

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



**Využití půdoochranných technologií v pěstování řepy
cukrové**

Diplomová práce

Autor práce: Jakub Hybler

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Urban, Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Využití půdoochranných technologií v pěstování řepy cukrové" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne:

Podpis autora práce:

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jaroslavu Urbanovi, Ph.D. za velmi cenou pomoc a rady při zpracování zadané diplomové práce.

Souhrn

V poslední době se setkáváme s mnoha extrémními počasí. Jedním takovým jsou náhlé a vydatné přívalové deště. Právě tyto deště nejvíce ohrožují zemědělskou půdu vznikem vodní eroze půdy. Nejvíce náchylné k vodní erozi půdy jsou širokořádkové plodiny, mezi které patří také cukrová řepa. Z těchto důvodů byla v posledních letech věnována velká pozornost vlivu zpracování půdy na působení vodní eroze půdy.

Cílem této diplomové práce bylo posoudit vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy, ale také na výnosové a kvalitativní parametry této plodiny. Důležitým cílem bylo posoudit vliv vzrůstající listové pokrývnosti cukrové řepy na vodní erozi půdy.

Za tímto účelem byly v průběhu let 2012 až 2015 založeny přesné polní pokusy na pozemcích Agro Chomutice a.s. Pokusy byly založeny ve třech variantách a to mělké kypření (do 10 cm), hluboká orba (do 25 cm) a hluboké kypření (do 25 cm). V různých růstových fázích probíhalo umělé zadržování vody. V první růstové fázi nebyla cukrová řepa zapojena ani v řádku a ani v meziřadí. Ve druhé růstové fázi byla cukrová řepa zapojena v řádku, ale v meziřadí ještě ne. V poslední třetí růstové fázi byl již porost plně zapojen. Samotné zadržování vody bylo prováděno polním simulátorem deště a byla sledována ztráta půdy z jednotlivých variant.

Při umělém zadržování vody bylo zjištěno, že cukrová řepa je nejvíce ohrožena vodní erozí půdy v rané fázi růstu a právě v této fázi se nejvíce projevovalo rozdílné podzimní zpracování půdy k cukrové řepě. V první růstové fázi cukrové řepy, ve které bylo prováděno zadržování vody, bylo dosaženo nejlepších výsledků jak u hlubokého kypření, tak hluboké orby. V roce 2012 (24. 5. 2012) byla u hlubokého kypření naměřena ztráta půdy $1,30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, což představovalo snížení o 64,76 % oproti mělkému kypření a o 40,91 % oproti hluboké orbě. Naopak v roce 2014 (2. 6. 2014) byla jako nejlepší varianta vyhodnocena hluboká orba se ztrátou půdy $0,11 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Takováto ztráta půdy je o 78,43 % menší oproti hlubokému kypření a menší o 91,41 % oproti mělkému kypření. Obdobných výsledků bylo dosaženo jak u hlubokého kypření tak hluboké orby v pozdějších fázích růstu, ve kterých bylo prováděno zadržování vody. Z výsledků bylo dále zjištěno, že cukrová řepa v pozdějších fázích růstu lépe odolává vodní erozi půdy. To dokládá rok 2012, kdy při prvním zadržování vody (24. 5. 2012) byla zjištěna ztráta půdy $2,20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ u hluboké orby. Při druhém zadržování vody (6. 6. 2012) $0,03 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a při třetím

(1. 8. 2012) už byla naměřena nulová ztráta půdy. Stejných výsledků bylo dosaženo v následujících pokusných letech.

U hlubokého kypření bylo dosaženo největšího výnosu bulev ($99,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), ale rozdíl mezi hlubokou orbou ($99,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) činil jen 0,39 %. Nejvyšší cukernatosti dosáhla varianta s hlubokým kypřením (18,95 %). Při statistickém zpracování však nebyl zjištěn mezi variantami statisticky průkazný rozdíl. Největšího výnosu bulev přepočítaného na 16% cukernatost dosáhla varianta s hlubokým kypřením ($122,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), ale opět rozdíl mezi hlubokou orbou ($119,81 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) činil pouze 2,10 %.

Ze čtyřletých výsledků byl jednoznačně prokázán příznivý vliv hlubokého kypření a hluboké orby na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy. Dále bylo zjištěno, že se stoupající listovou pokryvností a růstem bulvy cukrové řepy klesá nebezpečí vodní eroze půdy. Cukrová řepa je nejvíce náchylná na vodní erozi půdy v raných fázích růstu a právě v této době se uplatnilo hluboké podzimní zpracování půdy. U plně zapojeného porostu nebyly naměřeny výraznější ztráty půdy, a v tuto dobu přestává být cukrová řepa erozně nebezpečnou plodinou. U výnosových a kvalitativních parametrů cukrové řepy byl zjištěn pozitivní vliv hlubokého kypření a hluboké orby na výnos a kvalitu cukrové řepy. Nejméně příznivých výsledků ve všech pokusných letech bylo dosaženo u mělkého kypření.

Klíčová slova: řepa cukrová, eroze půdy, půdoochranné technologie, zpracování půdy, výnos, kvalita

Summary

More recently we meet with many extremes of weather. One such are sudden and heavy rainstorms. Now most these rains endanger the agricultural land the emergence of water erosion. Most sensitive to water erosion are wide row crops, including sugar beet also. For these reasons, in recent years we paid great attention to the impact of tillage effects on soil water erosion.

The aim of this thesis was evaluate the influence of autumn tillage on water erosion soil in the stand of sugar beet, but also on the yield and quality parameters of the crop. A secondary aim was to assess the effect of increasing the leafy ground cover beet on water erosion soil.

For this purpose over the years 2012-2015 based on accurate field trials on lands Agro Chomutice Inc. Experiments were set up in three variants namely shallow loosening (10 cm) deep plowing (25 cm) deep loosening (25 cm). In various growth phases proceeds artificial rainfall. In the first growth phase was not sugarbeet involved either in row and not in the between rows. In the second growth phase of the beet involved in the row between rows but not yet. In the third growth phase has been fully involved growth. Itself artificial rainfall was performed field simulator rain and was observed soil loss from individual variants.

At artificial rainfall it was found that sugar beet is the most threatened by water erosion soil in the early growth phase and at this phase the most evident difference autumn tillage to sugar beets. In the first growth phase of sugar beet, which was carried artificial rainfall, the best results both for deep loosening and deep plowing. In 2012 (24. 5. 2012) was measured with a deep loosening of soil loss of 1.30 t ha^{-1} , representing a decrease of 64.76% compared to the shallow loosening and by 40.91% compared to deep plowing. Conversely, in 2014 (2. 6. 2014) was evaluated as the best variant of deep plowing the soil loss of 0.11 t ha^{-1} . Such loss soil is 78.43% less compared to the deep loosening and lower by 91.41% compared to the shallow loosening. Similar results were achieved for both deep loosening and deep plowing in the later phases of growth, which was carried artificial rainfall. From the results it was found that the sugar beet at later growth phases better resists water erosion. This is illustrated in 2012, when the first artificial rainfall (24. 5. 2012) was observed soil loss of 2.20 t ha^{-1} for deep plowing. In the second artificial rainfall (6. 6. 2012) 0.03 t ha^{-1} , and the third

(1. 8. 2012) have been measured zero loss soil. The same results were achieved in the following experimental years.

On deep loosening achieved the largest root yield (99.71 t ha^{-1}), but the difference between deep plowing (99.32 t ha^{-1}) was only 0.39%. The highest sugar content reached variant with deep loosening (18.95%). When the statistical treatment has not been established between the variants statistically significant difference. The greatest yield root recalculated at 16% sugar content reached variant with deep loosening (122.32 t ha^{-1}), but again the difference between deep plowing (119.81 t ha^{-1}) was only 2.10%.

Results from four years has clearly demonstrated beneficial effect of deep loosening and deep tillage on soil water erosion in the sugar beet crop. Furthermore, it was found that with increasing abundances leaf and root growth of sugar beet decreases danger of water erosion. Sugar beet is the most susceptible to water erosion in the early phases of growth, and at this time was applied deep autumn tillage. For a fully wired vegetation were not detected significant loss soil, and at this time ceases to be a dangerous erosion sugar beet crop. For yield and quality parameters of sugar beet was found positive effect of deep loosening and deep tillage on yield and quality of sugar beet. The least favorable results in all experimental years was achieved in a shallow loosening.

Keywords: sugar beet, soil erosion, soil conservation technology, tillage, yield, quality

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Vědecké hypotézy a cíle práce.....	12
2.1 Vědecké hypotézy	12
2.2 Cíle práce	12
3 Literární rešerše	13
3.1 Půda	13
3.1.1 Složky půdy	13
3.1.1.1 Plynná fáze půdy.....	14
3.1.1.2 Kapalná fáze půdy	14
3.1.1.3 Pevná fáze půdy	14
3.1.1.3.1 Minerální část půd	15
3.1.1.3.2 Organická část půd.....	15
3.1.2 Vybrané půdní vlastnosti	17
3.1.2.1 Půdní úrodnost	17
3.1.2.2 Struktura půdy a půdní agregáty	18
3.1.2.3 Půdní reakce.....	20
3.2 Eroze půdy	21
3.2.1 Příčiny eroze	23
3.2.2 Důsledky eroze	25
3.2.3 Druhy eroze.....	27
3.2.3.1 Dělení eroze dle intenzity	27
3.2.3.2 Dělení eroze dle činitele	27
3.2.4 Eroze v České republice	27
3.2.3 Vodní eroze půdy a její dělení	29

3.2.3.1 Příčiny vzniku vodní eroze půdy	30
3.2.4 Hodnocení vodní eroze půdy	31
3.2.5 Vodní eroze půdy a legislativa České republiky	32
3.2.5.1 Kontrola podmíněnosti	32
3.2.5.2 DZES 5	33
3.3 Ochrana půd před vodní erozí půdy.....	34
3.3.1 Opatření využitelná proti vodní erozi půdy	35
3.3.2 Opatření organizačního charakteru	36
3.3.3 Opatření technického charakteru	36
3.3.4 Opatření agrotechnického charakteru	36
3.4 Využití půdoochranných technologií zpracování půdy k cukrové řepě	37
3.4.1 Bezorebné a minimalizační pěstování cukrové řepy	37
3.4.2 Metoda pěstování cukrovky v hrůbku	39
3.4.3 Zhodnocení minimalizačních a půdoochranných technologií v pěstování cukrové řepy ..	40
3.5 Cukrová řepa.....	41
3.5.1 Význam a využití cukrové řepy	41
3.5.2. Biologie cukrové řepy.....	42
3.5.3. Výnosový potenciál cukrové řepy	42
4 Materiál a metody	45
4.1 Základní informace o pokusných stanovištích.....	45
4.2 Metodika řešení pokusu	45
4.3 Agrotechnika pokusů	47
4.4 Hodnocení pokusů	48
4.5 Vyhodnocení výsledků	49
5 Výsledky	50
5.1 Vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy.....	50

5.1.1 Vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy v rané fázi růstu	51
5.1.2 Vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy ve fázi před plným zapojením porostu	54
5.1.3 Vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy ve fázi plně zapojeného porostu	58
5.1.4 Vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy 2012 – 2015	60
5.2 Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy ...	62
6 Diskuze	69
6.1 Vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy.....	69
6.1.1 Vliv hlubokého kypření na vodní erozi půdy v porostu řepy cukrové	69
6.1.2 Vliv hluboké orby na vodní erozi půdy v porostu řepy cukrové	70
6.1.3 Další možnosti zpracování půdy k cukrové řepě vedoucí ke snížení vodní eroze půdy..	72
6.2 Vliv vzrůstající listové pokrývnosti cukrové řepy na vodní erozi půdy	73
6.3 Vliv podzimního zpracování na výnos a cukernatost cukrové řepy	74
7 Závěr	77
7.1 Stanoviska k výzkumným hypotézám	79
8 Seznam literatury	81
9 Samostatné přílohy	90

1 Úvod

V poslední době se poměrně často setkáváme s výraznými výkyvy počasí. Jedním takovým je například extrémní sucho, které postihlo Českou republiku v roce 2015. Často slycháváme, že výrazně ubylo srážek, což není tak úplně pravda. Tímto se dostáváme k druhému extrému počasí, přesto že se výrazně nesnižuje roční úhrn srážek, lze sledovat změnu v rozložení srážek. V současné době se setkáváme s náhlými a především vydatnými srážkami. Během těchto několika vydatných dešťů naprší často celý srážkový úhrn. Právě tyto deště nejvíce ohrožují zemědělskou půdu.

Půda je jedním z nejcennějších přírodních bohatství. Představuje významnou část životního prostředí a je jedním z nejdůležitějších výrobních prostředků v zemědělství. Půdu však ohrožuje řada degradačních procesů, které vedou ke snížení její produkční i mimoprodukční schopností. V České republice je půda nejvíce ohrožena acidifikací, utužením, znečištěním, větrnou a vodní erozí půdy.

A právě vodní eroze půdy je jedním z nejnebezpečnějších ohrožení půdy. Na území naší republiky je zhruba 50 % orné půdy ohroženo vodní erozí. Za zvýšeným nebezpečím vodní eroze stojí negativní působení vydatných dešťů na půdu, ale také celá řada faktorů (technologie zpracování půdy, pěstované plodiny, sklon a délka svahu, půdní druh a půdní typ a mnoho dalších), které výrazně zvyšují erozní ohrožení půdy. Nejvíce náchylné na vodní erozi půdy jsou erozně nebezpečné plodiny (širokořádkové plodiny). Do této skupiny plodin řadíme i cukrovou řepu, která je zejména zpočátku vegetace kvůli pomalejšímu zapojení porostu ohrožena vodní erozí půdy.

Cukrová řepa je po cukrové třtině nejrozšířenější plodinou pro výrobu cukru. Cukrová řepa se pěstuje také pro nepotravinářské účely (výroba palivového lihu a bioplynu). Nesmí se opomenout ani ekologický efekt cukrové řepy, která je v našich podmínkách fotosynteticky nejvýkonnější pěstovanou plodinou, jejíž produkční potenciál je $240 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$. Například kyslík, který se uvolní z jednoho hektaru cukrové řepy, postačí k dýchání 62 lidí po dobu jednoho roku.

Čemu se, ale pěstitel nemůže vyhnout je pěstování cukrové řepy na mírně erozně ohrožených půdách. Zvláště v roce 2017 se bude výrazně rozšiřovat výměra takovýchto ploch. Z těchto důvodů dnes vzniká řada nových technologických postupů pro pěstování cukrové řepy na erozně ohrožených pozemcích. Proto je naším společným zájmem chránit

ornici před ztrátami působenými erozí at' už vodní či větrnou a zabránit ztrátám na výnosových a kvalitativních parametrech cukrové řepy.

Ochrana půd před vodní erozí se stala také předmětem kontrol v rámci kontroly podmíněnosti (cross compliance) a je tedy dotační podmínkou pro vyplácení přímých plateb a vybraných plateb z Programu rozvoje venkova.

2 Vědecké hypotézy a cíle práce

2.1 Vědecké hypotézy

- 1) Hluboké zpracování půdy přispívá ke snížení vodní eroze půdy.
- 2) Se vzrůstající listovou pokryvností se snižuje vodní eroze půdy.
- 3) Hluboké zpracování půdy má pozitivní vliv na kvantitativní a kvalitativní parametry cukrové řepy.

2.2 Cíle práce

Cílem diplomové práce je posouzení vlivu různého podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy a na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy. Dílčím cílem bylo posouzení vzrůstající listové pokryvnosti půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy.

3 Literární rešerše

3.1 Půda

Půda je jedním ze základních přírodních zdrojů země, přesto ji často považujeme za samozřejmost (Jhonson, 2009). Půda je základním pilířem lidského života, je neobnovitelným přírodním zdrojem, bez kterého by život nemohl existovat. V současné době velmi často dochází k jejímu znehodnocování a nenávratnému poškození. Ve většině případů ztráty hodnoty půdy je prvotní příčinou lidská činnost. Pokud chceme, aby její využívání a přínos byl dlouhodobě udržitelný, je nezbytné poškození půdy předcházet a snažit se půdu chránit (Vopravil et al., 2013). Proto je také půda nedílnou součástí agroekosystémů, lesních i travinných ekosystémů. Je základem produktivity jak přirozených, tak umělých ekosystémů, ovlivňuje i vodní a urbánní ekosystémy (Pokorný et al., 2007). Zájem lidí o půdu sahá prakticky do doby vzniku lidské společnosti. Člověk je s půdou bytostně spjat tím, že na ní hospodaří a že půda nepřímo plní především funkci výživy lidstva, což nemůže nahradit žádný jiný prvek krajiny (Jandák et al., 2004). Dle Tomáška (1995) je půda, jeden ze základních předpokladů lidské civilizace, tvoří svrchní část pevného zemského povrchu – pedosféru. Na půdu je třeba vždy pohlížet jako na nedílný dynamický přírodní útvar, který se vyvíjí a udržuje pod vlivem okolního prostředí. Hladík (2012) doplňuje, že půdu je potřeba vnímat jako živý organismus. Problém je v tom, že přizpůsobujeme hospodaření na půdě ekonomice, přešli jsme na ještě intenzivnější způsoby, než tomu bylo v minulosti.

Avšak půdu nemůžeme jen vnímat jako základní výrobní prostředek v zemědělství, ale také představuje významnou složku životního prostředí s širokým rozsahem funkcí. Je důležitým prostředím pro akumulaci a filtraci vody, je stanovištěm rostlin a živočichů, má i funkci asanační. Půda ovšem není stabilním, neměnným prostředím, ale stále se vyvíjejícím systémem, který je v našich podmínkách výrazně ovlivňován přímou i nepřímou činností člověka (Novák a Vopravil, 2008).

3.1.1 Složky půdy

Půda tvoří úzké rozhraní mezi atmosférou, biosférou, litosférou a hydrosférou. Samotná půda se skládá z několika fází, mezi které řadíme vodní, plynnou a pevnou fázi půdy (Lavallo a Alister, 2001). Materna a Sáňka (2004) dále doplňují, že se půda skládá ze složky minerální – anorganické (kameny, štěrk, písek, prach, jílové částice), organické hmoty, vody,

plynů a živých organismů (červi, hmyz, bakterie, hád'átka, houby, řasy). Mezi pevnými, kapalnými a plynnými fázemi existuje neustálá výměna molekul a iontů, ovlivňovaná fyzikálními, chemickými a biologickými procesy. Dle Vaňka et al. (2012) tudíž půda představuje heterogenní systém, vykazující všechny fáze hmoty – plynnou, kapalnou a pevnou. Objemový poměr mezi těmito fázemi je ve vzájemně úzkém vztahu. Samotné hodnoty poměru mezi fázemi hrají velký význam pro průběh biologických a chemických procesů v půdách, ale i pro příjem živin a vlastní růst rostlin.

3.1.1.1 Plynná fáze půdy

Plynnou fází půdy tvoří půdní vzduch. Vyplňuje volné prostory mezi půdními částicemi (Teksl, 1996). Volný prostor mezi částicemi tak zvanými póry vyplňuje společně s půdní vodou. Jeho obsah a výměna závisí na pórovitosti, velikosti pórů a samozřejmě na obsahu vody. Dle Vaňka et al. (2012) by měl půdní vzduch zaujímat asi 30 % pórů, a dále by se měl dostatečně rychle vyměňovat.

3.1.1.2 Kapalná fáze půdy

Kapalnou fází půdy tvoří půdní roztok (Teksl, 1996). Má prakticky centrální postavení ve výživě rostlin, protože převážnou část živin přijímají rostliny z půdního roztoku. Dále je také významnou látkou umožňující transport živin a látek v půdním prostředí a ke kořenům rostlin (Vaněk et al., 2012). Sposito (2008) označuje kapalnou fází půdy jako půdní vodu. Dále uvádí, že v půdní vodě je rozpuštěna a uložena řada pevných látek a plynů a z tohoto důvodu půdní vodu nazývá půdním roztokem.

V půdním roztoku je rozpuštěna řada důležitých látek a sloučenin například:

- rostlinné živiny, většina jako ionty chemických sloučenin, ale i celých molekul, například fulvokyselin,
- plyny, hlavně O₂, CO₂,
- některé organické látky, zvláště v blízkosti kořenů – v rhizosféře,
- některé jemně disperzní koloidní částice (Vaněk et al., 2012).

3.1.1.3 Pevná fáze půdy

Největší zastoupení v tomto systému má fáze pevná, která vytváří prostředí (dispergens) pro rozptýlenou vodu a půdní vzduch i pro půdní organismy. Je složena

z minerálních a také organických částic (Krpeš, 2005). Hillel (2003) uvádí, že je relativně možné představit si půdu bez plynné a kapalné fáze, ale nikdy ne bez pevné fáze půdy, a tudíž považuje pevnou fázi půdy za trvalou součást půdy.

3.1.1.3.1 Minerální část půd

Minerální část půd představuje hlavní složku pevné frakce půdy. Samotný podíl z pevné části půdy představuje 92 – 98 %. Skládá se z primárních a sekundárních minerálů. Primární minerály určují hlavně chemické a fyzikální vlastnosti půd. Sekundární minerály výrazně ovlivňují sorpci iontů, především kationtů, poutání vody, a tím i pohyb vody a živin v půdním profilu (Vaněk et al., 2012).

3.1.1.3.2 Organická část půd

Význam půdní organické hmoty pro půdní úrodnost a obecně pro kvalitu půdy je dlouhodobě známý a dlouhodobě oceňovaný. Není pochyb o tom, že půdní organická hmota příznivě ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půdy a je základním faktorem půdní úrodnosti (Kubát et al., 2008).

Organickou část půdy tvoří žijící půdní organismy a neživý organický materiál, který je produktem postupného chemického a biologického rozkladu organických zbytků (Tan, 2003). Sumner et al. (2011) dále specifikují půdní organickou hmotu jako sumu všech přírodních a termálně změněných látek biologického původu, které se nacházejí v půdě nebo na půdním povrchu, jakéhokoli původu, živých nebo odumřelých organismů v jakékoli fázi rozkladu, s výjimkou nadzemních částí živých rostlin.

Mikula (1998) dále popisuje, že organická hmota v půdě je tvořena primární organickou hmotou (nehumusovými látkami dosud nerozloženými), složkami rostlinnými (včetně řas, sinic, hub, mechů a lišejníků), živočišnými (včetně bakterií, dalších mikroorganismů, bezobratlých i obratlovců) a jejich exkrementy (exsudáty kořenů rostlin, enzymy mikroorganismů, exkrementy živočichů) a humusem (jako výsledkem rozkladných procesů s navazujícími reakcemi syntetickými, polymeračními a kondenzačními).

Vaněk et al. (2012) uvádějí, že obsah půdní organické hmoty dosahuje 2 – 8 %. Šarapatka (2014) dále pro zjednodušení rozděluje půdní organickou hmotu na tři základní skupiny:

- materiál humusotvorný, který tvoří nerozložené organické zbytky,
- meziprodukty humifikačních procesů – označované někdy jako zetlelina, které jsou tvořeny jednoduššími chemickými sloučeninami,
- vlastní humus, který je výsledkem humifikačních procesů.

Humosotvorný materiál, též nazývaný jako primární organická hmota je zdrojem energie půdních mikroorganismů, navazujících řetězců rostlin a živočichů, je surovinou nejpotřebnějšího hnojiva CO₂ a také je základem tvorby humusu (Mikula, 1998). Wolf a Snyder (2003) popisují vznik a zdroje primární organické hmoty tak, že veškerá organická hmota, která je zapravena do půdy se podrobuje rozkladu. Například organický materiál rostlinného a živočišného původu (kořenové exsudáty, kořenové zbytky a odumřelé části kořenů, opad a zbytky nadzemních částí rostlin, odumřelé mikroorganismy a makroedafon), se po zapravení do půdy rozkládá obvykle velmi rychle, oproti materiálu, který je ponechán na povrchu půdy. Organické materiály, které prošly už jistým rozkladem, se většinou rozkládají pomaleji. Kolář (1987) dále popisuje využívání primární organické hmoty půdními mikroorganismy. Mikroorganismy využívají primární organickou hmotu, částečně jej mineralizují, částečně humifikují, přičemž uvolňují minerální živiny a mají vliv na chemismus a fyzikální vlastnosti půdy (úrodnost).

Humus patří k sekundárním koloidním látkám, jež jsou charakterizovány přítomností fulvokyselin, huminových a ulminových kyselin, huminy aj. Humus má značnou iontovýmennou kapacitu, sorpční kapacitu, je schopen tvořit s kolidní minerální půdní frakcí adsorbční komplexy a různé typy organominerálních sloučenin víceméně stabilního charakteru, a to pro svoje vysokomolekulární složení s velkou povrchovou aktivitou (Kolář, 1987). Tvorba humusu je však závislá na podmínkách rozkladu – humifikaci rostlinných a živočišných zbytků, které se nacházejí na povrchu půdy nebo v půdě. Je ovlivňována zejména půdní vlhkostí, teplotou, provzdušněností půdy, činností půdních mikroorganismů, podle charakteru humusotvorného materiálu, vlastností půdního substrátu – pH, obsah přístupných živin, agregace apod. (Badalíková, Hrubý, 2004). Mikula (1998) popisuje příznivý vliv humusu na půdu a rostliny v tom, že se významně podílí na vytváření

půdních agregátů, dále jeho vliv na vláhový režim v půdě, využitelnost rostlinných živin, detoxikaci škodlivých sloučenin a částečně těžkých kovů.

Baldock a Skjemstad (2000) shrnují hlavní složky půdní organické hmoty takto:

- organické zbytky – nerozložené části rostlinných a živočišných tkání a produkty jejich částečného rozkladu,
- půdní biomasa – organická hmota tvořena živými mikrobiálními tkáněmi,
- humus – všechny organické látky v půdě kromě nerozložených rostlinných a živočišných tkání, produktů jejich částečného rozkladu a půdní biomasy,
- půdní organická hmota – soubor všech neživých látek nacházejících se na povrchu půdy nebo v ní,
- nehumínové látky – látky patřící do známých biochemických tříd jako aminokyseliny, uhlovodíky, tuky, vosky, pryskyřice a organické kyseliny,
- humin – frakce humusu (půdní organické hmoty) rozpustná v alkalickém roztoku,
- huminové kyseliny – tmavě zbarvený organický materiál nerozpustný ve zředěných kyselinách,
- fulvokyseliny – světleji zbarvený organický materiál, který zůstává v roztoku po vysrážení huminových kyselin po okyselení,
- hymatomelanové – část huminových kyselin rozpustná v alkoholu.

3.1.2 Vybrané půdní vlastnosti

3.1.2.1 Půdní úrodnost

Půdní úrodnost je soubor vlastností, které se navenek projevují jako schopnost půdy vytvořit optimální půdní prostředí pro kořenovou soustavu rostlin a během celé jejich vegetační doby jim zajistit dostatečné množství živin, vzduchu a vody pro jejich růst a vývoj, směřující k maximální produkci. To zásadně odlišuje půdu, jakožto přirozené stanoviště pro růst a vývoj rostlin, od zvětralých horninových substrátů. Vlastnosti půdy, významné pro půdní úrodnost je možné rozdělit na fyzikální, chemické a biologické (Javůrek et al., 2010). Badalíková a Novotná (2015) však upozorňují na to, že úrodnost půdy nelze charakterizovat jednou nebo několika jejími vlastnostmi. Richter (1996) také potvrzuje, že úrodnost půdy nelze jednoduše charakterizovat, ale je výsledkem složitého souboru znaků, které se vzájemně ovlivňují. Některé z nich se mění vlivem povětrnostních podmínek (teplota, obsah vody,

půdní kyselost aj.), jiné se mění málo (zrnitostní složení půdy, fyzikální vlastnosti aj.). Vzhledem k tomu, že některé půdní vlastnosti můžeme dobře ovlivňovat (zapravení organických hnojiv, zpracování půdy aj.), můžeme také do značné míry působit na půdní úrodnost.

Badalíková a Novotná (2015) rozdělují půdní úrodnost:

- Potenciální přirozená úrodnost – půda, která doposud nebyla zapojena do zemědělského produkčního procesu a nebyla člověkem využívána. Vyvíjí se přirozeně z povrchových zvětralin zemské kůry, ze zbytků ústrojných a živých organismů žijících v půdě i na půdě a působením podnebí. Jsou to půdy přírodní, panenské.
- Skutečnou nebo-li efektivní úrodnost – je výsledkem působení člověka, jehož cílem je vytvoření podmínek pro vysokou produkční schopnost půd k jeho užitku. Neustále zkulturuje půdy agrotechnickými úkony, při kterých se mění nejen biologické, chemické a fyzikální vlastnosti půd, ale také půdotvorný proces. Může pak docházet k pozitivnímu zkulturnění, kdy se z méně hodnotného typu půdy stává půda hodnotnější (úprava vodního režimu) či zkulturnění zasolených půd. Naopak může docházet k negativnímu zkulturnění, což je zhoršení úrodnosti půdy zmenšením a zhoršením kvality humusu, zhoršením struktury půdy, vyčerpáním živin, poklesem mikrobiální činnosti nebo zhutněním.

3.1.2.2 Struktura půdy a půdní agregáty

Strukturu půdy můžeme charakterizovat jako uspořádání půdních částic v půdě (Schroth a Sinclair, 2003). Dalším možným popisem půdní struktury je uspořádání půdních částic v určitém objemu a jejich spojování do větších strukturních jednotek (agregátů) (Hůla a Procházková, 2008).

Půdní struktura a její stabilita jsou důležité půdní charakteristiky ovlivňující chemické, fyzikální a biologické procesy v půdě. Dynamika půdních vlastností je ovlivněna interakcemi mezi mnoha faktory, jako například vlivem prostředí, způsobem hospodaření, druhem pěstovaných plodin, minerálním a zrnitostním složením půdy, množstvím a kvalitou organické hmoty, mikrobiální aktivitou, zásobou živin v půdě (Bronick a Lal, 2004).

Struktura půdy má dále vliv na dostupnost a pohyblivost vody, vzduchu a živin, ovlivňuje růst kořenů rostlin, která je obvykle snižena v utužené, suché a špatně provzdušněné půdě (Schroth a Sinclair, 2003).

Dle Vaňka et al. (2012) lze rozlišovat tři základní stavy půdy:

1. Elementární stav, kdy jednotlivé půdní částice mezi sebou nemají žádné vazby, jsou samostatné. Tento stav je typický pro čistý písek a písčité zeminy.
2. Slitý stav je typický pro jílu. Půdy tvoří za mokra kompaktní hmotu a za sucha se na povrchu vytváří souvislý půdní škraloup, který omezuje výměnu vzduchu a průsak vody.
3. Agregátový stav – jednotlivé částice půdy jsou spojeny ve shluky a stmeleny do větších útvarů – agregátů různého tvaru a velikosti. Tento stav je nejvhodnější, protože umožňuje proudění vody a vzduchu díky hrubším pórům mezi agregáty, zatímco uvnitř agregátů v jemných pórech se udržuje voda.

Agregace je ovlivněna zastoupením výměnných iontů v sorpčním komplexu, zásobou živin v půdě a momentálním obsahem půdní vlahy. Mezi důležité agregáty v půdě dále patří krystalické a amorfnní formy oxidů a hydroxidů kovů (Vopravil et al., 2009). Agregáty jsou tvořeny pomocí sekundárních jílových minerálů, organických a anorganických látek (Lal et al., 1998). Hůla a Procházková (2008) dále popisují, že každý agregát je tvořen z komplexu půdních částic hlavně minerálního, ale i organického původu, které jsou spojovány tmelícími látkami. Mezi tyto látky patří sloučeniny železa, hliníku, vápníku a humusové látky. Pevnost stmelení strukturních agregátů nazýváme stabilitou půdní struktury.

Stabilita půdních agregátů je závislá na půdním typu a druhu, na obsahu organických látek (Javůrek a Vach, 2009), biologické aktivitě půdy (Oades, 2005), hnojení (Anabi et al., 2007) a také na zpracování půdy a vegetačním pokryvu. Právě síla a stabilita stmelení je dle Vopravila et al. (2009) velmi důležitá, protože nestabilní půdní struktura snadno podléhá negativním vlivům a rozpadá se, a půda se stává bezstrukturní.

Volný prostor mezi částicemi a strukturními agregáty zaujímají půdní póry. Struktura půdy svojí stavbou a uspořádáním agregátů, spolu s mezičásticovými a meziagregátovými póry, určuje základní fyzikální vlastnosti půdy, které vlivem zpracování podléhají dynamickým změnám. Půdní struktura integruje všechny základní vlastnosti půdy, vymezuje a ohraničuje její reakci na působení vnějších sil (Hůla a Procházková, 2008).

Jak již bylo zmíněno je soudržnost půdních agregátů důležitá pro půdní stabilitu a její schopnost vést plyny a kapaliny, což jsou důležité funkce pro pěstování plodin a zdraví celého ekosystému. Protože je stabilita agregátů indikátorem vitálních funkcí půdy, může být využívána k posuzování kvality půd (Seybold a Herrick, 2001).

Například zpracování půdy má velmi důležitý vliv na stabilitu struktury a tím i zároveň na stabilitu půdních agregátů. Zpracováním půdy dochází k jejímu promíchávání a expozici agregátů z nižších vrstev (Six et al., 1998). Při různém zpracování půdy odpovídají rozdíly ve stabilitě agregátů intenzitě lidské činnosti a kultivace půd. Nevhodné využívání půd může vést k rozpadu nestabilních agregátů produkující jemnější a snadněji odnositelné částice a mikroagregáty (Zhang et al., 2008). Podle Barthese a Roose (2002) je stabilita agregátů významným indikátorem náchylnosti k povrchovému odtoku a erozi. Ledvina et al. (1999) považují nejvýznamnějším pro strukturu rušivým činitelem právě dešťové srážky. Dešťové kapky mohou v povrchové vrstvě mechanicky rozbít agregáty, při ovlhčování půd může docházet k rozplavování agregátů, vyplavování koloidů a vyluhováním iontů Ca se vytvářejí rovněž rušivé podmínky pro agregáty.

Bártlová et al. (2015) uvádějí, že stabilita půdních agregátů je na kultivovaných půdách mnohem nižší než na půdách původních. Kultivace půdy snižuje množství i kvalitu organického uhlíku. Přírodní půdy mají mírně vyšší obsah jílu než obdělávané, dále vykazují vyšší stabilitu agregátů, nižší objemovou hmotnost, vyšší vododržnost a výměnnou kationtovou kapacitu.

3.1.2.3 Půdní reakce

Půdní reakce je významnou vlastností, která má vliv jak na půdotvorné procesy a přeměny organické hmoty v půdě, tak na růst rostlin i na edafon (Šarapatka, 2014). Celá řada vlastností půdy a tím i úrodnost půdy je ovlivňována půdní reakcí. Samotné pH například ovlivňuje dostupnost jednotlivých živin, mikrobiální aktivitu, ale i růst kořenů (Gregory, 2012). Dle Dědka (2006) půdní reakce patří k nejvýznamnějším půdním parametrům, na kterých je závislá úrodnost zemědělských půd. Ovlivňuje agrochemické a biochemické procesy, je v úzkém vztahu s půdní strukturou, pufrovací schopností půdy, kvalitou humusových látek, vodním režimem, s obsahem přístupných živin v půdě, ale také s rizikovými prvky a rizikovými látkami a jejich schopností vstupu do potravního řetězce. Dle

Vaňka et al. (2005) působí tedy přímo i nepřímo na rostliny a jejich vitalitu, spolurozhoduje o tom, jakého bude dosaženo výnosu a kvality rostlinné produkce.

Půdní reakce je dána přítomností a aktivitou vodíkových iontů, které se ve vodných roztocích spojují s molekulou vody a tvoří s ní anionty H_3O^+ . V půdním roztoku rozpuštěné kyseliny a koloidní acidoidy uvolňují vodíkové ionty (disociace); rozpuštěné zásady a bazoidy se s nimi slučují (asociace). To znamená, že půdní reakce závisí na rovnovážném stavu mezi disociací a asociací vodíkových iontů (Richter, 1996). Koncentrace iontu H^+ a OH^- v půdním roztoku se kvantifikuje stanovením půdní reakce (Šimek, 2007). Půdní reakce se označuje číslem pH, které je záporným logaritmem koncentrace vodíkových iontů ($\text{pH} = -\log 10 \text{H}^+$). Koncentrace vodíkových iontů ve vodním výluhu může být od 10^{-14} do 100. Proto při koncentraci H^+ iontů 10^{-7} je označení pH 7 (neutrální reakce), pH 0 až 7 (kyselá reakce) a pH 7 až 14 (alkalická reakce) (Jandák et al., 2004).

Půdní reakce tedy vyjadřuje koncentraci iontů. Ty se v půdě mohou vyskytovat v několika formách, a to jednak jako ionty obsažené v půdním roztoku, jednak ionty vázané na půdním sorpčním komplexu. V prvním případě hovoříme o půdní reakci aktivní, ve druhém případě o půdní reakci potenciální - výměnné (Vavříček a Kučera, 2013).

Jak uvádí Sparks (2003) ovlivňuje nízké pH důležité vlastnosti půdy, které určují její kvalitu. Nejvýznamnější je vliv půdní reakce na dostupnost živin - množství draslíku, fosforu, hořčíku a vápníku klesá s rostoucí kyselostí, zatímco stoupá rozpustnost kovových částic např. železa, zinku, mědi, hořčíku a manganu. Uvolnění iontu hliníku, zinku a manganu znamená poškození pro kořeny rostlin a následně může dojít i k nedostatku fosforu, vápníku a hořčíku, které jsou pro růst rostlin nezbytné. Na druhou stranu vysoké pH je stejně škodlivé jako nízké. Způsobuje změnu půdních vlastností jako je slévavost a nepropustnost, dochází totiž k peptizaci půdních koloidů a tím k tvorbě škraloupů, zvyšuje se obsah chloru (Cl) a sodíku (Na), projevu se menší přístupností vody díky většímu obsahu roztoku solí, vysokým obsahem uhličitanu vápenatého v půdě, který vede k vápenatým chlorózám u rostlin a omezuje příjem některých živin (bór, zinek, med, železo a většiny těžkých kovů).

3.2 Eroze půdy

Jak již bylo zmíněno, zemědělská půda je jednou z hlavních složek životního prostředí a zároveň je velmi citlivou součástí krajiny (Teksl, 1996). Půda však není stabilním prostředím, ale je stále vyvíjejícím systémem, který je ovlivňován přímo i nepřímo člověkem

(Hladík et al., 2012). Dle MZe (2014) je však půda ohrožována celou řadou procesů, které vedou k omezení nebo až ztrátě schopnosti půdy plnit své základní produkční a mimoprodukční funkce. Nejrozšířenějším typem degradace je bezesporu vodní eroze půdy. Například Kouřil (2015) řadí mezi nejdůležitější půdní degradační procesy v České republice:

- znečištění půd (kontaminace),
- okyselování půd (acidifikace),
- ztrátu organické hmoty,
- zastavování území,
- utužování půd (kompakce),
- vodní a větrná eroze.

Výraz eroze je odvozen z latinského slova „*erodere*“ – rozhlodávat (Janeček et al., 2002). Eroze značí činnost vody, větru a ledu, která způsobuje rozrušování půdního povrchu a přemísťování uvolněné hmoty do jiných poloh, kde se ukládají ve formě nánosů (Hůla a kol., 2008). Všeobecně se pod pojmem eroze půdy rozumí především mechanické rozrušování půdy vodou, větrem, popř. jinými destrukčními činiteli (sněhem, ledem apod.). Při tomto rozrušování dochází k transportu a sedimentaci uvolněných částic (Janeček a kol., 2002).

Podhrázská (2009) popisuje erozi jako reliéfový proces, který je starší než pohoří tvořená sedimentárními horninami. Hůla et al. (2003) popisuje erozi půdy jako výsledek přirozených činitelů, zejména vody a větru. Eroze půdy se odnedávna podílela na utváření krajiny v geologických dobách.

S projevy eroze půdy se na našem území setkával člověk v průběhu své dlouhé historie při obdělávání pozemků. Někdy byly více urychleny vlivy klimatickými, jindy antropogenními. Eroze půdy může být normální, která je z hlediska lidské generace nepozorovatelná a v dlouhodobé historii přetváří reliéf území. Pozorovatelná je však zrychlená eroze, k níž dochází po změně podmínek lidskou činností. Ta vede k degradaci půdy a v konečném efektu k devastaci krajiny (Šarapatka, 2014). Holý (1994) připisuje zvýšené riziko eroze půdy intenzivnímu využívání půdy pro zemědělskou výrobu a realizaci investiční výstavby, která postupně porušuje přirozený kryt půdy a vystavuje její povrch působení erozních sil. Díky působení těchto faktorů dochází k erozi půdy, spočívající v destrukčním účinku vody a větru na půdní povrch. Dále dochází k rozrušování a odnosu půdy a jejímu ukládání v místech poklesu účinnosti erozních faktorů. Hlaváčková (2011)

vysvětluje pojem eroze půdy jako veškerou rušivou a částečně tvořivou činnost vody a elementů meteorologických.

3.2.1 Příčiny eroze

Podle Hladíka et al. (2012) mezi hlavní příčiny vzniku eroze patří:

- 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,
- používání konvenčních pěstebních technologií a strojů na pozemcích ohrožených erozí,
- snížení vsaku vody do půdy (v důsledku utužení),
- nezpevněná koryta (břehy) toků,
- nedostatečná ochrana půdy na staveništích, skládkách a podobně.

Například Kouřil (2015) uvádí další problémy ve využívání půdy v České republice:

- nevhodné hospodaření (absence organického hnojení, nedostatečná plocha jetelovin, nevyužívání meziplodin aj.) vedoucí ke ztrátě organické hmoty,
- pokles organické hmoty v půdě, díky kterému dochází ke zhoršování jejích fyzikálních vlastností – to vše vede ke zhoršování půdní struktury,
- zhoršující se půdní struktura vede, mimo jiné ke snižování obsahu vzduchu což negativně omezuje infiltraci vody,
- omezení infiltrace vody prostřednictvím půdních pórů a organickou hmotou má za následek zrychlení povrchového odtoku,
- zrychlující se povrchový odtok podle své síly odnáší půdní částice,
- odnos částic půdy je nejviditelnějším projevem vodní eroze,
- vodní eroze mimo jiné zapříčiňuje ztrátu a degradaci organické hmoty.

Scelování půdních bloků

V České republice díky dřívější intenzifikaci zemědělské výroby máme největší půdní bloky v Evropě. Vytvoření velkých honů orné půdy v polovině minulého století znamenalo – zejména v některých oblastech – nežádoucí rychlý rozvoj vodní eroze se všemi doprovodnými

důsledky (Novák et al., 2013). Navíc při scelování docházelo k rušení důležitých krajinných prvků (rozorání mezí, zatravněných údolnic, polních cest, likvidace rozptýlené zeleně aj.), které erozi půdy účinně omezovaly (Vopravil et al., 2013).

Odstraňování krajinných prvků

V minulosti docházelo rovněž k odstranění krajinných prvků, které měly velmi často i protierozní význam. Protierozní meze, stromořadí v krajině a polní cesty tvořily přirozené překážky soustředěnému odtoku vody z pozemků a podporovaly infiltraci vody na zemědělské půdy. Podle údajů uvedených v programovém dokumentu HRDP 2004 – 2006 došlo k úbytku krajinných prvků v následujícím rozsahu: 4 000 km², 3 600 ha rozptýlené zeleně, 49 000 km mezí a 158 000 km polních cest (Hlaváčková, 2011).

Zhutňování půdy

Dle Basis et al. (2004) je snižování půdní propustnosti pro vodu nežádoucí jev, který vede ke zvýšení povrchového odtoku vody a tím i zvýšené erozi půdy. Javůrek a Vach (2009) připisují nadměrnému zhutnění půdy negativní působení na důležité funkce půdy tím, že:

- zpomaluje a omezuje infiltraci vody do půdy, čímž se podporuje povrchový odtok a následná vodní eroze půdy se všemi jejími důsledky,
- snižuje retenční (zádržnou) schopnost půdy,
- urychluje a zintenzivňuje se vysychání půdy (výpar vody).

Rozšířené pěstování širokořádkových plodin

Nejvíce je ohrožena půda ve svazích, kterou je třeba chránit před účinky vodní eroze, nejlépe dobře zapojeným porostem. Nejúčinnější je takový vegetační pokryv, který je schopen chránit půdu po celý rok, to představuje pouze dobře udržovaný trvalý travní porost. Protože však není možné veškerou ornou půdu na svazích zatravnit a současně je nutné pěstovat i plodiny méně chránící půdu před erozí, musí být půda při pěstování těchto problematických plodin chráněna vhodnými protierozními opatřeními. Základním principem protierozní ochrany je pěstování plodin s vysokým protierozním ochranným účinkem na sklonitých pozemcích a osévání méně ohrožených pozemků plodinami s nízkým protierozním účinkem (širokořádkové plodiny) (Hůla et al., 2010).

Klimatické změny

Studiem vlivu klimatických změn na vodní režim, strukturu půdy a erozi půdy se zabýval Varallyay (1990). Po rozsáhlých pokusech došel k závěru, že vliv měnícího se klimatu bude nejvíce ovlivňovat vodní režim a méně strukturu a texturu půdy. Například Dregne (1990) předpokládá zvýšení větrné eroze půdy v aridních oblastech díky vlivu změny klimatu. Davidson a Harrison (1995) připisují příčiny zvýšeného výskytu a škodlivosti vodní eroze půdy na orných půdách, především ve změněném využívání krajiny, ale zároveň změně klimatu (zvýšení intenzity a rozmístění srážek).

Vliv zpracování půdy

Způsob zpracování ovlivňuje podstatně propustnost půdy pro vodu. Je přímo úměrná stabilitě půdní struktury (Tisdall and Adem, 1986). Dlouhodobé bezorebné, nebo naopak konvenční zpracování půdy může změnit objem pórů, stabilitu agregátů a obsah organické hmoty, a tím změnit celou půdní strukturu (Hůla et al., 2008). Nichols et al. (2004) připisují důležitost půdních agregátů pro zajištění stability půdní struktury a zároveň co nejvíce minimalizovat erozi půdy. Dle Javůrka a Vacha (2011) je dnes zcela potvrzen efekt půdoochranného zpracování půdy na snížení negativního působení eroze půdy. Například bylo prokázáno, že půdy, na kterých byly využity půdoochranné technologie, odolávají erozi půdy lépe než konvenčně obdělávané. Reyes et al. (2009) uvádějí, že díky využití půdoochranných technologií byl po sedmi letech sledování povrchový odtok snížen v průměru 1,2x, ztráta půdy se snížila na polovinu. Orbou se naopak zapravují rostlinné zbytky do půdy, takže se neuplatňuje jejich ochranná funkce. Javůrek et al. (2012) potvrzuje negativní působení pravidelného kypření na půdu, tato půda je velmi málo odolná erozním účinkům vody, a proto nejvíce zranitelná erozi půdy.

3.2.2 Důsledky eroze

Eroze, ať už vodní nebo větrná, působí největší škody právě samotným odnosem půdy (Brady a Weil, 2014). Eroze půdy ochuzuje neúrodnější půdy – ornici, zhoršuje fyzikálně chemické vlastnosti půd, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah živin a humusu, poškozují plodiny a kultury, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztrátu osiv a sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin (Janeček, 2012).

Působením eroze se mění zejména fyzikální vlastnosti půdy: struktura, textura, vsakovací schopnost, pórovitost, dochází ke zhutnění půdy aj. Například ke změnám struktury

dochází tak, že se odplaví ornice a obnaží se podorničí, které má vyšší obsah jílu (Janeček et al., 2002). Dle Janečka et al. (2002) díky obnažení dochází ke zvýšení obsahu pórů, které jsou ale menší. Vodní kapacita se zvyšuje, ale schopnost infiltrovat vodu se snižuje a zvyšuje se povrchový odtok. Tyto agregáty poté vykazují menší stabilitu a jsou snadněji rozrušovány dešťovými srážkami.

Dalším z projevů degradace půdy je změna chemických vlastností půdy. Eroze půdy má vliv na tři hlavní vlastnosti. Dochází k vymývání živin, obnažení podorničí s nízkou přirozenou úrodností a vyšší kyselostí a snížení obsahu organické hmoty a humusu v půdě. Všechny uvedené změny (fyzikálních i chemických vlastností) vedou ke snížení úrodnosti půdy (Tlapák et al., 1992).

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; velké povodňové průtoky poškozují budovy, komunikace, koryta vodních toků atd. (Hladík et al., 2012). Dle Favis-Mortlocka (1995) voda odtékající z polí významně ovlivňuje kvalitu povrchových vod. Brady a Weil (2014) doplňují, že díky erozi půdy je voda v zasažených tocích bohatá na živiny, zejména na dusík a fosfor, což způsobuje eutrofizaci vod.

Dlouhodobým působením eroze se mění kvantitativní a kvalitativní vlastnosti půd. Kvantitativní změny spočívají především ve zmenšování hloubky půdního profilu a plochy půd v případě velmi intenzivní eroze, kvalitativní ve změně jejich vlastností a snížení úrodnosti půd. Na slabě erodovaných půdách se snižují hektarové výnosy o 15 - 20 %, na středně erodovaných půdách o 40 - 50 % a na silně erodovaných půdách až o 75 % (MZe, 2014). Šarapatka (2014) uvádí, že při odstranění 5 – 15 cm ornice mohou výnosy poklesnout o 15 – 30 %. Při úplném odstranění humusového horizontu může být toto snížení až o tři čtvrtiny.

Rovněž cena půdy poškozené erozí se výrazně snižuje, na některých pozemcích až o 10 Kč/m². V průměru na katastrální území se může jednat o snížení ceny půdy až o 50 %. Ztráta půdy je v měřítkách délky lidského života neobnovitelná a obtížně vyčíslitelná, bereme-li v úvahu, že 2-3 cm vrstva půdy vzniká za příznivých podmínek průměrně 100 až 1000 let (Vopravil et al., 2013).

3.2.3 Druhy eroze

3.2.3.1 Dělení eroze dle intenzity

Dělíme ji podle rychlosti ubývání půdy na erozi přirozenou a zrychlenou (Morgan, 2000). Holý (1994) popisuje přirozenou erozi, jako proces, který modeloval a stále modeluje zemský povrch. V současnosti je pro tento druh eroze důležité, že při ní probíhají všechny erozní jevy pozvolna a v závislosti s rovnováhou v přírodě. Dle Favis-Mortlocka (1995) je rychlost přirozené eroze srovnatelná s rychlostí tvorby půdy.

Při porušení přírodní rovnováhy (většinou za přispění člověka) se projevuje eroze zrychlená či abnormální (Holý, 1994). Právě zrychlená eroze půdy způsobuje značnou degradaci půdy (Favis-Mortlock, 1995). Dle Morgana (2000) probíhá zrychlená eroze všude tam, kde člověk změnil přírodní ekosystémy na zemědělsky obdělávanou půdu. Brady a Weil (2014) uvádějí, že lidská činnost urychluje proces eroze. Hodnota takové to zrychlené eroze ovlivněné člověkem je poté 10 – 1000x vyšší než normální eroze.

3.2.3.2 Dělení eroze dle činitele

Dle Zachara (1970) se dělí eroze způsobem vzniku a působením erozních procesů na půdu:

- vodní eroze,
- ledovcová eroze,
- větrná eroze,
- zemní eroze,
- antropogenní eroze.

3.2.4 Eroze v České republice

V České republice je v současné době podle analýz Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, více než 50 % zemědělské půdy ohroženo vodní erozí a přibližně 10 % větrnou erozí. Na převážné ploše erozí ohrožených půd však není prováděna žádná systematická ochrana zabraňující dalším ztrátám. Přičemž zejména za posledních 30 let se degradace půdy vlivem eroze velmi výrazně zrychlila. Hlavním důvodem je zejména intenzifikace zemědělství a změna preferencí pěstování některých plodin (MZe, 2014).

Podmínky zemědělské výroby v České republice jsou charakterizovány vyšším zastoupením půd na svažitéch pozemcích (Hůla et al., 2011). Přestože Česká republika je charakterem svého reliéfu spíše kopcovitým územím, máme zornění téměř 70 % v porovnání s průměrem zemí EU, který dosahuje 50 % a kde řada zemí disponuje s daleko lepšími podmínkami pro zemědělskou produkci. A pochopitelně, pravidelně kypřená půda je velmi málo odolná proti účinkům vody a proto je nejvíce zranitelná erozí (Vach a Javůrek, 2012). Podle průzkumů Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy Praha je na území České republiky 43,4 % orných půd na svazích o sklonech $3^\circ - 7^\circ$, 9,8 % na svazích o sklonech $7^\circ - 12^\circ$ a 0,7 % dokonce na svazích nad 12° . Aniž uvažujeme o dalších faktorech eroze, znamená to, že více jak polovina orných půd je nějakým stupněm potenciálně ohrožena vodní erozí a vyžaduje protierozní ochranu (Tippl et al., 2013). Na základě těchto skutečností můžeme konstatovat, že z celkové výměry půdy v ČR jsou bez rizika eroze pouze 4 % plochy (Václavík, 2015).

Problém eroze půdy je v České republice specifický, způsobený především velkovýrobním způsobem zemědělského hospodaření a vysokou intenzifikací zemědělské výroby v minulých letech. Problém eroze byl značně podceněn a její následky ohrožují úrodnost půd a erozní smyvy zhoršují kvalitu povrchových vod a způsobují škody v intravilánech obcí (Tippl et al., 2013). Dle Nováka et al. (2013) je dalším problémem vytvoření neúměrně velkých honů, které byly vytvořeny prakticky všude, bez ohledu na terénní reliéf a další přírodní podmínky. Důsledkem je, že v současné době je 45 % české zemědělské půdy vystaveno intenzivní erozi a více jak 8 % zemědělské půdy v České republice (tj. kolem 350 000 ha), je vodní erozí poškozeno výrazně. Došlo k rychlé změně půd, charakteru půdního pokryvu a jeho vlastností. Odstranění vzniklých škod je možno jen velmi omezeně nebo vůbec.

Dle Váška et al. (2000) v České republice dosahuje roční ztráta půdy ze svažitých zemědělských ploch hodnoty $13,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, což představuje ztrátu cca. 0,9 mm mocnosti půdního profilu. Jak uvádí Kouřil (2015) podle posledních analýz by mohlo být erodováno až 21 miliónů tun půdy za rok, což je možné finančně vyjádřit jako škodu za 4,3 miliardy korun.

V podmínkách ČR a střední Evropy je půda ohrožena především vodní a větrnou erozí, acidifikací, utužením, sesuvy, znečištěním a úbytky organické hmoty. Nejrozšířenějším typem degradace je bezesporu vodní eroze (Novotný et al., 2013). V poslední době jsou na našem území čím dál víc viditelnější dva extrémy počasí - sucho a vydatné deště. Přinášejí s sebou nepříjemnosti – erozi půdy a povodně (Kadlec, 2012).

3.2.3 Vodní eroze půdy a její dělení

Vodní eroze je výsledkem vzájemného působení klimatu, půdy, topografie, povrchového odtoku, pokrývky půdy vegetací, hospodaření s půdou, způsobů ochrany půdy a různě se projevuje v čase, prostoru a povrchu terénu (Montenegro et al., 2013)

Dle MZe (2014) je vodní eroze definovaná jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody.

Vodní eroze je vyvolávána destrukční činností dešťových kapek a povrchového odtoku a následným transportem uvolněných půdních částic povrchovým odtokem. Intenzita vodní eroze je dána charakterem srážek a povrchového odtoku, půdními poměry, morfologií území (sklonem, délkou a tvarem svahů), vegetačními poměry a způsobem využití pozemků, včetně používaných agrotechnologií (Vopravil et al., 2013). Vodní eroze se na povrchu půdy projevuje selekcí půdních částic a vznikem odtokových drah různých rozměrů (rýžek, rýh, výmolů), v místech výrazné koncentrace povrchového odtoku se mohou vytvářet strže (Janeček, 2012).

Holý (1994) rozlišuje vodní erozi půdy na:

- povrchová (plošná, výmolová, proudová),
- podpovrchová.

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, kdy vyplavuje především jemnozrnné frakce půdy, což se projevuje změnou textury půdy a obsahu živin v půdě, zhoršují se chemické a fyzikální vlastnosti půdy, což přímo souvisí např. i s retenční schopností a pufrací kapacitou půd, stejně jako s jejími fyzikálními vlastnostmi, snížení úrodnosti a v konečné fázi, snížením obsahu humusu jako složky podílející se významně na tvorbě půdní struktury, i snížením rezistence vůči vodní a větrné erozi (MZe, 2014).

Výmolová vodní eroze vzniká postupným soustředováním povrchově stékající vody, která vyrývá v půdním povrchu mělké zářezy, postupně se prohlubující. Prvním stádiem výmolné vodní eroze je eroze rýžková a brázdová. Z rýžek a brázd vznikají postupným pokračováním povrchově stékající vody hlubší rýhy, které se směrem po svahu postupně spojují a prohlubují; jsou výsledkem rýhové eroze. Rýhová eroze přechází ve vyšší stupeň – erozi výmolovou a ta v nebezpečnou, území devastující erozi stržovou (Holý, 1994).

Proudová vodní eroze probíhá ve vodních tocích působením vodního proudu (Holý, 1978).

Holý (1994) označuje podpovrchovou erozi půdy jako normální půdotvorný proces, který není třeba označovat jako eroze. Podpovrchová eroze půdy vzniká přemísťováním půdních částic z vrchních horizontů do nižších. Tento proces vzniká působením dešťových srážek, které se vsakují do půdy.

3.2.3.1 Příčiny vzniku vodní eroze půdy

Na vznik vodní eroze má největší vliv sklonitost pozemku v kombinaci s délkou pozemku po spádnicí, dále vegetační pokryv, vlastnosti půdy a její náchylnost k erozi, uplatněná protierozní opatření a v neposlední řadě častý výskyt přívalových srážek, které střídá období sucha. Tyto faktory ovlivňují míru eroze vždy ve vzájemné kombinaci. K eroznímu smyvu tak dochází i na půdních blocích, které sice nejsou výrazně sklonité, ale v kombinaci s nepřerušenu délkou svahu jsou nevhodné pro pěstování širokořádkových plodin (MZe, 2014).

Mayer et al. (2016) považuje největší riziko vodní eroze půdy u pěstování širokořádkových plodin (kukuřice, cukrovka, brambory). Hůla et al. (2010) potvrzuje zvýšené nebezpečí vodní eroze půdy u širokořádkového pěstování plodin na orné půdě. Především díky nízké infiltraci a velkému povrchovému odtoku při přívalových deštích.

Hlavními faktory, ovlivňujícími vodní erozi, jsou:

- Faktor erodovatelnosti půdy - vlastnost půdy ovlivňující infiltraci vody do půdy a odolnost půdních agregátů vůči účinku kapek a transportu povrchově odtékající vody.
- Faktor délky svahu.
- Faktor sklonu svahu a členitost území.
- Faktor ochranného vlivu vegetace ochrana vegetačního pokryvu před působením kapek a zpomalování povrchového odtoku, nepřímo pak působí na zlepšení půdních vlastností - pórovitost a propustnost, nižší utuženost (Hůla, 2008).

Dle Šarapatky (2008) u vodní eroze hraje roli následujících šest faktorů, které bereme v úvahu při výpočtu dlouhodobé ztráty půdy. Jedná se o faktory erozní účinnosti dešťových srážek, erodovatelnosti půdy, morfologických poměrů (délka a sklon svahu), ochranného

vlivu vegetace a účinnosti protierozních opatření. Veličiny ovlivnitelné zemědělcem jsou: pěstované plodiny a zpracování půdy a jiná protierozní opatření.

3.2.4 Hodnocení vodní eroze půdy

Pro určení ohroženosti zemědělských půd vodní erozí a k hodnocení účinnosti navrhovaných protierozních opatření se používá tzv. „univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE“ dle Wischmeiera a Smithe (1978). Dle Janečka (2012) se jedná o tak zvanou empirickou metodu hodnocení vodní eroze půdy. Tato metoda vychází z principu přípustné ztráty na jednotkovém pozemku, jehož parametry jsou definovány z rozměrů standartních elementárních odtokových ploch o délce 22 m a sklonu 9 %. Povrch této odtokové plochy je po každém přívalovém dešti udržován ve směru sklonu svahu jako úhor. Hodnota přípustné ztráty půdy slouží ke stanovení míry erozního ohrožení pozemku a je definována jako maximální velikost eroze půdy, která dovoluje trvale a ekonomicky dostupně udržovat dostatečnou úroveň úrodnosti půdy.

Ztráta půdy vodní erozí dle Wischmeiera a Smithe (1978) se stanoví na základě rovnice:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

- G – je průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$),
- 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 erozí,
- S – faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu 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.

Vypočtená hodnota je dlouhodobá průměrná roční ztráta půdy a udává množství půdy, které bylo na pozemku uvolněno plošnou vodní erozí.

Pokud hodnota dlouhodobého průměrného smyvu půdy nepřekročí hodnotu dlouhodobé přípustné ztráty půdy (G_p), nedochází na dané lokalitě k zrychlené erozi, lokalita není ohrožena vodní erozí a jsou zachovány funkce půdy a její úrodnost. Pokud však hodnoty dlouhodobého průměrného smyvu půdy překročí hodnoty dlouhodobé přípustné ztráty půdy (tedy $G_p < G$), dochází vlivem vodní eroze k nadlimitní ztrátě půdy a tím i k ztrátě funkcí půdy a snižování její úrodnosti. Rozdíl mezi dlouhodobým průměrným smyvem a dlouhodobou přípustnou ztrátou půdy současně vyjadřuje i míru erozní ohroženosti dané lokality (MZe, 2014).

Dle Janečka et al. (2002) slouží k posouzení míry erozního ohrožení pozemku vlivem vodní eroze spolu s dalšími kritérii princip tzv. přípustné ztráty půdy, která je definována jako maximální hodnota ztráty půdy dovolující trvale a ekonomicky dostupně udržovat úrodnost půdy. Při určování mezí přípustné ztráty půdy erozí se uvažovalo se skutečnou mocností půdního profilu, požadovanými vlastnostmi půdy v budoucnu a s předpokládanou ztrátou půdy. Pokud po dosažení odpovídajících hodnot do rovnice USLE vypočtená hodnota překročí hodnoty přípustné ztráty stanovené podle hloubky půdního profilu u půd:

- mělkých (do 30 cm) $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$,
- u středně hlubokých (30-60 cm) $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$,
- u hlubokých (nad 60 cm) $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

3.2.5 Vodní eroze půdy a legislativa České republiky

3.2.5.1 Kontrola podmíněnosti

Kontrola podmíněnosti (řešení negativních dopadů zemědělství na krajinu a životní prostředí) je jedním z hlavních témat současné zemědělské politiky. Systém Kontroly podmíněnosti byl v roce 2003 iniciován reformou Společné zemědělské politiky a stal se klíčovým prvkem k vyjednávání o zachování evropských podpor do zemědělství. S ohledem na zavedení tohoto systému je i v České republice vyplácení přímých plateb a dalších evropských podpor „podmíněno“ plněním podmínek udržování půdy v dobrém zemědělském a environmentálním stavu, dodržováním povinných požadavků v oblasti životního prostředí, veřejného zdraví, zdraví zvířat a rostlin a dobrých životních podmínek zvířat (MZe, 2013).

Vyplácení přímých plateb a dalších podpor vyjmenovaných v Přehledu podpor v roce 2015 je „podmíněno“ plněním podmínek udržování půdy v Dobrém zemědělském a environmentálním stavu, dodržováním povinných požadavků v oblasti Životního prostředí, změna klimatu a dobrý zemědělský a environmentální stav půdy, Veřejné zdraví, zdraví zvířat a rostlin a Dobré životní podmínky zvířat (MZe, 2015).

Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) půdy: tento termín označuje standardy hospodaření, které definuje každý členský stát Evropské unie dle svých národních specifik v souvislosti se zachováním kvality půdy, minimální úrovní péče o půdu a krajinu a ochranu vody a hospodaření s ní na základní rámce stanoveného v příloze č. II nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1306/2013, o financování, řízení a sledování Společné zemědělské politiky. Podmínky standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy platné v ČR jsou stanoveny nařízením vlády č. 309/2014 Sb., o stanovení důsledku porušení podmíněnosti poskytování některých zemědělských podpor (MZe, 2015).

Podmínky pro zachování dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy jsou řešeny v rámci sedmi standardů, které se týkají:

- ochranných pásů podél vodních toků,
- zavlažovacích soustav,
- ochrany podzemních vod před znečištěním,
- minimálního pokryvu půdy,
- minimální úrovně obhospodařování půdy k omezování eroze,
- zachování úrovně organických složek půdy, včetně zákazu vypalování strnišť,
- zachování krajinných prvků a opatření proti invazním druhům rostlin (MZe, 2015).

3.2.5.2 DZES 5

Jak již bylo zmíněno, vodní eroze u nás patří k nejrozšířenějšímu typu degradace půdy. Způsobuje škody nejenom na zemědělské půdě odnosem nejcennější vrstvy půdy – ornice, ale i další škody na obecním i soukromém majetku. Ministerstvo zemědělství problematiku ochrany půdy před erozí částečně řeší standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (MZe, 2014).

Do roku 2015 řešily ochranu půdy proti vodní erozi dva standardy GAEC (GAEC 1, GAEC 2). V roce 2015 došlo ke změně a GAEC 2 byl nahrazen DZES 5, kde je mimo jiné stanovena i minimální úroveň obhospodařování půdy k omezení eroze. A právě z tohoto standardu pro zemědělce vyplývá jak využívat půdoochranné technologie v pěstování širokořádkových plodin (Mayer et al., 2016). Standard GAEC 1, který řešil erozi na svažitých pozemcích, byl ukončen ke konci roku 2014 (MZe, 2015).

Žadatel na ploše půdního bloku, popřípadě jeho dílu, označené v evidenci půdy jako půda:

- silně erozně ohrožená (SEO), zajistí, že se nebudou pěstovat širokořádkové plodiny kukuřice, čirok, brambory, řepa, bob, sója a slunečnice; porosty obilnin a řepky olejné na takto označené ploše budou zakládány s využitím půdoochranných technologií; v případě obilnin nemusí být dodržena podmínka půdoochranných technologií při zakládání porostů pouze v případě, že budou pěstovány s podsevem jetelovin,
- mírně erozně ohrožená (MEO), zajistí, že širokořádkové plodiny kukuřice, čirok, brambory, řepa, bob, sója a slunečnice budou zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií (MZe, 2014).

Cílem standardu je ochrana půdy před vodní erozí a předcházení důsledkům eroze například zaplavení nebo zanesení komunikací a dalších staveb splavenou půdou. Protierozní ochrana půdy je řešena stanovením požadavků na způsob pěstování vybraných hlavních plodin na silně a mírně erozně ohrožených plochách evidovaných v LPIS (MZe, 2015).

3.3 Ochrana půd před vodní erozí půdy

Hlavním důsledkem antropogenní činnosti je celková aridizace našeho území s narušeným oběhem vody zejména lokálního významu, porušením teplotní bilance krajiny a řada dalších ekologických činitelů. Velmi významným činitelem v ochraně krajiny před zvýšeným smyvem půdy a živin do vodních toků je důsledná protierozní ochrana zejména na zemědělských a orných půdách v povodích (Badalíková, 2012).

Protierozní ochrana je chápána jako soubor opatření sloužících na to, aby v procese hospodaření na půdě nedocházelo k jejímu úbytku a zhoršování jejích úrodnostních vlastností. Optimální protierozní ochrana směřuje k zachování půdního fondu a její úrodnosti v plné míře při co možném nejintenzivnějším obhospodařování půdy (Fulajtár a Janský, 2001).

Kadlec et al. (2012) vysvětluje protierozní ochranu jako komplexní systém opatření organizačního, agrotechnického a technického charakteru. Dle Soukupa et al. (2006) spočívá protierozní ochrana půdy a vody v ochraně půdy před účinky dopadajících kapek deště, podporovat vsak vody do půdy, zlepšovat soudržnost půdy a její strukturu, omezovat unášecí sílu vody a soustředěvaného povrchového odtoku, neškodně odvádět povrchově odtékající vodu a zachycovat smytou zeminu.

Prvním krokem pro zajištění protierozní i protipovodňové ochrany by mělo být vytvoření v krajině takových podmínek, které využijí všech dostupných možností zadržet dešťovou vodu a zpomalit povrchový odtok, resp. transformovat na podpovrchový (Kadlec et al., 2012).

3.3.1 Opatření využitelná proti vodní erozi půdy

Dle MZe (2014) máme několik opatření proti vodní erozi půdy:

- **Opatření organizačního charakteru zahrnují:**
 - návrh optimálního tvaru a velikosti PB/DPB,
 - návrh vhodného umístění pěstovaných plodin, včetně ochranného zatravnění,
 - návrh pásového pěstování plodin.
- **Technická opatření zahrnují:**
 - terénní urovnávky,
 - protierozní meze,
 - protierozní příkopy,
 - průlehy,
 - zatravněné dráhy soustředěného odtoku,
 - polní cesty s protierozní funkcí,
 - ochranné hrázky,
 - protierozní nádrže,
 - terasy.
- **Agrotechnická opatření zahrnují:**
 - setí/sázení po vrstevnici,
 - ochranné obdělávání (bezorebné setí/sázení, setí/sázení do mulče, setí/sázení do mělké podmítky, setí/sázení do ochranné plodiny),
 - hrázkování a důlkování.

3.3.2 Opatření organizačního charakteru

Jedná se o opatření, která obvykle nejsou nákladná. Jejich podstatou je pěstování plodin s vysokým protierozním ochranným účinkem (například travní porosty, jeteloviny) na sklonitějších a erozně ohrožených pozemcích. Naopak na pozemcích nebo částech velkých pozemků méně sklonitých a méně ohrožených vodní erozí je možno pěstovat plodiny s nízkým protierozním účinkem (například kukuřice a brambory) (Soukup et al., 2006).

3.3.3 Opatření technického charakteru

Dle Kvítka (2014) je Česká republika specifická v rámci střední Evropy svou polohou, svým reliéfem, většina vody z našeho území odtéká. Naši vodohospodáři si uvědomují a již dříve si uvědomovali tuto situaci, a proto postavili mnoho přehrad, rybníků, malých i velkých vodních nádrží, čímž zvýšili akumulaci vody v povodí, tedy dlouhodobé zadržení vody. Tato technická opatření na tocích mají určitou retenční kapacitu, ale při extrémních srážkách jim musí pomoci technická retenční opatření na zemědělské a lesní půdě, která mají vysokou účinnost pro krátkodobé zadržení vody v krajině.

Technická protierozní opatření se navrhují obvykle po vyčerpání možností řešení protierozní ochrany organizačními a agrotechnickými opatřeními, většinou jako jejich doplnění (Hladík et al., 2012).

3.3.4 Opatření agrotechnického charakteru

Agrotechnická protierozní opatření mohou rozhodující měrou omezit vodní erozi za použití minimálních nákladů. Je proto nutné, aby v ohroženém svažitém území byla používána speciální svahová mechanizace, aby byla dodržována ochranná technologie pěstování plodin, aby nezůstával odkrytý povrch půdy v žádném období (tedy využití meziplodin), a aby byl osevní postup, pokud možno, přizpůsoben daným podmínkám jak z hlediska půdního, tak z hlediska klimatického. Všeobecně platí doporučení, že při sklonech terénu víc jak 12 % již samotná agrotechnická protierozní opatření nepůsobí a musí se přejít k technickým opatřením (Badalíková a Hrubý, 2009).

Protierozní účinek agrotechnických opatření dle Hůly et al. (2003) je založen na uplatnění technologií pěstování plodiny, které zvyšují jejich nedostatečnou půdoochrannou funkci. Vliv těchto technologií na snížení ztrát je značný. Například při přívalových srážkách,

kdy na půdním bloku je povrchový odtok $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, pak při uplatnění půdoochranného zpracování v porostu širokořádkových plodin se povrchový odtok sníží na $25 - 42 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

3.4 Využití půdoochranných technologií zpracování půdy k cukrové řepě

Cukrová řepa společně s brambory a kukuřicí kvůli svému širokořádkovému pěstování patří mezi erozně nejnáchylnější plodiny (Mayer et al., 2016).

Cukrovou řepu není vhodné pěstovat na pozemcích s větším sklonem. Při výběru pozemků je většinou toto pravidlo pěstiteli respektováno. V praxi se však nelze vyhnout zařazování cukrovky na pozemky s úrodnou půdou, jejichž část je svažité tak, že riziko vodní eroze je velmi reálné (Hůla et al., 2003).

I když základním zpracováním pro řepu na podzim je orba a na jaře předseťová příprava, stále častěji se zkouší nekonvenční zpracování půdy a setí (Badalíková, 2006).

Dle Chocholy (2010) bylo zhruba 150 let zpracování půdy ve střední Evropě synonymem pro orbu. Orba řeší problém posklizňových zbytků, utužení v ornici, mobilizuje živiny v organických vazbách, potlačuje řadu obtížných plevelů. Je však energeticky enormně náročná, poslání plní jen za příznivé půdní vlhkosti, vytváří se pod ní zhutněný horizont a před setím ozimů je půdu třeba opět utužit.

Půlkrábek et al. (2015) popisuje důsledky orby na stejnou hloubku a trvalého používání těžké techniky. Na polích mohou vznikat hluboko uložené ztvrdlé vrstvy a zhutnělé vrstvy půdy, které mohou bránit růstu kořenů i infiltraci vody a živin. Tyto půdy jsou náchylnější k vodní erozi.

3.4.1 Bezorebné a minimalizační pěstování cukrové řepy

V současnosti nabývají i u cukrové řepy na významu minimalizační technologie (bezorebné zpracování půdy). Všeobecně je třeba zdůraznit, že minimalizační technologie (kterých může být celá řada), musí být provedeny kvalitně. Řada podniků, hospodařících především na těžkých půdách, využívá při podzimním zpracování půdy místo orby kypření. Půdu neobrací, ale několikrát kypří, nejprve mělčeji a při posledním kypření zpracovává půdu na obdobnou hloubku jako při orbě. Cukrovka pro dobrou tvorbu tvarově pravidelných a vyrovnaných bulev vyžaduje zpracování půdy do hloubky 25-35 cm (Pulkrábek a Urban, 2008).

Cukrovka jako hluboce kořenící okopanina je náročná na dostatečně prokypřenou půdu s dobrým strukturním stavem. Příznivý vliv minimalizačních technologií na strukturní stav půdy (zejména se projevující při jejich opakovaném používání) výborně zúročí právě cukrovka. Tyto výše uvedené skutečnosti byly zaznamenány jak v dlouhodobých polních pokusech, tak i v zemědělské praxi (Hůla et al., 2004).

Dle Pulkrábka et al. (2015) je hluboké kypření k cukrové řepě na podzim vhodnou alternativou za klasickou orbu. Hluboké kypření půdy (do hloubky 20 – 45 cm) je vhodným zásahem podporujícím zasakování vody do půdy, které přispívá k vyšší retenční schopnosti půdy v podzimním a časném jarním období. Jeho účinnost je dána technogenním zhutněním půd, je však i prostředkem k postupnému prohloubení pravidelně zpracovávaného profilu.

Smrček a Bittner (2012) uvádějí obecné zásady bezorebného pěstování cukrovky:

- Sklizeň předplodiny:
 - krátké strniště,
 - minimalizace sklizňových ztrát (omezení následného výdrolu),
 - kvalitní drcení a rozptýlení slámy v celé šíři záběru mlátičky,
 - ošetření slámy za účelem rychlého rozkladu.
- Podmítka a další kultivace na podzim:
 - ihned po sklizni 10-15 cm,
 - aplikace minerálních hnojiv,
 - opakovaná podmítka do stejné hloubky po vzejití výdrolu, popřípadě hlubší zpracování půdy do hloubky 20-30 cm,
 - po podmítce je možno setí vymrzajících meziplodin (hořčice, svazenka),
 - pokud nejsou sety meziplodiny, je nutná likvidace výdrolu a plevelů totálními herbicidy,
 - vždy je potřeba omezit pojezdy na minimum a zamezit tvorbě hlubokých kolejových stop při pracovních operacích,
 - na polích s minimalizačním zpracováním (bez orby) je nutné věnovat pozornost regulaci hraboše polního, popř. slimákům na jaře.
- Jarní příprava půdy:
 - příprava set'ového lůžka kompaktořem, dle potřeby aplikace totálního herbicidu.

➤ Setí:

- je odvislé od intenzity kultivace půdy a množství organické hmoty.

Dle Draycotta (2006) minimalizační zpracování půdy, které často nazýváme, jako půdoochranné zpracování spočívá v ponechání posklizňových zbytků na povrchu půdy, které stále více používají pěstitelé cukrové řepy v některých oblastech.

Hůla et al. (2003) uvádějí další technologii půdoochranného zpracování k cukrové řepě a to je setí do mulče z vymrzající meziplodiny, která je v podmínkách ČR ověřena. Typické pro tuto technologii je rychlé zpracování půdy, aplikace organických a průmyslových hnojiv po sklizni předplodiny (nejčastěji obiloviny) a zasetí meziplodiny tak, aby meziplodina byla zasetá do 20. srpna, nejpozději však do konce srpna. Vymrzající meziplodina, hořčice bílá nebo svazenka vratičolistá, vytvoří za předpokladu včasného výsevu a dostatku vláhy během podzimu porost, který potlačuje plevele, váže zbytkový dusík z půdy a tím omezuje riziko vyplavování snadno pohyblivých forem dusíku do podzemní vody, a po odumření během zimního období poskytne dostatek biomasy jako mulče, který má protierozní účinek na jaře a počátkem léta.

3.4.2 Metoda pěstování cukrovky v hrůbku

Jednou z hlavních skupin technologií ochranného zpracování půdy je podle klasifikace Soil Science Society of America také tzv. ridge-tillage – zpracování půdy s vytvořením hrůbků. Hrůbkování se využívá u širokořádkových plodin, uplatňuje se tedy u zemědělských plodin, jako jsou kukuřice, sója, brambory, čirok, slunečnice, bavlník, na evropském kontinentě ale také často mrkev, chřest a cukrová řepa. Jedná se o poměrně účinné opatření, které je zahrnováno pod termín „conservation tillage“. Tato forma zpracování půdy bývá využívána jako účinná ochrana před větrnou i vodní erozí, stejně tak významně napomáhá při hospodaření s vodou v půdním prostředí. V podmínkách naší republiky se hrůbkování uplatňuje ojediněle při pěstování kukuřice a brambor. V sousedním Německu se tato technologie již od druhé poloviny devadesátých let rozšiřuje i v systémech pěstování cukrové řepy (Kovaříček et al., 2010).

Schlinker et al. (2007) shrnují výsledky asi stovky pokusů zaměřených právě na uplatnění hrůbkových kultivačních technik na území severního a západního Německa. Z výsledků vyplývá, že hrůbkování v některých případech pozitivně ovlivnilo výnosy cukrové řepy. Konkrétně ve spolkové zemi Šlesvicko-Holštýnsko a ve východní části Vestfálska se

zvýšil výnos cukrovky o 5–10 %, přičemž obsah cukru v bulvách se nezměnil. V oblasti Porýní se ale průměrný výnos za použití technologie hrůbkování, oproti konvenčnímu zpracování půdy, nijak nelišil.

3.4.3 Zhodnocení minimalizačních a půdoochranných technologií v pěstování cukrové řepy

- Dle Pulkrábka et al. (2007) mají minimalizační technologie své výhody:
 - zvýšení výkonnosti strojů, vyšší produktivita práce, schopnost zvládnout práce za příznivé vlhkosti půdy,
 - omezení vodní a větrné eroze – převážně antinematodní meziplodiny (nutno zasít zavčasu),
 - zpravidla se zlepšuje hospodaření s vláhou,
 - omezení utužení v podorniční vrstvě,
 - ekonomické výhody (dvousečná záležitost minimalizační technologie musí být provedena skutečně kvalitně).
- Nevýhody minimalizační technologie mohou být:
 - zpravidla velké množství slámy v povrchovém horizontu způsobující větvení kořenů,
 - zpravidla pomalejší průběh mineralizace
 - větší nebezpečí slimáčků - v tom případě nejlépe granulované moluskocidy,
 - osenice a myší,
 - nárůst zaplevelení vytrvalými plevely a obtížně hubitelnými jednoletými plevely (vyšší aplikace herbicidů).

Přestože se cukrovka většinou pěstuje konvenční technologií, tj. základním zpracováním půdy s orbou a na jaře s klasickou předset'ovou přípravou půdy, lze v zemědělské praxi aplikovat i minimalizační a ochranné technologie zakládání porostu. Především v zahraničí (např. v sousedním Rakousku) se na vhodných stanovištích s úrodnými půdami využívají i postupy s mělkým a středně hlubokým zpracováním půdy radličkovými a talířovými kypřiči (Vach a Javůrek, 2011).

Bezorebné způsoby zpracování půdy a minimalizace vedou ke zvýšení obsahu organické hmoty ve svrchní vrstvě půdního profilu a dochází ke konzervaci půdní struktury.

Je silně redukováno nebezpečí větrné a vodní eroze a sníženo riziko proplavení živin do spodních profilů půdy (Smrček a Bittner, 2012).

Kovaříček et al. (2012) uvádějí že, výhodou technologií bez orby je ochrana půdní struktury, omezení vodní i větrné eroze půdy a další ekologické přínosy, které jsou našimi zemědělci řazeny až za ekonomickými a provozními přínosy. Je třeba zdůraznit, že úspěšné uplatnění zjednodušených postupů bez orby není jednoduché a předpokládá dokonalé zvládnutí agrotechniky.

Hůla a Zelená (1995) naopak uvádí že, v našich podmínkách, kdy je základní zpracování k cukrovce zpravidla spojeno se zapravením chlévského hnoje či jiného organického hnojiva, lze považovat kvalitní orbu za hlavní operaci základního zpracování půdy k této plodině i při uplatnění půdoochranných technologií.

3.5 Cukrová řepa

3.5.1 Význam a využití cukrové řepy

Cukr, ve většině zemí světa nejběžnější sladidlo, je v podstatě velmi čistá chemická sloučenina – sacharóza. Hlavním biologickým zdrojem na výrobu sacharózy je cukrová třtina a cukrovka. Obě tyto plodiny se střetávají v limitních oblastech jejich pěstování - subtropích. Chemicky není rozdíl mezi tzv. cukrem třtinovým a cukrem řepným, v obou případech jde o sacharózu, i když složení těchto rostlin je rozdílné, což se odráží v odlišné technologii zpracování suroviny v cukrovarech (Pulkrábek et al., 2007). Cukrovka zaujímá významné místo mezi okopaninami jako surovina pro výrobu cukru. Zároveň je cukrovka plodina s vysokou agronomickou předplodinovou hodnotou, protože zaoraný chrást cukrové řepy se stává po zapravení do půdy významným zdrojem živin pro následnou plodinu (Hřivna et al., 2014).

Cukrová řepa je především pěstována jako surovina na výrobu cukru. V poslední době se intenzivně rozvíjí její využití k výrobě lihu (palivového) (Pulkrábek et al., 2007). Cukrová řepa má mnohostranný význam. Nalézá využití jak v cukrovarnickém průmyslu a v průmyslu zpracovávajícím produkty cukrovarské výroby (např. líh z melasy), tak také jako krmivo poskytující chrást, řízky a melasu. Cukrovka je jednou z energeticky nejvýnosnějších plodin, produkuje nejvíce živin a sušiny, daleko předčí brambory a obilí, blíží se jí pouze kukuřice (Hamerník et al., 1960).

3.5.2. Biologie cukrové řepy

Cukrovka (*Beta vulgaris* L., subsp. *esculenta* Salisb., var. *altissima* Döll., syn. *saccharifera* Alef.) nese chemotaxonomické znaky čeledě *Chenopodiaceae*. Obsahuje kromě vysokého obsahu cukru relativně vysoký obsah glutaminu, kyseliny glutamové, aspargové, γ -aminomáselné a betainu. Přednostně akumuluje nitráty, je citlivá na nedostatek stopových prvků (B, Mn, Mo). Příznivá je reakce cukrovky na přihnojování chloridovými formami draselných solí (doprovázených sodíkem), typická pro halofyty. Prozrazuje prapůvod předků této plodiny z přímořských oblastí, jejichž půda i atmosféra jsou prosyceny uvedenými halovými prvky. Především je však charakteristická svým specifickým obsahovým složením prošlechtěné průmyslové plodiny. V bulvě má v průměru více než 16 % sacharózy. Kromě sacharózy jsou z cukrů dále zastoupeny zejména glukóza, fruktóza, galaktóza a rafinóza, z organických kyselin pak kyseliny citrónová, jablečná a α -ketoglutarová (Pulkrábek a Urban, 2008).

Beta (řepa) má asi 12 jednoletých, dvouletých a vytrvalých druhů rozšířených od západní Evropy po Indii. U některých taxonů kořeny s bází lodyhy tloustnou činností několika vrstev následného kambiálního pletiva a tvoří bulvu. Drobné oboupohlavné květy skládají klubíčka (řídčeji jsou jednotlivé), nažky jsou obaleny ztvrdlým okvětím. *Beta vulgaris* je dvouletá (zř. jednoletá) bylina s růžicí dlouze řapíkatých přizemních listů. Asi 1 m vysoká lodyha vyrůstá zpravidla ve druhém roce, květy jsou v klubíčkách po 2-6, ale i jednotlivé v úžlabí listenů. Květy mají zelené, bylinné, dužnaté okvětí, plodenství je ztvrdlé (Novák a Skalický, 2009).

3.5.3. Výnosový potenciál cukrové řepy

Ve srovnání s jinými plodinami se řepa cukrová nevyznačuje autoregulační, ale pouze kompenzační schopností, vlivem které průměrná hmotnost rostliny odpovídá v určitém rozsahu ploše půdy, jíž má rostlina v průběhu růstu k dispozici. (Pulkrábek et al., 2007).

Dle Oltmanna et al. (1984) se na tvorbě výnosů podílí řada faktorů. Podle výsledků polních pokusů v Německu má 37 % vliv stanoviště (půdní a klimatické podmínky), dále hnojení dusíkem (20 %), organizace porostu (16 %), povětrnostní podmínky ročníku (11 %) a samotný vliv odrůdy byl stanoven na 16 %.

Výnos cukru z jednoho hektaru je dán:

- počtem bulev,
- průměrnou hmotností bulev,
- cukernatostí (průměrným obsahem cukru v bulvě) (Rybáček et al., 1985).

Dle Urbana et al. (2003) je výnosový potenciál cukrovky závislý na produkčním potenciálu stanoviště a použitých intenzifikačních faktorech. Mezi základní intenzifikační faktory, které se významnou měrou podílejí na zvýšení výnosu a technologické jakosti cukrovky, patří optimální výživa a hnojení, ale též racionální použití pesticidů, mezi něž patří fungicidy, herbicidy, insekticidy a také regulátory růstu.

Pulkrábek et al. (2007) uvádějí že, cukrová řepa dnes dosahuje více než desetinásobku výnosu cukru oproti počátku svého pěstování před více než 170 lety. Vyprodukovaný cukr a vedlejší produkty jsou cennou obnovitelnou surovinou pro potravinářský a fermentační průmysl, pro produkci pohonných látek (etanolu) a mj. i pro malotonážní chemii. Cukrovka je však také jednou z nejnáročnějších plodin s přísně vyhraněnými požadavky na pěstitelská opatření.

Výnosový potenciál řepy pravidelně a dlouhodobě zvyšuje velmi úspěšné šlechtění a to je dnes především soustředěno ve třech celosvětově působících firmách. Zkoumají se podmínky pro tvorbu výnosu a zdá se, že tak obávané klimatické změny a zvýšená koncentrace oxidu uhličitého evropské řepě spíše prospívají. Hledají se možnosti, jak prodloužit vegetační dobu, omezit stres ze sucha. Skokové zvýšení výnosového potenciálu je spojováno s ozimou řepou. U ozimé řepy je možno očekávat zvýšení výnosu o cca 26 % nebo zahájení sklizně a cukrovarnické kampaně o 6–8 týdnů dříve. Bohužel, letální teplota pro současnou řepu je -6 až -7 °C a je nutno překonat vybíhání přezimující řepy. To jsou dvě velké výzvy pro výzkum a šlechtění (Chochola a Pulkrábek, 2012).

Cukrovka je se svým vysokým růstovým potenciálem velice výkonnou rostlinou řepařské výrobní oblasti. Stupeň účinnosti fotosyntézy byl šlechtěním a moderními pěstitelskými technologiemi oproti divoce rostoucím rostlinám mnohonásobně zvýšen. Potřebný vklad energie na zpracování půdy, hnojení a ochranu rostlin se vyplatí mnohonásobně zvýšenou sklizní (Pulkrábek et al., 2011).

Závěrem je třeba zdůraznit, že zvyšování produkce cukrovky by mělo vycházet z komplexní péče o půdní úrodnost, z použití intenzivních odrůd tolerantních k významným

chorobám a z vysoké intenzity jednotlivých pěstitelských opatření v technologii pěstování cukrovky (Urban et al., 2003).

4 Materiál a metody

Pokusy probíhaly mezi lety 2012 až 2015 a byly realizovány na pozemcích společnosti Agro Chomutice a.s. v okrese Jičín. Cílem těchto pokusů bylo na vybraných pozemcích posoudit vliv různého zpracování půdy k řepě cukrové na vodní erozi půdy za pomoci polního simulátoru deště. Zároveň byl vyhodnocen vliv růstové fáze cukrové řepy na vodní erozi půdy. Mezi další cíle patřilo vyhodnocení různých způsobů zpracování půdy a jejich vliv na kvantitativní a kvalitativní parametry řepy cukrové.

4.1 Základní informace o pokusných stanovištích

Ukazatel/rok	2012	2013	2014	2015
Lokalita	Podůlší	Práchev	Holín	Podůlší
Půdní blok	1002/15	4001/1	3004/1	1002/15
Výměra	14,61 ha	15,03 ha	21,78 ha	14,61 ha
Průměr. nadmoř. výška	309,87 m.n.m.	317,63 m.n.m.	308,63 m.n.m.	309,87 m.n.m.
Průměr. sklon.	3,33°	4,9°	3,34°	3,33°
Vzdálenost od vody	160,27 m	172,72 m	2,09 m	160,27 m
BPEJ	5.14.10	3.10.10	5.52.11	5.14.10
Půdní typ	hnědozem	hnědozem	kambizem	hnědozem
Půdní druh	středně těžká	středně těžká	středně těžká	středně těžká

4.2 Metodika řešení pokusu

Mezi lety 2012-2015 byly založeny přesné polní pokusy s různým zpracováním půdy na výše uvedených honech. Na těchto pozemcích byla vyhodnocována vodní eroze půdy v závislosti na odlišném zpracování půdy a na růstové fázi cukrové řepy. Do pokusu byly zařazeny tři různé varianty podzimního zpracování půdy k cukrové řepě. Velikost jednotlivých parcel byla 10 m². Pokus byl založen metodou dlouhých dílců. Každá varianta měla několik opakování v rámci pokusného pole. Všechny varianty (pokusné plochy) byly připraveny po spádnici. Během vegetace několikrát proběhlo zadešťování za pomoci polního simulátoru deště. Termíny zadešťování byly vybrány podle různých růstových fází cukrové řepy a pokryvnosti. Tyto termíny byly vybrány v jarním období, kdy je cukrová řepa nejvíce náchylná k vodní erozi půdy. Před samotným zadešťováním bylo provedeno měření ke

zjištění půdní vlhkosti. Samotné zadešťování probíhalo 2 x 15 minut. Po každém zadešťování proběhlo na každé variantě měření. První měření probíhalo po prvním zadešťování a druhé měření po druhém zadešťování. V letech 2012 a 2013 bylo při jednom měření aplikováno 15 mm během 15 minut, ve zbylých dvou pokusných letech 2014 a 2015 bylo při jednom měření aplikováno 25 mm během 20 minut. Polní simulátor deště se skládá ze 4 širokouhlých trysek Fulljet firmy Spraying systeme Co. Velikostní spektrum kapek u těchto trysek se blíží přírodnímu přívalemému dešti. Trysky jsou zavěšeny na konstrukci z duralových trubek ve výšce 3 m nad zemí. Intenzita simulovaného deště se reguluje za pomoci elektromagnetických ventilů a to v rozmezí 0,5 – 1 mm/min. Voda k tryskám je dopravována z plastového zásobníku přenosným čerpadlem přes ochranný filtr a vodoměr. Zadešťovaná plocha byla vymezena plechovými pásy a chráněna před větrem fólií PE. Povrchově odtékající voda je spolu se zeminou zachycována žlabem, který ústí do měrného zařízení ke zjišťování velikosti a průběhu povrchového odtoku.

Termíny zadešťění v roce 2012:

- 1) 24. 5. 2012 – cukrová řepa má v průměru 8 – 12 listů – řádky a ani meziřadí nejsou zapojeny,
- 2) 6. 6. 2012 – cukrová řepa má v průměru 12 – 16 listů – řádky jsou zapojeny, ale meziřadí není zapojeno,
- 3) 1. 8. 2012 – cukrová řepa má v průměru 22 – 28 listů – řádky a meziřadí je již plně zapojeno.

Termíny zadešťění v roce 2013:

- 1) 2. 7. 2013 – cukrová řepa má v průměru 18 – 22 listů – řádky jsou zapojeny, a místy už i meziřadí,
- 2) 31. 7. 2013 – cukrová řepa má v průměru 22 – 28 listů – řádky i meziřadí je již plně zapojeno.

Termíny zadešťění v roce 2014:

- 1) 2. 6. 2014 – cukrová řepa má v průměru 10 – 14 listů – řádky jsou částečně zapojeny, ale meziřadí není zapojeno,
- 2) 12. 6. 2014 – cukrová řepa má v průměru 18 – 22 listů – řádky jsou zapojeny, a místy už i meziřadí.

Termíny zadeštění v roce 2015:

- 1) 29. 5. 2015 – cukrová řepa má v průměru 10 – 12 listů – řádky a ani meziřadí nejsou zapojeny,
- 2) 17. 6. 2015 – cukrová řepa má v průměru 14 – 16 listů – řádky jsou zapojeny, a místy už i meziřadí.

4.3 Agrotechnika pokusů

Během celého pokusu (2012 – 2015) byla pro cukrovou řepu předplodina pšenice ozimá. Na podzim proběhlo u všech variant klasické hnojení organickými hnojivy (chlévký hnůj). Na podzim byly také založeny varianty s různým zpracováním půdy k cukrové řepě (mělké kypření, hluboká orba, hluboké kypření). Na jaře byla prováděna předseťová příprava, která byla shodná pro všechny varianty.

2012-2015	Operace	Provedení	
Varianta č. 1 (mělké kypření)	hnojení statkovými hnojivy	chlévký hnůj 50 t.ha ⁻¹	
	zapravení hnoje	talířový podmítač, hloubka zpracování 10 cm	
Varianta č. 2 (hluboká orba)	hnojení statkovými hnojivy	chlévký hnůj 50 t.ha ⁻¹	
	zapravení hnoje	talířový podmítač, hloubka zpracování 10 cm	
	hluboká orba	oboustranný pluh, hloubka zpracování 25 cm	
Varianta č. 3 (hluboké kypření)	hnojení statkovými hnojivy	chlévký hnůj 50 t.ha ⁻¹	
	zapravení hnoje	talířový podmítač, hloubka zpracování 10 cm	
	hluboké kypření	radličkový kypřič Kverneland - hloubka zpracování 25 cm	
Jarní příprava a setí	předseťová příprava	kompaktor Kongskilde, hloubka zpracování 3 cm	
	setí	přesný secí stroj Kverneland Monopill, hloubka setí 3 cm	
Termíny setí			
2012	2013	2014	2015
26. 3. 2012	21. 4. 2013	22. 3. 2014	25. 3. 2015

Na pokusných parcelách byly sledovány tyto varianty:

1. Varianta č. 1 – mělké kypření – hloubka zpracování – 10 cm, tato varianta byla použita jako kontrolní pro srovnání s dalšími variantami, při umělém zadržování byla parcela zbavena všech rostlin,
2. Varianta č. 2 – hluboká orba – hloubka zpracování – 25 cm, pěstování řepy cukrové po přípravě půdy klasickou orbou,
3. Varianta č. 3 – hluboké kypření – hloubka zpracování – 25 cm, využití minimalizační technologie zpracování půdy k řepě cukrové za předpokladu zvýšení vsakovací schopnosti půdy.

Ve všech pokusných letech probíhala ruční sklizeň pokusů pracovníky a studenty FAPPZ, ČZU v Praze. Sklizeň probíhala v technické zralosti cukrové řepy.

4.4 Hodnocení pokusů

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd (VÚMOP) prováděl umělé zadržování polním simulátorem. Zároveň VÚMOP vyhodnocoval ztrátu půdy, infiltraci vody a povrchový odtok z jednotlivých variant zpracování půdy. Výnos bulev a chrástu byl zjišťován v polních podmínkách pomocí digitálních vah ze všech variant a z každého opakování. Z každého opakování byl vybrán reprezentativní vzorek 15 bulev na technologický rozbor (stanovení cukernatosti, obsahu draslíku, sodíku a α -aminodusíku). Rozbor a stanovení jakosti jednotlivých vzorků provedla laboratoř společnosti Syngenta Czech s.r.o.

Na základě těchto ukazatelů byl vypočítán výnos polarizačního cukru, teoretická výtěžnost, výnos bílého cukru a výnos bulev přepočtený na 16 % cukernatost.

- Výnos polarizačního cukru ($t \cdot ha^{-1}$)

$$PC = (\text{výnos bulev} \times \text{cukernatost}) / 100$$

- Teoretická výtěžnost (%)

Pro výpočet tohoto ukazatele byl nejprve vypočítán teoretický zůstatek cukru v melase (CM) podle Reinefeldova vztahu.

$$CM = 0,343 [K + Na] + 0,094 [\alpha N] + 0,29$$

kde je:

- CM teoretický zůstatek cukru v melase (% ř.)
- [K + Na] koncentrace iontů K^+ a Na^+ v řepě ($mmol \cdot 100 g^{-1}$),
- [α N] koncentrace α -aminodusíku v řepě ($mmol/100 g^{-1}$)

Vypočtená hodnota teoretického zůstatku cukru v melase byla odečtena od cukernatosti a tím získána teoretická výtěžnost.

- Výnos bílého cukru ($t \cdot ha^{-1}$) dle Reinefelda

výnos bulev x teoretická výtěžnost / 100

- Výnos bulev přepočtený na 16 % cukernatost ($t \cdot ha^{-1}$)

[výnos bulev x (cukernatost – 2,7) / 13,3]

4.5 Vyhodnocení výsledků

Ke zpracování výsledků měření byl použit program Microsoft Excel. Ke složitějšímu statistickému šetření byl využit program Statgraphics Plus for Windows 4.0 (analýza rozptylu vícenásobné třídění, byla použita Tuckeyho metoda, LSD test a Multiple Range Test, 95 % hladina významnosti).

5 Výsledky

V této kapitole jsou uvedeny výsledky ze čtyřletých polních pokusů ve společnosti Agro Chomutice a.s. Výsledky jsou rozděleny do dvou částí. První část se věnuje vlivu různého podzimního zpracování půdy k cukrové řepě na vodní erozi půdy. Druhá část výsledků se opět věnuje různému podzimnímu zpracování půdy k cukrové řepě, ale ve vztahu k výnosovým a kvalitativním parametrům řepy cukrové. Podrobnější souhrnné tabulky ze všech pokusných let jsou uvedeny v příloze.

Jednotlivé varianty, které byly zařazeny do pokusu se od sebe lišily základním zpracováním půdy (mělké kypření, hluboká orba a hluboké kypření). Následná technologie pěstování a sled pracovních operací byl pro všechny varianty společný.

5.1 Vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy

Získané výsledky ze všech pokusných let byly pro jednodušší znázornění rozděleny do třech různých růstových fází cukrové řepy, ve kterých probíhalo samotné zadeštění. Rozdělení jednotlivých termínů zadeštění je znázorněno v tabulce č. 1. První termín zadeštění probíhal v rané fázi růstu. Cukrová řepa v této růstové fázi nebyla zapojena v řádku a ani v meziřadí. Do druhé růstové fáze byla zařazena cukrová řepa, která již byla zapojena v řádku, ale meziřadí zapojeno ještě nebylo. V poslední fázi růstu, ve kterém zadeštění probíhalo, byl porost cukrové řepy již plně zapojen (zakryl řádky).

Tabulka č. 1 - Fáze růstu cukrové řepy s termíny zadešťování a průměrnými počty listů

Pokusné roky		2012	2013	2014	2015
Fáze růstu		Průměrný počet listů			
1.	Cukrová řepa nemá zapojeny řádky ani meziřadí	10 - 12 listů	24.5.2012 8 - 12 listů		2.6.2014 10 - 14 listů 29.5.2015 10 - 12 listů
2.	Cukrová řepa zapojená v řádku, v meziřadí ne	15 - 19 listů	6.6.2012 12 - 16 listů	2.7.2013 18 - 22 listů	12.6.2014 18 - 22 listů 17.6.2015 14 - 16 listů
3.	Cukrová řepa plně zapojená	22 - 28 listů	1.8.2012 22 - 28 listů	31.7.2013 22 - 28 listů	

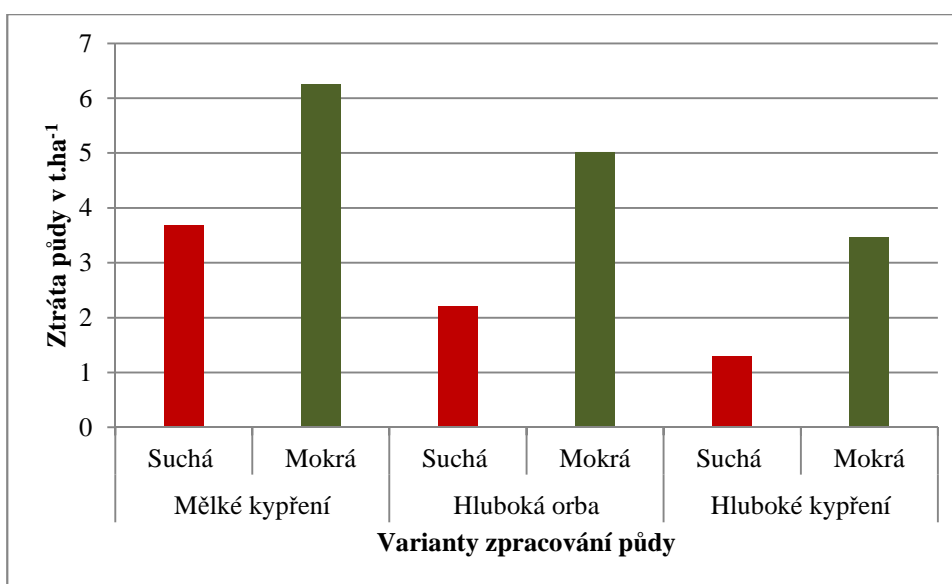
Poznámka: nevyplněné buňky - měření se v této růstové fázi neprovádělo

5.1.1 Vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy v rané fázi růstu

V této růstové fázi bylo prováděno umělé zadeštění ve třech letech a to 2012, 2014 a 2015. V roce 2013 zadeštění v této růstové fázi neproběhlo kvůli extrémně mokrému jaru.

V roce 2012 proběhlo zadeš'ování v rané fázi růstu 24. 5. 2012. V této době měla cukrová řepa 8 – 12 listů. Zjištěné výsledky z tohoto termínu jsou uvedeny v grafu č. 1. Nejlepších výsledků bylo dosaženo na variantě č. 3 (hluboké kypření) a to jak za suchého stavu (1,30 t.ha⁻¹), tak po nasycení (3,47 t.ha⁻¹). Takováto ztráta půdy představuje snížení nebezpečí vodní eroze půdy oproti variantě č. 1 (mělké kypření) o 64,76 % za suchého stavu a po nasycení o 44,56 %. Varianta č. 3 (hluboké kypření) dosahuje příznivějších výsledků než varianta č. 2 (hluboká orba), ale rozdíl mezi těmito variantami činí 40,91 % za suchého stavu a po nasycení jen 30,88 %. Na variantě č. 2 (hluboká orba) byla ztráta půdy 2,20 t.ha⁻¹ za sucha a po nasycení 5,02 t.ha⁻¹. Varianta č. 2 (hluboká orba) dosáhla snížení ztráty půdy oproti variantě č. 1 (mělké kypření) o 40,38 % za suchého stavu a po nasycení o 19,81 %.

Graf č. 1 -Ztráta půdy (24. 5. 2012)

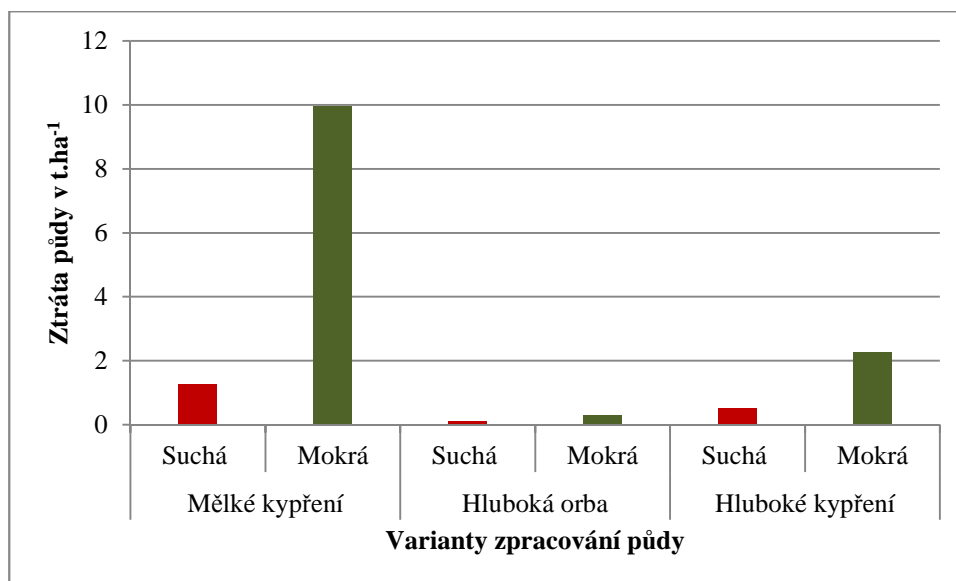


Největší ztráta půdy z 24. 5. 2012 byla zjištěna na variantě č. 1 (mělké kypření) a to jak za suchého stavu (3,69 t.ha⁻¹) tak po plném nasycení a zvýšené vlhkosti půdy (6,26 t.ha⁻¹).

V roce 2014 proběhlo první zadeštění 2. 6. 2014. Tento termín je popsán v grafu č. 2. Cukrová řepa měla v tuto dobu 10 – 14 listů. Oproti roku 2012 byla nejmenší ztráta půdy zaznamenána na variantě č. 2 (hluboká orba) a to jak za suchého stavu půdy (0,11 t.ha⁻¹), tak po plném nasycení (0,31 t.ha⁻¹). Rozdíl mezi variantou č. 3 (hluboké kypření) a variantou č. 2

(hluboká orba) činil za suchého stavu půdy 78,43 %. Po plném nasycení se však rozdíl mezi hlubokým kypřením a hlubokou orbou zvýšil na 86,28 %. Ztráta půdy z varianty č. 2 (hluboká orba) představuje snížení oproti variantě č. 1 (mělké kypření) o 91,41 % za suchého stavu půdy, a po nasycení celých 96,88 %. Varianta č. 3 (hluboké kypření) dosáhla v roce 2014 (oproti roku 2012) méně příznivých výsledků ve srovnání s variantou č. 2 (hluboká orba) a to 0,51 t.ha⁻¹ za suchého stavu půdy a 2,26 t.ha⁻¹ po plném nasycení.

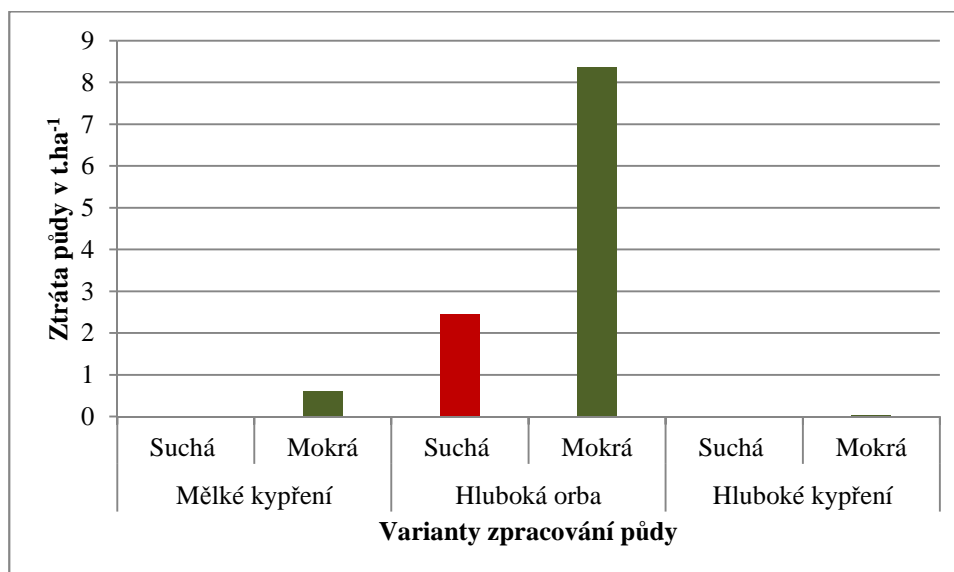
Graf č. 2 - Ztráta půdy (2. 6. 2014)



Zaznamenaná ztráta půdy z varianty č. 3 (hluboké kypření) představuje snížení nebezpečí vodní eroze o 60,16 % za suchého stavu a o 77,28 % po nasycení oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Opět nejméně příznivé výsledky, jako v roce 2012, byly naměřeny na variantě č. 1 (mělké kypření) a to 1,28 t.ha⁻¹ za suchého stavu a 9,95 t.ha⁻¹ po plném nasycení.

Poslední pokusný rok, ve kterém proběhlo měření, v rané růstové fázi cukrové řepy byl rok 2015. Zadeštění proběhlo 29. 5. 2015. Porost cukrové řepy měl 10 – 12 listů. Jak je patrné z grafu č. 3, bylo dosaženo rozporupných výsledků ve srovnání s předchozími pokusnými lety. Pokusné plochy byly v roce 2015 výrazně ovlivněny neobvyklým suchem. Dále byly plochy poškozeny výraznými puklinami na povrchu půdy. Nejvíce tímto suchem byly poškozeny varianty č. 1 (mělké kypření) a č. 3 (hluboké kypření). Na variantě č. 1 (mělké kypření) byla ztráta půdy za suchého stavu půdy 0,02 t.ha⁻¹ a po plném nasycení 0,61 t.ha⁻¹. Takováto nízká ztráta půdy byla pravděpodobně dána výskytem výrazných puklin na povrchu půdy. Tvorbu těchto puklin můžeme přisuzovat extrémnímu suchu.

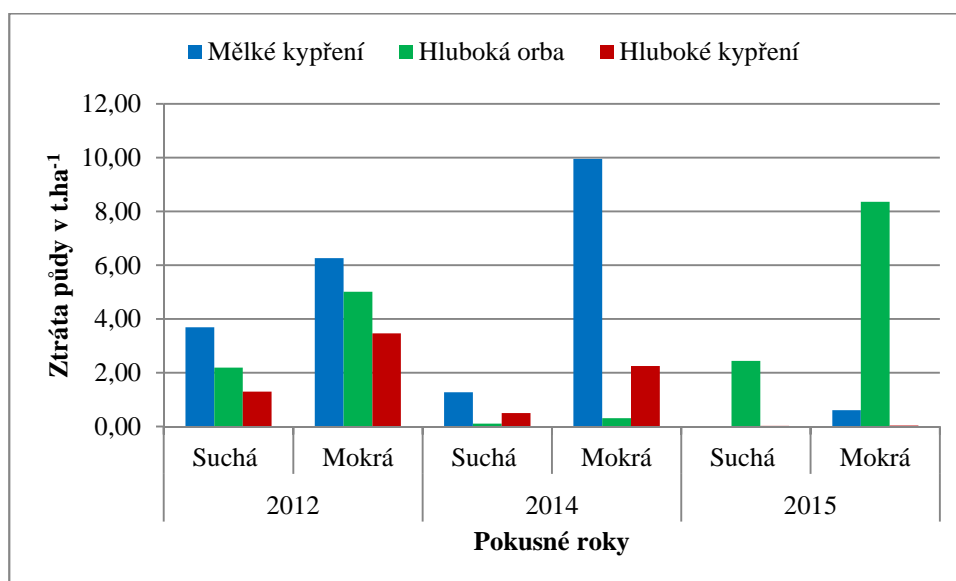
Graf č. 3 - Ztráta půdy (29. 5. 2015)



Stejný problém nastal také u varianty č. 3 (hluboké kypření). Za suchého stavu byla naměřena ztráta půdy pouze 0,03 t.ha⁻¹ a za nasyceného stavu jen 0,04 t.ha⁻¹. Nerepresentativnost výsledků je dána hlavně výrazným nepoměrem mezi variantami č. 1 (mělké kypření) a č. 3 (hluboké kypření) a variantou č. 2 (hluboká orba). Na variantě č. 2 (hluboká orba) byla naměřena ztráta půdy za suchého stavu půdy 2,45 t.ha⁻¹ a po nasycení 8,36 t.ha⁻¹. Výsledky z roku 2015 nelze brát jako reprezentativní. Přesto můžeme brát ztrátu půdy z 29. 5. 2015 na variantě č. 2 (hluboká orba) jako za zcela úměrnou stavu zapojení porostu v této rané růstové fázi. To potvrzuje ztráta půdy z varianty č. 2 (hluboká orba) v roce 2012, která je uvedena v grafu č. 1. Ztráta půdy v tomto roce dosáhla 2,20 t.ha⁻¹ za suchého stavu půdy, což ve srovnání s rokem 2015 činí rozdíl pouze 10,20 %.

Z grafu č. 4, který zobrazuje vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v rané růstové fázi, je možné sledovat spojitosti mezi naměřenými hodnotami. Lze říci, že byl prokázán příznivý vliv hlubokého kypření a hluboké orby ve srovnání s mělkým kypřením na snížení ztráty půdy způsobenou vodní erozí půdy v rané fázi růstu cukrové řepy.

Graf č. 4 - Ztráta půdy z 1. fáze růstu cukrové řepy (nejsou zapojeny řádky ani meziřadí)

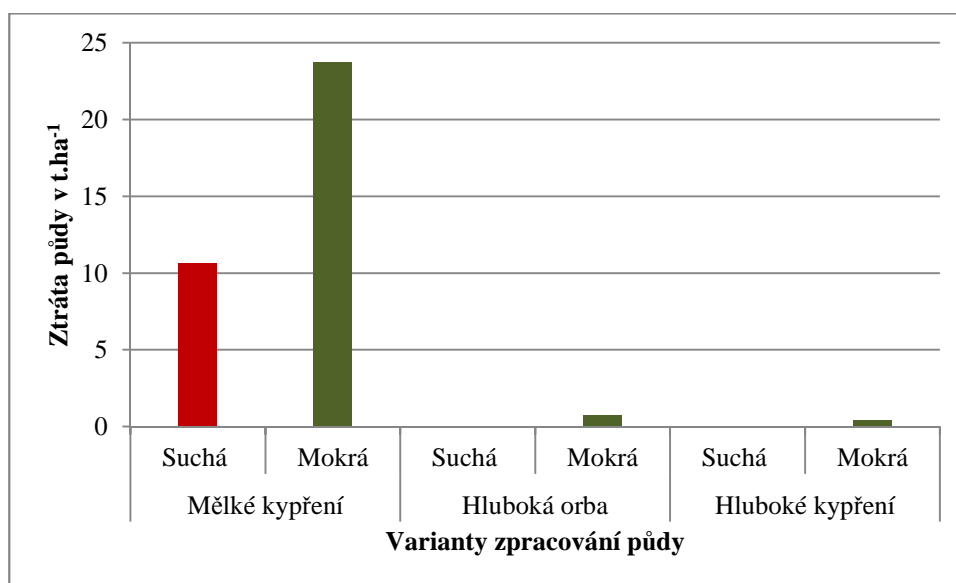


5.1.2 Vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy ve fázi před plným zapojením porostu

Do této podkapitoly můžeme zařadit výsledky ze všech pokusných let. V této růstové fázi již byla cukrová řepa plně zapojena v řádku a v meziřadí ještě ne.

V roce 2012 proběhl termín zadeštění 6. 6. 2012. Cukrová řepa měla 12 – 16 listů. Nejmenší ztráta půdy byla zjištěna na variantě č. 3 (hluboké kypření) a to pouze 0,42 t.ha⁻¹ za mokrého stavu půdy. Za suchého stavu nebyla zjištěna na této variantě žádná ztráta půdy. Takováto ztráta půdy představuje snížení o 100 % za suchého stavu a za nasyceného o 98,23 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Srovnatelná ztráta půdy ve srovnání s variantou č. 3 (hluboké kypření) byla zjištěna také na variantě č. 2 (hluboká orba). Za suchého stavu byla naměřena ztráta půdy jen 0,03 t.ha⁻¹, po nasycení se ztráta půdy zvýšila na 0,76 t.ha⁻¹, což činí rozdíl mezi variantou č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření) jen 0,34 t.ha⁻¹. Na variantě č. 2 (hluboká orba) byla ztráta půdy za suchého stavu o 99,71 % menší oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Obdobného rozdílu bylo dosaženo také za nasyceného stavu a to o 96,80 % méně ve srovnání s variantou č. 1 (mělké kypření).

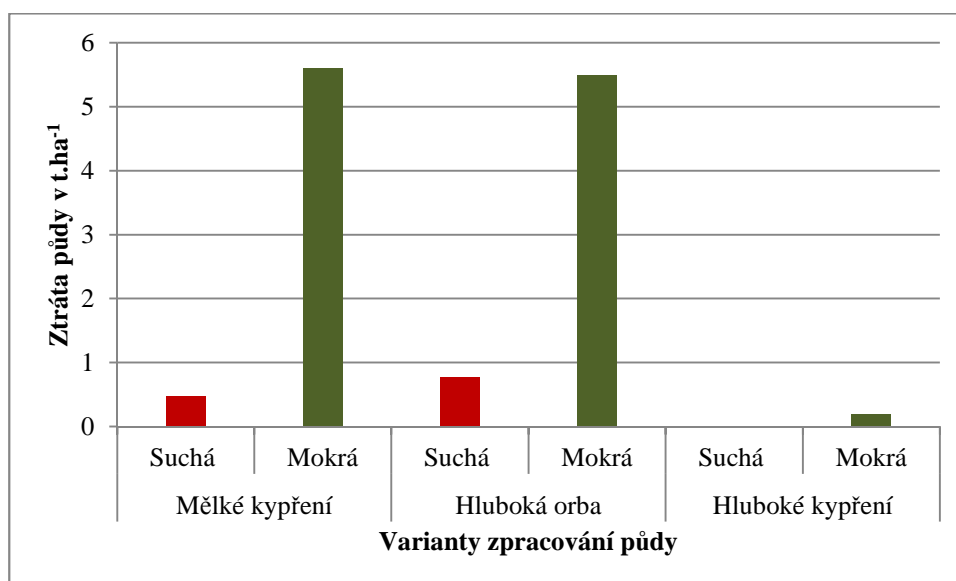
Graf č. 5 - Ztráta půdy (6. 6. 2012)



Největší ztráta půdy z 6. 6. 2012 byla naměřena na variantě č. 1 (mělké kypření) a to za suchého stavu půdy 10,66 t.ha⁻¹ a po nasycení celých 23,77 t.ha⁻¹.

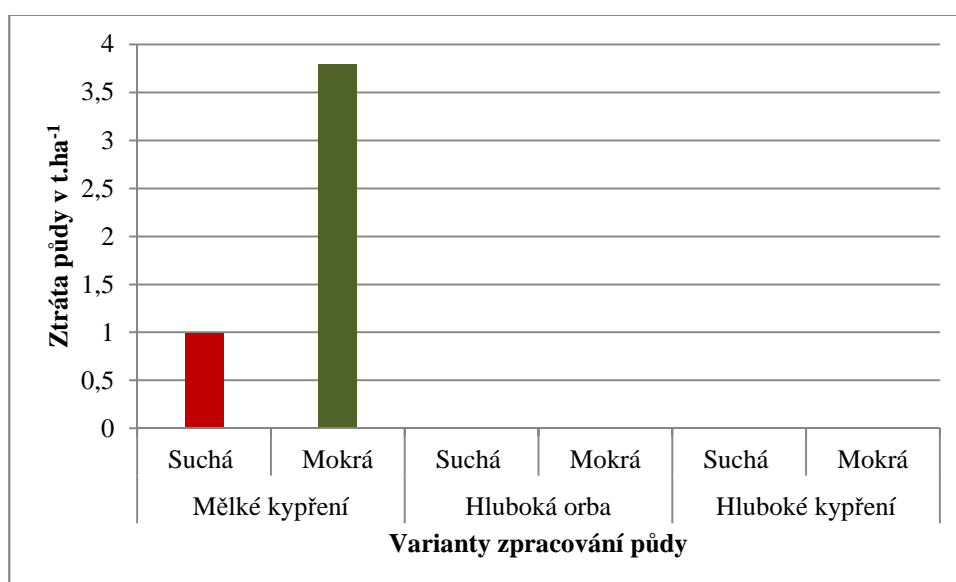
V roce 2013 bylo provedeno zadeštění 2. 7. 2013. Cukrová řepa měla 18 – 22 listů. Naměřené výsledky jsou uvedeny v grafu č. 6. Nejlepších výsledků bylo opět dosaženo na variantě č. 3 (hluboké kypření). Na této variantě jako v roce 2012 nebyla zjištěna žádná ztráta půdy za suchého stavu. Po nasycení byla zjištěna ztráta půdy pouze 0,19 t.ha⁻¹. Takováto míra ztráty půdy představuje snížení o 96,55 % k variantě č. 2 (hluboká orba) a o 96,61 % k variantě č. 1 (mělké kypření). Překvapivých výsledků bylo dosaženo na variantě č. 2 (hluboká orba) za suchého stavu půdy. Na této variantě byla zjištěna největší ztráta půdy za suchého stavu půdy (0,78 t.ha⁻¹), což představovalo zvýšení nebezpečí vodní eroze půdy o 61,5 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Po nasycení na variantě č. 2 (hluboká orba) byla naměřena ztráta půdy 5,50 t.ha⁻¹, což už bylo o 1,96 % méně oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Na variantě č. 1 (mělké kypření) byla naměřena ztráta půdy 0,48 t.ha⁻¹ za suchého stavu půdy a 5,61 t.ha⁻¹ za nasyceného stavu.

Graf č. 6 - Ztráta půdy (2. 7. 2013)



Termín měření v roce 2014, kdy cukrová řepa byla již plně zapojena v řádku a částečně v mezířadí, proběhl 12. 6. 2014. Porost cukrové řepy měl již 16 – 20 listů. Jak je patrné z grafu č. 7, byl během tohoto měření opět potvrzen příznivý vliv hlubokého kypření a hluboké orby na vodní erozi půdy. Za suchého stavu půdy nebyla na variantách č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření) naměřena žádná ztráta půdy. Na variantě č. 3 (hluboké kypření) nebyla naměřena žádná ztráta půdy i po plném nasycení.

Graf č. 7 -Ztráta půdy (12. 6. 2014)

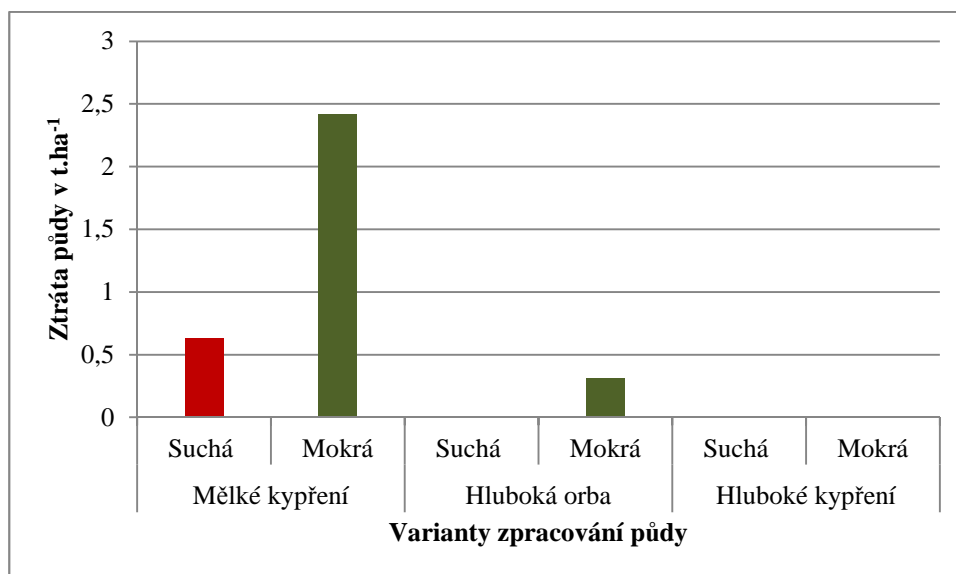


Minimální ztráta půdy po plném nasycení byla zjištěna u varianty č. 2 (hluboká orba) a to 0,01 t.ha⁻¹, což představuje snížení o 99,74 % k variantě č. 1 (mělké kypření). Na variantě

č. 1 (mělké kypření) byla naměřena ztráta půdy $0,99 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ za suchého stavu půdy a $3,79 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ za nasyceného stavu půdy.

V roce 2015 proběhlo měření 17. 6. 2015. Porost cukrové řepy měl v tuto dobu 14 – 16 listů. V grafu č. 8 lze opět spatřit příznivý vliv hlubokého kypření a hluboké orby na snížení ztráty půdy. Nejlepších výsledků bylo dosaženo na variantě č. 3 (hluboké kypření).

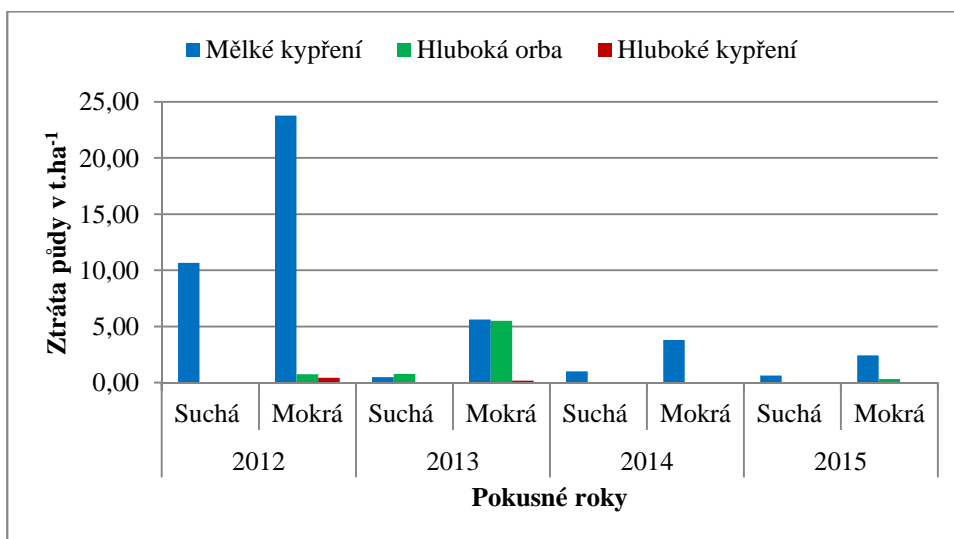
Graf č. 8 - Ztráta půdy (17. 6. 2015)



Na této variantě nebyla zjištěna žádná ztráta půdy jak za suchého, ale i za nasyceného stavu půdy. Téměř srovnatelných výsledků docílila varianta č. 2 (hluboká orba). Na této variantě byla naměřena ztráta půdy pouze $0,01 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ za suchého stavu a po nasycení jen $0,31 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Takováto ztráta půdy představuje snížení ztráty půdy o 98,41 % za suchého stavu půdy a o 87,19 % za nasyceného stavu půdy oproti variantě č. 1 (mělké kypření).

V grafu č. 9 je opět patrný vliv hlubokého kypření a hluboké orby na snížení ztráty půdy způsobené vodní erozí půdy v průběhu čtyř pokusných let. Toto snížení ztráty půdy a zvýšené infiltrace lze také přičítat už více zapojenému porostu a zvýšené pokryvnosti listové.

Graf č. 9 - Ztráta půdy z 2. fáze růstu cukrové řepy (plně zapojené řádky, meziřadí ještě ne)

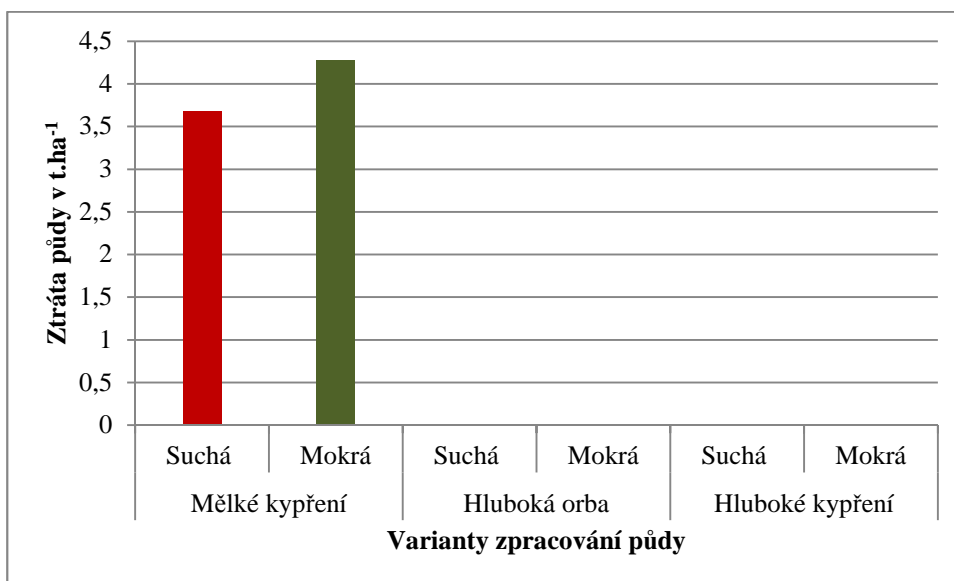


5.1.3 Vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy ve fázi plně zapojeného porostu

Do této růstové fáze můžeme řadit výsledky ze dvou pokusných let a to z 2012 a 2013. Umělé zadržování se v roce 2014 a 2015 neprovádělo z důvodu potvrzení předpokladu, že cukrová řepa v době plného zapojení porostu je již minimálně ohrožena vodní erozí půdy.

To také potvrzují zjištěné výsledky z 1. 8. 2012, uvedené v grafu č. 10. Porost cukrové řepy měl již během tohoto měření 22 – 28 listů a byl plně zapojen. Během tohoto měření nebyla na variantě č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření) zjištěna žádná ztráta půdy.

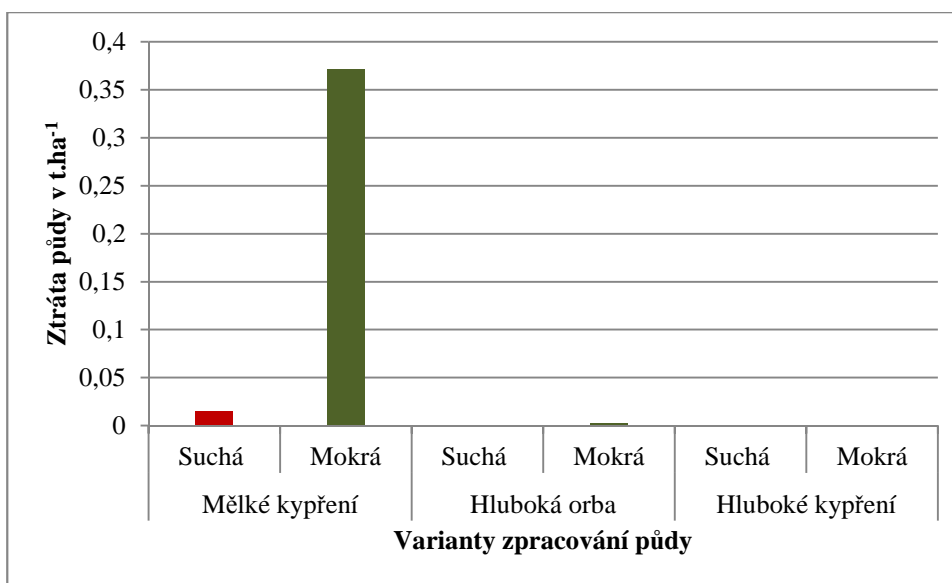
Graf č. 10 - Ztráta půdy (1. 8. 2012)



Ztráta půdy z 1. 8. 2012 byla naměřena jen na kontrolní variantě č. 1 (mělké kypření) a to $3,67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ za suchého stavu a po nasycení $4,27 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Srovnatelných výsledku bylo dosaženo také v roce 2013, které proběhlo 31. 7. 2013. Cukrová řepa měla v této době 22 – 28 listů. Na variantách č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření) byly naměřeny minimální ztráty půdy. Nejmenší ztráta půdy byla zjištěna na variantě č. 3 (hluboké kypření) a to pouze za nasyceného stavu ($1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Takováto ztráta půdy představuje snížení nebezpečí vodní eroze půdy o 99,73 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Srovnatelných výsledků ve ztrátě půdy bylo dosaženo na variantě č. 2 (hluboká orba) a to $1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ za suchého stavu a $3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ za nasyceného stavu. Rozdíl mezi variantou č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření) činil pouze $2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ za nasyceného stavu. Na variantě č. 2 (hluboká orba) bylo zaznamenáno snížení ztráty půdy o 95 % za suchého stavu půdy a o 99,19 % za nasyceného stavu k variantě č. 1 (mělké kypření).

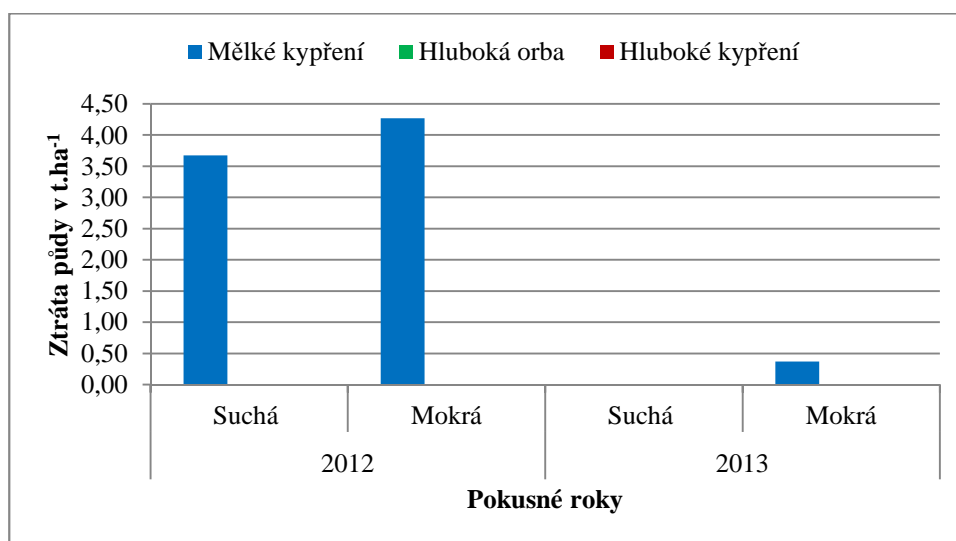
Graf č. 11 - Ztráta půdy (31. 7. 2013)



Největší ztráta půdy byla opět naměřena na variantě č. 1 (mělké kypření) a to $0,02 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ za suchého stavu půdy a za nasyceného stavu půdy $0,37 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Jak je patrné z grafu č. 12 tak ve fázi plně zapojeného porostu cukrové řepy již nebyla naměřena významnější ztráta půdy způsobená vodní erozí na variantách č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření). Tento jev lze především přisouvat plně zapojenému porostu (cukrová řepa má zakryté řádky), ale také hlubšímu způsobu podzimního zpracování půdy.

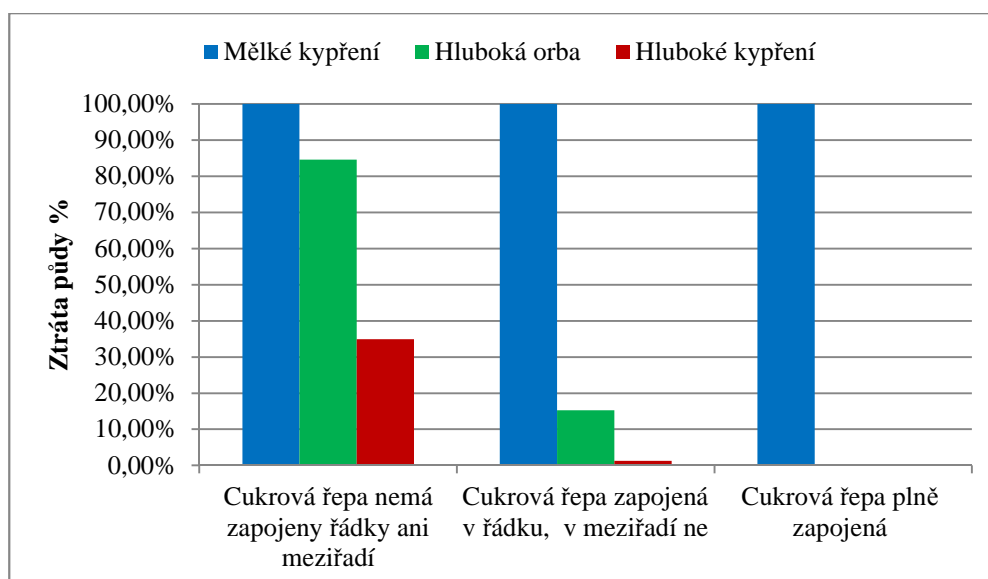
Graf č. 12 - Ztráta půdy v 3. fázi růstu cukrové řepy (plně zapojený porost)



5.1.4 Vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy 2012 – 2015

V grafu č. 13 je znázorněna ztráta půdy v jednotlivých fázích růstu. Hodnoty jsou uvedeny v procentech. Jak je patrné nejlepších výsledků dosahovala varianta č. 3 (hluboké kypření). Varianta č. 3 (hluboké kypření) ve všech fázích růstu, ve kterých bylo prováděno zadeštění, prokazovala sníženou ztrátou půdy způsobenou vodní erozí. Velice příznivých výsledku bylo také dosaženo na variantě č. 2 (hluboká orba). Jak je patrné z grafu č. 13, je na této variantě relativně vysoká hodnota ztráty půdy (84,59 %) v době, kdy cukrová řepa nemá zapojené řádky a ani meziřadí.

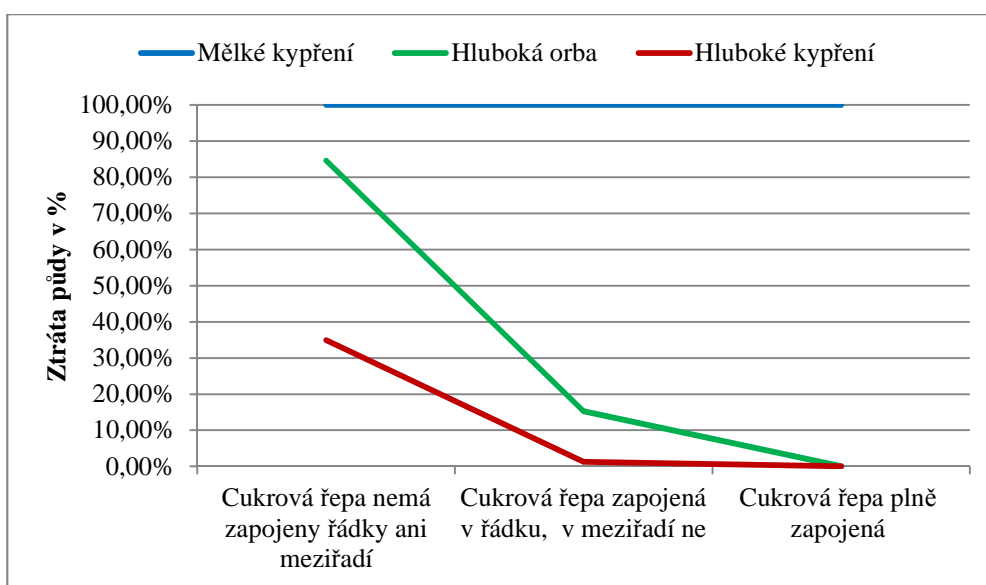
Graf č. 13 - Ztráta půdy rozdělená dle fáze růstu cukrové řepy



Takováto ztráta půdy je dána zkreslujícími výsledky z prvního termínu zadeštění v roce 2015 (kdyby se výsledky z tohoto měření nezapočítávali, ztráta půdy by dosahovala jen 52,54 %). V ostatních růstových fázích dosahuje varianta č. 2 (hluboká orba) dobrých a v poslední fázi růstu (plně zapojený porost) téměř srovnatelných výsledků s variantou č. 3 (hluboké kypření).

Posledním sledovaným ukazatelem je vliv vzrůstající listové pokrývnosti na vodní erozi půdy. Tuto problematiku popisuje graf č. 14. Cukrová řepa, je nejvíce ohrožena vodní erozí půdy v raných fázích růstu. S přibývajícím množstvím listů (listové pokrývnosti) zároveň klesá nebezpečí vodní eroze půdy. Například v případě, že porost cukrové řepy byl již plně zapojen (zakryl řádky) tak nebyla zjištěna žádná ztráta půdy bez ohledu na variantu zpracování půdy (vyjma varianty s mělkým kypřením, která byla ponechána jako kontrolní a pro účely zadeštění vždy zbavena rostlinného pokryvu).

Graf č. 14 - Vliv pokrývnosti půdy na ztrátu půdy způsobenou vodní erozí



Z dosažených čtyřletých výsledků lze shrnout, že největší vliv rozdílného podzimního zpracování půdy je v rané růstové fázi cukrové řepy. Ve fázi růstu, kdy cukrová řepa není zapojena v řádku a ani v meziřadí je porost cukrové řepy nejvíce ohrožen vodní erozí půdy. Právě na tuto fázi růstu je kladen největší nárok na půdoochranné zpracování půdy. Z naměřených výsledků lze konstatovat, že nejlépe odolávala vodní erozi půdy varianta č. 3 (hluboké kypření). Na druhou stranu bylo i na variantě č. 2 (hluboká orba) dosaženo velice příznivých výsledků ve vztahu ke snížení ztráty půdy, a tím i snížení vodní eroze půdy. Z dosažených výsledků lze říci, že podzimní hluboké zpracování k cukrové řepě výrazně

snižuje nebezpečí, které vodní eroze půdy představuje. V pozdějších fázích růstu bylo zjištěno, že částečnou ochranu před vodní erozí přebírá samotný porost cukrové řepy. Se vzrůstající pokrývností půdy dochází k výraznému snížení ztráty půdy a tím i vodní eroze půdy.

5.2 Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy

Způsob a kvalita podzimního zpracování půdy výrazně ovlivňuje výnos a kvalitu cukrové řepy. A právě výnos a kvalita cukrové řepy je pro pěstitele jedním z nejdůležitějších faktorů pro výběr vhodného podzimního zpracování půdy.

V této kapitole jsou popsány čtyřleté výsledky. Popsané výsledky byly statisticky zhodnoceny. Největší pozornost byla věnována výnosu bulev, cukernatosti, výnosu polarizačního a bílého cukru, teoretické výtěžnosti a výnosu bulev přepočtenému na 16% cukernatost.

Tabulka č. 2 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy (průměr let 2012 - 2015)

Variantá	Výnos bulev (t.ha ⁻¹)	Cukernatost (%)	Výnos polar. cukru (t.ha ⁻¹)	Teoretická výtěžnost (%)	Výnos bílého cukru (t.ha ⁻¹)	Výnos bulev přepočítaný na 16 % cuk. (t.ha ⁻¹)
1. Mělké kypření	84,71 a	18,55 a	15,36 a	16,54 a	13,73 a	98,77 a
2. Hluboká orba	99,32 b	18,81 a	18,60 b	16,81 ab	16,63 b	119,81 b
3. Hluboké kypření	99,71 b	18,95 a	18,97 b	17,10 b	17,13 b	122,32 b
F-test	16,49	1,95	29,59	5,67	28,9	29,58
p (α)	0,0000	0,1592	0,0000	0,0058	0,0000	0,0000
d _{αmin.}	7,17616	0,50197	1,24674	0,398424	1,16561	8,10543

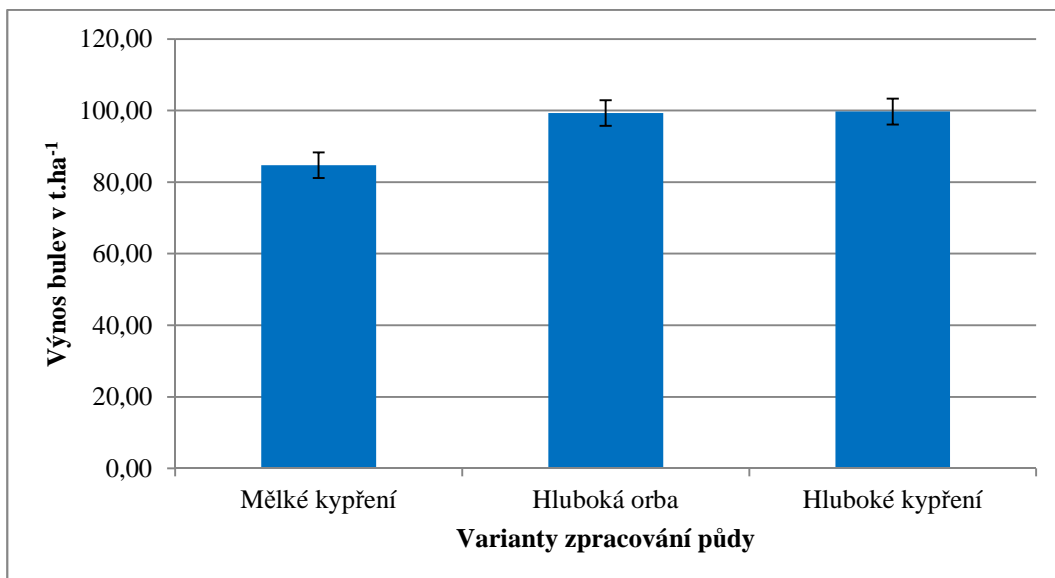
Vícefaktorová analýza rozptylu (n = 60). Průměry označené odlišnými písmeny vyjadřují průkazné rozdíly na hladině významnosti 95 % (α = 0,05) podle Tukeyho metody.

Hodnota d_{αmin.} odpovídá minimálnímu rozdílu mezi průměry hodnot, který je statisticky průkazný.

Jedním ze základních ukazatelů výnosových parametrů cukrové řepy je výnos bulev. Z průměrných výsledků byl zjištěn pozitivní vliv podzimního hlubokého zpracování půdy na výnos bulev u variant č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření). Nejlepší výnos byl zjištěn u varianty č. 3 (hluboké kypření) a to 99,71 t.ha⁻¹. Na této variantě byl dosažen výnos o 17,71 % vyšší oproti variantě č. 1 (mělké kypření) a o pouhých 0,39 % vyšší oproti variantě č. 2 (hluboká orba). Na variantě č. 2 (hluboká orba) byl zaznamenán průměrný výnos

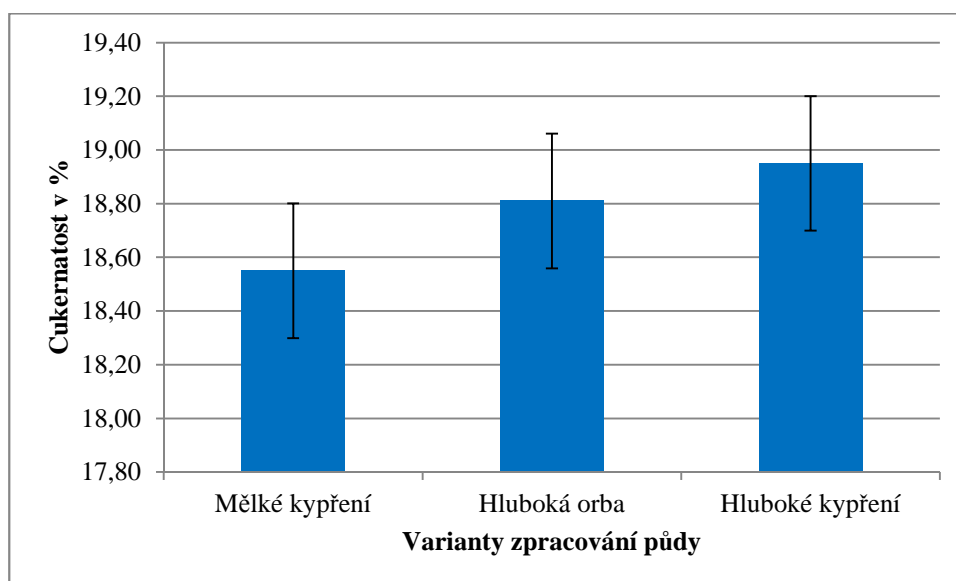
99,32 t.ha⁻¹, což představuje zvýšení o 17,25 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Nejmenší výnos byl na variantě č. 1 (mělké kypření) a to 84,71 t.ha⁻¹. Statisticky průkazně se liší varianta č. 1 (mělké kypření).

Graf č. 15 – Vliv podzimního zpracování půdy na výnos bulev (průměr let 2012 - 2015)



Cukernatost je jedním z nejdůležitějších kvalitativních parametrů. Dle výše cukernatosti určují cukrovary výkup cukrové řepy. Jak vyplývá z grafu č. 16, nejvyšší cukernatosti dosáhla varianta č. 3 (hluboké kypření) a to 18,95 %. Téměř srovnatelná výše cukernatosti (18,81 %) byla zjištěna na variantě č. 2 (hluboká orba). Rozdíl mezi variantami č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření) činil pouze 0,74 % rel. Nejmenší cukernatosti dosáhla varianta č. 1 (mělké kypření). Na této variantě byla zaznamenána cukernatost 18,55 %, což představuje o 1,40 % rel. méně oproti variantě č. 2 (hluboká orba) a o 2,16 % rel. méně oproti variantě č. 3 (hluboké kypření). Ze zjištěných čtyřletých výsledků lze vyvodit, že způsob podzimního zpracování půdy nikterak významně neovlivňuje konečnou hodnotu cukernatosti cukrové řepy, jelikož mezi jednotlivými variantami nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl.

Graf č. 16 – Vliv podzimního zpracování půdy na cukernatost cukrové řepy (průměr let 2012 – 2015)



Mezi další ukazatele kvality cukrové řepy řadíme obsah melasotvorných látek, které významně snižují výtěžnost cukru. Zároveň je třeba dodat, že dle obsahu melasotvorných látek posuzují některé cukrovary v České republice kvalitu cukrové řepy. Jak je patrné z tabulky č. 3 u obsahu alfa – amino dusíku nebyl prokázán statisticky průkazný rozdíl.

Tabulka č. 3 - Vliv zpracování na obsah melasotvorných látek u cukrové řepy (průměr let 2012 - 2015)

Varianta	Obsah melasotvorných látek		
	alfaaminoN (mmol.100g ⁻¹)	draslík (mmol.100g ⁻¹)	sodík (mmol.100g ⁻¹)
1. Mělké kypření	1,17 a	4,34 a	0,34 ab
2. Hluboká orba	1,20 a	4,14 ab	0,51 a
3. Hluboké kypření	1,13 a	3,92 b	0,31 b
F-test	0,22	6,49	4,05
p (α)	0,8045	0,00046	0,0278
d _{αmin.}	0,27755	0,285976	0,186822

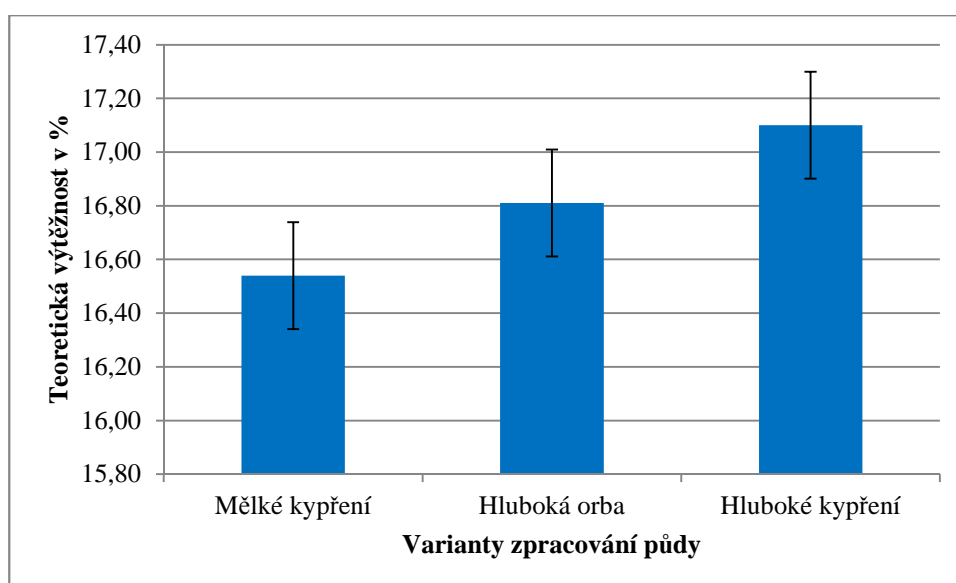
Vícefaktorová analýza rozptylu (n = 60). Průměry označené odlišnými písmeny vyjadřují průkazné rozdíly na hladině významnosti 95 % (α = 0,05) podle Tukeyho metody.

Hodnota d_{αmin.} odpovídá minimálnímu rozdílu mezi průměry hodnot, který je statisticky průkazný.

U obsahu draslíku byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi variantou č. 1 (mělké kypření) a č. 3 (hluboké kypření). Naopak u obsahu sodíku byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi variantou č. 2 (hluboká orba) a variantou č. 3 (hluboké kypření). Lze tedy říci, že způsob podzimního zpracování půdy nemá vliv na obsah alfa – amino dusíku. Ve čtyřletých pokusech se dále potvrdil příznivý vliv hlubokého kypření na snížený obsah draslíku a sodíku.

Obsah melasotvorných látek je důležitý pro zjištění teoretické výtěžnosti cukrové řepy. Jak vyplývá z grafu č. 17, nejlepších výsledků teoretické výtěžnosti během čtyř let bylo naměřeno na variantě č. 3 (hluboké kypření) a to 17,10 %. Velice příznivých výsledků bylo dosaženo na variantě č. 2 (hluboká orba) a to 16,81 %. Rozdíl mezi těmito variantami činil pouze 3 % rel. Nejnižší teoretická výtěžnost byla zaznamenána na variantě č. 1 (mělké kypření). Teoretická výtěžnost této varianty činila 16,54 %. Takováto hodnota představuje snížení teoretické výtěžnosti o 1,63 % rel. oproti variantě č. 2 (hluboká orba) a snížení o 3,39 % rel. oproti variantě č. 3 (hluboké kypření).

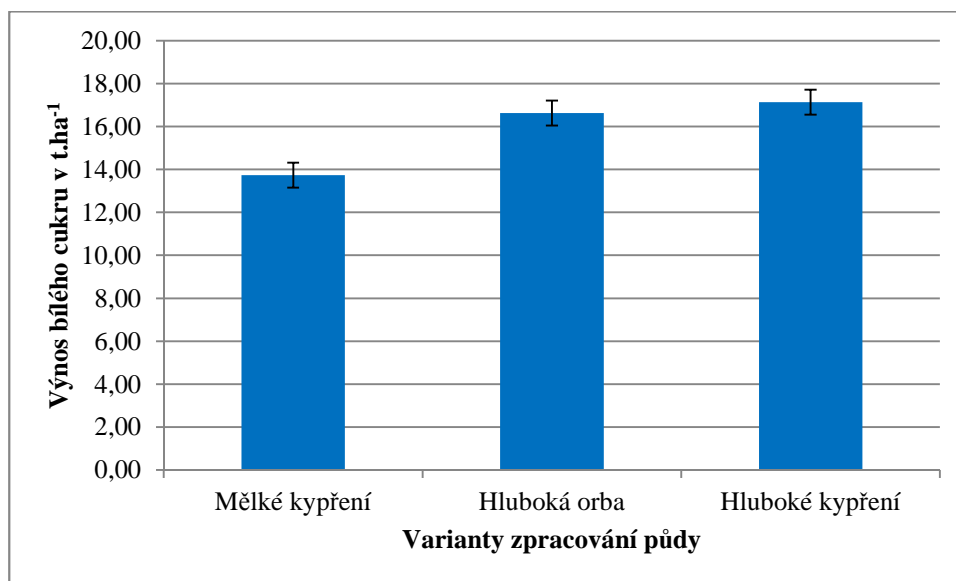
Graf č. 17 - Vliv podzimního zpracování půdy na teoretickou výtěžnost cukrové řepy (průměr let 2012 - 2015)



Jak je patrné z grafu č. 17, u teoretické výtěžnosti lze zaznamenat statisticky průkazný rozdíl jen mezi variantou č. 1 (mělké kypření) a variantou č. 3 (hluboké kypření).

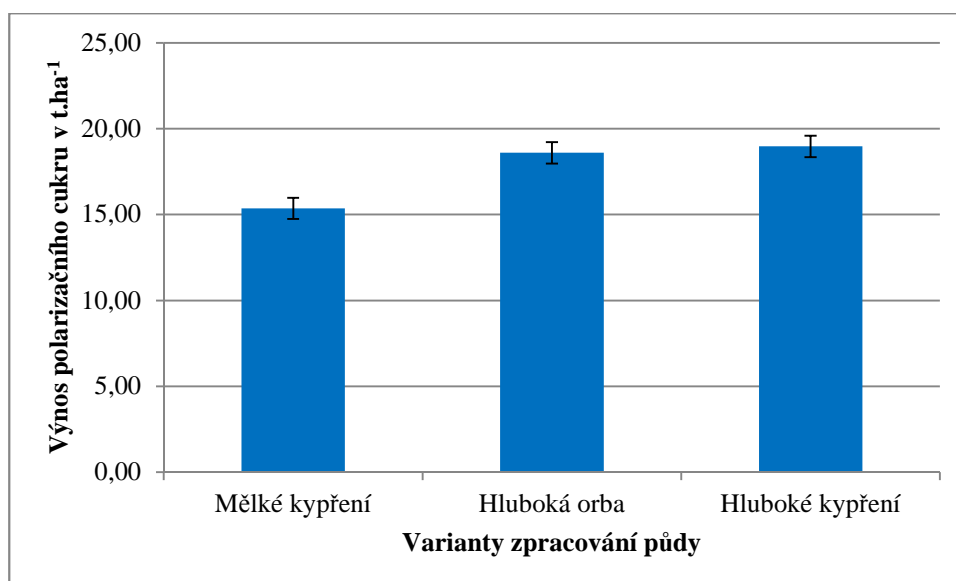
Dalším sledovaným ukazatelem je výnos bílého cukru. Jak vyplývá z grafu č. 18, je jasné patrné, že nejvyšší výnos bílého cukru byl zaznamenán na variantě č. 3 (hluboké kypření) a to 17,13 t.ha⁻¹, což je o 24,76 % více oproti variantě č. 1 (mělké kypření) a pouze o 3 % více oproti variantě č. 2 (hluboká orba). Na variantě č. 2 (hluboká orba) byl v průměru čtyř let výnos bílého cukru 16,63 t.ha⁻¹, což bylo o 21,12 % více oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Výnos bílého cukru na variantě č. 1 (mělké kypření) dosáhla 13,73 t.ha⁻¹. Statisticky průkazně se lišila od ostatních variant pouze varianta č. 1 (mělké kypření).

Graf č. 18 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnos bílého cukru (průměr let 2012 - 2015)



Obdobných výsledků jako u výnosu bílého cukru bylo dosaženo u výnosu polarizačního cukru. Z grafu č. 19 vyplývá, že největšího výnosu polarizačního cukru v průměru čtyř pokusných let bylo dosaženo na variantě č. 3 (hluboké kypření). Varianta č. 3 (hluboké kypření) dosáhla výnosu polarizačního cukru 18,97 t.ha⁻¹. Takovýto výnos polarizačního cukru představuje zvýšení o 23,50 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření) a pouze o 1,99 % oproti variantě č. 2 (hluboká orba). Výnos polarizačního cukru 18,60 t.ha⁻¹ byl naměřen na variantě č. 2 (hluboká orba), což představuje zvýšení o 21,09 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření).

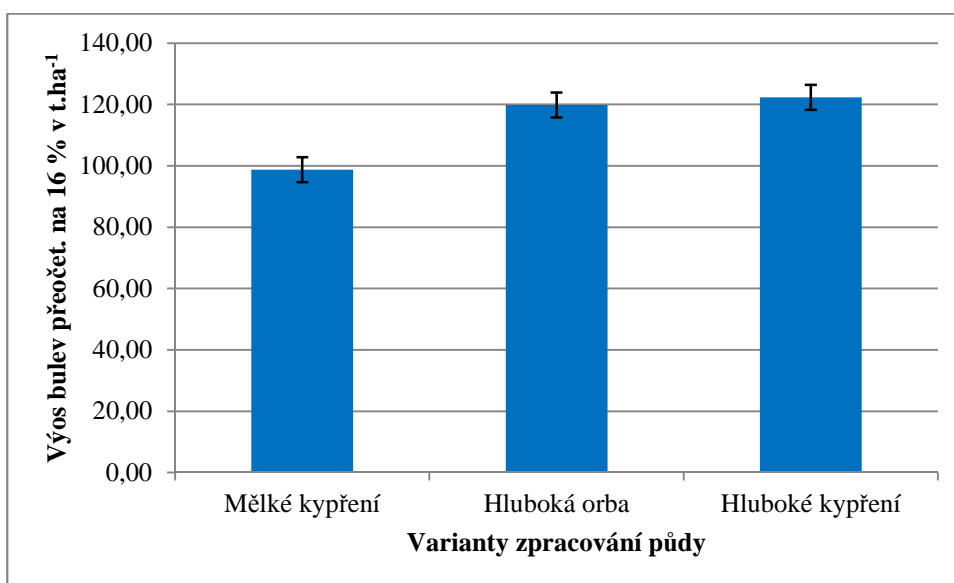
Graf č. 19 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnos polarizačního cukru (průměr let 2012 - 2015)



Nejmenší výnos polarizačního cukru byl zjištěn na variantě č. 1 (mělké kypření) a to 15,36 t.ha⁻¹. Varianta č. 1 (mělké kypření) se statisticky průkazně lišila od variant č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření).

Posledním sledovaným parametrem je výnos bulev přepočítaný na 16% cukernatost. Z grafu č. 20 vyplývá konečný výnos bulev po přepočtení na 16% cukernatost. Největší výnos bulev přepočítaný na 16% cukernatost byl zjištěn na variantě č. 3 (hluboké kypření). Tato varianta dosáhla výnosu bulev přepočítaného na 16% cukernatost 122,32 t.ha⁻¹. U varianty č. 3 (hluboké kypření) bylo zjištěno navýšení výnosu o 23,84 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření) a pouze o 2,10 % oproti variantě č. 2 (hluboká orba). Téměř srovnatelného výsledku dosáhla varianta č. 2 (hluboká orba) a to 119,81 t.ha⁻¹, což bylo zvýšení výnosu o 21,30 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření).

Graf č. 20 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnos bulev přepočítán na 16% cukernatost (průměr let 2012 - 2015)



Nejmenšího výnosu bulev po přepočtení na 16% cukernatost bylo dosaženo na variantě č. 1 (mělké kypření). Tato varianta dosáhla výnosu bulev přepočítaného na 16% cukernatost 98,77 t.ha⁻¹. Opět jako u výnosu bulev, výnosu polarizačního cukru a výnosu bílého cukru nebyl prokázán žádný statisticky průkazný rozdíl mezi variantami č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření). Statisticky průkazně se lišila pouze varianta č. 1 (mělké kypření).

Ze čtyřletých výsledků byl zjištěn pozitivní vliv hlubokého kypření a hluboké orby na výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy. Jak bylo zjištěno, cukrová řepa pozitivně

reaguje na podzimní hluboké zpracování půdy. Dle očekávání působí mělké kypření negativně na kvalitu a výnos cukrové řepy, vyjma cukernatosti, kde nebyl prokázán statisticky průkazný rozdíl mezi variantami. Z dosažených výsledků nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi hlubokým kypřením a hlubokou orbou. Tudíž jako u hodnocení vodní eroze půdy nelze zcela jednoznačně určit, která technologie zpracování půdy působí pozitivněji na výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy. Rozhodnutí bude opět na pěstiteli cukrové řepy, pro jakou technologii podzimního zpracování půdy se rozhodne. Bude muset upřednostnit podmínky stanoviště, klimatické podmínky, ale také svůj „management“ pěstování cukrové řepy.

Z dosažených výsledků lze doporučit jak hluboké kypření, tak hlubokou orbou jako technologii podzimního zpracování půdy k cukrové řepě. Tyto technologie zpracování půdy výrazně snižují ztrátu půdy způsobenou vodní erozí půdy. Zároveň příznivě působí na výnos a kvalitu cukrové řepy.

6 Diskuze

6.1 Vliv podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy

Během čtyřletých polních pokusů na pozemcích Agro Chomutice a. s. byl zaznamenán příznivý vliv hlubokého kypření a hluboké orby coby podzimního zpracování půdy k cukrové řepě ve vztahu k vodní erozi půdy.

V průběhu celého pokusu byla vždy nejmenší ztráta půdy naměřena na variantě č. 3 (hluboké kypření). Naopak nejhorších výsledků dosáhla varianta č. 1 (mělké kypření), která byla do pokusu zařazena jako kontrolní. Velice dobrých výsledků dosáhla také varianta č. 2 (hluboká orba), která byla v pokusu brána jako tradiční technologie zpracování půdy k cukrové řepě. Varianta č. 2 (hluboká orba) dosahovala v některých termínech měření méně příznivých výsledků oproti variantě č. 3 (hluboké kypření). Naopak varianta č. 2 (hluboká orba) dosahovala výrazně lepších výsledků oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Až na rok 2015, kdy při prvním měření byl naměřen poměrně velký rozdíl ve ztrátě půdy mezi těmito variantami, ale tento rozdíl byl pravděpodobně dán nadměrným suchem v průběhu roku 2015 a vytvořením puklin na povrchu půdy u varianty č. 1 (mělké kypření).

6.1.1 Vliv hlubokého kypření na vodní erozi půdy v porostu řepy cukrové

Nejlepších výsledků a nejmenší ztráty půdy bylo dosaženo na variantě č. 3 (hluboké kypření). Tento jev je dán pravděpodobně příznivým vlivem hlubokého kypření na půdní strukturu. Hůla a Procházková et al. (2008) považují za vhodné použití hlubokého kypření právě v minimalizačních a půdoochranných technologiích.

Dalším příznivým jevem hlubokého kypření je fakt, že tato technologie sama o sobě nepřerušuje gravitační kapiláry a půda snadněji odvádí vodu ze svého povrchu do hlubších horizontů. Také příznivě působí na rozrušení podorniční vrstvy. To potvrzuje Ohryzek (1954), který dále popisuje význam hlubokého kypření v rozrušení podorniční vrstvy a zlepšení fyzikálních vlastností půdy. Pulkrábek et al. (2015) dále popisují hluboké kypření v podzimním období jako vhodný zásah k přispění vyšší retenční schopnosti půdy. Dle Jin et al. (2007) je díky hlubokému kypření zvýšena infiltrace vody o 3 – 8 % oproti klasickým technologiím zpracování půdy.

Pulkrábek a Urban et al. (2016) uvádějí dále potřebu hlubokého kypření z důvodu odstranění technogenního zhutnění. Ke zhutnění jsou náchylné těžké půdy a půdy s nízkým obsahem humusu a organické hmoty. Dle Rybáčka (1985) vede zhutnění ke zhoršení řepařských půd a může vést až k zániku půdní struktury.

Na zhutněných půdách je především problém s růstem kořenu a v případě cukrové řepy s růstem bulvy. Rostliny v důsledku zhutnění mělko zakořeňují a tímto se narušuje morfologická stavba bulvy a zpomaluje se růst. Brant et al. (2016) popisují, že nejlépe lze spatřit přílišné zhutnění půd právě na cukrové řepě, u které dochází k deformaci bulvy neboli k takzvanému „mrcasatění bulvy“. Javůrek a Vach (2008) uvádějí vhodnou objemovou hmotnost pro cukrovou řepu v rozmezí od 1,00 – 1,10 g.cm⁻³. Problémem zhutnění při pěstování cukrové řepy se dále zabývaly Romaneckas et al. (2009). Z jejich pokusů vyplývá vliv hlubokého kypření do 25 cm na snížení objemové hmotnosti na hodnotu 1,28 g.cm⁻³. Takováto objemová hmotnost představovala snížení objemové hmotnosti o 3,75 % oproti variantě s hlubokou orbou. Stejným problémem se zabývali také Jabro et al. (2016). Zkoumali rozdíl ve zpracování půdy u přímého setí, mělkého kypření a hlubokého kypření jakožto podzimní přípravy půdy k cukrové řepě. Ze čtyřletých výsledků byla zjištěna nejmenší objemová hmotnost u hlubokého kypření a to 1,53 g.cm⁻³. U zbylých dvou variant dosahovala objemová hmotnost hodnoty 1,60 g.cm⁻³.

Za kritickou hranici zhutnění považujeme 1,8 g.cm⁻³. Pulkrábek et al. (2015) uvádějí, že po této hodnotě se už zastavuje růst. Dále se výrazně zhoršuje vodní režim půd, dochází k vytěsňování vzduchu a zároveň i k omezenému příjmu živin.

Jak je patrné hluboké kypření pozitivně ovlivňuje jak vodní erozi půdy, ale i nežádoucí zhutnění půd. Hluboké kypření také ponechává na povrchu půdy poměrně velké množství posklizňových zbytků, které chrání půdu například právě před vodní erozi půdy. Na druhou stranu by, ale v některých letech posklizňové zbytky na povrchu půdy mohly negativně ovlivňovat vzcháživost cukrové řepy. Další problém hlubokého kypření spatřuje Gosse (2007) v tom, že na rozdíl od orby si hluboké kypření nedokáže poradit s některými druhy plevelů a škůdců, které je poté nutno řešit chemickou cestou.

6.1.2 Vliv hluboké orby na vodní erozi půdy v porostu řepy cukrové

Hluboká orba byla do pokusu zařazena jako klasická konvenční technologie zpracování půdy. V průběhu čtyřletých pokusů se tato varianta projevovala velmi dobrou

infiltrací aplikovaných srážek a nízkou ztrátou půdy oproti kontrolní variantě s mělkým kypřením. Například v roce 2014 v době kdy cukrová řepa nebyla zapojená v řádku a ani v meziřadí byla na variantě č. 2 (hluboká orba) nejmenší ztráta půdy oproti zbylým variantám.

Jak je patrné ze zjištěných výsledků, byla prokázána dobrá schopnost hluboké orby na snížení ztráty půdy způsobené vodní erozí. Naopak ale řada odborníků popisují hlubokou orbu jako technologii, která zvyšuje vodní erozi půdy. Například Hůla et al. (2011) se zabývali měřením vodní eroze půdy v porostu kukuřice seté. Ve svém pokusu zjistily zvýšenou náchylnost k vodní erozi půdy na variantě s hlubokou orbou, například oproti variantě kdy byla pěstována kukuřice s podplodinou. Obdobné výsledky uvádějí také Tippl a Kadlec (2010), kteří se zabývali vodní erozí půdy u pšenice ozimé, ječmene jarního a hořčice bílé po dobu 10 let. Ze získaných výsledků zjistily statisticky průkazný rozdíl ve snížené vodní eroze půdy u bezorebné varianty s využitím mulče oproti variantě, kde byla využita orba.

Z našich pokusů s různým podzimním zpracováním půdy k cukrové řepě a posouzení jejich vlivu na vodní erozi půdy se naopak hluboká orba jeví jako vhodná technologie k omezení vodní eroze půdy. Například Pulkrábek et al. (2015) se zabývali vlivem podzimního zpracování půdy na vodní erozi půdy. A ve svých výsledcích uvádějí, že nejen hluboké kypření, ale i hluboká orba je vhodným zásahem, který příznivě přispívá k infiltraci vody. Cavalaris a Gemtos (2002) připisují hluboké orbě další příznivý vliv. Při zkoušení několika variant zpracování půdy k cukrové řepě došly k závěru, že varianta s hlubokou orbou lépe odolává sušším letům a růst rostlin cukrové řepy v těchto letech je lepší oproti variantě, kde byla využita minimalizace. Dále se vlivem rozdílného zpracování půdy ve vztahu k vodní erozi půdy v důsledku tání sněhové pokrývky zabývaly Javůrek et al. (2008). Zjistily, že výsledky měření objemu erozní vody a splaveného půdního sedimentu ukázaly významné rozdíly v průběhu a důsledcích vodní eroze během zimy a za vegetace. Konvenčně zpracovaná půda v hrubé brázdě redukovala rychlost proudění povrchové vody, čímž se snížil odnos půdních částic a projevila se i vyšší retenční kapacita v důsledku intenzivnějšího kypření (vyšší objem makropórů). Byla tak efektivnější ochranou proti účinkům eroze z tajícího sněhu než relativně rovný povrch půdy parcel s půdoochranným zpracováním, přestože jejich povrch byl pokryt posklizňovými zbytky.

Největší problém, který hluboká orba představuje je vznik podorniční podlahy. Tvorbou podorniční podlahy se zabývali Kroulík et al. (2014). Kroulík et al. (2014) se

zabývali různým zpracováním půdy (hluboká orba, mělké kypření, přímé setí) a následným pohybem vody v profilu. Zjistili, že hluboká orba byla schopna infiltrovat nejvíce vody oproti ostatním variantám, ale zároveň bylo možné sledovat snížení zastoupení obarvené vody ve větší hloubce. Tento jev byl dán vznikem podorniční podlahy. U přímého setí se vytvářeli typické trhliny a makropóry, které vytvářely souvislé cesty půdním profilem. A právě tvorba makropóru má za následek postup vody do hlubších horizontů. Na druhou stranu dle Kroulíka et al. (2016) rychlé odvedení vody do hlubších vrstev limituje zadržení vody v zásadním prostoru pro kořeny rostlin, které může vést až ke snížení výnosu.

Jednou z možností jak vyřešit tvorbu nežádoucí podorniční podlahy je již zmíněné hluboké kypření. Další možností by bylo například využití radličných pluhů s takzvanými podrýváky. Zahloubení podrýváku bývá 5 až 15 cm pod úroveň brázdy. Prokypřit podbrázdy bez vynášení neúrodné půdy na povrch je účelné, zejména pro hluboko kořenicí rostliny. Avšak tato technologie je v dnešní době nevyužitelná. Tento fakt potvrzuje Rybáček (1985), ale i Kumhála et al. (2007). Kumhála et al. (2007) sice považují za účelné prokypření podorničí vhodné především pro hluboko kořenicí rostliny, mezi které cukrová řepa patří, ale dodávají, že velkým problémem je velká energetická náročnost kladená na tažný prostředek.

Přestože je možné riziko vzniku podorniční podlahy u použití orby vyšší než u jiných technologií, je v našich podmínkách hluboká orba k cukrové řepě spojená se zapravením organických hnojiv. Tento fakt potvrzuje Hůla a Zelená (1995), kteří považují kvalitně provedenou hlubokou orbu ve spojení se zapravením organických hnojiv za hlavní operaci k cukrové řepě jak v konvenčních tak v půdoochranných technologiích zpracování půdy.

6.1.3 Další možnosti zpracování půdy k cukrové řepě vedoucí ke snížení vodní eroze půdy

Mezi půdoochranné technologie můžeme řadit například pěstování cukrové řepy v mulči meziplodiny. Většinou se jedná o výsev cukrovky do mulče strniskových meziplodin. Po sklizni obilniny a úklidu slámy následuje hlubší kypření půdy radličkovými kypřiči s úpravou ornice pro výsev strniskové meziplodiny do konce srpna. Na jaře se cukrovka vysévá do mrazem umrtveného porostu meziplodiny (mulče) speciálními secími stroji. Dle Janečka (2012) slouží tato metoda především ke snížení škod způsobenou větrnou erozí. Hůla et al. (2003) shrnují, že od této metody nelze očekávat úsporu nákladů ani zvýšení výnosů cukrové

řepy a proto z krátkodobého hlediska nemají pěstitelé dosud motivaci pro využívání této technologie splňující požadavky na trvale udržitelné hospodaření.

Dalším možným způsobem zpracování půdy k cukrové řepě je možnost založení porostu do předem připravených řádků takzvaný strip – tillage. Technologie strip – tillage představuje cílené zpracování půdy v pásech, do kterých se následně seje plodina. Hlavní výhodou technologie strip – tillage je dle Branta et al. (2014) zlepšení půdních podmínek pro vývoj porostů a zvýšení efektivity využití živin. Dále uvádějí, že půda lépe hospodaří s vodou, ale zároveň zvyšuje infiltraci srážek ve srovnání s oranými či kypřenými plochami. Avšak tato technologie byla určena pro pěstování kukuřice, bavlny a sóji. Pěstováním cukrové řepy touto metodou zpracování půdy se zabývala řada odborníků. Například Overstreet (2009) a Jabro et al. (2014) shodně uvádějí, že takto pěstovaná cukrová řepa lépe odolává nadměrnému suchu, ale nedosahuje takových výnosů jako u klasických konvenčních technologií zpracování půdy k cukrové řepě.

Metoda pěstování cukrové řepy v hrůbku je relativně nová. U této metody zpracování půdy jde o vytvoření hrůbku a následné pěstování plodiny v něm. Kovaříček et al. (2010) popisují využití hrůbkování jen u širokořádkových plodin, uplatňuje se tedy u zemědělských plodin, jako jsou kukuřice, sója, brambory, ale v současné době i cukrová řepa. Touto metodou se zabývali například Kruse et al. (2009). Z dvouletých výsledků zjistily, že u hrůbkování byl dosažen větší výnos bulev, ale také vyšší výnos bílého cukru ve srovnání s konvenčním zpracováním půdy.

Ačkoliv nelze hodnotit jednotlivé pokusné roky mezi sebou z výsledků vyplývá příznivý vliv hlubokého kypření, ale i hluboké orby. Jak uvádí Hangen et al. (2002) jsou konvenční technologie vhodné pro zadržení a redukci malých odtoků například při bouřkách, pokud však bude překročeno množství vody dopadající za jednotku času na půdu tak se nejspíše budou lépe uplatňovat půdoochranné technologie, které mohou zvýšit infiltraci vody do půdy a zadržení vody ve větších hloubkách.

6.2 Vliv vzrůstající listové pokrývnosti cukrové řepy na vodní erozi půdy

Ze zjištěných výsledků čtyřletých pokusů byl zaznamenán sestupný trend ztráty půdy se stoupající listovou plochou. Pro lepší přehlednost výsledků byly jednotlivé termíny zadeštění rozděleny do tří skupin dle fáze růstu. První skupinou byly termíny měření ve fázi, kdy cukrová řepa ještě nebyla zapojena v řádku a ani v meziřadí. Tato skupina se týká

pokusných let 2012, 2014 a 2015. Při těchto měřeních byla zaznamenána ztráta půdy ze všech variant. Největší ztráta půdy byla naměřena na kontrolní variantě č. 1 (mělké kypření). Dá se říci, že v takto rané vegetační fázi se nejvíce projeví půdoochranný vliv zvoleného podzimního zpracování půdy.

Do druhého termínu měření, kdy cukrová řepa byla již zapojena v řádku, ale meziřadí zapojené ještě nebylo, můžeme zařadit všechny čtyři pokusné roky. Při těchto měřeních byl zaznamenán výrazný vliv snížení ztráty půdy. Například u varianty č. 3 (hluboké kypření) nebyla v průběhu čtyř let po prvním zadeštění zjištěna žádná ztráta půdy. Podobně příznivé výsledky byly naměřeny i na variantě č. 2 (hluboká orba). Ze zjištěných výsledků lze usuzovat, že se stále více uplatňuje vybraný způsob zpracování půdy. Na druhou stranu lze pozorovat vliv už více zapojeného porostu, který lépe chrání půdu před vodní erozí.

Poslední termín zadeštění byl proveden v době, kdy byl porost cukrové řepy plně zapojen. V této fázi růstu byly provedeny dva termíny zadeštění a to v roce 2012, 2013. Přestože se jedná o dvouleté výsledky, tak jednoznačně potvrdily půdoochranný efekt plně zapojeného porostu. V roce 2012 nebyla na variantách č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření) zjištěna žádná ztráta půdy jak za suchého stavu půdy, tak po plném nasycení. V roce 2013 byly naměřeny minimální ztráty na variantě č. 2 (hluboká orba). Takto příznivé výsledky jsou dány plným zapojením porostu. Tudíž lze z výsledku usuzovat, že od té doby, kdy cukrová řepa plně zapojí porost (uzavře řádky) už je ohrožení vodní erozí půdy pro tuto plodinu minimální. Naopak MZe (2014) stále považuje za kritické období pro cukrovou řepu letní měsíce (červen, červenec, srpen). Právě v tomto období považuje MZe (2014) cukrovou řepu za nejvíce zranitelnou vodní erozí půdy. Toto tvrzení však vyvrací dosažené výsledky z našich čtyřletých pokusů, ale také Pulkrábek (2016), který uvádí, že s počtem listů klesá nebezpečí eroze u cukrové řepy. Po zapojení porostu dokáže řepa zadržet značné množství vody a přestává být erozně nebezpečnou plodinou.

6.3 Vliv podzimního zpracování na výnos a cukernatost cukrové řepy

Ze čtyřletých výsledků byl zjištěn největší výnos bulev ($99,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), nejvyšší cukernatost (18,95 %), ale také nejvyšší výnos bulev přepočítaný na 16% cukernatost ($122,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) na variantě č. 3 (hluboké kypření). Statisticky průkazně se lišila pouze varianta č. 1 (mělké kypření) a to u výnosu bulev ($84,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a u výnosu bulev přepočítaného na 16 % cukernatost ($98,77 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Statisticky neprůkazný rozdíl byl dále zjištěn mezi variantami

č. 3 (hluboké kypření) a variantou č. 2 (hluboká orba). Na variantě č. 2 (hluboká orba) byl zjištěn výnos bulev $99,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a výnos bulev přepočítaného na 16 % $119,81 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Ze zjištěných výsledků tudíž lze říci, že hluboké podzimní zpracování půdy pozitivně ovlivňuje výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy. Například varianta č. 2 (hluboká orba) dosáhla nejvyššího výnosu bulev v letech 2012 ($100,67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a v roce 2013 ($95,79 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Ale statistický průkazný rozdíl mezi variantou č. 3 (hluboké kypření) byl zaznamenán jen v roce 2013. V letech 2014 a 2015 byl zase naopak zjištěn největší výnos na variantě č. 3 (hluboké kypření), ale opět nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi variantou č. 2 (hluboká orba) a variantou č. 3 (hluboké kypření). Varianta s hlubokou orbou může dosahovat vysokých výnosů proto, že dochází k optimálnímu promíchání chlévského hnoje s půdou. Na pozitivní vliv orby poukázal již Rybáček (1985). Uvádí, že vytvoření homogenního orničního profilu lze dosáhnout jen orbou. Chochola (2010) řadí mezi klady orby zapravení posklizňových zbytků, mobilizaci živin z organických vazeb a potlačení řady obtížných plevelů.

Mezi hlavní zápory orby patří: vytvoření podorniční podlahy, vysoká energetická náročnost, malá produktivita práce a fakt, že orba plní svoji funkci jen za příznivých vláhových podmínek. Proto se pěstitelé v České republice, kteří hospodaří především na těžkých půdách, uchylují k bezorebnému zpracování půdy. Chochola (2010) připisuje důvod tomuto přechodu v extrémně energeticky náročné orbě a velmi krátké době pro její provedení za příznivých vláhových podmínek.

Při hodnocení cukernatosti nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl mezi sledovanými variantami. Nejvyšší cukernatost byla zaznamenána u varianty č. 3 (hluboké kypření) v letech 2012 a 2013. Naopak v letech 2014 a 2015, kdy varianta č. 3 (hluboké kypření) dosahovala nejvyšších výnosů, byla největší cukernatost zjištěna u varianty č. 2 (hluboká orba). Varianta č. 1 (mělké kypření) dosahovala ve všech pokusných letech nejnižší cukernatosti. Přesto nebyl u této varianty zjištěn statisticky průkazný rozdíl ve srovnání se zbylými variantami.

Pulkrábek et al. (2007) považují právě podzimní přípravu půdy za velmi důležitou pro vodní režim následně pěstované cukrové řepy. Podzimní příprava půdy by měla vytvářet podmínky umožňující co největší vsakování srážkové vody a naopak, podle možností omezit výpar. Dále Pulkrábek et al. (2007) uvádějí jako cíl podzimního zpracování půdy upravit a zlepšit fyzikální stav ornice, její biologické a chemické vlastnosti (vodní a vzdušný režim) pro

vegetační období. Současné alternativy podzimního zpracování půdy jsou velmi rozmanité a vycházejí z orebného i bezorebného systému zpracování půdy s využitím řady minimalizačních opatření.

Jak je patrné ze čtyřletých polních pokusů, lze doporučit jak hluboké kypření, ale i hlubokou orbu jako technologii, která výrazně chrání půdu před účinky vodní eroze. Dále bylo zjištěno, že do zapojení porostu je řepa ohrožena vodní erozí půdy. Po plném zapojení porostu cukrová řepa nevykazovala, žádnou ztrátu půdy a tudíž ji nelze po zakrytí řádku považovat za erozně nebezpečnou. Při zjišťování výnosových a kvalitativních parametrů nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi hlubokou orbou a hlubokým kypřením. Statisticky průkazný rozdíl byl zjištěn mezi mělkým kypřením a zbylými dvěma variantami.

Bude tedy záležet na uvážení každého pěstitele, kterou technologii podzimního zpracování zvolí. Pro pěstitele cukrové řepy, který provozuje jen rostlinnou výrobu a hospodaří na velmi těžkých půdách, bude určitě výhodnější využít technologie hlubokého kypření. Z důvodu vyšší plošné výkonnosti, menší energetické náročnosti, ale jedním z důvodů bude i fakt, že se pěstitelé nemusejí vyrovnávat se zapravením velkého množství organické hmoty.

Na druhou stranu pro pěstitele zabývající se jak rostlinnou, ale i živočišnou výrobou bude vždy představovat zásadní rozhodnutí, zda zvolit hlubokou orbu jako tradiční technologii zpracování půdy, nebo využít hlubokého kypření jako minimalizační technologie zpracování půdy k cukrové řepě. Ve prospěch orby hovoří fakt, že se kvalitněji vypořádá se zapravením velkého množství organické hmoty potažmo chlévského hnoje, ale také zároveň se zapravením nežádoucího výdrolu předplodiny. Přes všechny negativa hluboké orby lze usuzovat, že tito pěstitelé (provozující živočišnou výrobu) budou i nadále považovat hlubokou orbu za nezastupitelnou technologii podzimního zpracování půdy k cukrové řepě.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo posoudit vliv podzimního zpracování půdy k cukrové řepě a vliv vzrůstající listové pokrývnosti půdy na vodní erozi půdy. Dále byl sledován vliv podzimního zpracování na výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy.

Do čtyřletých přesných polních pokusů byly zařazeny tři různé varianty podzimního zpracování půdy k cukrové řepě. První variantou bylo mělké kypření, tato varianta sloužila jako kontrolní. Jako druhá varianta byla do pokusů zařazena hluboká orba, což by klasická konvenční technologie v pěstování cukrové řepy. Poslední třetí variantou bylo hluboké kypření. Během vegetace cukrové řepy bylo prováděno umělé zadeštění. Jednotlivá zadeštění byla rozdělena do třech růstových fází cukrové řepy. V první růstové fázi nebyla cukrová řepa zapojena v řádku a ani v meziřadí. Druhou růstovou fází, ve které probíhalo zadeštění, byla cukrová řepa již plně zapojená v řádku, ale v meziřadí ne. Do poslední růstové fáze lze zařadit zadeštění, kdy porost cukrové řepy byl plně zapojený (zakryl řádky).

Z dosažených čtyřletých pokusů, bylo dosaženo nejlepších výsledků na variantě s hlubokým kypřením. Tato varianta dosahovala v průběhu čtyř let nejnižších ztrát půdy způsobené vodní erozí. Velice příznivých výsledků bylo dosaženo také na variantě s hlubokou orbou. Hluboká orba dosahovala méně příznivějších, ale v některých termínech zadeštění srovnatelných výsledků s hlubokým kypřením. Největší ztráta půdy způsobená vodní erozí byla zjištěna u varianty s mělkým kypřením. Tato varianta byla brána jako kontrolní.

Jak vyplývá z dosažených výsledků, nejvíce náchylný je porost cukrové řepy v raných fázích růstu. Při prvním termínu zadeštění v roce 2012 (24. 5. 2012) měla řepa 8 – 12 listů. Nejnižší ztráty půdy byla zaznamenána u hlubokého kypření a to $1,30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ za suchého stavu. Takováto ztráta půdy představuje snížení ztráty půdy způsobenou vodní erozí půdy o 64,76 % oproti mělkému kypření a o 40,91 % oproti hluboké orbě. Naopak při prvním termínu v roce 2014 (2. 6. 2014) byla nejnižší ztráta půdy zjištěna u hluboké orby a to $0,11 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. U hluboké orby bylo zaznamenáno snížení ztráty půdy o 21,57 % oproti hlubokému kypření a o 91,41 % oproti mělkému kypření. Cukrová řepa ve fázi růstu před plným zapojením porostu již vykazuje výrazně sníženou ztrátu půdy oproti raným fázím růstu. Například v roce 2014 (2. 6. 2014) z prvního termínu zadeštění činila ztráta půdy u hluboké orby $2,26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ za nasyceného stavu. Při druhém zadeštění v roce 2014 (12. 6. 2014) nebyla naměřena žádná ztráta půdy za nasyceného stavu půdy. V této pozdější fázi růstu se stále uplatňuje příznivý vliv hlubokého

kypření a hluboké orby na snížení vodní eroze půdy. Snížení ztráty půdy lze také přičítat už zvýšené pokryvnosti půdy. V poslední sledované růstové fázi už nepůsobila vodní eroze výraznější ztráty půdy. Tento fakt dokládá zadeštění ve fázi plně zapojeného porostu v roce 2013 (31. 7. 2013). Při tomto zadeštění byla naměřena ztráta půdy u hluboké orby pouze $1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ za suchého stavu půdy a za nasyceného jen $3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. U hlubokého kypření nebyla zjištěna žádná ztráta půdy za suchého stavu půdy a za nasyceného stavu činila ztráta půdy pouze $1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. V této růstové fázi již pravděpodobně přebírá ochrannou funkci samotný porost cukrové řepy, ale nelze opomenout pozitivní vliv hlubokého zpracování půdy.

U výnosových a kvalitativních ukazatelů bylo dosaženo srovnatelných výsledků mezi hlubokým kypřením a hlubokou orbou. Na variantě s hlubokým kypřením bylo v průměru čtyř let dosaženo největšího výnosu bulev, avšak rozdíl mezi hlubokým kypřením ($99,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a hlubokou orbou ($99,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) činil jen 0,39 %. Nejvyšší cukernatosti dosáhla varianta s hlubokým kypřením a to 18,95 %. Při statistickém hodnocení cukernatosti však nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi variantami. Největšího výnosu bulev přepočítaného na 16% cukernatost dosáhla varianta s hlubokým kypřením, ale opět rozdíl mezi hlubokou orbou ($119,81 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) a hlubokým kypřením ($122,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) činil pouze 2,10 %. Nejméně příznivých výsledků bylo dosaženo na kontrolní variantě s mělkým kypřením (výnos bulev: $84,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, cukernatost: 18,55 %, výnos bulev po přepočtení na 16% cukernatost: $98,77 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Jak vyplývá z výsledků, hluboké podzimní zpracování půdy k cukrové řepě příznivě působí na výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy.

Ze získaných výsledků vyplývají tyto závěry:

- Hluboké kypření (hloubka zpracování 30 cm) dosahuje dobrého protierozního účinku,
- hluboká orba přes vytvoření podorniční podlahy dosahuje také velmi dobrého protierozního účinku,
- se stoupající růstovou pokryvností, klesá nebezpečí způsobené vodní erozí půdy,
- jak hluboká orba, tak hluboké kypření pozitivně ovlivňují výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy.

7.1 Stanoviska k výzkumným hypotézám

- 1) Hluboké zpracování půdy přispívá ke snížení vodní eroze půdy.

Hypotéza byla potvrzena. Využitím jak hlubokého kypření, tak hluboké orby jako podzimního zpracování půdy k cukrové řepě se výrazně snižovala ztráta půdy způsobená vodní erozí.

- 2) Se vzrůstající listovou pokryvností se snižuje vodní eroze půdy.

Hypotéza byla potvrzena. V rané růstové fázi cukrové řepy byla zaznamenána zvýšená ztráta půdy způsobená vodní erozí. V pozdějších fázích růstu s přibýváním listové pokryvnosti půdy se výrazně snižovala ztráta půdy. Ve fázi plně zapojeného porostu již nebyla naměřena výraznější ztráta půdy.

- 3) Hluboké zpracování půdy má pozitivní vliv na kvantitativní a kvalitativní parametry cukrové řepy.

Hypotéza byla potvrzena. Hluboká orba, a hluboké kypření pozitivně ovlivňují výnosové a kvantitativní parametry cukrové řepy.

Díky přesným čtyřletým polním pokusům byl prokázán příznivý vliv hlubokého kypření na snížení vodní eroze půdy v porostu cukrové řepy. Velmi příznivých výsledků bylo dosaženo také u hluboké orby. Na této variantě bylo dosaženo v průběhu let méně příznivých, srovnatelných ale také někdy i lepších výsledků oproti variantě s hlubokým kypřením. Nejméně příznivých výsledků dosáhla varianta s mělkým kypřením. Jak je patrné lze doporučit hluboké podzimní zpracování půdy ke snížení vodní eroze půdy v porostu cukrové řepy. Z dosažených výsledků lze rovněž říci, že hluboké podzimní zpracování půdy pozitivně ovlivňuje výnosové a kvalitativní parametry cukrové řepy, neboť bylo dosaženo srovnatelných výsledků u hlubokého kypření a hluboké orby.

Závěrem lze shrnout, že rozhodnutí jaká technologie zpracování je vhodnější z pohledu snížení vodní eroze půdy, ale také z pohledu výnosových a kvalitativních parametrů bude vždy záležet na pěstiteli cukrové řepy. Pro pěstitele, který provozuje jen rostlinnou výrobu, lze doporučit hluboké kypření. Tito pěstitelé nemusejí především řešit zapravení

organických hnojiv (chlévkový hnůj). Dalšími důvody pro využití hlubokého kypření je několik: menší energetická náročnost, větší plošná výkonost. Ale především bude muset pěstitel zohledňovat podmínky stanoviště (půdní druh, půdní typ, zpracovatelnost půdy, ...), klimatické podmínky (celkový úhrn srážek a jejich rozložení), ale také vlastní „management“ pěstování cukrové řepy.

Pro pěstitele cukrové řepy provozující také živočišnou výrobu bude rozhodování o to těžší, zda zvolit klasickou orbu, která řeší problém se zapravením organických hnojiv a například také výdrolu předplodiny (většinou pšenice ozimé). Ale jak již bylo zmíněno, při klasické hluboké orbě vzniká zhutnělá podorniční vrstva, která brání odvedení vody do hlubších horizontů, která by mohla při prudších a vydatnějších deštích zvyšovat riziko vodní eroze půdy. Anebo využít minimalizačních a půdoochranných technologií pěstování cukrové řepy pro lepší hospodaření s vodou a zvýšení odolnosti proti vodní erozi půdy.

8 Seznam literatury

1. Annabi M., Houot S., Francou C., Poitrenaud M., Le Bissonnais Y. 2007. Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. *Soil Science Society of America Journal*. 71 (2). 413 – 423.
2. Badalíková, B. 2006. Zpracování půdy k cukrovce a její vliv na obsah a kvalitu humusu. *Úroda*. Praha. 54 (3). 46-48.
3. Badalíková, B., Hrubý, J. 2009. Využití netradičním meziplodin při protierozním ochraně půdy. *Zemědělský výzkum, spol. s.r.o. Troubsko*. Brno. 10 s. ISBN: 978-80-86908-11-3.
4. Badalíková, B., Novotna, J. 2015. Proměnné vlastnosti půdy v posledních letech. *Vědecká příloha časopisu Úroda*. Profi press. 21-26. ISSN: 0139-6013.
5. Baldock, J., Skjemstad, J. 2000. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. *Organic geochemistry*. 31 (7). 697 - 710.
6. Barthes, B., Roose, E. 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion. *Catena*. Elsevier. 47. 133-149.
7. Bártlová, J., Badalíková, B., Brtnický, M., Hladký, J. 2015. Změny fyzikálních vlastností půdy při svahové erozi. *Úroda*. Profi press. 63(1). 64-65.
8. Basis, F., Kisić, I., Mešić, M., Nestroy, O., Butorac, A. 2004. Tillage and crop management effects on soil erosion in central Croatia. *Soil and Tillage Research*. 78. 197 – 206.
9. Brady, N.C., Weil, R.R. 2014. *The nature and properties of soil*. Pearson Education. New Jersey. p.1046. ISBN: 978-1292020792.
10. Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P., Škeříková, M. 2016. Minimalizace předseťové přípravy a seťové lože při setí kukuřice. *Úroda*. Profi press. 64 (3). 14-20.
11. Brant, V., Zábranský, P., Kroulík, M., Škeříková, M., Pivec, J. 2014. Pěstování strip tillage v podmínkách ČR. *Úroda*. Profi press. 62(14). 36-38.
12. Bronick, C., Lal, R. 2004. Soil structure and manegment. *Geoderma*. Elsevier. 124. 3-22.
13. Cavalaris, C., Gemtos, T. 2002. Evalution of four conservation tillage methods in the sugar beet crop. *Journal of scientific research and devolopment*. 4. 1-24.
14. Davidson, D. A., Harison, D. J. 1995. The nature, causes and implications of water erosion on arable land in Scotland. *Soil use and managemant*. 11(2). 63-68.

15. Dědek, J. 2006. Porovnání vývoje půdní reakce v Libereckém a Ústeckém kraji v období 1990-2004. Bulletin Odboru agrochemie půdy a výživy rostlin. 14 (3). 21-27.
16. Draycott, A. P. 2006. Sugar beet. Blackwell publishing. Oxford. p.474. ISBN: 978-1-4051-1911-5.
17. Dregne, H. E. 1990. Impact of climate warming on arid region soils. Developments in Soil Science. 20. 177-184.
18. Favis-Mortlock, D. 1995. The use of synthetic weather for soil erosion modelling. Geomorphology and Land Management in a Changing Environment. Wiley. 265–282.
19. Fulajtár, E., Janský, L. 2001. Vodná erózia pody a protierózná ochrana. Výskumný ústav podoznalectva a ochrany pody. Bratislava. 310 s. ISBN: 80-85361-85-X.
20. Goose, G. 2007. Betterave sucrière: Progres techniques & environnement. Institut technique de la betterave. 62 p.
21. Gregory, P. 2012. Soils and food security. Issues in environmental science and technology. Cambridge. 35. 5-8.
22. Hamerník, F. 1960. Rajonizace zemědělské výroby v ČSSR. SZN, Praha. 746 s
23. Hangen, E., Buczko, U., Bens, O., Brunotte, J., Huttl, R. F. 2002. Infiltration patterns into two soils under conventional and conservation tillage. Soil and tillage research. 63 (3-4). 181-186.
24. Hillel, D. 2003. Introduction to Environmental Soil Physics. Academic press, Burlington. p. 511. ISBN: 9780123486554.
25. Hladík, J. 2012. Půda je základ, potřebuje péči. Úroda. Profi Press. Praha. 60 (7). 8. ISSN: 0139-6013.
26. Hladík, J., Vopravil, J., Novotný, I., Vrabcová, T. 2012. Eroze a ochrana půdy. Úroda, Profi press. 60(9). 26-28. ISSN: 0139-6013.
27. Hlaváčková, V. 2011. Eroze půdy a protierozní ochrana půdy. Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s. České Budějovice. 54 s. ISBN 978-80-87262-11-5.
28. Holý, M. 1978.: Protierozní ochrana. SNTL. Praha. 288 s.
29. Holý, M. 1994. Eroze a životní prostředí. ČVÚT. Praha. 383 s. ISBN: 80-01-01078-3.
30. Hřivna, L., Borovička, K., Bízík, J., Bittner, V. Komplexní výživa cukrovky. Maribo seed. 112 s. ISBN: 978-80-260-7300-0.
31. Hůla, J., Badalíková, B., Dryšlová, T., Horáček, J., Javůrek, M., Kovaříček., Kroulík, M., Kumhála, F., Smutný, V., Tippl, M., Winkler, J. 2010. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. 58 s. ISBN: 978-80-86884-53-0.

32. Hůla, J., Dovrtěl, J., Procházková, B., Badalíková, B., Dryšlová, T., Hartman, I., Hrubý, J., Hrudová, E., Javůrek, M., Kasal, P., Klem, K., Kovaříček, P., Kroulík, M., Kumhála, F., Mašek, J., Neudert, L., Růžek, P., Smutný, V., Váňová, M., Winkler, J. 2008. Minimalizace zpracování půdy. Profi press. Praha. s.247. ISBN: 978-80-86726-28-1.
33. Hůla, J., Janeček, M., Kovaříček, P., Bohuslávka, J. 2003. Agrotechnická protierozní opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. 48 s. ISSN: 1211-3972.
34. Hůla, J., Kovaříček, P., Kroulík, M. 2010. Vsakování vody do půdy a povrchový odtok vody u širokořádkových plodin. Listy cukrovarnické a řepařské. VUC. Praha. 126 (1). 22-26s.
35. Hůla, J., Novák, P., Kovaříček, P., Staněk, L. 2011. Indikátory vodní eroze při pěstování kukuřice. Mechanizace zemědělství – zvláštní vydání. Profi press. 152-158. ISSN: 03373-6776.
36. Hůla, J., Zelená, L. 1995. Technika v postupech ochranného zpracování půdy k širokořádkým plodinám. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 28 s. ISSN: 0231-9470.
37. Chochola, J. 2010. Průvodce pěstováním cukrové řepy. Řepařský institut Semčice. 65s.
38. Chochola, J., Pulkrábek, J. 2012. Výzkum cukrové řepy ve světě. Listy cukrovarnické a řepařské. 128 (5-6). 177-179 s.
39. Jabro, J., Iversen, W., Stevens, W., Evans, R., Mikha, M., Allen, B. 2016. Physical and hydraulic properties of a sandy loam soil under zero, shallow and deep tillage practices . Soil and tillage research. 159. 67-72.
40. Jabro, J., Stevens, W., Iverson, W., Evans, R., Allen, B. 2014. Crop water productivity of sugar beet as affected by tillage. Agronomy journal. 106 (6). 2280-2286.
41. Jandák, J., Prax, A., Pokorný, E. 2004. Půdoznalství. Mendlova zemědělská univerzita. Brno. 142p. ISBN 80-7157-559-3.
42. Janeček, M., Bohuslávka, J., Dumbrovský, M., Gergel, J., Hrádek, F., Kovář, P., Kubátová, E., Pasák, V., Pivcová, J., Tippl, M., Toman, F., Tomanová, O., Váška, J. 2002. Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV. Praha. 195 s. ISBN: 85866-85-8.
43. Janeček, M., Dostál, T., Kozlovsky, Dufková, J., Dumbrovský, M., Hůla, J., Kadlec, V., Konečná, J., Kovář, P., Krása, J., Kubátová, E., Kobzová, D., Kudrnáčová, M., Novotný, I., Podhrázská, J., Pražan, J., Procházková, E., Středová, H., Toman, F., Vopravil, J., Vlasák, J. 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Powerprint. Praha. 113 s. ISBN: 978-80-87415-42-9.

44. Javůrek M., Vach M. 2009. Vliv dlouhodobého uplatňování půdoochranné technologie na sekvestraci uhlíku a dusíku a související charakteristiky ve středně těžké půdě typu luvisol. *Úroda*. Profi press.Praha. 57(12). 361 - 365.
45. Javůrek, M., Hůla, J., Vach, M., Kroulík, M. 2008. Impact of different soil tillage technologies on soil erosion effect mitigation. *Scientia agriculturae bohemika*. 39 (2). 218-223.
46. Javůrek, M., Kovaříček, P., Vach, M., Hůla, J. 2012. Vhodná agrotechnika zvyšuje ochranu ornice proti vodní erozi. *Úroda*. Praha. 60 (11). 50-53.
47. Javůrek, M., Mikanová, O., Vach, M., Šimon, T. 2010. Význam půdoochranných technologií v rostlinné výrobě. *Výzkumný ústav rostlinné výroby*. Praha. s. 30. ISBN: 978-80-7427-051-2.
48. Javůrek, M., Vach, M. 2008. Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. *Výzkumný ústav rostlinné výroby*. 24 s.
49. Jhonson, Ch. 2009. *Biology if soil science*. Oxford book Co. Jaipur. p. 308. ISBN: 9788189473969.
50. Jin, H., Hongwan, L., Kuhn, J., Wenying, L. (2007). Soil loosening on permanent raised-beds in arid northwest China.*Soil and tillage research*. Elsevier. 97 (2). 172 – 183.
51. Kadlec, V., Procházková, E., Tippl, M., Petera, M. 2012. Inventarizace technických protierozních opatření v rámci KPÚ a jejich účinnost na dlouhodobou ztrátu půdy vodní erozí. *Agritech science*. Praha. 6 (1). 8 s. ISSN 1802-8942.
52. Kolář, L. 1987. *Organické hnojení a humus*. VŠZ. Praha. s. 105.
53. Kouřil, M. 2015. Snižování kvality půd a vliv na odolnost vůči erozi. *Úroda*. Profi press. 63(7). 42-44. ISSN: 0139-6013.
54. Kovaříček, P., Abrham, Z., Hůla, J., Plíva, P., Vlášková, M., Kroulík, M., Mašek, J. 2012. Technologie a ekonomika zvyšování protierozní odolnosti půdy zapravením organické hmoty. *Výzkumný ústav zemědělské techniky*. Praha. 34 s. ISBN 978-80-86884-69-1.
55. Kovaříček, P., Marešová, K., Hůla, J., Kroulík, M. 2010. Využití hrůbkování při pěstování širokořádkových plodin. *Listy cukrovarnické a řepařské*. Výzkumný ústav cukrovarnictví. Praha. 126 (3). 91-96 s.
56. Kroulík, M., Hůla, J., Brant, V., Záborský, P. 2016. Příprava set'ového lože a nové technologie zakládání porostů. *Mechanizace zemědělství*. Profi press. 66(2). 72-75.

57. Kroulík, M., Chyba, J., Brant, V., Zábranský, P. 2014. Vizualizace a kvantifikace pohybu v půdním profilu. *Mechanizace zemědělství*. 64(2). 42-44.
58. Krpeš, V. 2005. *Ekologie rostlin*. Ostravská univerzita. Ostrava. s.75.
59. Kruse, U., Koch, H., Maerlaender, B. 2009. Soil properties effecting yield formation in sugar beet under ridge and flat cultivation. *European agronomy journal*. 31. 20-28.
60. Kubát, J., Cerhanová, D., Mikanová, O., Šimon, T. 2008. Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha s. 35. ISBN: 978-80-87011-65-2.
61. Kumhála, F., Heřmánek, P., Mašek, J., Kvíz, Z., Honzík, I. 2007. *Zemědělská technika, stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. ČZU. Praha. 438 p. ISBN: 978-80-213-1701-7.
62. Kvítek, T. 2014. Reforma neřeší technická opatření. *Zemědělec*. Profi press. Praha. 22 (4). 4 s.
63. Lal, R., Kimble, J., Follet, R., Stewart, B. 1998. *Soil processes and the carbon cycle*. CRC press. p. 624. ISBN: 0-8496-7441-3.
64. Lavalle, P., Alister. V. 2001. *Soil ecology*. Kluwer academic publishers. Dordrecht. p. 683. ISBN: 9780792371236.
65. Ledvina, R., Horáček, J., Šindelářová, M. 1999. *Geologie a půdoznalství*. Jihočeská univerzita. České Budějovice. s. 200.
66. Mayer, V., Vacek, J., Stehlík, M., Vejchar, D. 2016. Protierozní technologie ochrany půdy při pěstování brambor. *Úroda*. Profi press. 64(1) 50-55. ISSN:0139-6013.
67. Mikula, P. 1998. *Organická hmota v půdě*. ÚZPI. Praha. s. 46. ISBN: 80-66153-22-3
68. Montenegro, A., Abrantes, J., de Lima, M., Singh, V., Santos, T. 2013. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. *Catena*. Elsevier. 109.139-149. ISSN 0341-8162.
69. Morgan, R. 2009. *Soil erosion and conservation*. Wiley. p.320. ISBN: 9781405144674.
70. MZe, 2014. *Příručka ochrany proti vodní erozi*. Ministerstvo zemědělství. Praha. s. 74. ISBN: 978-80-87361-33-7.
71. MZe. 2015. *Kontrola podmíněnosti*. Ministerstvo zemědělství. Praha 280 s. ISBN: 978-80-7434-208-0
72. Nichols, K.A. , Wright, S.F. , Liebig, M.A. , Pikul , J.L. 2004. Functional significance of glomalin to soil fertility. *Proceedings from the Great Plains Soil Fertility Conference Proceedings*. Denver. 2-4 .

73. Novák, J., Skalický, M. 2009. Botanika. Praha. Powerprint. 336 s. ISBN: 9788090401150.
74. Novák, P., Batysta, M., Havelková, L. 2013. Důsledky výrazné plošné eroze na vodní bilanci krajiny. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. 7 s. ISBN: 978-80-87577-17-2.
75. Novák, P., Vopravil, J. 2008. Degradanční vývoj půd. Agro magazín. Slovenský chov. Nitra. 9(1). 28-31.
76. Novotný, I., Vopravil, J., Kristenová, H., Žížala, D., Váňová, V., Kapička, J., Kobzová, D., Papaj, V., Kulířová, P., Mistr, M., Vácha, R., Jacko, K., Krym, O. 2013. Strategie ochrany půdy v ČR před erozí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd. Praha. 88s.
77. Oades J., 2005. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. Plant and Soil. 76 (1-3): 319 - 337.
78. Oltmann, W., Burba, M., Bolz, G. 1984. Die Qualität der Zuckerrübe. Bedeutung, Beurteilungskriterien und züchterische Maßnahmen zu ihrer Verbesserung. Fortschritte der Pflanzenzüchtung. Beiheft zur Zeitschrift für Pflanzenzüchtung. (12). 160 p.
79. Overstreet, L. 2009. Strip tillage for sugar beet production. Internatilnal sugar journal 111(1325) 292-293.
80. Podhrázská, J. 2008. Protierozní ochranná opatření v zemědělské krajině. Program rozvoje venkova. Praha. 49 s.
81. Pokorný, E., Šarapatka, B., Hejátková, K. 2007. Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku. Zera. Náměšť n. Oslavou. 29p. ISBN 80-903548-5-8.
82. Pulkrábek, J. 2016. Vliv hlubokého zpracování. Zemědělec. Profi press. 24(9). 24-25.
83. Pulkrábek, J., Urban, J. 2008. Inovační trendy v pěstování cukrovky a její využití na biolih. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 28 s. ISBN: 978-80-7271-195-6.
84. Půlkrábek, J., Urban, J., Bečková, L., Valenta, J. 2007. Řepa cukrová- pěstitelský rádce. Kurent. Praha. 64 s. ISBN 978-80-87111-00-0.
85. Půlkrábek, J., Urban, J., Jedličková, M. 2015. Vliv podzimního zpracování půdy na zhutnění půdy v počátcích vegetace cukrové řepy. Listy cukrovarnické a řepařské. 131(9-10). 272-278.
86. Pulkrábek, J., Urban, J., Kadlec, V., Růžek, P., Šedek, A., Bečková, L., Dvořák, P., Kobzová, D., Kincl, D. 2016. Začlenění podzimního hlubokého kypření půdy a

- kypření za vegetace do půdoochranné technologie pěstování cukrové řepy. ČZU. Praha. 42 p. ISBN:978-8-213-2614-9.
87. Pulkrábek, J., Urban, J., Pazderů, K., Švachula, V., Černý, I., Candráková, E. 2011. Pěstování cukrové řepy a její vliv na životní prostředí. Listy cukrovarnické a řepařské. 126 (2). 57-62.
88. Reyes, M., Raczkowski, C., Reddy, G., 2009. Comparison of convectional and no-tillage corn and soybean production on runoff and erosion in the southeastern US Piedmont. *Journal of Soil and Water Conservation*, 53-60.
89. Richter, R. 1996. Půdní úrodnost. Institut výchovy a vzdělávání MZe. Praha. s. 34. ISBN: 80-7105-110-1.
90. Romaneckas, K., Romaneckiene, R., Šarauski, E., Pilipavičius, V., Sakalauskas, A. 2009. The effect of conservation primary and zero tillage on soil bulk density, water content, sugar beet growth and weed infestation. *Agronomy research*. 7(1). 73-86.
91. Rybáček, V. 1985. Cukrovka. SZN. Praha. 480 s.
92. Sářka, M., Materna, J. 2004. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. *Planeta. MŽP. Prha*. 12(11). 5. ISSN:1213-3393.
93. Seybold, C., Herrick, J. 2001. Aggregate stability kit for soil quality assessments. *Catena. Elsevier*. 44(1). 37-45.
94. Schlinker, G., Sander, G., Decker, M., Kremer-Schillings, W., Burcky, K., Koch, H. J. 2007. Ridge cultivation of sugarbeet – recent experiences and experimental results from Germany. *Zuckerind*. 132 (12). 920–924.
95. Schroth, G., Sinclair, F. 2003. Trees, crops and soil fertility concepts and research methods. Cabi publishing. Cambridge. p.451. ISBN: 0-85199-593-4.
96. Six, J., Elliot, E., Paustian, K., Doran, J. 1998. Aggregate and soil matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*. 62. 1367-1377.
97. Smrček, L., Bittner, V. 2012 Erozní půdy a cukrovka. Maribo seed international. Slavkov. 19 s. ISBN: 978-80-260- 1289-4.
98. Soukup, M., Doležal, F., Vlčková, M. 2006. Opatření v zemědělské krajině pro zlepšení vodních útvarů. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. 108 s. ISBN: 80-239-7643-5.
99. Sparks, D. L. 2003. Environmental soil chemistry. Academic Press. Boston. 352p. ISBN 01-265-6446-9.

100. Sposito, G. 2008. Chemistry of soils. Oxford university press. Oxford. p. 342. ISBN: 9780195313697.
101. Sumner, M., Huang P., Li, Y. 2011. Handbook of soil sciences: properties and processes. CRC press. p. 1442. ISBN: 9781439803059.
102. Šarapatka, B. 2008. Fyzikální degradace půdy a její ochrana. Zpravodaj ekozemědělci přírodě. Olomouc. (8). 26-27 s.
103. Šarapatka, B. 2014. Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého. Olomouc. s.232. ISBN: 978-80-244-3736-1.
104. Šimek, M. 2007. Základy nauky o půdě. Jihočeská univerzita. České Budějovice 158p. ISBN 80-704-0747-6.
105. Tan, K. H. 2014. Humic Matter in Soil and the Environment: Principles and Controversies. CRC press. p. 495. ISBN: 978-0824742720.
106. Teksl, M. 1996. Pěstování rostlin. Credit. Praha. s. 300. ISBN: 80-901-6457-9.
107. Tipl, M., Janeček, M., Bohuslávek, J. 2013. Vliv technologie pěstování kukuřice na půdní erozi. Agritech science. 8(3) 1-5.
108. Tipl, M., Kadlec, V. 2010. Ochranné obdělávání půdy a jeho vliv na snížení povrchového odtoku. Agritech science. 4 (3).
109. Tisdall, J., Adem, H. 1986. Effect of water content of soil and tillage on size-distribution of aggregates and infiltration. Journal experiental agriculture.26. 193-195.
110. Tlapák, V., Šálek, J., Legát, V. 1992. Voda v zemědělské krajině. Brázda Praha. s.320. ISBN: 80-209-0232-5.
111. Tomášek, M. 1995. Atlas půd České republiky. Vydavatelství Českého geologického ústavu. Praha. 41p.
112. Urban, J., Pulkrábek, J., Jozefyová, L., Šroller, J. 2003. Rezervy ve výživě a ochraně cukrovky. Úroda, tematická příloha, č. 12. 1-3 s.
113. Václavík, F. 2015. Řepka a degradace půdy. Moderní rostlinná výroba. (18). 6-8.
114. Vach, M., Javůrek, M. 2011. Efektivní technologie obdělávání půdy a zakládání porostů polních plodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 26 s.
115. Vach, M., Javůrek, M. 2012. Vliv zpracování na omezení následků vodní eroze na půdě typu cambisol. Vědecká příloha časopisu Úroda. Profi press. 387-390. ISSN: 0139-6013.

116. Vaněk, V., Balík, J., Černý, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Valtera, J. 2012. Výživa zahradních plodin. Academia. Praha. s. 575. ISBN: 978-80-200-2147-2.
117. Vaněk, V., Kolář, L., Balík, J., Tlustoš, P., Štípek, K. 2005. Agronomický a ekologický význam pH půd. Sborník racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku vápnění. ČZU. Praha.
118. Varallyay, G. 1990. Influence of climatic change on soil moisture, texture, structure and erosion. *Developments in Soil Science*. 20. 39-49.
119. Váška, J., Dostál, T., Vrána, K. 2000. Protierozní ochrana. Doporučený standard technický. Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě. Praha. 3 (17). 13 s.
120. Vavříček, D., Kučera, A. 2013. Lesnická pedologie. Mendelova univerzita. Brno. 184p.
121. Vopravi, J., Khel, T., Vrabcová, T., Novák, P., Novotný, I., Hladík, J., Vašků, Z., Jacko, K., Rožnovský, J., Janeček, M., Vácha, R., Pivcová, J., Kvítek, T., Fučík, P., Čermák, P., Janků, J., Pírková, I., Papaj, V., Banýrová, J. 2009. Půda a její hodnocení v ČR. VÚMOP. Praha. s. 148. ISBN: 978-80-87361-05-4 .
122. Vopravil, J., Khel, T., Havelková, L., Batysta, M. 2013. Studie zabývající se základní problematikou eroze půdy a jejím současným stavem v Ústeckém a Jihomoravském kraji České republiky. Sowac. Praha. p. 51.
123. Vopravil, J., Khel, T., Kulířová, P., Havelková, J. 2013. Nové metody hodnocení vodní eroze na VÚMOP, v.v.i. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. 7 s.
124. Wischmeier, W. H., Smith, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses – a Guide Book to Conservation Planning. *Agriculture Handbook*. US Department of Agriculture. Washington. 537. 60 p.
125. Wolf, B., Snyder, G. 2003. Sustainable soils. Food product press. New york. p. 352. ISBN: 1-56022-917-9.
126. Zachar, D. 1970. Erózia pôdy. SAV. Bratislava. 528 s.
127. Zhang, Z., Wei, C., Xie, D., Gao, M., Zeng, X. 2008. Effects of land use patterns on soil aggregate stability in Sichuan Basin, China. *Particuology*. 6 (3). 157–166.

9 Samostatné přílohy

Tabulka č. 4 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (24. 5. 2012)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost půdy % obj.		Trvání srážky (min)	Srážkový úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Infiltrace (mm)	Povrchový odtok (mm)	Ztráta půdy (t.ha ⁻¹)	
		před	po								
1.	Mělké kypření	Suchá	26,0	38,6	15	20,86	1,39	277	17,96	2,90	3,69
	Mokrý	38,6	40,2	20,71		1,38	24	10,11	10,60	6,26	
2.	Hluboká orba	Suchá	18,5	37,9	15	20,19	1,35	215	17,84	2,35	2,20
	Mokrý	37,9	41,1	20,33		1,36	32	13,18	7,15	5,02	
3.	Hluboké kypření	Suchá	18,2	37,3	15	20,49	1,37	206	18,94	1,55	1,30
	Mokrý	37,3	39,4	20,75		1,38	38	13,65	7,10	3,47	

Tabulka č. 5 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (6. 6. 2012)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost půdy % obj.		Trvání srážky (min)	Srážkový úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Infiltrace (mm)	Povrchový odtok (mm)	Ztráta půdy (t.ha ⁻¹)	
		před	po								
1.	Mělké kypření	Suchá	24,6	38,7	15	19,40	1,29	200	12,30	7,10	10,66
	Mokrý	38,7	39,9	18,88		1,26	30	6,38	12,50	23,77	
2.	Hluboká orba	Suchá	18,2	37,3	15	18,12	1,21	806	18,07	0,05	0,03
	Mokrý	37,3	39,4	18,67		1,24	53	17,17	1,50	0,76	
3.	Hluboké kypření	Suchá	19,5	35,2	15	18,67	1,24	-	18,67	0,00	0,00
	Mokrý	35,2	40,0	18,46		1,23	104	17,01	1,45	0,42	

Tabulka č. 6 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (1. 8. 2012)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost půdy % obj.		Trvání srážky (min)	Srážkový úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Infiltrace (mm)	Povrchový odtok (mm)	Ztráta půdy (t.ha ⁻¹)	
		před	po								
1.	Mělké kypření	Suchá	37,9	42,6	15	17,98	1,20	121	10,48	7,50	3,67
	Mokrý	42,6	48,2	17,53		1,17	14	6,03	11,50	4,27	
2.	Hluboká orba	Suchá	38,2	42,5	15	18,34	1,22	-	18,34	0,00	0,00
	Mokrý	42,5	48,7	18,06		1,20	-	18,06	0,00	0,00	
3.	Hluboké kypření	Suchá	38,7	42,1	15	18,12	1,21	-	18,12	0,00	0,00
	Mokrý	42,1	43,2	18,46		1,23	-	18,46	0,00	0,00	

Tabulka č. 7 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (2. 7. 2013)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost půdy % obj.		Trvání srážky (min)	Srážkový úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Infiltrace (mm)	Povrchový odtok (mm)	Ztráta půdy (t.ha ⁻¹)	
		před	po								
1.	Mělké kypření	Suchá	31,2	51,2	15	18,12	1,21	550	16,42	1,70	0,48
	Mokrý	51,2	53,4	18,86		1,26	15	8,46	10,40	5,61	
2.	Hluboká orba	Suchá	36,1	50,1	15	19,21	1,28	135	13,81	5,40	0,78
	Mokrý	50,1	51,5	19,06		1,27	31	10,06	9,00	5,50	
3.	Hluboké kypření	Suchá	28,1	50,9	15	17,62	1,17	-	17,62	0,00	0,00
	Mokrý	50,9	52,8	18,92		1,26	83	15,02	3,90	0,19	

Tabulka č. 8 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (31. 7. 2013)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost půdy % obj.		Trvání srážky (min)	Srážkový úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Infiltrace (mm)	Povrchový odtok (mm)	Ztráta půdy (t.ha ⁻¹)	
		před	po								
1.	Mělké kypření	Suchá	32,9	34,5	15	13,19	0,88	558	12,79	0,40	0,02
	Mokrý	34,5	38,7	17,58		1,17	50	12,83	4,75	0,37	
2.	Hluboká orba	Suchá	28,2	33,0	15	17,58	1,17	104	17,33	0,25	0,001
	Mokrý	33,0	37,1	17,50		1,16	86	16,95	0,55	0,003	
3.	Hluboké kypření	Suchá	30,8	34,4	15	17,45	1,16	-	17,45	0,00	0,000
	Mokrý	34,4	37,3	16,44		1,10	350	16,09	0,35	0,001	

Tabulka č. 9 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (2. 6. 2014)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost půdy % obj.		Trvání srážky (min)	Srážkový úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Infiltrace (mm)	Povrchový odtok (mm)	Ztráta půdy (t.ha ⁻¹)	
		před	po								
1.	Mělké kypření	Suchá	29,2	39,1	20	25,72	1,29	495	17,32	8,40	1,28
	Mokrý	39,1	41,8	25,67		1,28	28	7,42	18,25	9,95	
2.	Hluboká orba	Suchá	26,2	36,3	20	25,71	1,29	453	22,11	3,60	0,11
	Mokrý	36,3	40,9	25,66		1,28	62	18,76	6,90	0,31	
3.	Hluboké kypření	Suchá	23,7	34,6	20	25,79	1,29	229	16,24	9,55	0,51
	Mokrý	34,6	40,8	25,36		1,27	36	10,21	15,15	2,26	

Tabulka č. 10 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (12. 6. 2014)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost půdy % obj.		Trvání srážky (min)	Srážkový úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Infiltrace (mm)	Povrchový odtok (mm)	Ztráta půdy (t.ha ⁻¹)	
		před	po								
1.	Mělké kypření	Suchá	24,0	35,1	20	25,73	1,29	562	18,63	7,10	0,99
	Mokrá	35,1	36,4								
2.	Hluboká orba	Suchá	12,4	24,2	20	25,74	1,29	-	25,74	0,00	0,00
	Mokrá	24,2	29,7								
3.	Hluboké kypření	Suchá	11,6	24,7	20	25,57	1,28	-	25,57	0,00	0,00
	Mokrá	24,7	32,8								

Tabulka č. 11 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (29. 5. 2015)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost půdy % obj.		Trvání srážky (min)	Srážkový úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Infiltrace (mm)	Povrchový odtok (mm)	Ztráta půdy (t.ha ⁻¹)	
		před	po								
1.	Mělké kypření	Suchá	20,2	37,2	20	24,85	1,24	1056	24,25	0,29	0,02
	Mokrá	37,2	37,5								
2.	Hluboká orba	Suchá	19,6	33,7	20	24,85	1,24	196	18,21	6,29	2,45
	Mokrá	33,7	34,2								
3.	Hluboké kypření	Suchá	20,3	39,5	20	24,85	1,24	794	24,03	0,43	0,03
	Mokrá	39,5	39,8								

Tabulka č. 12 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (17. 6. 2015)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost půdy % obj.		Trvání srážky (min)	Srážkový úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Infiltrace (mm)	Povrchový odtok (mm)	Ztráta půdy (t.ha ⁻¹)	
		před	po								
1.	Mělké kypření	Suchá	21,9	36,8	20	24,85	1,24	297	21,43	3,00	0,63
	Mokrá	36,8	37,1								
2.	Hluboká orba	Suchá	17,8	35,2	20	24,85	1,24	782	24,36	0,05	0,01
	Mokrá	35,2	35,6								
3.	Hluboké kypření	Suchá	17,8	43,6	20	24,85	1,24	220	23,58	0,81	0,00
	Mokrá	43,6	43,8								

Tabulka č. 13 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2012

Varianta	Výnos bulev (t.ha ⁻¹)	Výnos chrástu (t.ha ⁻¹)	Cukernatost (%)	Obsah melasotvorných látek			Výnos polarizačního cukru (t.ha ⁻¹)	Teoretická výtěžnost (%)	Výnos bílého cukru (t.ha ⁻¹)	Výnos bulev pře počítaný na 16 % cuk. (t.ha ⁻¹)	
				alfaaminoN (mmol.100g ⁻¹)	draslík (mmol.100g ⁻¹)	sodík (mmol.100g ⁻¹)					
1.	Mělké kypření	96,32 a	46,44 a	19,67 a	0,85 a	3,18 a	0,25 a	18,81 a	18,12 a	17,33 a	122,03 a
2.	Hluboká orba	100,67 a	51,02 a	19,71 a	0,82 a	3,12 a	0,27 a	20,16 a	18,18 a	18,60 a	130,78 a
3.	Hluboké kypření	99,87 a	50,89 a	19,84 a	0,75 a	3,01 a	0,22 a	19,54 a	18,37 a	18,09 a	126,94 a
F-test		0,28	0,62	0,12	0,31	0,6	0,51	0,76	0,65	0,81	0,77
p (α)		0,7581	0,5559	0,888	0,7661	0,5783	0,6262	0,4877	0,5391	0,4697	0,4858
d _{amin.}		16,4605	12,5414	1,13599	0,39831	0,479502	0,146557	2,92266	0,613696	2,69144	18,9449

Jednofaktorová analýza rozptylu (n = 15). Průměry označené odlišnými písmeny vyjadřují průkazné orzdíly na hladině významnosti 95 % (α = 0,05) podle Tukeyho metody

Hodnota d_{amin.} odpovídá minimálnímu rozdílu mezi průměry hodnot, který je statisticky průkazný.

Tabulka č. 14 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2012 (uvedeno rel. v %)

Varianta	Výnos bulev	Výnos chrástu	Cukernatost	Obsah melasotvorných látek			Výnos polarizačního cukru	Teoretická výtěžnost	Výnos bílého cukru	Výnos bulev pře počítaný na 16 % cuk.
				alfaaminoN	draslík	sodík				
1.	Mělké kypření	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
2.	Hluboká orba	104,52%	109,84%	100,20%	96,08%	97,91%	105,26%	107,14%	100,34%	107,31%
3.	Hluboké kypření	103,69%	109,57%	100,88%	88,24%	94,66%	86,84%	103,87%	101,39%	104,42%

Tabulka č. 15 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2013

Varianta		Výnos bulev (t.ha ⁻¹)	Výnos chrástu (t.ha ⁻¹)	Cukernatost (%)	Obsah melasotvorných látek			Výnos polarizačního cukru (t.ha ⁻¹)	Teoretická výtěžnost (%)	Výnos bílého cukru (t.ha ⁻¹)	Výnos bulev přepočítaný na 16 % cuk. (t.ha ⁻¹)
					alfaaminoN	draslík	sodík				
					(mmol.100g ⁻¹)	(mmol.100g ⁻¹)	(mmol.100g ⁻¹)				
1.	Mělké kypření	76,95 a	24,34 a	18,63 b	0,71 a	5,71 a	0,35 b	14,34 a	16,20 b	12,46 a	92,17 a
2.	Hluboká orba	95,79 c	46,67 c	17,77 a	1,38 b	5,20 b	1,09 a	17,02 b	15,20 a	14,55 b	108,55 b
3.	Hluboké kypření	87,17 b	36,53 b	18,90 b	0,79 a	5,15 b	0,34 b	16,48 b	16,66 c	14,52 b	106,21 b
F-test		26,23	60,77	61,09	18,9	8,09	82,67	17,63	377,26	16,84	16,66
p (α)		0,000	0,000	0,0001	0,0026	0,0198	0,000	0,0003	0,000	0,0003	0,0003
d _{αmin.}		6,96596	5,42636	0,327605	0,366392	0,46879	0,205743	1,27864	0,145612	1,10457	8,21264

Jednofaktorová analýza rozptylu (n = 15). Průměry označené odlišnými písmeny vyjadřují průkazné orzdíly na hladině významnosti 95 % (α = 0,05) podle Tukeyho metody.

Hodnota d_{αmin.} odpovídá minimálnímu rozdílu mezi průměry hodnot, který je statisticky průkazný.

94 Tabulka č. 16 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2013 (uvedeno rel. v %)

Varianta		Výnos bulev	Výnos chrástu	Cukernatost	Obsah melasotvorných látek			Výnos polarizačního cukru	Teoretická výtěžnost	Výnos bílého cukru	Výnos bulev přepočítaný na 16 % cuk.
					alfaaminoN	draslík	sodík				
1.	Mělké kypření	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
2.	Hluboká orba	124,47%	191,75%	95,38%	194,84%	91,12%	314,42%	118,75%	93,80%	116,76%	117,77%
3.	Hluboké kypření	113,28%	150,10%	101,45%	111,74%	90,25%	98,08%	114,95%	102,81%	116,49%	115,23%

Tabulka č. 17 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2014

Varianta		Výnos bulev (t.ha ⁻¹)	Výnos chrástu (t.ha ⁻¹)	Cukernatost (%)	Obsah melasotvorných látek			Výnos polarizačního cukru (t.ha ⁻¹)	Teoretická výtěžnost (%)	Výnos bílého cukru (t.ha ⁻¹)	Výnos bulev přepočítaný na 16 % cuk. (t.ha ⁻¹)
					alfaaminoN	draslík	sodík				
					(mmol.100g ⁻¹)	(mmol.100g ⁻¹)	(mmol.100g ⁻¹)				
1.	Mělké kypření	68,21 a	39,51 a	17,39 a	1,27 a	4,31 a	0,31 a	10,44 a	15,40 a	9,24 a	66,29 a
2.	Hluboká orba	94,53 b	51,24 b	19,01 c	0,88 b	3,99 b	0,17 b	17,14 b	17,21 c	15,52 b	110,58 b
3.	Hluboké kypření	102,11 b	54,63 b	18,37 b	1,21 a	3,28 c	0,16 b	18,60 c	16,79 b	17,00 c	119,31 b
F-test		12,85	6,86	35,19	9,42	125,61	84,59	137,6	149,02	144,87	136,3
p (α)		0,001	0,013	0,0005	0,041	0,0000	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
d _{αmin.}		18,7816	11,4604	0,595551	0,298652	0,202841	0,0391084	1,40379	0,293492	1,29501	9,21127

Jednofaktorová analýza rozptylu (n = 15). Průměry označené odlišnými písmeny vyjadřují průkazné orzdíly na hladině významnosti 95 % (α = 0,05) podle Tukeyho metody.

Hodnota d_{αmin.} odpovídá minimálnímu rozdílu mezi průměry hodnot, který je statisticky průkazný.

Tabulka č. 18 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2014 (uvedeno rel. v %)

Varianta		Výnos bulev	Výnos chrástu	Cukernatost	Obsah melasotvorných látek			Výnos polarizačního cukru	Teoretická výtěžnost	Výnos bílého cukru	Výnos bulev přepočítaný na 16 % cuk.
					alfaaminoN	draslík	sodík				
1.	Mělké kypření	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
2.	Hluboká orba	138,59%	129,70%	109,29%	69,11%	92,65%	55,91%	164,24%	111,75%	167,93%	166,81%
3.	Hluboké kypření	149,72%	138,27%	105,63%	94,94%	76,21%	52,26%	178,24%	109,01%	183,92%	179,96%

Tabulka č. 19 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2015

Varianta		Výnos bulev	Výnos chrástu	Cukernatost	Obsah melasotvorných látek			Výnos polarizačního cukru	Teoretická výtěžnost	Výnos bílého cukru	Výnos bulev pře počítaný na 16 % cuk.
					alfaaminoN	draslík	sodík				
		(t.ha ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)	(%)	(mmol.100g ⁻¹)	(mmol.100g ⁻¹)	(mmol.100g ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)	(%)	(t.ha ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)
1.	Mělké kypření	97,36 a	37,94 a	18,50 a	1,85 a	4,16 a	0,46 a	17,84 a	16,45 a	15,87 a	114,58 a
2.	Hluboká orba	106,28 ab	37,07 a	18,73 a	1,73 a	4,27 a	0,51 a	20,10 b	16,64 a	17,85 b	129,32 b
3.	Hluboké kypření	109,68 b	37,81 a	18,67 a	1,76 a	4,24 a	0,52 a	21,27 b	16,58 a	18,90 b	136,81 b
F-test		6,42	0,06	0,47	0,09	0,08	0,23	24,61	0,55	20,14	24,18
p (α)		0,013	0,940	0,6463	0,9157	0,9232	0,7984	0,0001	0,59130	0,0001	0,0001
d _{αmin.}		9,49843	7,09637	0,760798	0,933392	0,867122	0,295129	1,32955	0,490294	1,29888	8,7046

Jednofaktorová analýza za rozptylu (n = 15). Průměry označené odlišnými písmeny vyjadřují průkazné orzdíly na hladině významnosti 95 % (α = 0,05) podle Tukeyho metody.

Hodnota d_{αmin.} odpovídá minimálnímu rozdílu mezi průměry hodnot, který je statisticky průkazný.

96

Tabulka č. 20 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2015 (uvedeno rel. v %)

Varianta		Výnos bulev	Výnos chrástu	Cukernatost	Obsah melasotvorných látek			Výnos polarizačního cukru	Teoretická výtěžnost	Výnos bílého cukru	Výnos bulev pře počítaný na 16 % cuk.
					alfaaminoN	draslík	sodík				
1.	Mělké kypření	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
2.	Hluboká orba	109,16%	97,71%	101,26%	93,35%	102,64%	111,59%	112,63%	101,15%	112,48%	112,86%
3.	Hluboké kypření	112,65%	99,66%	100,90%	94,96%	101,92%	113,04%	119,21%	100,77%	119,10%	119,41%

Obrázek č. 1 - Průběh umělého zadeštění



Obrázek č. 2 - Polní simulátor deště



Obrázek č. 3 - Znázornění míry infiltrace



Obrázek č. 4 - Zadeštění na variantě č. 1 (mělké kypření)



Obrázek č. 3 - Umělé zateštění



Seznam příloh

Tabulka č. 4 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (24. 5. 2012)

Tabulka č. 5 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (6. 6. 2012)

Tabulka č. 6 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (1. 8. 2012)

Tabulka č. 7 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (2. 7. 2013)

Tabulka č. 8 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (31. 7. 2013)

Tabulka č. 9 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (2. 6. 2014)

Tabulka č. 10 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (12. 6. 2014)

Tabulka č. 11 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (29. 5. 2015)

Tabulka č. 12 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách (17. 6. 2015)

Tabulka č. 13 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2012

Tabulka č. 44 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2012 (uvedeno rel. v %)

Tabulka č. 15 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2013

Tabulka č. 16 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2013 (uvedeno rel. v %)

Tabulka č. 17 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2014

Tabulka č. 18 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2014 (uvedeno rel. v %)

Tabulka č. 19 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2015

Tabulka č. 20 - Vliv podzimního zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2015 (uvedeno rel. v %)

Obrázek č. 4 - Průběh umělého zadržování

Obrázek č. 5 - Polní simulátor deště

Obrázek č. 3 - Znárodnění míry infiltrace

Obrázek č. 4 - Zadržování na variantě č. 1 (mělké kypření)

Obrázek č. 6 - Umělé zadržování