvyšují drsnost povrchu, přispívají k zachycení smyté zeminy a zpomalení rychlosti povrchového odtoku (Novotná a kol., 2014).

Protierozní ochranu může poskytnout pouze plnohodnotný travní porost. V některých oblastech se kvůli nepříznivým podmínkám nevytváří travní porost dostatečný k ochraně půdy, a proto se uplatňují různé způsoby kultivací jako např. zachycení zimní vláh, hnojení a přísévání hodnotných trav (Holý, 1994).

Osevní postupy jsou řešeny tak, aby se zařazovaly plodiny s protierozní odolností, tj. travní a jetelotravní porosty, a aby se omezily okopaniny na pozemcích se sklonem vyšším než 10° (Tlapák a kol., 1992).

Dalším organizačním opatřením je protierozní rozmíst'ování plodin, které ovlivňuje vznik a velikost povrchového odtoku, a které je důležité u plodin nedostatečně chránící půdu před erozí (Tlapák a kol., 1992, Janeček a kol., 2002).

Jedná se především o širokořádkové plodiny pěstované na orné půdě rovinného charakteru nebo se sklonitostí do 8 % (Janeček a kol., 2002).

Pozemky, které mají sklonitost od 8 % do 15 % je nutno protierozní ochranu, zejména v porostu širokořádkových kultur, zvýšit střídáním s vrstevnicovými pásy obilovin, obilovin s podsevem nebo víceletých píceň (Váška, Dostál, Vrána, 2000).

Podle Janečka a kol. (2002) je tato kombinace střídání nejvýznamnější tehdy, střídá-li se stejně široké pásy širokořádkových plodin a plodin chránící půdu (trav, píceň, leguminos) o stejné šířce a přípustné odchylce 10 %.

Silně erozně ohrožené plochy jsou také pásy podél břehů vodních toků a nádrží, dráhy soustředěného povrchového odtoku, profily průlehů a mělké půdy (Novotný a kol., 2014). Tyto plochy by měly být podle Novotného a kol. (2014) zatravněny a pravidelně sečeny.

3.3.2 Agrotechnická opatření

Agrotechnická opatření navazují na organizační opatření a mají zásadní protierozní význam. Při správném zavádění nepotřebují velké náklady, což je velkou výhodou (Holý, 1994).

Agrotechnická opatření zvyšují vsakovací schopnost půdy, snižují její erodovatelnost a chrání půdní profil v období, kdy se naše podnebí potýká se silnými dešti (červen, červenec a srpen) a erozně nebezpečné plodiny (kukuřice, brambory, slunečnice, cukrová řepa, čirok apod.) nedokážou svým vzrůstem a zapojením krýt povrch půdy a dostatečně ji ochránit před erozí (Novotný a kol., 2014).

V první třetině zmiňovaného období dešťů je nejvíce ohrožena právě kukuřice, dále slunečnice a okopaniny. Vzhledem k tomu, že se pěstování kukuřice velice rozmáhá, je využití agrotechnických opatření velmi aktuální právě pro tuto plodinu. V poslední třetině období dešťů jsou nejvíce ohroženy pozemky s ozimou řepkou (Janeček a kol., 2007).

Agrotechnická opatření se podle Holého (1994) dělí na opatření na orné půdě, na trvalých travních porostech a ve speciálních kulturách. Na orné půdě je to především mechanické zpracování půdy - orba, podmítka a úpravy na jaře (smykování, kypření, vláčení, okopávání, plečkování, mulčování a nastýlání apod.). V tomto případě zpracování půdy je důležitá vrstevnicová orba, ale také setí po vrstevnici, což má za následek zachycení povrchově stékající vody. Na trvalých travních porostech je to problém častého spásání, přehánění dobytka, nevhodného řešení koryt a jiných provizorních staveb a také zatížení nadměrným počtem zvířat. Opatření ve speciálních kulturách určuje protierozní směr výsadby, zatravnění, důlkování a mulčování. Jedná se hlavně o kultury ovocných sadů a vinic.

Do agrotechnických opatření na ochranu orné půdy řadíme zejména (Novotný a kol., 2014):

a) setí a sázení po vrstevnici

Vrstevnicové obdělávání je opatření, při kterém jsou pole zpracována a osévána napříč svahu, horizontálně po vrstevnici (Cablík, Jůva, 1963).

Je založeno na orbě po vrstevnici nebo s malým odklonem od vrstevnic otočnými pluhy. Tímto způsobem dochází k překlopení půdy proti svahu a je tak možno docílit ochrany půdy proti erozi, zejména tzv. „erozi orbou“ (Brtnický a kol., 2012).

Takto řešenou ochranu poskytují i další agrotechnické operace (sázení, setí, ostatní kultivace a sklizňové práce), (Novotný a kol., 2014).

b) ochranné obdělávání, které zahrnuje půdoochranné technologie - přímé setí do mulče z rostlinných zbytků předplodin, přímé setí do přezimující a vymrzající meziplodiny, setí do mulče meziplodin, výsev ochranné podplodiny v pásech a meziřádcích (podsev)

Ochranné obdělávání půdy (Conservation Tillage) je založeno na ochranném pokryvu půdy pomocí vegetace, která přispívá ke zlepšení struktury půdy a ke zvýšení infiltrace vody (Brtnický a kol., 2012).

Tento vegetační kryt také působí na snížení povrchového odtoku, neboť slouží jako překážka pro dešťové kapky, které nedopadnou na půdní povrch (Pasák, 1984).

Především zachycuje kinetickou energii dopadajících dešťových kapek, čímž omezují erozi půdních agregátů a zaplňování nekapilárních pórů rozrušenými půdními částicemi, které neumožní dobrý vsak vody (Hůla et al., 2005).

Důležitým znakem pro ochranné zpracování půdy je pokrytí nejméně 30 % povrchu rostlinnými zbytky předplodin nebo meziplodin po zasetí následných plodin, které vytváří vrstvu mulče (Baker, Saxton a Ritchie, 1996).

Řada způsobů zpracování půdy nám umožňuje ponechat podstatnou část rostlinných zbytků na povrchu půdy (Brady, Weil, 2002).

Množství a charakter rostlinných zbytků ovlivňuje omezení eroze půdy a je tak přínosem z hlediska půdoochranných technologií (Hůla et al., 2005).

Výsledky jiných autorů uvádí, že pokrytí 20 až 30 % povrchu půdy rostlinnými zbytky v době setí má vliv na snížení eroze o 50 až 90 % v porovnání s povrchem půdy bez rostlinných zbytků (Hanna, Melvin a Pope, 1995).

Pokud se využívají půdoochranné technologie po více let, předpokládá se, že kromě ochrany pomocí rostlinných zbytků se zvýší stabilita půdních agregátů a vytvoří se stabilní systém svislých makropórů, které umožní odvádět vodu z povrchu do hlubších vrstev půdního profilu (Hůla et al., 2005).

c) hrázkování, důlkování

Hrázkování je používána hlavně při pěstování brambor a spočívá v založení ochranných hrázek v meziřadí hrůbků (Brtnický a kol., 2012).

Mezi hrůbky vznikají malé akumulární příkopy, které zabrání vzniku soustředěného povrchového odtoku vody a podporuje zadržetí vody přímo na pozemku. Důlkování je obdobné jako hrázkování, akorát se nevytváří hrázky, ale důlky. Ty pak omezují povrchový odtok v meziřadí a zvyšují infiltrace vody (Hůla et al., 2005).

U hrázkování a důlkování se musí řádky vést vždy po vrstevnici a provádí je stroje hrázkovač a důlkovač (Novotný a kol., 2014).

d) setí kukuřice do úzkého řádku

Tato technologie je v současné době teprve testována. Základem této technologie je nastavení secího stroje na výsevní vzdálenost řádku kukuřice maximálně na 45 cm. Zrna jsou seta v trojúhelníkovém sponu v počtu cca 85 – 90 tisíc jedinců na 1 ha. Zúžená rozteč řádků umožní rovnoměrnější zapojení porostu a tím i omezení síly soustředěného povrchového odtoku vody (Novotný a kol., 2014).

e) pásové zpracování půdy (strip-tillage)

Pásové zpracování půdy zpracovává půdu do pásů o šířce přibližně 15 cm a s hloubkou zpracování půdy mezi 10 až 20 cm se současným uložením minerálního hnojiva. Provádí se na podzim nebo na jaře, kdy o provedení rozhodují půdní podmínky. Jedná se o novou a v našich podmínkách nedostatečně odzkoušenou technologii. Do budoucna je to možný způsob agrotechniky pro další erozně nebezpečných plodin např. cukrovky, slunečnice a čirok (Novotný a kol., 2014).

f) plečkování, dlátování a podrývání

Plečkování se používá v porostu širokořádkových plodin (kukuřice, cukrovka, brambory, slunečnice) a má jak odplevelovací efekt mechanickou cestou, tak i půdoochranný efekt, kdy nakypřená vrstva půdy v meziřadí zabraňuje rychlému odtoku povrchové vody a tím omezení vodní eroze. Provádí se pomocí pasivních pracovních orgánů (radličky) nebo aktivních. Dlátování je hloubkové kypření využívané zejména v porostu cukrovky a podrývání je technologie, která představuje omezení působení vodní eroze a zároveň může snížit zhutnění půd a zvýšit infiltraci vody. Podrývání je velmi hluboké kypření až do hloubky 35 cm (Novotný a kol., 2014).

3.3.3 Technická opatření

Technická protierozní opatření se používají tehdy, pokud nelze dosáhnout dostatečné a účinné ochrany půdy pomocí organizačních a agrotechnických opatření. Mezi ty nejdůležitější a nejpoužívanější technická opatření patří terénní urovnávky, vrstevnicové meze, terasy, příkopy, průlehy, zatravněné údolnice, ochranné hrázky a protierozní nádrže (Janeček a kol., 2007).

Jsou součástí pozemkových úprav, které umožňují protierozní ochranu v území a po realizaci a dlouhodobé údržbě a péči existuje trvalá účinnost na rozdíl od agrotechnického a organizačního opatření. Omezují povrchový odtok, rozdělují příliš dlouhé a svažité pozemky, zachycují smytou zeminu, chrání intravilány obcí a komunikace před poškozením způsobeným povrchovým odtokem a smytou zeminou (Brtnický a kol., 2012).

Základním principem technických protierozních opatření je (Novotný a kol., 2014):

- přerušení délky pozemku po spádnicí a bezpečné odvedení soustředěného povrchového odtoku (příkopy, průlehy, údolnice),
- zachycení smyté zeminy a povrchového odtoku, jeho zadržení a neškodné odvedení (hrázky, sedimentační, retenční a suché nádrže),
- změna sklonu pozemku (terénní urovnávky, terasování, historické meze).

Technická protierozní opatření jsou opatření, která vyžadují investice a podléhají stavebnímu zákonu (Novotný a kol., 2014).

Protierozní ochranu zemědělské půdy nejčastěji zajišťují tyto typy protierozních technických opatření (Váška, Dostál, Vrána, 2000):

- terénní urovnávky, terasování,
- protierozní příkopy,
- průlehy,
- vsakovací pásy,
- sedimentační pásy,
- zatravněné údolnice,
- protierozní hrázky,
- asanace erozních výmolů a strží,
- ochranné nádrže,
- polní cesty s protierozní funkcí.



Obr. č. 10: Zasakovací pásy (nahore) a protierozní příkop (dole), (Novotný a kol., 2014)

3.3.4 Legislativní opatření

Mezi legislativní opatření patří standardy a zákony, které jsou důležité při realizování pozemkových úprav a stavbě technických protierozních opatření. Řadí se sem hlavně Stavební zákon (zák. č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, v platném znění). Může se ovšem jednat o stavbu k vodohospodářským melioracím (zák. č. 254/2010 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, resp. 273/2002 Sb., v platném znění). Zákon č. 225/2002 Sb. nám udává co je stavbou k vodohospodářským melioracím. Tou je taková stavba, která zamezí povrchovému odtoku vody či splavenin, upraví sklon pozemku a zvýší infiltraci povrchové vody (Novotný a kol., 2014).

Mezi standardy patří DZES (Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu, dříve GAEC) a opatření PRV (Program rozvoje venkova). PRV a další zákony řeší tyto záležitosti především v rámci pozemkových úprav. Nejvíce se uplatňují protierozní meze, průlehy, zasakovací pásy, záchytné příkopy, zatravnění, zalesnění, nádrže, rybníky, úpravy toků, ochranné hráze, retenční nádrže a suché poldry (Brtnický a kol., 2012).

Standard DZES (dříve GAEC) se podle řešení protierozní ochrany dělily v roce 2014 na GAEC 1 a GAEC 2, nyní tedy na DZES 1 a DZES 2. Týkají se zemědělských podniků, které čerpají dotace (Brtnický a kol., 2012).

Ministerstvo zemědělství definuje standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES dříve GAEC) jako standardy, které zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí. (MZe ČR, 2011)

DZES 1 (dříve GAEC 1) se používá na ochranu proti erozi na pozemcích, jejichž sklonitost přesahuje 7°. DZES 2 (dříve GAEC 2) vstoupil v platnost 1. ledna 2010. Jeho cílem je ochrana pozemku před vodní erozí a snaha o omezení negativního působení důsledků eroze, jako jsou např. škody na obecním a soukromém majetku způsobené zaplavením nebo zanesením splavenou půdou. Pomocí tohoto standardu se také řeší problematika protierozní ochrany půdy stanovením požadavků na způsob pěstování vybraných hlavních plodin na silně erozně ohrožených půdách. Od 1. 7. 2011 se tento standard používá i na mírně erozně ohrožených půdách (Novotný a kol., 2014).

3.4 Půdoochranné technologie

Hůla a Procházková a kol. (2008) vysvětlují půdoochranné zpracování půdy jako minimalizační způsob zpracování půdy s různým stupněm redukce hloubky a intenzity zpracování doplněné o využívání organické hmoty.

Na konferenci FAO (Food and Agriculture Organization) byla v roce 1981 přijata tzv. Charta OSN o půdě, ve které se doporučuje takové využití půdy, které zaručí nejen udržení, ale i zvýšení úrodnosti a celkovou ochranu půdy pro budoucí generace. Stále více se ukazuje, že půda již není přírodním útvarem, který je formován a ovlivňován různými půdotvornými, klimatickými, geografickými a vegetačními faktory, ale hraje zde významnou roli také hospodaření zemědělců. Právě činnost člověka a to, jak na půdě hospodaří, se stává problematikou dnešní ochrany půdy, kterou je nutno řešit jinak může dojít až ke zničení půdy. Ochrana půdy se promítá ve všech oblastech technologií pěstování plodin (Pešek, Dovrtěl, Hrubý, 1993).

Cílem těchto technologií je rozvíjet v půdě všechny procesy vedoucí k zabezpečení půdní úrodnosti a současně vytvářet vhodné půdní prostředí pro růst a vývoj polních plodin (Šimon a kol., 1999).

Sommer a Zach (1990) uvádějí dvě myšlenky, na kterých je půdoochranné zpracování založené:

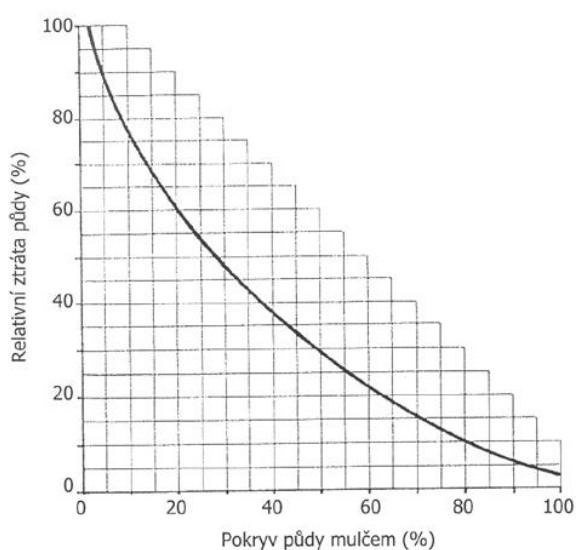
- Snižit intenzitu zpracování půdy (šetrně kypřit) bez obrácení zpracovávané vrstvy půdy, čímž se přispěje k tvorbě stabilní struktury půdy.
- Ponechávat rostlinné zbytky předplodin a meziplodin blízko povrchu půdy nebo přímo na povrchu půdy. Při cíleném využívání většího množství rostlinných zbytků se mluví o setí do mulče.

Stach (2000) hovoří o půdoochranné technologii tehdy, pokud se na zemědělském pozemku nachází více jak 30 % rostlinných zbytků volně na povrchu půdy nebo jsou zapraveny těsně pod povrch půdy. Tyto zbytky pak výrazně přispívají k ochraně proti vodní a větrné erozi (Hůla et al, 2005).



30 %

Obr. č. 11: Pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky (Novotný a kol., 2014)



Graf č. 1: Závislost relativní ztráty půdy na pokryvu půdy mulčováním (Hůla a kol., 2003)

Pro půdoochranné technologie je nezbytná mechanizace např. kypřiče splňující nové podmínky na podmítku nebo na hlubší kypření s minimálním narušením povrchu půdy, secí stroje s možností setí do mulče (Hůla et al., 2005).

Přímé setí do nezpracované půdy je nejčastěji doporučováno do sušších a teplejších oblastí (Hůla, 2000). Nejvhodnější podmínky pro přímé setí zahrnují úrodné půdy bez zaplevelení vytrvalými plevely, nadmořská výška do 350 m, roční úhrny srážek do 600 mm a průměrná roční teplota nad 8°C (Miština, Kováč, 1993).

Ochranné technologie založené na mělkém zpracování půdy (podmítka, opakovaná podmítka) jsou také doporučovány především do sušších oblastí (Hůla, 2000).

O půdoochranné technologie je větší zájem nejen kvůli zlepšování péče o půdu a porosty plodin, ale také je tu úsilí o snížení nákladů a časové náročnosti na zpracování půdy. U půd, které jsou po většinu roku chráněny rostlinným krytem nebo mulčem, lze očekávat největší půdoochranný efekt (Hůla, 2000).

Mnohé z těchto technologií přináší problémy spojené s horší kvalitou přípravy set'ového lůžka, s pomalým ohřátím půdy, osychání půdy na jaře, což může způsobit špatný nebo pomalý vývoj porostu. Proti těmto problémům se používá technologie pásového zpracování půdy a pěstování kukuřice v hrůbcích (Jasa et al., 2000).

3.4.1 Základní technologie zpracování půdy

Základní rozdělení zpracování půdy provedli Brunotte, Sommer (1997) do tří skupin:

- Konvenční zpracování – jedná se o každoroční zpracování půdy radličným pluhem, při kterém jsou plevele a rostlinné zbytky zapraveny do půdy. Jedná se o orbu, podmítku a podrývání, dlátování a kypření (Novotný a kol., 2014).
- Zpracování půdy bez orby (konzervační, ochranné) – orba je nahrazena pouze kypřením bez zapravení zbytků do půdy. Tyto zbytky pak zůstávají na povrchu půdy co nejdéle.
- Přímé setí – je to setí do nezpracované půdy, a pokud na povrchu leží mnoho rostlinných zbytků po mezipločině či předpločině, uplatňuje se setí do mulče.

3.4.2 Bezorebné zpracování půdy

Technologii bez orby rozdělili Baker, Saxton a Ritchie (1996):

- Ochranné zpracování půdy (Conservation-tillage) - zahrnuje zpracování půdy bez orby, tzv. minimální zpracování půdy, setí do nezpracované půdy (Hůla, 2000).
- Minimální/redukované zpracování půdy (Minimum-tillage/reduced-tillage) – jedná se o zpracování půdy na minimum, které je nutné pro založení porostu plodin nebo pro regulaci zaplevelení.
- No-tillage - systémy bez zpracování půdy.
- Zpracování půdy v pásích (Strip-tillage) – jedná se o vytvoření úzkých pruhů, do kterých se vkládá osivo. Mezi těmito pásy se ponechává půda mechanicky nezasažena.
- Zpracování půdy s vytvořením hrůbků (Ridge-tillage/ridge-till) – do těchto hrůbků se nejčastěji vysévají širokořádkové plodiny, hlavně kukuřice. Tyto hrůbky na pozemku zůstávají po několik sezón nebo se každý rok obnovují (Hůla, 2000).
- Mulch-tillage – posklizňové zbytky zůstávají nebo jsou rozptýlovány po povrchu půdy (Šimon a kol., 1999).

V našich podmínkách lze půdoochranné technologie s úspěšným efektem uplatnit při zpracování půdy u obilnin, především pšenice ozimé a ječmene jarního, u kukuřice, zejména v ochraně proti vodní erozi a také u luskovin i slunečnice (Vach, Javůrek, 2009).

3.4.2.1 No-tillage

Při tomto systému se ponechává půda bez zpracování a neporušená od sklizně až do setí další plodiny. Pomocí speciálních strojů určených k setí se ukládá osivo do rozrušeného povrchu půdy, ovšem nesmí toto rozrušení půdního povrchu překročit 25 %. Po zasetí je pozemek pokrytý z 80 – 90 % rostlinnými zbytky (Šimon a kol., 1999).

3.4.2.2 Zpracování půdy v pásech (Strip-tillage)

Jak již bylo zmíněno, pásové zpracování půdy je založeno na vytvoření pásů, do kterých je vloženo osivo. Tyto pásy se střídají s pásy nezpracované půdy. Pásové zpracování půdy zpracuje půdu pouze z 25 % celého povrchu. Je také vhodná kvůli hospodaření s půdní vláhou a teplotou (Šebela, 2012).

Ve své studii Celik et al. (2013) popisuje pásové zpracování půdy jako orbu, která zpracuje půdu do úzkých proužků. Ty obvykle zabírají méně než 50% plochy z pole. Díky řadě výzkumů se předpokládá, že toto zpracování půdy bude prospěšné pro dlouhodobé zlepšení kvality půdy, protierozní ochranu a ochranu životního prostředí. Chrání též zbytky plodin tak, aby mohli pokrýt a neustále chránit povrch půdy.

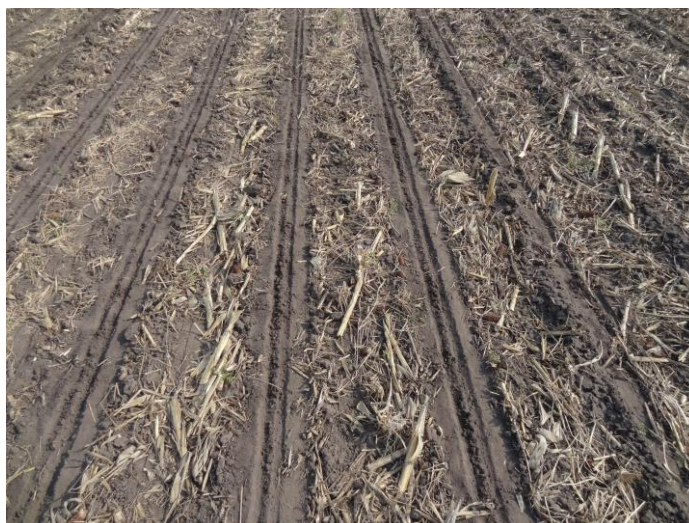
Kvůli zpracování malé části pozemku se tato technologie také nazývá jako zónové nebo vertikální zpracování (Mitchell et al., 2009). Na toto zpracování je potřeba speciální agrotechniky, která umožní pásovou přípravu půdy (Šebela, 2012).

Pásové zpracování je konzervativní technika rozšířená také v zámoří s uznáním v oblasti životního prostředí, agronomie a ekonomických přínosů. V Evropě bylo navrženo teprve nedávno a je téměř neznámá zemědělcům v Itálii a v dalších zemí Středomoří (Trevini, Benincasa, Guiducci, 2013).

Za hlavní výhody strip - tillage lze dle Branta a kol. (2011) považovat:

- Ochranu půdy v důsledku ponechání rostlinných zbytků v meziřádcích.
- Zlepšení půdních podmínek pro vývoj rostlin v řádcích (vyšší teplota a kvalitněji připravené seťové lůžko).
- Uložení hnojiv do blízkosti kořenů, což umožňuje i snížení jejich množství.

- Vhodnější podmínky výsevu spočívající v časnějším termínu setí a v nižších požadavcích na startovací dávky hnojiv ve srovnání s ostatními technologiemi.



Obr. č. 12: Pásové zpracování půdy (www.nabidky.edb.cz)

3.4.2.3 Zpracování půdy s vytvořením hrůbků (Ridge-tillage/ridge-till)

Tyto technologie se používají hlavně pro pěstování širokořádkových plodin. Je založena na pokrytí rostlinnými zbytky až ze 40 – 70 % povrchu půdy a tyto zbytky jsou většinou umístěny na spodu hrůbku (Šimon a kol., 1999).

3.4.2.4 Mulch-tillage

Jedná se o rozptylování rostlinných zbytků po povrchu půdy, které na pozemku zůstali po sklizni předplodiny. Toto rozptylování provádí tzv. mulčovač. Poté dojde k mělkému zpracování talířovými podmítači, kypřiči aj. Při tomto zpracování je povrch pokryt 30 – 60 % mulčem. Jako zdroj mulče může být sláma a strniskové meziplodiny. Meziplodiny jsou ponechány přes zimu, čímž se usmrtí mrazem nebo se na jaře usmrtí chemicky (Šimon a kol., 1999).



Obr. č. 13: Mulč z posklizňových zbytků kukuřice (Novotný a kol., 2014)

Výhodou mulče je, že potlačuje růst jednoletých plevelů, snižuje kolísání půdní teploty, působí na zvýšení mikrobiální činnosti ve vrchních vrstvách ornice a podporuje tvorbu kořenů v povrchové vrstvě ornice. Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, mulč chrání půdu před destruktivní silou dešťových kapek, vodní a větrnou erozí a zlepšuje její fyzikální a biologické vlastnosti. Jediným problémem může být opoždění vzcházení vegetace v důsledku pomalého prohřátí půdy (Vach, Javůrek, 2010).

3.4.3 Příznivý vliv půdoochranných technologií na půdu

Podle Hůly, Procházkové a kol. (2008) se kromě ekonomických a technických přínosů půdy očekává také zlepšení půdního a životního prostředí, tedy aspekt ekologický. Nejdůležitější z nich jsou:

- vliv na půdní úrodnost,
- na erozi půdy,
- na smyv organické hmoty.

3.4.3.1 Vliv na půdní vlastnosti

Vliv posklizňových zbytků rostlin a zpracování půdy ovlivňují řadu biologických a fyzikálních vlastností v půdě, které mají zpětný vliv na rozklad organických látek. Různé typy zpracování půdy přesunují tyto zbytky do různých míst, kde přicházejí do styku s půdou. To jak jsou zbytky rozmístěné či jak kryjí povrch půdy má vliv na fyzikální faktory půdy, zejména na obsah vody a kyslíku v půdě, teplotu a strukturní stav půdy (Hůla, Procházková a kol., 2002).

Modernější zpracování půdy umožňuje zlepšení fyzikálních vlastností půdy, především pórovitost a strukturu půdy (Vach, Javůrek, 2010).

Hůla, Procházková a kol. (2008) uvádějí, že hodnoty pórovitosti jsou v půdním profilu nižší u bezorebně zpracovaných půd, ve větších hloubkách se vyrovnávají s orbou a pod 0,3 m jsou srovnatelné, dokonce někdy i příznivější u bezorebného systému.

Diskutuje se také o možnosti ovlivnění půdního prostředí pomocí hnojení slámou. Ta je bohatá na celulózu a hemicelulózu a chudá na dusík a fosfor. Po zaorávce slámy je vhodné zařazení meziplodiny na zelené hnojení. Meziplodiny jsou nejen zdroj organických látek, ale také významně podporují biologickou činnost půdy, urychlují rozklad slámy, zlepšují strukturu půdy, zabraňují vyplavování dusíku, potlačují plevely a redukuje erozi půdy (Hůla, Procházková a kol., 2002).

Struktura půdy je závislá na způsobu hospodaření a je ovlivněna především osevním postupem, přísunem organické hmoty a minerálních hnojiv do půdy a také zpracováním půdy. Z různých výzkumů se dokazuje, že snížená intenzita zpracování půdy má pozitivní vliv na strukturu půdního profilu a především dobré vazby vody na půdní agregáty (Vach, Javůrek, 2010).

Například Brant a kol. (2012) uvádí výsledky pokusů z let 2009 – 2011, které byly prováděny v porostu kukuřice seté a byl hodnocen vliv půdoochranných technologií na stabilitu půdních agregátů a tedy i na strukturu půdy. Půda byla zpracována ve dvou variantách, přičemž na první byla provedena orba do hloubky 20 cm a na druhé bezorebně do hloubky 12 cm. Došel ke zjištění, že posklizňové zbytky a vegetační kryt rostlin měl pozitivní vliv na stabilitu půdních agregátů.

3.4.3.2 Vliv na erozi

Půdoochranné technologie výrazně omezuje vodní a větrnou erozi. Jak již bylo zmíněno i v jiných kapitolách, tato ochrana je závislá na množství posklizňových zbytků na povrchu půdy a na množství půdních částic, které se uvolní během zpracování půdy (Vach, Javůrek, 2010).

Tyto technologie mají na erozi vliv proto, že během zpracování půdy se mění půdní struktura, která hraje hlavní roli v transportu a absorbování vody (Badalíková, Hrubý, 2009).

3.4.3.3 Vliv na obsah organické hmoty

V půdách, které jsou obdělávány bezorebně, se výrazně lépe daří a rozvíjí houby a bakterie. Tyto organismy potřebují energii, kterou získávají z organické hmoty a aby mohly tuto energii získat, produkují enzymy, které umožňují rozklad organické hmoty. Vznikají pak

látky humínového charakteru, které jsou hlavní složkou při určování kvality a úrodnosti půdy. Organická hmota se do půdy dostává z rostlinných zbytků, které kryjí půdu v rámci ochranného obdělávání půdy (Vach, Javůrek, 2010).

Při zapravování posklizňových zbytků do půdy orbou dochází k obohacování organické hmoty a jejímu rychlému rozkladu v půdě. Hlavní příčinou je zvýšení obsahu kyslíku v nakypřené orniční vrstvě (Hůla, Procházková a kol., 2002).

Kdežto u bezorebných technologií, kdy jsou zbytky zapraveny pouze částečně nebo jsou ponechány na povrchu půdy, bude po dlouhé době organická hmota nahromaděna pouze ve vrchní vrstvě a nebudou moci se řádně transformovat na vlastní humus (Angers et al, 1993).

3.5 Kukuřice a protierozní ochrana při jejím pěstování

Kukuřice (*Zea mays*) je nejvýznamnější jednoletá píce, která poskytuje vysokou produkci sušiny a energetických živin z jednotky plochy. Je velice bohatá na škrob a udává se, že z 1 ha dává 6 – 8 tisíc škrobových jednotek (Vrzal, Novák a kol., 1995).

Kukuřice je plodinou, která se v Evropě pěstuje na zrno až k 52° zeměpisné šířky a na siláž až k 60°. Česká republika se nachází na pomezí zón vhodnosti k pěstování. Je to plodina náročná na teplotu a vodu, v sušších podmínkách vyžaduje hluboké, humózní a hlinité půdy. V chladnější snáší i půdy lehčí (Konvalina, 2007).

Při pěstování kukuřice v našich podmínkách dochází k silnému poškození půd vlivem vodní eroze (Hůla et al., 2005).

Kukuřice hraje důležitou roli ve světě hlavně z hlediska obživy člověka a krmiv zvířat. Je tedy významná pro potravinářský průmysl, ale také pro výrobu biologicky rozložitelných plastů. Má výborné konzervační vlastnosti. Silážní kukuřice je nejdůležitější pro výrobu objemných krmiv a řadí se mezi rozhodující krmné plodiny (Vrzal, Novák a kol., 1995).

V poslední době se kukuřice také používá jako energetická plodina, která se používá jako vstupní surovina do bioplynových stanic (Honsová, 2013).

3.5.1 Půdoochranné technologie při pěstování kukuřice

System zpracování půdy a s ním související zakládání porostů je důležitou pěstební technologií všech plodin. U kukuřice se pracovní postupy řídí stanovištními podmínkami, zařazením kukuřice v osevním postupu včetně managementu posklizňových zbytků, stavu půdy po sklizni předplodiny i dalším faktorům (Zimolka a kol., 2008).

Kukuřice je širokořádková plodina, která zajišťuje nejmenší ochranu půdy proti erozi. Proto se při jejím pěstování uplatňují zejména různé půdoochranné technologie, které riziko eroze snižují. Mezi nejjednodušší patří zasetí přerušovacích obilných pásů po vrstevnici. Toto opatření je však pouze nouzové a používá se na pozemcích slabšího erozního ohrožení. Nejvhodnější je ozimý ječmen, který se seje rovnoběžně s vrstevnicí a na jaře vysetý nemetá a tím nekonkuruje kukuřici, neboť kukuřice v malém raném stádiu odolává špatně konkurenci ostatních plodin (Janeček a kol., 2007).

Naopak největší protierozní účinek má technologie setí do vymrznuté meziplodiny. Ta umožňuje ochranu před vodní erozí téměř celoročně (Pešek, Dovrtěl, Hrubý, 1993).

Narostlá rostlinná biomasa nejen chrání půdu před erozí, ale také poutá živiny a zabráňuje jejich vyplavování v podzimním a zimním období (Janeček a kol., 2007).



Obr. č. 14: Kukuřice setá do přemrznuté hořčice bílé (vlevo) a do svazenky vratičolisté (vpravo), (Novotný a kol., 2014)

Využití podrcené a rozptýlené slámy a vymrzající meziploidy je velice efektivní v ochraně proti erozi při pěstování kukuřice. Jestliže se využívá odumřelá biomasa jako protierozní opatření na povrchu půdy v době vegetace, je nutné regulovat plevel v kukuřici herbicidy, nevyužívat plečkování (Hůla et al., 2005). Plečkování by totiž snížil protierozní účinek (Janeček a kol., 2007).

Vliv technologií využívajících posklizňových zbytků na výnosy kukuřice je závislý na půdních a klimatických podmínkách. V sušších oblastech je dosahováno stejných nebo také vyšších výnosů, kdežto v chladnějších a vlhčích podmínkách je výnos o něco nižší. Problémem je, že po minimalizačních technologiích se u kukuřice nedostatečně prohřívá půda, což může mít vliv na pozdější vzcházení a pomalejší růst (Zimolka a kol., 2008).

Další protierozní opatření je setí kukuřice s ochrannou podplodinou při tradičním zpracování půdy orbou. Každé druhé meziřadí je oseto ozimým žitem, ovšem je tu jedna nevýhoda a to je nízká protierozní účinnost po dobu přibližně jednoho měsíce po zasetí (Janeček a kol., 2007).

Novotný a kol. (2014) uvádí technologii setí kukuřice do úzkého řádku. Tato technologie byla již výše vysvětlena a řadí se do technologií částečně chránící půdu proti vodní erozi. Doporučuje se však kombinovat se setím do mulče.

Pro zpracování půdy a pro setí (nebo sázení) se začíná užívat souhrnné označení zakládání porostů plodin (Hůla, 2000).

Všechny tyto agrotechnické operace by měly dodržovat zásadu provádění ve směru vrstevnic, nanejvýše s malým odklonem od tohoto směru, pokud to sklon pozemku dovolí (Janeček a kol., 2007).

3.5.2 Minimalizační a ochranné technologie při pěstování kukuřice po různých předplodinách

Po obilninách

Pokud se pěstuje kukuřice po obilninách, nejčastěji se půda zpracuje podmítkou a poté se půda mělce zpracuje nebo hluboce nakypří (Zimolka a kol., 2008).

Hlubší zpracování se provede radličkovými kypřiči na hloubku 0,22 – 0,25 m (Vach a Javůrek, 2011).

Na jaře se provádí mělké zpracování půdy se zapravením minerálních nebo tekutých organických hnojiv s následujícím zasetím kukuřice pomocí přesných secích strojů (Zimolka a kol., 2008).

Po kukuřici a okopaninách

Technologické postupy po okopaninách a po kukuřici jsou obdobné. Na podzim se provede mělké zpracování půdy, později mělké zpracování se zapravením hnojiv a na jaře setí kukuřice přesnými secími stroji (Zimolka a kol., 2008).

Při setí po kukuřici je důležité rozdrčení a rovnoměrné rozhození posklizňových kukuřičných zbytků před mělkým zpracováním půdy (Vach, Javůrek, 2011).

3.5.3 Zakládání porostu kukuřice

Správné založení porostu kukuřice je jedním z nejdůležitějších kritérií, co se týče kvality a výše výnosů. Chyby v zakládání se totiž dají špatně korigovat a napravovat následným zpracováním. Až Výsev se uskutečňuje ve vhodném termínu. Standardní hranice začátku setí je dána teplotou 8 až 10 °C, tomu odpovídá termín od poloviny dubna, resp. do poloviny května. Doporučená meziřádková vzdálenost je 70 – 75 cm, která zajišťuje dostatek slunečního světla pro fotosyntézu, prohřívání půdy a minimální ztráty při sklizni řádkovými adaptéry. V řádku jsou rostliny nejčastěji ve vzdálenosti od 12 až 15 cm do 30 cm (Zimolka a kol., 2008).

Předset'ová příprava v konvenčním zemědělství – tradiční zpracování půdy

Kukuřice je velmi náročná plodina na přípravu půdy. Pro příjem vody a živin je potřeba mohutného kořenového systému a ten se vytvoří pouze díky hlubokému zpracování půdy. Na podzim je nejlepší provést podrývání, což zvýší biologickou aktivitu půdy, zmenší utužení a zlepší půdní vláhu. Pokud se vynechá podrývání, lze uplatnit podmínku, která šetří vláhu a je účinná na ničení plevelů (Vrzal, Novák a kol., 1995).

Při pěstování kukuřice po obilninách se před orbou provede podmínka talířovými nebo radličkovými podmítači do hloubky 0,06 až 0,12 m. Poté následuje střední orba (Zimolka a kol., 2008).

Provádí se střední orba do hloubky 20 – 25 cm (lehčí půdy) a hluboká orba do hloubky 30 – 35 cm (těžší půdy). Ta je důležitá z hlediska zapravení posklizňových zbytků a zvýšení biologické aktivity půdy. Na jaře se smykuje a vláčí, což nám umožňuje ponechat půdu v kyprém stavu až do zasetí. Příprava set'ového lůžka má za cíl proteplení půdy (Vrzal, Novák a kol., 1995).

Předset'ová příprava z hlediska minimalizačního a ochranného zpracování půdy

Technologie jsou založené na náhradě orby podmínkou na střední hloubku radličkovým nebo talířovým kypřičem, po které může následovat kypření půdy dlátovým kypřičem do hloubky srovnatelné se střední, případně hlubší orbou, ovšem bez obracení zpracované vrstvy půdy. Tyto práce je potřeba stihnout co nejdříve po sklizni předplodiny, aby se stihla zasít meziplodina. Nejčastěji je to hořčice bílá, ředkev olejná nebo svazanka vratičolistá. Pokud je půda zpracována pouze podmínkou, je vhodné ji spojit se zasetím do meziplodiny a využít radličkový nebo talířový kypřič doplněný o jednoduchý secí stroj bez secích botek. Protierozní účinek zvýší ponechání podrcené slámy a její rozptýlení jako mulče, ostatně jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách (Hůla et al., 2005).

Z hlediska ochrany půdního a životního prostředí je používání minimalizačních technologií ke kukuřici žádoucí (Zimolka a kol., 2008).

Hustota porostu

Šířka je dána tím, jaká mechanizace se bude používat. Užší řádky mají význam v protierozním opatření, neboť vzniká nad půdou kryt, který zachytí dešťové kapky. Na druhé straně však nedojde k dobrému prostupu slunečních paprsků a tudíž dochází k pomalému růstu a zrání, což se projeví na výnosech (Vrzal, Novák a kol., 1995).

Orientační hustoty porostu podle čísla ranosti (FAO), (Fuksa, Kalista, 2006):

- Pro bramborářskou výrobní oblast: FAO 160 – 250
- Pro řepářskou výrobní oblast: FAO 250 – 300
- Pro kukuřičnou výrobní oblast: FAO 300 – 400

Skupina ranosti (číslo FAO)	Počet rostlin na 1 m ²	
	Vhodné podmínky	Méně vhodné podmínky (suchá stanoviště, větrné polohy, chladné půdy, vyšší polohy apod.)
Do 220	10 – 11	7 – 9
230 – 250	9 – 10	6 – 8
260 - 290	8 - 9	6 - 7

Tab. č. 3: Orientační hodnoty pro určení hustoty porostu při sklizni (Zimolka a kol., 2008)

Hloubka osiva je podle hybridu a půdy různá. Pohybuje se okolo 6 – 9 cm (Vrzal, Novák a kol., 1995).

3.5.3.1 Přímé setí do mulče z rostlinných zbytků předplodin, strniště nebo slámy

Toto setí nevyžaduje podzimní zpracování půdy a na jaře probíhá výsev plodiny pomocí přesných secích strojů pro přímé setí do nezpracované půdy (Novotný a kol., 2014).

Jedná se o technologii bezorebnou po sklizni předplodiny, a která vyžaduje likvidaci plevelů použitím neselektivních herbicidů. Secí stroj pro přímé setí také musí mít možnost rotačního zpracování výsevného řádku (Janeček a kol., 2007).

Šířka tohoto řádku je 8 až 20 cm. Tento stroj má výhodu v tom, že zajišťuje velmi kvalitní zasetí osiva, prokypření a také lehčí prohřátí půdy (Pešek, Dovrtěl, Hrubý, 1993).

Přímé setí kukuřice do strniště a rostlinných zbytků lze realizovat i secími stroji s kotoučovými secími botkami (Janeček a kol., 2007).

Vyžaduje však půdu s dobrou strukturou a nevýhodou je nedostatečné prokypření výsevné rýhy. Je vhodnější pro lehce zpracovatelné půdy (Pešek, Dovrtěl, Hrubý, 1993).

Meziřadí zůstává nezpracováno a plní protierozní funkci (Janeček a kol., 2007).

3.5.3.2 Přímé setí do přezimující a vymrzající meziplodiny

Vyznačuje se vysokou protierozní účinností. Nárůst biomasy meziplodiny poutá živiny a vodu a vytváří po přemrznutí kryt, který chrání půdu před erozí (Janeček a kol., 2007).

Zimolka a kol. 2008 také uvádí, že půda je obohacována lehce rozložitelnou organickou hmotou z meziplodin, která přispívá ke zvýšení mikrobiální aktivity půdy.

Biomasu meziplodin lze na podzim zpracovat mulčovačem, ale ne však příliš rozdrtit a radličkovým nebo talířovým kypřičem zčásti zapravit do půdy (Hůla et al., 2005).

Meziplodina musí splňovat následující předpoklady (Pešek, Dovrtěl, Hrubý, 1993):

- Při vzejití po zapojení porostu chránit půdu před smyvem,
- Výdrol a vzešlé plevele musí dostatečně potlačit.

Při zakládání porostu kukuřice do vymrzající nebo přezimující meziplodiny lze využít následujících možností (Zimolka a kol., 2008):

- Mělké celoplošné zpracování půdy, předset'ová příprava půdy, setí
- Přímý výsev kukuřice do vymrzlé nebo chemicky likvidované meziplodiny secími stroji pro přímé setí
- Prokypření půdy ve výsevném řádku – použití secích strojů s výsevem do pásů

Novotný a kol. (2014) podává pracovní postup tak, že na podzim se zpracuje půda kypřením nebo orbou a rovnou se zaorají organická hnojiva. Poté následuje výsev meziplodiny a na jaře se do ní provádí výsev pomocí speciálního secího stroje pro přímé setí. Nejvhodnější stroje pro tuto technologii jsou přímé secí stroje s botkami nebo s kotoučovými secími botkami.

Nejčastější meziplodiny, které se pro tuto technologii využívají, jsou hořčice bílá a svaženka vratičolistá. Během zimy tyto meziplodiny vymrznou a odumřou a kukuřice je na jaře vysévána do půdy pokryté mulčem vzniklého z porostu vymrznuté meziplodiny. Před setím se aplikují ekologicky přijatelné herbicidy, které kromě toho, že odstraní plevele, usmrtí i meziplodinu, pokud nevymrzla (Janeček a kol., 2007).

Nejvhodněji se protierozní ochrana zajistí zasetím meziplodiny do kypřeného strniště s ponechanými rostlinnými zbytky. Při přísušku může však zabránit vzejití meziplodiny (Pešek, Dovrtěl, Hrubý, 1993).

Při všech způsobů setí do mulče může nastat období přísušku a dojde ke zpožděnému vzcházení plodiny (Janeček a kol., 2007).

Pro přímé setí kukuřice do mezíplodiny a ponechaných zbytků je nejvhodnější celoplošné prokypření. Prokypření však snižuje zčásti protierozní účinek mezíplodiny (Janeček a kol., 2007).

Podle Zimolky a kol. (2008) je toto zakládání porostu nejúčelnější a nejobvyklejší při pěstování kukuřice po obilninách, kdy se pěstování mezíplodin většinou nejvíce daří.

3.5.3.3 Výsev ochranné podplodiny v pásech a meziřadích (setí s podplodinou)

Jedná se o technologii setí kukuřice s využitím podsevu neboli ochrannou podplodinou. Nejčastěji se v kukuřici používá ozimé žito vysévané v meziřadí. Pešek, Dovrtěl, Hrubý (1993) zmiňují ozimé žito jako vhodnou obilninu do těchto pásů, neboť žito neprojde jarovizací a nebude konkurovat kukuřici.

Doporučuje se zasetí do pruhů s odstupem 20 až 40 metrů. Jestliže by byla kukuřice zasetá ve směru sklonu pozemku, je lepší zvolit pro výsev obilniny větší výsevek ve směru vrstevnic (Hůla et al., 2005).



Obr. č. 15: Výsev kukuřice bezorebným secím strojem do rostlinných zbytků předplodiny (vlevo) a kukuřice setá současně s ochrannou podplodinou - ozimým žitem (vpravo), (Novotný a kol., 2014)

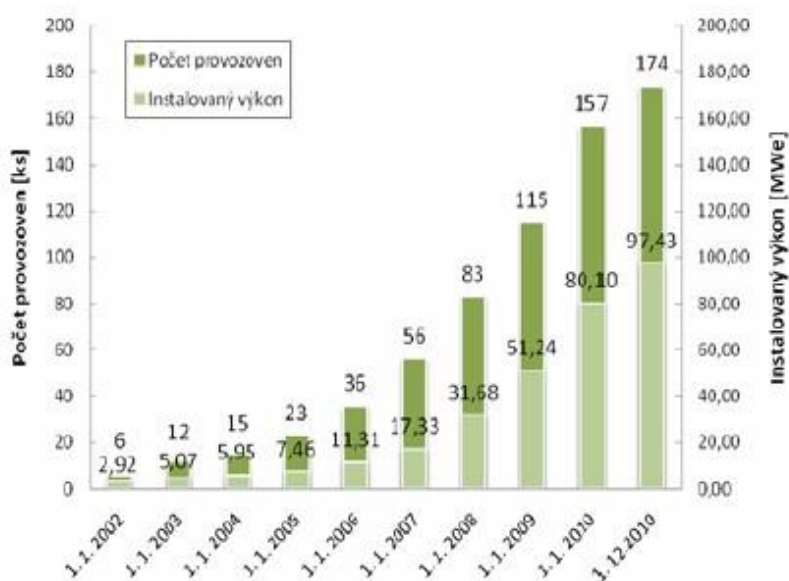
Tento postup vyžaduje úpravy secích strojů, což se může brát jako nevýhoda této technologie. Stroj je doplněn o jednu nebo dvě výsevné obilné skříně a secími obilnými botkami pro výsev obilniny resp. ozimého žita (Novotný a kol., 2014).

Hůla et al. (2005) zmiňují ještě jednu možnost a tou je setí kukuřice a ochranné podplodiny v postupech s konvenčním zpracováním půdy s orbou. Ozimé žito se vysévá do každého druhého meziřadí kukuřice. Používá se výsevek přibližně 50 kg osiva na ha a meziřádková vzdálenost 75 cm. Nevýhodou je však nedostatečná protierozní účinnost po dobu jednoho měsíce po zasetí.

Novotný a kol. (2014) udává, že tuto účinnost lze zvýšit výsevem předplodiny do strniště s překypřením radličkovým nebo rotačním kypříčem a výsev kukuřice realizovat upraveným přesným secím strojem s kotoučovými botkami při současném setí žita.

3.6 Kukuřice na bioplyn

V EU se v současné době pěstuje kukuřice přibližně na 23 milionů hektarů. Z toho na zrno připadá přibližně 14,5 milionů hektarů a na energetické účely skoro 1 milion hektarů. Největším producentem bioplynu disponující i s největším počtem bioplynových stanic je v současné době Německo. Kromě kukuřice se mohou do bioplynových stanic použít další plodiny jako např. čirok, řepka, slunečnice, triticale a žito. Cílem je získat nejvyšší výnos sušiny a z ní následně vytěžit metan, který se používá dále na energetické účely (Honsová, 2013).



Graf č. 2: Vývoj počtu bioplynových provozoven v ČR jejich instalovaný výkon
(www.biom.cz)

Zpracování zemědělského odpadu anaerobní digescí přispívá k asanaci životního prostředí (Abdoli et al., 2014).

Zimolka a kol. (2008) nazývá bioplynové stanice jako „betonové krávy“, protože uvnitř dochází ke stejnému procesu jako činnost bachorové mikroflóry velkých přežvýkavců.

Principem tvorby bioplynu je organický rozklad hmoty v několika fázových stupních, které mohou trvat až 1 měsíc. Je při tom potřeba teploty přibližně 37 °C a nepřítomnost vzduchu a kyslíku. K tvorbě bioplynu dochází všude, kde samovolně probíhá, bez přístupu vzduchu a kyslíku, rozklad hmoty činností řady mikroorganismů, např. v nádržích městských odpadů nebo kejdy, v hnojištích, rašeliništích apod. (Sladký, 2002).

Důležitým parametrem je obsah sušiny v biomase. Hraniční hodnota pro tzv. suché a mokré procesy získávání energie je 50 % obsah sušiny ve hmotě. Suché procesy představují

termochemické způsoby přeměny biomasy (spalování, zplynování, pyrolýza) a mokré procesy zase biochemické metody (alkoholové kvašení, metanové kvašení). Do dalších procesů patří např. získávání odpadního tepla z technologických procesů aj. (Pastorek a kol., 2004).

Pro anaerobní fermentaci je nejvhodnější kukuřice jako siláž, neboť zajišťuje výborné chemické složení pro vstupní substrát bioplynové stanice. Pro zlepšení účinnosti práce fermentoru se přidává i zrno o vyšší vlhkosti. Pro dobrou produkci bioplynu je požadováno vysoký výnos silážovatelné hmoty okolo 50 – 70 t/ha (Zimolka a kol., 2008).

Amon et al. (2002) uvádí, že pro anaerobní digesti jsou nejlepší odrůdy kukuřice, které obsahují vysoký podíl bílkovin, tuků, celulózy, hemicelulózy a vysoký obsah škrobu. Samozřejmě musí mít i vysoký potenciál pro produkci biomasy.

Honsová (2013) uvádí, že kukuřice určená k energetickým účelům má výnos sušiny okolo 22 – 25 t/ha.

Nejvyšší výtěžnost bioplynu je při rozkladu tuků, uhlohydrátů a nakonec bílkovin (Koubová, 2008).

Fermentovaná hmota ze stanic se nazývá digestát a používá se pro svůj vysoký obsah dusíku jako hnojivo (Zimolka a kol., 2008).

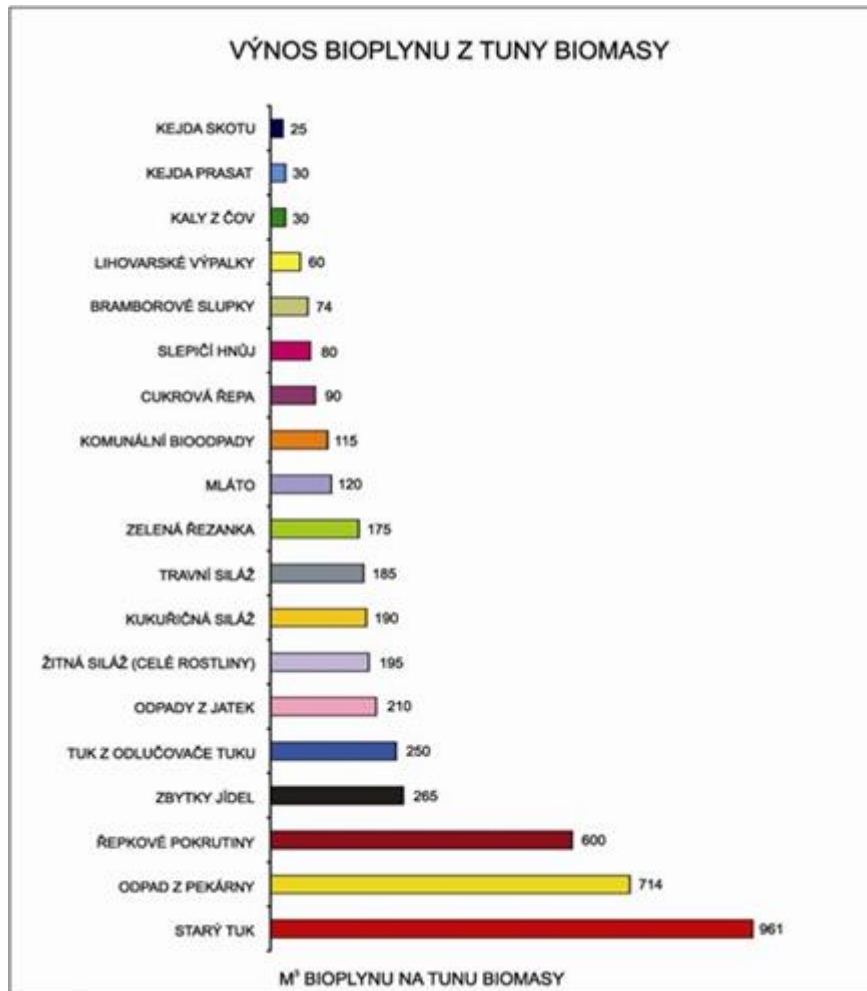
Sladký (2002) tyto vystupující substráty doporučuje na zpracování na tržní hnojivo nebo na dozrání do kompostů. Podle něj je předností digestátu, oproti běžným organickým hnojivům, to, že neobsahuje patogenní látky a semena klíčících plevelů.

Byl proveden výzkum, který byl zaměřen na zkoumání dvou případů při tomto zpracování. Jednalo se o anaerobní digesti kukuřičného odpadu a kravského hnoje. Výzkum byl prováděn tak, že do fermentoru byly umístěny dva různé poměry těchto složek. Poměr kravský hnůj a kukuřice 10:1 a 10:5 při teplotě 36 °C. Výsledky ukázali vyšší produktivitu bioplynu při použití většího množství kukuřičného odpadu. Přidáním kukuřičného odpadu do kravského hnoje představuje způsob pro zlepšení výtěžnosti bioplynu (Abdoli et al., 2014).

Pro produkci bioplynu lze u kukuřice uvažovat o těchto pěstebních technologiích (Zimolka a kol., 2008):

- Energetická kukuřice se ve vegetačním roce pěstuje a využívá jako jediná hlavní plodiny.
- Energetická kukuřice se pěstuje jako hlavní plodiny po předplodině, jako je třeba ozimé žito.
- Energetická kukuřice se pěstuje v kombinaci s jinými druhy kulturních rostlin, jako je např. slunečnice.

Výtěžnost s kukuřičné siláže se pohybuje z 1 t okolo 1 MWh. Oproti jiným plodinám nabízí kukuřice nejvyšší výtěžnost bioplynu (5700 až 7800 m³/ha) a následně elektrické energie z hektaru (Zimolka a kol., 2008).



Graf č. 3: Výnos bioplynu z tuny biomasy (www.biom.cz)

4 Materiál a metody

Cíle

- Prvním bodem zájmu je navrhnout půdoochrannou technologii, která je v souladu s požadavky standartu DZES na ochranu půdy z hlediska erozního ohrožení půdy, ale i optimálního výnosu, který se nevhodnou technologií snižuje.
- Druhým cílem je porovnání navrhovaných technologií, které budou vhodné pro založení pokusu a následné vyhodnocení jednotlivých variant při simulaci deště.
- Vyhodnotit výnos biomasy.

Hypotézy

- Ovlivní nově navrhovaná technologie založení porostu erozi půdy.
- Budou ověřované technologie produkčně srovnatelné a ekonomicky přijatelné.
- Splní připravená půdoochranná technologie setí kukuřice podmínky DZES pro pěstování širokořádkých plodin na půdách mírně erozně ohrožených.

4.1 Zemědělský podnik ZD Krásná Hora nad Vltavou a. s.

Tento podnik se nachází v oblasti Středního Povltaví v okrese Příbram, přibližně 80 km od Prahy a 14 km jihozápadně od města Sedlčany. Pozemek se nachází v katastru obce Krásná Hora nad Vltavou. Terén je zde členitý a průměrná nadmořská výška činí okolo 400 – 450 m. Za rok zde spadne průměrně 500 mm srážek a teplota je v průměru 6,9 °C. Ocenění zemědělských podniků pro daňové účely i pro nájemné se pohybuje od 2,1 – 4,2 Kč za m².

Celý podnik vznikl postupným slučováním 9 menších zemědělských družstev založených v roce 1956 – 1959. Tehdy činila výměra půdy 1320 ha. V roce 1977 se k tomuto celku připojila farma Státního statku s výměrou 500 ha a v roce 1996 část ZOD Vysoký Chlumeč s výměrou 320 ha půdy. Po ZD Třebsko v roce 1998 družstvo převzalo dalších 1100 ha zemědělské půdy a od roku 2002 převzalo družstvo pozemky od farmy Svätý Jan formou individuálního vstupu jednotlivých vlastníků s celkovou výměrou 600 ha. Poté v lednu 2003 došlo k právním změnám na akciovou společnost a v roce 2005 došlo k fúzi sloučením ze ZS Petrovice s výměrou 1540 ha. Podnik využívá dlouhodobě pronajaté pozemky a pro své podnikání maximálně využívá všechny programy EU v zemědělství od začátku jejich vzniku.

Topografické charakteristiky

Název	Krásná Hora nad Vltavou
Nadmořská výška	450 m. n. m.
Okres	Příbram
Kraj	Středočeský
Průměrná cena zemědělských pozemků pro daňové účely	2,1 – 4,2 Kč.m ⁻²
Výrobní oblast	Bramborářsko-ovesná výrobní oblast

Klimatické charakteristiky

Vláhová oblast podle HTK Sekaninova	1,3 – mírně vysušná
Klimatická oblast	Teplý suchý, teplý mírně suchý
Klimatický okres	Mírně teplý
Průměrná teplota	6,7 °C
Průměrný úhrn srážek	450 mm

Půdní charakteristiky

Půdní typ	Hnědozem
Půdní druh	Hlinitá půda
Obsah humusu	3 %

4.2 Metodika pokusu

Výběr stanoviště:

Pro pokus bylo vybráno stanoviště s mírně erozně ohroženou půdou v zemědělském podniku ZD Krásná Hora nad Vltavou a. s. nedaleko její farmy v Petrovicích. Na vytvořených parcelách o velikosti 24 m x 50 m. Výše uvedené pokusné varianty budou srovnávány mezi sebou (každá minimálně ve 3 opakování).

Charakteristika agrotechniky:

- Příprava půdy třech jednotlivých variant pro založení porostu (páskové zpracování půdy, příprava půdy dlátovým kypřičem a poslední bez přípravy půdy).
- Včasný výsev kukuřice do připravených parcel (kukuřice od firmy (KWS) o rozdílné hustotě (90 a 110 tis. rostlin/ha) a meziřádkové vzdálenosti (0,75 m a 0,375 m).
- Provedení ošetření porostu proti plevelům.
- Odběry vzorků biomasy a siláže pro výrobu bioplynu.

Hodnocení po sklizni:

- Zjištění výnosů siláže a její sušiny jednotlivých pokusných variant.
- Zjištění výnosu zrna a jeho sušiny jednotlivých pokusných variant.

Pokus se skládal ze tří variant přípravy půdy pro setí kukuřice. Pro tyto pokusy byl použit hybrid SILVINIO s číslem ranosti FAO 210.

Varianty:

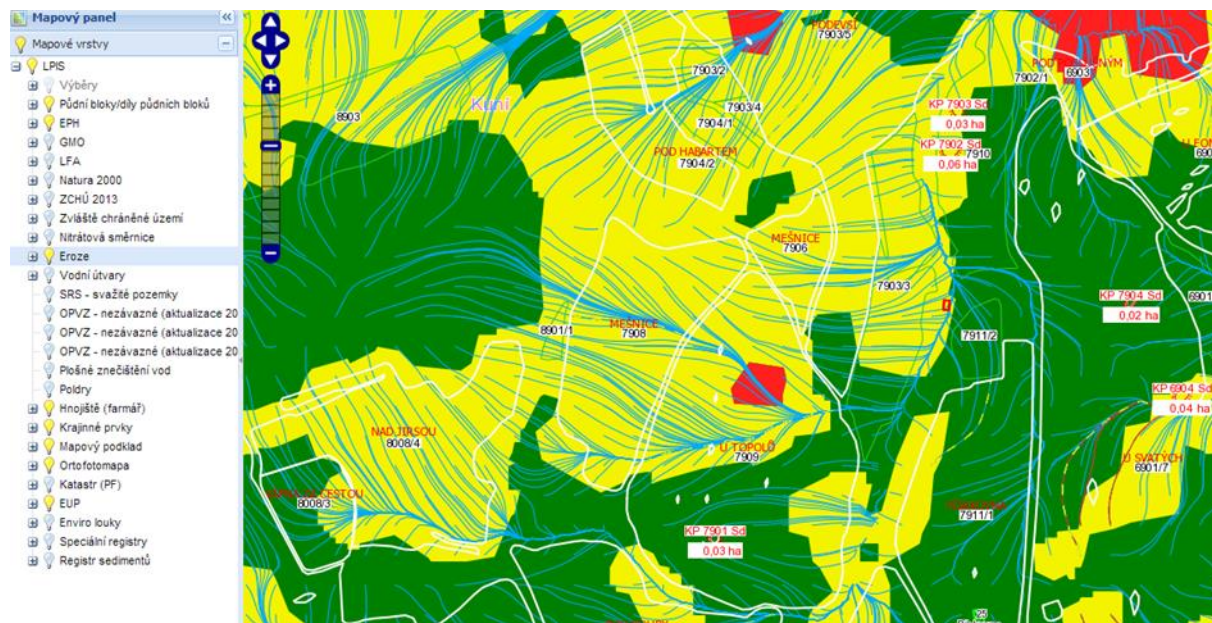
- Varianta 1: klasický diskový podmítač
- Varianta 2: strip-till (páskové zpracování strojem KUHN – STRIGER)
- Varianta 3: setí do vymrzající meziplodiny svazanky vratičolisté po sklizni předplodiny po celém pokusném pozemku nacházející se na mírně erozně ohrožené půdě.

Šíře řádku se zvolila klasická 0,75 m a nově používaná šíře 0,375 m. Dále se sledovala hustota porostu, která byla 90 tis. a 110 tis. rostlin na hektar. Setí bylo prováděné secím strojem typu KINZE 3500.

Pokus byl zakládán ve spolupráci s firmou KWS osiva s. r. o., společností P&L spol. s r.o., Biskupice, firmou KUHN CENTER CZ a.s. a Českou zemědělskou univerzitou v Praze,

zastoupenou zde katedrou rostlinné výroby. Výzkum a vyhodnocování po jednotlivých simulacích deště také prováděl Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd Zbraslav, který vyhodnotil zajímavé výsledky spojené s vodní erozí půdy.

Byly zpracovány grafy podávající porovnání hodnocení výnosů biomasy kukuřice (siláže) ale i zrnové kukuřice. Další grafy podávají porovnání smyvu půdy a infiltraci vody na jednotlivých variantách s úhorem, který byl založen jako kontrolní varianta a jako nejhorší možný výsledek při simulaci deště.



Obr. č. 16: Půdní blok 7908 Mešnice, kde byl založen pokus (Snímek z portálu farmáře LPIS)

5 Výsledky

První simulace deště

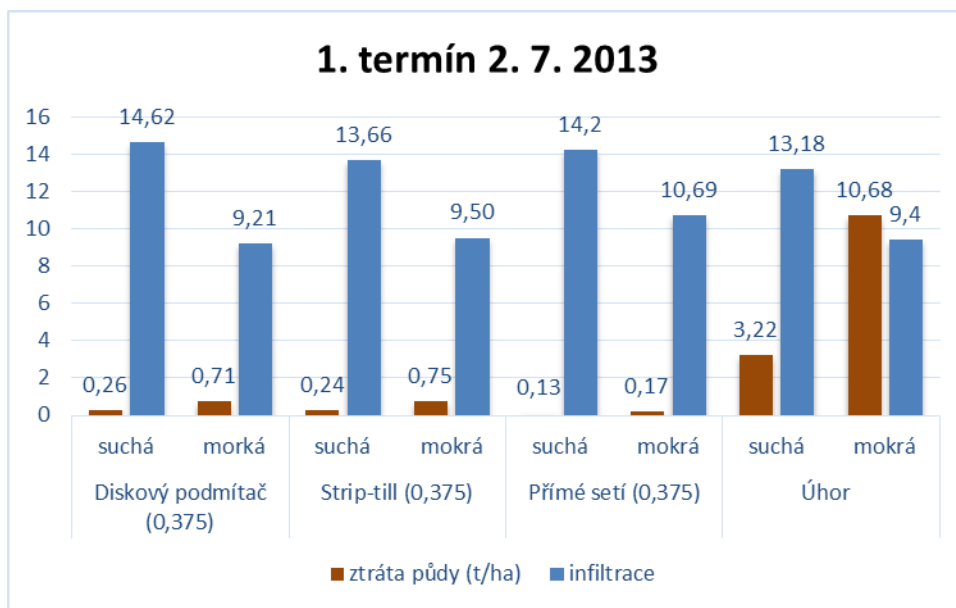


Obr. č. 17: První simulace deště 2. 7. 2013 při výšce porostu 40 cm

První simulace proběhla 2. 7. 2013 při výšce rostlin 40 cm. V této fázi růstu je porost nezapojen a hrozí zde nejvyšší nebezpečí eroze, neboť porost ještě dostatečně nezakrývá půdu a ta je vystavena působení vodní erozi. Toto potvrzuje také pohled na obrázek č. 17 výše. Největší riziko eroze je zde také proto, že od zasetí kukuřice do začátku měření, tedy začátek července, je také období největší pravděpodobnosti výskytu přívalových srážek.

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchov ého odtoku	velikost povrchov ého odtoku	infiltrace [mm]	ztráta půdy [t/ha]
			před	po	[s]	[mm]		
Diskový podmítač (0,375)	suchá	40	20,1%	33,4%	220	5,96	14,62	0,26
	mokrá	40	33,4%	35,2%	61	11,36	9,21	0,71
Strip-till (0,375)	suchá	40	18,7%	34,5%	183	6,92	13,66	0,24
	mokrá	40	34,5%	35,4%	79	11,04	9,50	0,75
Přímé setí (0,375)	suchá	40	11,8%	24,1%	297	6,36	14,20	0,13
	mokrá	40	24,1%	31,3%	100	9,72	10,69	0,17
Úhor	suchá	0	11,2%	25,8%	170	7,40	13,18	3,22
	mokrá	0	25,8%	33,9%	49	11,20	9,40	10,68

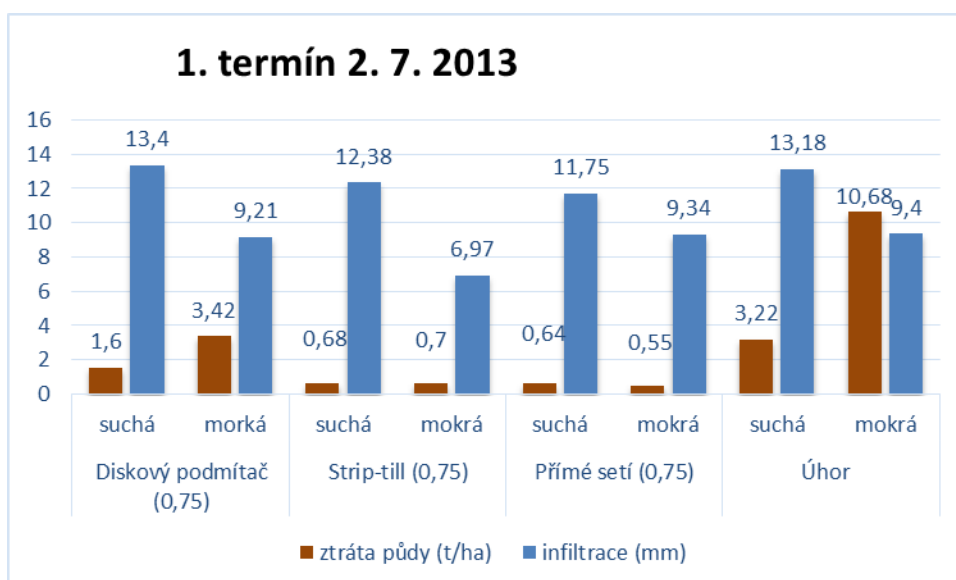
Tab. č. 4: Výsledky z první simulace deště 2. 7. 2013 – šíře řádků 0,375 m



Graf č. 4: Ztráta půdy a infiltrace vody při první simulace deště v řádkové rozteči 0,375 m

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku	velikost povrchového odtoku	infiltrace [mm]	ztráta půdy [t/ha]
			před	po	[s]	[mm]		
Diskový podmítač (0,75)	suchá	40 cm	19,1%	28,7%	222	7,24	13,40	1,60
	morká	40 cm	28,7%	36,1%	44	11,44	9,21	3,42
Strip-till (0,75)	suchá	40 cm	15,8%	29,9%	373	8,20	12,38	0,68
	morká	40 cm	29,9%	34,7%	120	13,60	6,97	0,70
Přímé setí (0,75)	suchá	40 cm	11,3%	21,5%	207	8,88	11,75	0,64
	morká	40 cm	21,5%	32,6%	74	11,20	9,34	0,55
Úhor	suchá	0 cm	11,2%	25,8%	170	7,40	13,18	3,22
	morká	0 cm	25,8%	33,9%	49	11,20	9,40	10,68

Tab. č. 5: Výsledky z první simulace deště 2. 7. 2013 – širě řádků 0,75 m



Graf č. 5: Ztráta půdy a infiltrace vody při první simulace deště v řádkové rozteči 0,75 m

Grafy nám podávají výsledky u varianty s užšími řádky, kde byla ztráta půdy nejnižší a infiltrace vody do půdy nejvyšší. Úhor prokázal opravdu nejhorší možnost, co se týče ztráty půdy. U variant s šířkou řádků 0,75 m jsou nejnižší hodnoty ztráty půdy u strip-till a setí do vy-mrzlé meziploidy. Tyto výsledky byly dány hlavně dostatečným pokrytím půdy rostlinnými zbytky jak na povrchu půdy, tak i pod povrchem půdy. Tyto zbytky tvoří obranu proti vodní erozi, neboť zpomalují kinetickou energii dopadajících dešťových kapek na povrch půdy a napomáhají následné infiltraci vody do půdy.

Druhá simulace deště

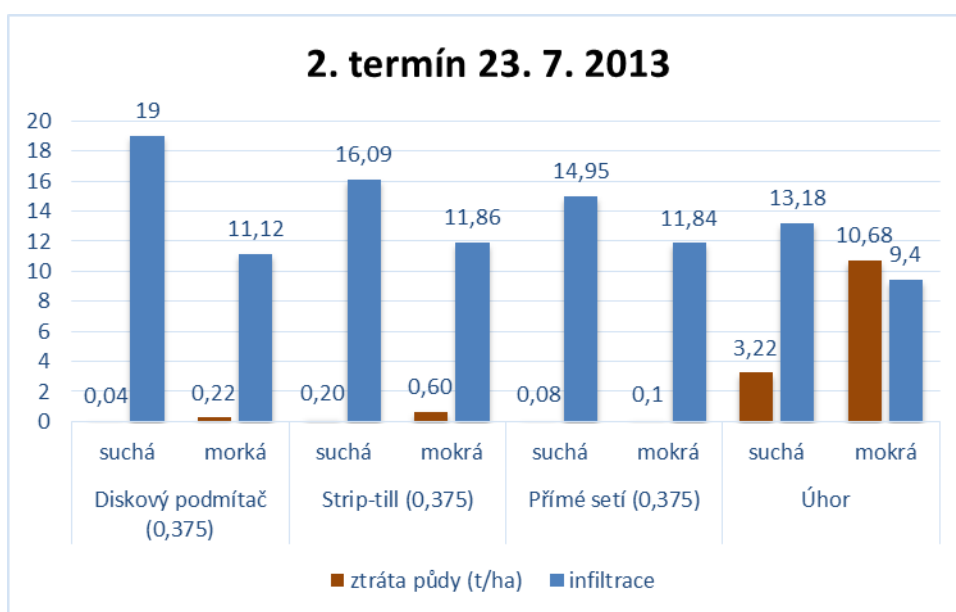


Obr. č. 18: Druhá simulace deště 23. 7. 2013 při výšce porostu 160 cm

Při této simulaci bylo důležité nepoškodit rostliny, neboť instalace přístroje zde byla obtížnější vzhledem k výšce rostlin. Porost je zde téměř zapojený a veškerou dopadající vodu se rostlina snaží zachytávat listovou plochou, po které je přiváděná ke stonku, kde je nejvíce infiltrována ke kořenům. Zde jsou plněny póry, a jestliže jsou přeplněny, voda odtéká po povrchu půdy a unáší sebou jemné půdní částice.

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku [s]	velikost povrchového odtoku [mm]	infiltrace [mm]	ztráta půdy [t/ha]
			před	po				
Diskový podmítač (0,375)	suchá	120	12,7%	29,5%	784	1,60	19,00	0,04
	mokrá	120	29,5%	35,6%	66	9,44	11,12	0,22
Strip-till (0,375)	suchá	160	8,7%	29,1%	271	4,56	16,09	0,20
	mokrá	160	29,1%	34,6%	66	8,80	11,86	0,60
Přímé setí (0,375)	suchá	160	7,6%	28,7%	224	5,64	14,95	0,08
	mokrá	160	28,7%	33,9%	69	8,80	11,84	0,10
Úhor	suchá	0	11,2%	25,8%	170	7,40	13,18	3,22
	mokrá	0	25,8%	33,9%	49	11,20	9,40	10,68

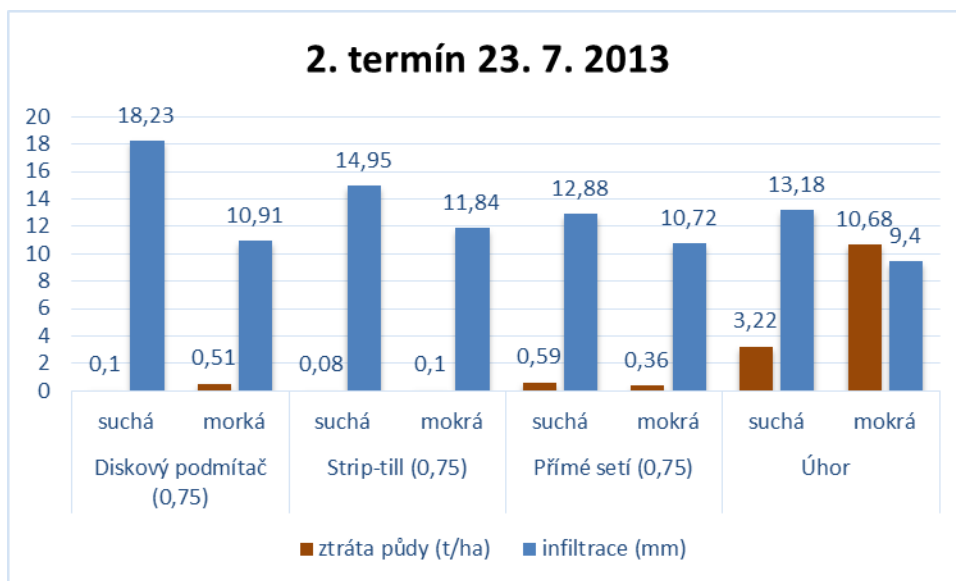
Tab. č. 6: Výsledky z druhé simulace deště 23. 7. 2013 – šíře řádků 0,375 m



Graf č. 6: Ztráta půdy a infiltrace vody při druhé simulaci deště v řádkové rozteči 0,375 m

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchového odtoku [s]	velikost povrchového odtoku [mm]	infiltrace [mm]	ztráta půdy [t/ha]
			před	po				
Diskový podmítač (0,75)	suchá	160 cm	11,2%	29,7%	360	2,40	18,23	0,10
	mokrá	160 cm	29,7%	34,8%	40	9,68	10,91	0,51
Strip-till (0,75)	suchá	160 cm	7,6%	28,7%	224	5,64	14,95	0,08
	mokrá	160 cm	28,7%	33,9%	69	8,80	11,84	0,10
Přímé setí (0,75)	suchá	160	8,5%	27,9%	200	7,72	12,88	0,59
	mokrá	160	27,9%	34,2%	75	9,88	10,72	0,36
Úhor	suchá	0 cm	11,2%	25,8%	170	7,40	13,18	3,22
	mokrá	0 cm	25,8%	33,9%	49	11,20	9,40	10,68

Tab. č. 7: Výsledky z druhé simulace deště 23. 7. 2013 – šíře řádků 0,75 m



Graf č. 7: Ztráta půdy a infiltrace vody při druhé simulaci deště v řádkové rozteči 0,75 m

Z grafů je patrné, že ztráta půdy je na hodnotě blížíci se nule nebo o něco málo vyšší. Právě toto pozitivum způsobilo již zmíněné zapojení porostu. Opět u šíře 0,375 m byla ztráta menší a infiltrace větší kvůli množství rostlin, které rovnoměrně zachycují vodu. Rostliny mají dostatečný prostor kolem sebe a proto je vyloučena konkurence. U šíře řádků 0,75 m půda oproti předchozí variantě zůstává poněkud déle odkryta.

Třetí simulace deště

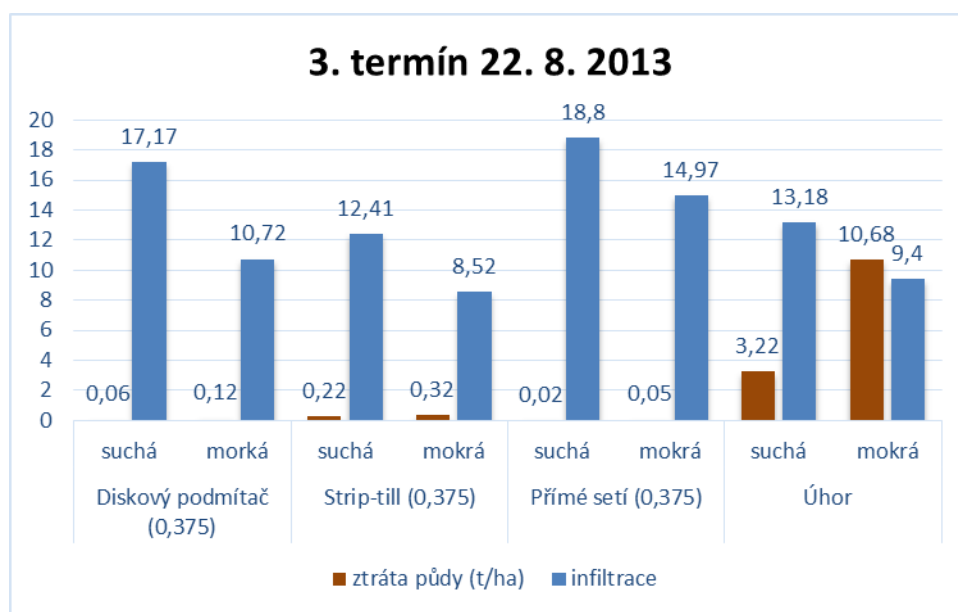


Obr. č. 19: Třetí simulace deště 22. 8. 2013 při výšce porostu 200 cm

Porost vykazuje v tomto období nejvyšší produkční schopnost, kterou může dosáhnout a díky tomu a výšce porostu byla velmi těžká manipulace se zařízením, technikou a kvalitním osazením simulátoru.

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek povrchov ého odtoku	velikost povrchov ého odtoku	infiltrace	ztráta půdy
			před	po	[s]	[mm]	[mm]	[t/ha]
Diskový podmítač (0,375)	suchá	175	17,5%	28,6%	352	3,44	17,17	0,06
	mokrá	175	28,6%	34,7%	90	9,88	10,72	0,12
Strip-till (0,375)	suchá	200	13,7%	22,3%	147	8,20	12,41	0,22
	mokrá	200	22,3%	31,9%	65	12,08	8,52	0,32
Přímé setí (0,375)	suchá	230	12,3%	23,7%	197	1,76	18,80	0,02
	mokrá	230	23,7%	31,4%	92	5,60	14,97	0,05
Úhor	suchá	0	11,2%	25,8%	170	7,40	13,18	3,22
	mokrá	0	25,8%	33,9%	49	11,20	9,40	10,68

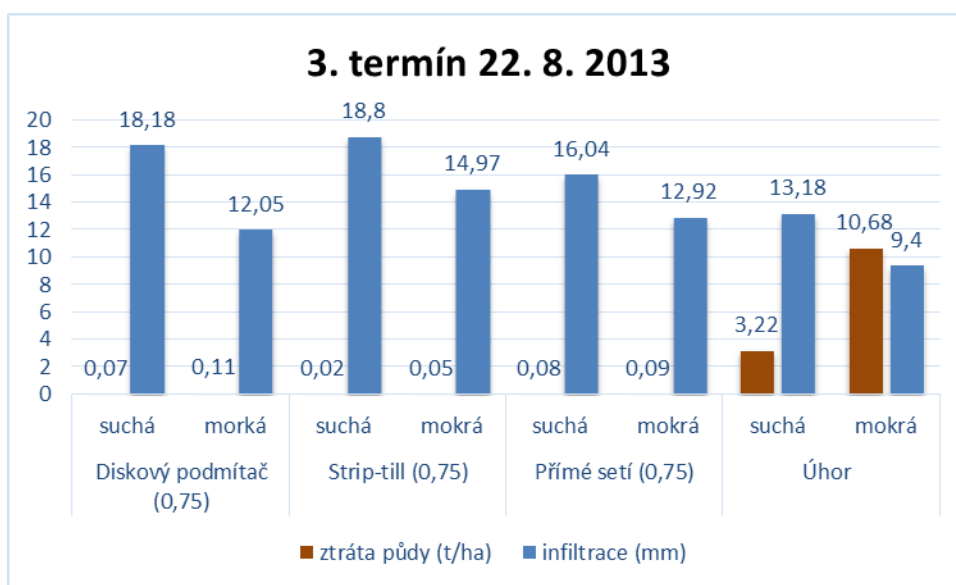
Tab. č. 8: Výsledky z třetí simulace deště 22. 8. 2013 – šíře řádků 0,375 m



Graf č. 8: Ztráta půdy a infiltrace vody při třetí simulaci deště v řádkové rozteči 0,375 m

varianta	stav půdy	výška plodiny [cm]	vlhkost % obj.		začátek	velikost	infiltrace [mm]	ztráta půdy [t/ha]
			před	po	povrchového odtoku [s]	povrchového o odtoku [mm]		
Diskový podmítač (0,75)	suchá	200 cm	17,9%	29,4%	103	2,44	18,18	0,07
	mokrá	200 cm	29,4%	33,8%	39	8,56	12,05	0,11
Strip-till (0,75)	suchá	200 cm	12,3%	23,7%	197	1,76	18,80	0,02
	mokrá	200 cm	23,7%	31,4%	92	5,60	14,97	0,05
Přímé setí (0,75)	suchá	230	11,5%	24,8%	159	4,56	16,04	0,08
	mokrá	230	24,8%	33,7%	86	7,60	12,92	0,09
Úhor	suchá	0 cm	11,2%	25,8%	170	7,40	13,18	3,22
	mokrá	0 cm	25,8%	33,9%	49	11,20	9,40	10,68

Tab. č. 9: Výsledky z třetí simulace deště 22. 8. 2013 – šíře řádků 0,75 m

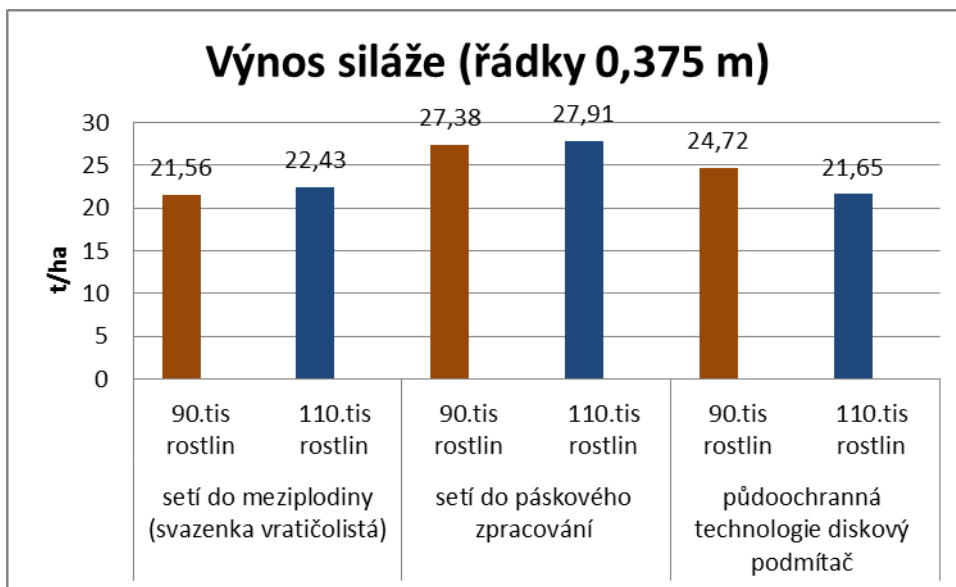


Graf č. 9: Ztráta půdy a infiltrace vody při třetí simulaci deště v řádkové rozteči 0,75 m

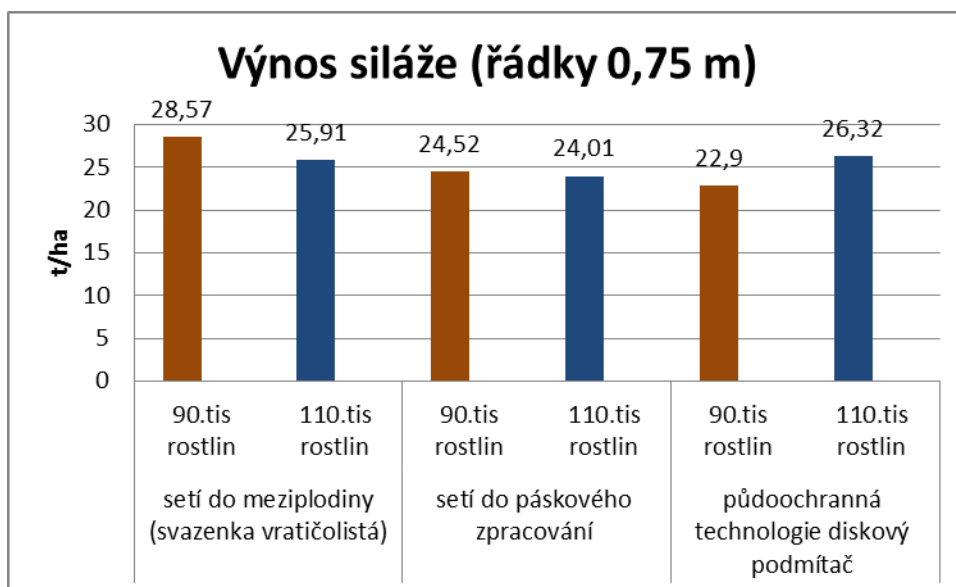
Rostliny jsou plně zapojené, listová plocha dosahuje svého maxima a díky takovému zapojení jsou i nejnižší hodnoty ztráty půdy ze všech tří variant. Půda je dostatečně chráněna pokryvem pěstované kukuřice a navíc se jedná o období, kdy výskyt mohutných srážek je minimální a na stanovišti pak nehrozí nebezpečí vodní eroze.

Vyhodnocení produkce biomasy kukuřice

U jednotlivých technologií u roztečí řádků 0,75 m a 0,375 m byly zaznamenány výnosové rozdíly. U varianty s šíří řádku 0,75 m byl vyšší výnos u technologie setí do vymrzající meziplodiny, kdežto u šíře 0,375 m je vyšší výnos u technologie strip-till (páskové zpracování půdy). Tyto výnosy jsou porovnány s průměrným výnosem z podniku ZD Krásná Hora nad Vltavou a. s., který se pohyboval v tomto roce okolo 27,5 t z hektaru a přepočtu 30 % sušiny.



Graf č. 10: Výnos siláže ve variantě o šířce řádků 0,375 m



Graf č. 11: Výnos siláže ve variantě o šířce řádků 0,75 m

6 Diskuze

Nejdůležitější polní prací zemědělců je zpracování půdy. V současné době se apeluje na zemědělce, aby co nejšetrněji a nejlépe hospodařili na půdě, obzvláště na půdách s vyšší sklonitostí a tedy i s erozním rizikem. Zde je nutné dodržovat ochranu před vodní erozí, která je hlavním důvodem špatného výnosu pěstovaných plodin a špatné kvality a struktury půdy, která se odráží na budoucích pěstovaných plodinách. Tuto ochranu lze zajistit využíváním takových technologií, které snižují negativní působení techniky na zemědělskou půdu. Takovou ochranu řadíme do agrotechnických protierozních opatření, a jak uvádí Holý (1994), nepotřebují velké náklady při správném zavádění, což je velkou výhodou pro zemědělce. S tímto se nedá nic jiného než souhlasit, protože každý zemědělec myslí také ekonomicky a právě minimalizační a půdoochranné technologie jsou často zkombinované do jednoho stroje, čímž šetří také časovou náročnost.

Tyto technologie mají za úkol rozvíjet všechny procesy vedoucí k zabezpečení půdní úrodnosti a současně vytvářet vhodné půdní prostředí pro růst a vývoj polních plodin (Šimon a kol., 1999). Podle mě nejdůležitější rolí každé technologie má být přispění k tvorbě kvalitní struktury půdy a zachování organické hmoty v půdě. To splňuje technologie, která v našich pokusech měla nejnižší erozi vody.

Mé tvrzení je stejné jako tvrzení Sommera a Zacha (1990), kteří zmiňují právě šetrné kypření jako podpora vzniku kvalitní a stabilní struktury půdy. Proto souhlasím s Hůlou a kol. (2005), který uvádí, že pro půdoochranné technologie je nutná mechanizace např. kypřiče splňující podmínky pro hloubku kypření s minimálním narušením povrchu půdy nebo secí stroje s možností setí do mulče.

Za další důležitou podmínku ochrany půdy považují ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy. Stach (2000) hovoří o půdoochranné technologii tehdy, pokud se na pozemku nachází víc jak 30 % rostlinných zbytků. Čím více rostlinných zbytků, tím lépe, ale mohou zde nastat i problémy ve formě nedostatečného prohřátí půdy. Jak uvádí Jasa et al. (2000) mnohé z těchto technologií přináší problémy spojené s horší kvalitou přípravy seťového lůžka, osycháním půdy na jaře, s pomalým ohřátím půdy. Tyto problémy pak způsobují špatný vývoj rostliny a její růst a tento fakt se následně odráží na celkovém výnosu biomasy.

Praktická část této bakalářské práce byla založena na posouzení vlivu tří variant přípravy půdy pro setí kukuřice seté na vybraném honu v podniku ZD Krásná Hora nad Vltavou a. s. Jednalo se o strip-till (páskové zpracování), klasický diskový podmítač a setí do vymrzající meziplodiny svazanky vratičolisté. Kukuřice byla zaseta do řádkové rozteče 0,75 m a 0,375 m

a hustoty porostu 90 tis. a 110 tis. rostlin na hektar. Celý pokus byl uměle zadešťován ve třech termínech a byla vyhodnocována infiltrace vody a smyv půdy. Největší ztráta půdy byla zaznamenána na úhoru, který byl založen jako kontrola pro pokus. Jednalo se o zcela nezpracovanou půdu, na které nebyly použité žádné technologie zpracování půdy a nebyla zaseta ani kukuřice.

6.1 Simulace deště

Z výsledků první simulace jsou patrné hodnoty ztráty půdy poněkud vyšší než v ostatních simulacích. Důvodem je výška porostu. V době první simulace dosahovala průměrně výška jedné rostliny 40 cm, tudíž byl porost ještě nezapojen. Půda okolo rostlin byla tedy odkryta a vystavena přímému vlivu simulovaného deště. Čím větší a hustší porost, tím lépe pro půdu, protože jak uvádí Pasák (1984), tak vegetační kryt působí na snížení povrchového odtoku vody tak, že tvoří překážku pro dešťové kapky, které nedopadnou na půdní povrch. Totéž zmiňují i Vrzal, Novák a kol. (1995). Proto došlo k nejnižším hodnotám ztráty půdy a nejvyšší infiltraci vody u varianty s roztečí řádků 0,375 m. Rostliny zde byly blízko u sebe a vytvářeli kryt půdy. Tím zabránili dopadu dešťové kapky na půdu, která by rozrušila půdní agregáty, a uvolněné částice by mohly zanést a ucpat půdní póry, což by způsobilo i malou infiltraci vody (Kutílek, 2012). U šíře řádků 0,75 m vycházeli hodnoty ztráty půdy nejnižší u varianty s použitím technologie pásového zpracování půdy (strip-till) a setí do vymrzlé meziplodiny. U předchozí šíře řádků byly také pozitivní hodnoty u technologie použití diskového podmiřáče. U této technologie byla také nejvyšší infiltrace vody z důvodu mělkého prokypření půdy a tím podpoře vzniků půdních pórů. Ovšem podle mě se půdní póry díky mělkému zpracování půdy budou vytvářet především ve svrchní vrstvě půdy a v hlubších bude minimální výskyt, což může způsobit problémy s dlouhodobou infiltrací vody do spodních vod, které slouží jako zásoba vody pro zemědělské plodiny. Hůla a kol. (2005) však uvádí, že při využívání půdoochranných technologií po více let, se kromě ochrany pomocí rostlinných zbytků zvýší stabilita půdních agregátů a vytvoří se stabilní systém svislých makropórů, které umožní odvádět vodu do hlubších vrstev.

Pásové zpracování půdy je založené na střídání nezpracovaných pásů s vytvořenými pásy pro osivo. Řádky s nezpracovanou půdou byly pokryté rostlinnými zbytky po předplodině, které zajišťovaly ochranu proti erozi. Tyto zbytky pak ovlivňují řadu biologických a fyzikálních vlastností v půdě, které mají zpětný vliv na rozklad organických látek (Hůla, Procházková a kol., 2002). V tomto případě přispěly k dobré infiltraci vody. Nezpracovaná část půdy si

zachovala nenarušenou půdní strukturu s rostlinnými zbytky na povrchu, které pak přispívají ke snížení kolísání půdní teploty a lepšímu vsaku a zabránit tak jejímu povrchovému odtoku a odnosu půdních částic.

Pozitivní výsledky byly vyhodnoceny také u setí do vymrznuté meziplodiny. Zde hrála velkou roli meziplodina svazenka vratičolistá, která svým kořenovým systémem zpevnila půdu mezi rostlinami hlavní plodiny a po přemrznutí vytvořila kryt půdy. Tento fakt je v souladu s tvrzením Janečka a kol. (2007) a také souhlasím i s jednou výhodou a to, že tento způsob využívání meziplodiny obohacuje půdu o lehce rozložitelnou organickou hmotu, která přispívá ke zvýšení mikrobiální aktivity půdy (Zimolka a kol., 2008). Vodní eroze je totiž zodpovědná za odnos organické hmoty a tudíž i odnos hlavních živin a minerálů důležitých pro pěstované plodiny. Také se přikláním k tvrzení, že využíváním technologie setí do přemrznuté meziplodiny nám poskytuje ochranu půdy po většinu roku, neboť od zasetí až po vymrznutí a po vymrznutí je stále půda kryta rostlinnou biomasou (Pešek, Dovrtěl, Hrubý, 1993). Jedinou nevýhodu u této technologie vidím v tom, že je potřeba využití secích strojů schopné pro setí do mulče, což může být pro některé zemědělce ekonomicky náročnější.

Při druhé simulaci byl porost zcela zapojen a vzhledem k výšce rostlin a množství listových ploch, byly výsledky, co se týče ztráty půdy mnohem lepší než při první simulaci. Voda zde byla zachytávána listovou plochou, ostatně jak již bylo zmíněné v kapitole „Výsledky“. Tady jsem správně očekával, že ztráta půdy u rozteče řádku 0,75 m bude o něco větší, protože díky šířce mezi rostlinami je zde půda ještě nějakou dobu nedostatečně krytá. Nejnižší ztráta půdy byla vyhodnocena u varianty s použitím diskového podmiťáče a šíři řádků 0,375 m. U této technologie byla také největší infiltrace vody a tentokrát u obou variant šíře rozteče řádků. Nejnižší ztrátu půdy se prokázalo u varianty s šířkou řádků 0,75 m s použitím technologie strip-till. Schopnost infiltrace vody a snížení ztráty půdy zde přisuzuji právě postupnému zapojení porostu. Největší ztrátu půdy prokázala technologie strip-till tehdy, když byl stav půdy při simulaci mokrá. Při tomto hodnocení se mohli pravděpodobně půdní póry přeplnit, a tudíž mohla voda odtékat po povrchu.

U třetí simulace jsou hodnoty ztráty půdy nejnižší, protože zde byl již porost plně zapojen a tvořil velký kryt půdy. Opět zde vyšly nejlepší výsledky pro strip-till a přímé setí do vymrznuté meziplodiny. Zde je vidět důležitost pokryvu a zapojení porostu. Čím je půda zakrytější vegetací, tím menší riziko eroze.

6.2 Výnos biomasy

Kromě sledování a vyhodnocování vlivu vybraných technologií na zpracování půdy se pozoroval také výnos biomasy. Mezi jednotlivými variantami nastaly výnosové rozdíly. Tyto rozdíly byly způsobeny jak šíří roztečí řádků, tak i vybranou technologií. Výnos biomasy byl větší ve variantách pokusu, kde byla kukuřice vyseta do řádků s šířkou 0,375 m. Tento předpoklad je pochopitelný, protože se také v této variantě vyskytovalo i více rostlin. Ovšem souhlasím s tvrzením Vrzala, Nováka a kol. (1995), že takto hustý porost nepustí sluneční paprsky mezi rostliny a fotosyntéza je zde pomalejší a tudíž i růst nebude tak bujný a výnosný. Největšího výnosu se dosáhlo u pokusu, kde byla použita technologie páskového zpracování půdy. Důvodem si myslím je zde to, že byl zabezpečen dostatečný vegetační kryt půdy, který snížil riziko vodní eroze, a také díky množství rostlin, které se postaraly o infiltraci vody. To pak přispělo k tomu, že se voda neunášela s sebou půdní částice a tím i organickou půdu a rostliny tak měly zabezpečenou výživu pro kvalitní růst a vývoj.

Co se týče druhé varianty šířky řádků, tak zde byl zaznamenán větší výnos u použité technologie setí do vymrznuté meziplodiny. Taková šířka řádků způsobuje větší odstup mezi rostlinami a tudíž nedostatečný vegetační kryt půdy. Tato varianta má větší erozní riziko, pokud by se zde nepoužily patřičné půdoochranné technologie. Větší výnos ve zmiňované variantě bych vysvětlil tak, že meziplodina má schopnost poutat různé živiny a zabraňuje jejich vyplavování v podzimním a zimním období a obohacuje půdu o organickou hmotu (Janeček a kol., 2007). Ovšem zde souhlasím, že hlavní nevýhodou bude po dlouhé době vyšší obsah organické hmoty pouze ve svrchní vrstvě a nebude moci se řádně transformovat na vlastní humus (Angers a kol., 1993). Toto je v konfrontaci s konvenčním zpracováním půdy a tedy i s orbou, kdy jsou rostlinné zbytky zapraveny hluboko do půdy.

7 Závěr

Na vybraném honu v podniku ZD Krásná Hora nad Vltavou a. s. jsme analyzovali a hodnotili vliv vybraných půdoochranných technologií na vodní erozi v porostu kukuřice seté. Tato práce přináší pohled na využití ochranných technologií zpracování půdy na erozi půdy, na jejich vliv na biologické a fyzikální vlastnosti půdy, výhody a nevýhody z hlediska produkce a jejich vliv a vliv založení porostu kukuřice na její výnos. Jednotlivé varianty byly vystaveny třem termínům simulace deště a výsledky byly mezi sebou porovnány z hlediska ztráty půdy a výnosu biomasy. Podařilo se ověřit takové půdoochranné technologie, které jsou v souladu se standardem DZES.

Z výsledků výzkumu zpracovaného v této práci lze shrnout do následujících závěrů:

- Nejpříjemnější technologie, které mají vliv na snížení smyvu půdy, byly páskové zpracování půdy a setí do vymrznuté meziplodiny.
- Technologie páskové zpracování půdy (strip-till) splňuje podmínky standardu DZES, neboť zpracovává pozemek pouze s určité části.
- Půdoochranné technologie jsou méně nákladné, protože jsou založeny na minimalizačních podmínkách a většina strojů je zkombinována, a proto šetří také časovou náročnost.
- Šířka řádků 0,375 m má pozitivní vliv na erozní ohrožení, ale horší vliv na výnos biomasy.
- Šířka řádků 0,75 m má naopak horší vliv na erozní ohrožení, ale lepší vliv na výnos biomasy.
- Největší potenciál pro půdoochranné účinky, při klasické šířce řádků 0,75 m, má technologie setí do vymrznuté meziplodiny, neboť má pozitivní účinky jak erozního ohrožení, tak i výnosu biomasy.
- Při nově používané šířce řádků pro širokořádkové plodiny pěstované na erozně ohrožených pozemcích je nejvhodnější technologie strip-till.

8 Seznam použité literatury

- Abdoli, M. A., Amiri, L., Baghvand, A., Nasiri, J., Madadian, E. 2014. Methane Production from Anaerobic Co-digestion of maize and cow dung. Environmental progress and sustainable energy. 33 (2). 597-601.
- Amon T., Kryvoruchko V., Amon B., Moitzi G., Lyson D., Hackl E., Jeremic D., Zol-litsch W., Pötsch E., Mayer K. and Plank, J. 2002. Methanbildungsvermögen von Mais – Einfluss der Sorte, der Konservierung und des Erntezeitpunktes. Endbericht Oktober Im Auftrag von Pioneer Saaten Ges.m.b.H. Parndorf Austria.
- Angers, D. A., Bissonnette, N., Legere, A., Samson, N. 1993. Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production. Canadian Journal of Soil Science, 73(1), 39-50.
- Badalíková, B., Hrubý, J. 2009. Využití netradičních meziplodin při protierozní ochraně půdy. Zemědělský výzkum. Troubsko. 10s.
- Baker, C. J., Saxton, K. E., Ritchie, W. R. 1996. No-tillage seeding. Science and practice. CAB International. Wallingford. p. 258.
- Bennett, H. H. 1939. Soil conservation. McGraw-Hill Book Co. New York. p. 993.
- Bielek, P. 1996. Ochrana pôdy. Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava. Bratislava. 61 s.
- Brady, N.C., Weil, R.R. 2002. The nature and properties of soil. Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey. p. 960
- Brant, V., Kroulík, M., Pivec, J. 2012. Vliv půdoochranných technologií na stabilitu půdních agregátů. Úroda. 60 (7). 22-24.

Brant, V., Kroulík, M., Pivec, J., Holec, J., Cihlář, P., Fuksa, P., Procházka, L. Pásové zpracování půdy v porostech silážní kukuřice. Agromanual.cz Česká zemědělská univerzita v Praze. [online]. 2011-03-10 [cit. 2015-02-25]. Dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pasove-zpracovani-pudy-v-porostech-silazni-kukurice.html>>.

Brtnický, M. a kol. 2012. Degradace půdy v České republice. Mendelova univerzita v Brně. Brno. 91 s. ISBN: 978-80-87361-20-7.

Brunotte, J., Sommer, C. 1997. Mulchsaat – ein wichtiger Bestandteil zukünftiger Landwirtschaftung. Amazonen – Werke. 61 s.

Celik, A., Altikat, S., Way, T. R. 2013. Strip tillage width effects on sunflower seed emergence and yield. Soil and tillage research. 131. 20-27.

Dvorský, J., Urban, J. 2011. Základy ekologického zemědělství. Ústřední kontrola a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). Brno. 109 s. ISBN: 978-80-7401-051-4.

Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carré, F., Hrušková, B., Zupan, M. 2006. Common criteria for risk area identification according to soil threats. European soil bureau research report No. 20. Office for official publications of the european communities. Luxembourg. p. 94.

Fuksa, P., Kalista, J. Výběr hybridů kukuřice v roce 2006. Agromanual.cz Česká zemědělská univerzita v Praze. [online]. 2006-03-22 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vyber-hybridu-kukurice-v-roce-2006.html>>.

Gold, M., V. Sustainable Agriculture: Definition and Terms. National Agricultural Library. Alternative Farming Systems Information Center. [online]. Beltsville. August 2007 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z <<http://afsic.nal.usda.gov/sustainable-agriculture-definitions-and-terms-1999-reading-list>>.

Hanna, H. M., Melvin, S. W., Pope, R. O. 1995. Tillage implement operational effects on residue cover. *Applied Engineering in Agriculture*. č. 11, 205-210.

Heřmanovská, D., Kulířová, P., Vopravil, J. 2013. Manuál sestavený z analýzy zabývající se opatřeními k zachování vodního režimu ve sledovaném území. Sowac, s. r. o. Praha. 38 s.

Holý, M. 1994. Eroze a životní prostředí. Vydavatelství ČVUT. Praha. 383 s. ISBN: 80-01-01078-3.

Honsová, H. Pěstování kukuřice na výrobu bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2013-09-16 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-kukurice-na-vyrobu-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.

Hůla, J. 2000. Půdoochranné technologie zakládání porostů plodin. (Technika v půdoochranných technologiích) Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 46 s. ISBN: 80-7271-060-5.

Hůla, J., Janeček, M., Kovaříček, P., Bohuslávek, J. 2005. Agrotechnical erosion control measures. Reserch Institute for Soil and Water Conservation. Praha. 48 s. ISBN: 80-239-5108-4.

Hůla, J., Procházková, B. a kol. 2008. Minimalizace zpracování půdy. Profi Press. Praha. 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1.

Hůla, J., Procházková, B., Kovaříček, P., Mayer, V., Badalíková, B., Hrubý, J., Pokorný, R., Procházka, J., Rotrekl, J., Dovrtěl, J., Javůrek, M., Dryšlová, T., Křen, J., Neudert, L., Winkler, J., Horáček, J., Stach, J., Kumhála, F., Váňová, M. 2002. Vliv minimalizačních a půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 103 s. ISBN: 80-7271-106-7.

Jackson, W., Berry, W., Colman, B. (Eds.) 1984. Meeting the Expectations of the Land. San Francisco: North Point Press. San Francisco. p. 250.

Janeček, M. a kol. 2002. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Nakladatelství ISV. Praha. 201 s. ISBN: 80-85866-86-2.

Janeček, M. a kol. 2005. Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV nakladatelství. Praha. 195 s. ISBN 80-86642-38-0.

Janeček, M. a kol. 2007. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i. Praha. 76 s. ISBN: 978-80-254-0973-2.

Jasa, P., Shelton, D., Siemens, J. 2000. Tillage system selection and equipment considerations. 185–192. In R. C. Reeder (ed.) Conservation tillage systems and management. Iowa State University. Ames.

Konvalina, P., Moudrý, J., Moudrý, J., Kalinová, J. 2007. Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. České Budějovice. 118 s. ISBN: 978-80-7394-031-7.

Koubová, D. 2008. Top Agrar. č. 8, s. 47. Vydáno : 18.9. 2008 dostupné na:
www.agronavigator.cz

Kutílek, M. 2012. Půda planety Země. Nakladatelství Dokořán, s. r. o. Praha. 200 s. ISBN: 978-80-7363-212-0.

Ministerstvo zemědělství ČR. 2011. Příručka ochrany proti vodní erozi. Praha. 56 s. ISBN: 978-80-7084-996-5.

Ministerstvo zemědělství ČR. 2013. Ročenka 2013: Ekologické zemědělství v České republice. Praha.

Mišťina, T., Kováč, K. 1993. Ochranné obrábanie pôdy. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Piešťany. 167 s.

Mitchell, J., Shrestha, A., Campbell-Mathews, M. 2009. StripTillage in California's Central Valley. University of California. Davis.

Moudrý, J., Prugar, J. 2002. Příručka ekologického zemědělce, Biopotraviny, hodnocení kvality, zpracování a marketing. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. 34 s.

Nciizah, A. D., Wakindiki, I. I. C. 2015. Physical indicators of soil erosion, aggregate stability and erodibility. Archives of agronomy and soil science. 61 (6). 827-842.

Novotný, I. a kol. 2014. Příručka ochrany proti vodní erozi. Ministerstvo zemědělství. Praha. 73 s. ISBN:978-80-87361-33-7.

Pasák, V. 1984. Ochrana půdy před erozí. SZN Praha. Praha. 160 s.

Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P. 2004. Biomasa - obnovitelný zdroj energie. FCC Public. 288 s.

Pešek, J., Dovrtěl, J., Hrubý, J. (eds.). 1993. Půdochranné technologie v pěstování rostlin. Ministerstvo zemědělství ČR, odbor ekologie a VÚZV Pohořelice – OZA Hrušovany u Brna. Brno, Hrušovany u Brna. 200 s.

Pokorný, E., Šarapatka, B. 2003. Půdoznalství pro ekozemědělce. Ministerstvo zemědělství ČR v Ústavu zemědělských a potravinářských informací. Praha. 40 s. ISBN: 80-7084-295-4.

Pugesgaard, S., Olesen, J. E., Jorgensen, U., Dalgaard, T. 2014. Biogas in organic agriculture-effects on productivity, energy self- sufficiency and greenhouse gas emissions. Renewable agriculture and food systems. 29 (1). 28-41.

Renard, K. G. et al. 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture Handbook Number 703. United States Department of Agriculture. Washington DC. p. 385.

Sadeghi, S. H., Najafi, S., Bakhtiari, A. R., Abdi, P. 2014. Ascribing soil erosion types for sediment yield using composite fingerprinting technique. Hydrological sciences journal des sciences hydrologiques. 59 (9). 1753-1762.

Sladký, V. 2002. Obnovitelné zdroje energie fytopaliva. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. 130 s.

Sommer, C., Zach, M., Noach, F., Bosse, O. 1990. Langfristige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit durch konservierende/schonende Bodenbearbeitung. Agrartechnik. 40. 291-295.

Stach, J. 2000. Regulace plevelů v podmínkách minimálního zpracování půdy. In: Sb. Využití různých systémů zpracování půdy při pěstování rostlin. Výzkumný ústav rostlinné výroby v. v. i. 31 – 34.

Šarapatka, B., Dlapa, P., Bedrna, Z. 2002. Kvalita a degradace půdy. Univerzita Palackého. Olomouc. 246 s. ISBN 80-244-0584-9.

Šarapatka, B., Urban, J. a kol. 2003. Ekologické zemědělství. Ministerstvo životního prostředí a PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců. Praha. 280 s. ISBN: 80-7212-274-6.

Šebela, J. 2012. Pásová příprava se strojem Orthman. Mechanizace zemědělství. 62 (8). 60-61.

Šimon, J., Šoda, V., Hůla, J. 1999. Zakládání porostů hlavních polních plodin novými technologiemi. Agrospoj. Praha. 78 s.

Tlapák, V., Šálek, J., Legát, V. 1992. Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda. Praha. 318 s. ISBN 80-209-0232-5.

Trevini, M., Benincasa, P., Guiducci, M. 2013. Strip tillage effect on seedbed tilth and maize production in Northern Italy as case-study for the Southern Europe environment. European journal of agronomy. 48. 50-56.

Vach, M., Javůrek, M. 2009. Ekologická optimalizace hlavních pěstitelských opatření pro polní plodiny. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 29 s.

Vach, M., Javůrek, M. 2009. Ekologická optimalizace hlavních pěstitelských opatření pro polní plodiny. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 29 s.

Vach, M., Javůrek, M. 2010. Předpoklady pro netradiční technologie zakládání porostů polních plodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 34 s.

Vach, M., Javůrek, M. 2011. Efektivní technologie obdělávání půdy a zakládání porostů polních plodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. Praha. 23 s. ISBN: 978-80-7427-079-6.

Váška, J., Dostál, T., Vrána, K. 2000. Protierozní ochrana. Informační centrum ČKAIT. Praha. 13 s.

Vrzal, J., Novák, D. a kol. 1995. Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. 32 s. ISBN: 80-7105-097-0.

Wei, W., Chen, L. D., Zhang, H. D., Yang, L., Yu, Y., Chen, J. 2014. Effects of crop rotation and rainfall on water erosion on a gentle slope in the hilly loess area. *Catena*. 123. 205-214.

Zachar, D. 1960. Erózia pôdy. Vydavateľstvá Slovenskej akadémie vied. Bratislava. 308 s.

Zimolka, J. a kol. 2008. Kukuřice hlavní užitkové a alternativní směry. Profi Press, s. r. o. Praha. 200 s. ISBN: 978-80-86726-31-1.