

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



**Využití půdoochranných technologií v pěstování cukrové
řepy**

Bakalářská práce

Autor práce: Jakub Hybler

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

© 2014 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne:

Podpis autora práce:

Poděkování

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

Souhrn

Půda jako jedna z nejcennějších přírodních bohatství podléhá řadě degradací. Jedním z nejvýznamnějších degradačních procesů je vodní eroze půdy, která v České republice ohrožuje zhruba 50 % orné půdy. Z těchto důvodů byla v posledních letech věnována velká pozornost vlivu zpracování půdy na působení vodní eroze půdy.

Cílem této bakalářské práce bylo posouzení vlivu zpracování půdy (mělké kypření, hluboká orba a hluboké kypření) na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy, ale také na výnos a cukernatost této plodiny.

Pro hodnocení vlivu zpracování půdy byly v letech 2012 a 2013 založeny přesné polní pokusy na pozemcích společnosti Agro Chomutice a.s. Pokusy byly založeny ve třech variantách (1. mělké kypření - hloubka zpracování 13 cm tato varianta byla jako kontrolní; 2. hluboká orba - hloubka zpracování 25 cm; 3. hluboké kypření - hloubka zpracování 25 cm).

V průběhu vegetace cukrové řepy byly vybrány termíny zadeš'ování, které odpovídají různým růstovým fázím a pokryvnosti povrchu půdy cukrovou řepou. V roce 2012 byly vybrány tři termíny - 1. cukrová řepa má 8-12 listů (24. 5. 2012), 2. cukrová řepa má 12-16 listů (6. 6. 2012) a 3. cukrová řepa má 22-28 listů (1. 8. 2012). V roce 2013 z důvodu nepřízně počasí byla provedena pouze dvě zadeš'ování - 1. cukrová řepa má 18-22 listů (2. 7. 2013) a 2. cukrová řepa má 22-28 listů (31. 7. 2013). Zadeš'ování bylo prováděno polním simulátorem deště a byla měřena míra infiltrace (mm), ztráta půdy ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a povrchový odtok (l).

Sklizeň byla provedena ručně. Při sklizni byla na každé parcele zjištěna hmotnost bulev a chrástu. Dále byly při sklizni odebrány z jednotlivých parcel vzorky pro technologický rozbor (stanovení cukernatosti, obsahu α - aminodusíku, draslíku a sodíku). Na základě těchto ukazatelů byl vypočítán výnos polarizačního cukru, teoretická výtěžnost a výnos bílého cukru.

V roce 2012 při prvním měření na variantě s hlubokým kypřením byla ztráta půdy za suchého stavu půdy $1303 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, to představuje snížení ztráty půdy o 64,7 % oproti variantě s mělkým kypřením a snížení o 40,7 % oproti variantě s hlubokou orbou. Při druhém měření se již uplatnil vliv pokryvnosti půdy nadzemní biomasou. Na variantě s hlubokým kypřením nebyla za suchého stavu naměřena žádná ztráta půdy. Nízká ztráta půdy byla naměřena také na variantě s hlubokou orbou a to pouhých $25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, to představuje snížení ztráty půdy oproti variantě s mělkým kypřením o 99,76 %. Během třetího zadeš'ování už nebyla prokázána žádná ztráta půdy u variant s hlubokou orbou a hlubokým kypřením.

Varianta s hlubokým kypřením v roce 2012 zaznamenala nejvyšší cukernatost (19,9 %) a dosáhla nejvyššího výnosu bulev přepočítaného na 16 % cukernatost (129,3 t.ha⁻¹).

V roce 2013 potvrdila varianta s hlubokým kypřením svůj pozitivní vliv na vodní erozi půdy. U této varianty při prvním měření nebyla prokázána žádná ztráta půdy za suchého stavu. Varianta s hlubokou orbou měla vyšší ztrátu půdy o 61,9 % (tj. ztráta půdy 782 kg.ha⁻¹) než varianta s mělkým kypřením. Při druhém měření za suchého stavu půdy nebyla naměřena žádná ztráta půdy u varianty s hlubokým kypřením. Varianta s hlubokou orbou zaznamenala ztrátu půdy jen 1 kg.ha⁻¹, to bylo snížení o 93,33 % oproti variantě s mělkým kypřením. Varianta s hlubokým kypřením dosáhla opět nejvyšší cukernatosti (18,9 %), to bylo zvýšení cukernatosti o 6,17 % rel. oproti variantě s hlubokou orbou. Vzhledem k vysokému výnosu bulev (95,79 t.ha⁻¹) u varianty s hlubokou orbou, byl také výnos bulev přepočítaný na 16 % cukernatost v roce nejvyšší u této varianty (108,6 t.ha⁻¹).

Z dvouletých pokusů byl jednoznačně prokázán pozitivní vliv hlubokého kypření a hluboké orby na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy a prokazatelné působení na zvýšení cukernatosti oproti ostatním variantám. Hluboké kypření jasně zvyšovalo míru infiltrace srážek a tím snižovalo ztrátu půdy. Méně příznivě oproti hlubokému kypření se projevila varianta s hlubokou orbou. Vykazovala v obou letech sníženou míru infiltrace a tím i zvýšení ztráty půdy v porovnání s hlubokým kypřením, ale oproti ostatním variantám zaznamenala v obou letech nejvyššího výnosu bulev. Nejhorších výsledků v obou pokusných letech bylo dosaženo u mělkého kypření.

Klíčová slova: půdoochranné technologie, řepa cukrová, kypření, vodní eroze půdy, výnos, cukernatost

Summary

Soil as one of the most valuable natural wealth is a subject for series of degradation. One of the most important degradation processes is water soil erosion which threatens about 50 % of arable land in the Czech Republic. For these reasons great attention have been paid to the influence of soil cultivation on water soil erosion in recent years.

The objective of this bachelor thesis was to assess the effect of soil cultivation (shallow loosening, deep plowing and deep loosening) on water soil erosion in the growth of sugar beet and additionally on yield and sugar content of the crop.

For the evaluation of the effect of soil cultivation precise field trials were based on land of Agro Chomutice a.s. in 2012 and 2013. Experiments were established in three variants (1. shallowripper - 13 cm depth processing, this variant was as a control; 2. Deep plowing - 25 cm depth processing; 3. Deep loosening – depth was 25 cm).

During the vegetation period of sugar beet rainfall dates which correspond to different phases of growth and ground cover surface of sugar beet were selected. In 2012, three dates were selected - 1. sugar beet has 8-12 leaves (24. 5. 2012), 2. sugar beet leaves number is 12-16 (6. 6. 2012) and 3. sugar beet leaves number is 22-28 (1. 8. 2012). In 2013, there were performed only two rainfalls because of bad weather - 1. sugar beet has 18 to 22 leaves (2. 7. 2013) and 2. sugar beet has 22-28 leaves (31. 7. 2013). Artificial precipitations were made by field rain simulator and were measured in filtration rate (mm), loss of soil (kg ha^{-1}) and surface run off (l).

Harvesting was done manually. At harvest, on each parcel the mass of roots and leaves was detected. Furthermore samples from individual parcel for technological analysis were taken at the harvest (determination of the sugar content, the content of α - aminonitrogen, potassium and sodium). On the basis of these indicators polarization sugar yield, theoretical yield and yield of whitesugar were calculated.

During the first measurements in 2012 in the variation with deep loosening the soil loss at the dry state of soil was $1303 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. This is a decrease in soil loss by 64.7 % against to the variant with shallow loosening and decrease of 40.7 % against to the variant with deep plowing. At the second measurements influence of coverage soil above ground biomass had an impact. The variant with deep loosening was not measured for the dry state, no soil loss. Low soil loss was measured also in the variant with deep plowing - only $25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, this represents a reduction in soil loss of 99.76 % in comparison to the variant with shallow loosening. During the third artificial rainfall there have already been no evidence of soil loss

in variants with deep plowing and deep loosening. The variant of deep loosening in 2012 recorded the highest sugar content (19.9 %) and reached the highest yield of roots recalculated to 16 % sugar content (129.3 t.ha^{-1}).

Measurements in 2013 confirmed a positive effect on water erosion of the variant with deep loosening. In this variant the first measurement had no evidence of loss of soil in dry conditions. The variant with deep tillage had higher soil loss by 61.9 % (i.e. soil loss 782 kg.ha^{-1}) than the variant with shallow loosening. At the second measurements during dry state of the soil no loss of soil was recorded on variant with deep loosening. The variant with deep plowing recorded only 1 kg.ha^{-1} soil loss, that was a decrease of 93.33 % in comparison to the variant with shallow loosening. The deep loosening variant reached the highest sugar content (18.9 %) in 2013. It was an increase of the sugar content of 6.17 % rel. compared to the variant with deep plowing. Due to the high yield of roots (95.79 t.ha^{-1}) a variant with deep tillage was with the yield of roots calculated to 16 % the variant with the highest sugar content too (108.6 t.ha^{-1}).

The two-year experiment clearly demonstrated the positive influence of deep loosening and deep plowing on water erosion in growth of sugar beet and demonstrable effect on the increase in sugar content than other variants. Deep loosening clearly increased the rate of infiltration of rainfall and reduce a soil loss. The variant with deep plowing resulted less favorably against deep loosening. In both years a reduced level of infiltration was shown there by increasing soil loss in comparison to deep loosening, but when compared to other variants recorded in both years, there was the highest yield of roots. The worst results in both experimental years were achieved in a shallow cultivation.

Keywords: soil conservation technologies, beetsugar, loosening, water erosion, yield, sugar content

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce	12
3 Literární rešerše	13
3.1 Eroze půdy	13
3.1.1 Pojem eroze.....	13
3.1.2 Příčiny eroze	14
3.1.3 Důsledky eroze	17
3.1.4 Druhy eroze.....	18
3.1.4.1 Třídění eroze podle intenzity	18
3.1.4.2 Třídění eroze podle činitele	18
3.1.5 Eroze v České republice	19
3.1.6 Větrná eroze	21
3.1.7 Vodní eroze.....	22
3.1.7.1 Dělení vodní eroze	22
3.1.7.1.1 Povrchové vodní eroze.....	22
3.1.7.1.2 Podpovrchové vodní eroze.....	23
3.1.7.2 Faktory ovlivňující vodní erozi.....	23
3.1.7.3 Důsledky vodní eroze	24
3.1.8 Posuzování a hodnocení míry erozního ohrožení půd v České republice	24
3.1.8.1 Simulační modely	25
3.1.8.1.1 Vybrané simulační metody testované v České republice	25
3.1.8.1.2 Empirické modely	25
3.1.9 Použití standardů GAEC 1 a 2	27
3.1.9.1 Kontrola podmíněnosti a standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC).....	27

3.1.9.2 Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu v České republice	28
3.1.9.2.1 GAEC 1.....	28
3.1.9.2.2 GAEC 2.....	29
3.2 Ochrana půd proti vodní erozi	29
3.2.1 Opatření proti vodní erozi.....	30
3.2.2 Opatření organizačního charakteru	31
3.2.3 Opatření technického charakteru	31
3.2.4 Opatření agrotechnického charakteru	31
3.2.4.1 Typy agrotechnických protierozních opatření	32
3.2.4.1.1 Vrstevnicové obdělávání.....	32
3.2.4.1.2 Hrázkování a důlkování	32
3.2.4.1.3 Ochranné obdělávání půdy	33
3.2.4.1.4 Plečkování, dlátování, podrývání.....	34
3.2.4.2 Půdoochranné pěstování cukrové řepy	35
3.2.4.2.1 Bezorebné a minimalizační pěstování cukrové řepy	35
3.2.4.2.2 Metoda pěstování cukrovky v hrůbku	37
3.2.4.2.3 Zhodnocení minimalizačních a půdoochranných technologií v pěstování cukrové řepy	38
3.3 Cukrová řepa.....	39
3.3.1 Význam a využití cukrové řepy	39
3.3.2 Biologie cukrové řepy.....	40
3.3.3 Výnosový potenciál cukrové řepy	41
4 Materiál a metody	43
4.1 Základní informace o pokusném stanovišti	43
4.2 Metodika pokusu.....	44
4.2.1 Agrotechnika pokusů	45
4.2.2 Hodnocení pokusů	46

5 Výsledky	48
5.1 Vliv zpracování půdy na vodní erozi půdy u cukrové řepy	48
5.1.1 Hodnocení vlivu zpracování půdy na vodní erozi půdy v roce 2012	48
5.1.1.1 Hodnocení ztráty půdy v roce 2012	48
5.1.1.2 Míra infiltrace v roce 2012	50
5.1.2 Hodnocení vlivu zpracování půdy na vodní erozi půdy v roce 2013	53
5.1.2.1 Hodnocení ztráty půdy v roce 2013	53
5.1.2.2 Míra infiltrace v roce 2013	54
5.2 Vliv zpracování půdy na výnos a cukernatost cukrové řepy	56
5.2.1 Vliv zpracování půdy na výnos a cukernatost v roce 2012	56
5.2.2 Vliv zpracování na výnos a cukernatost v roce 2013	59
6 Diskuze	63
6.1 Vliv zpracování půdy na vodní erozi půdy	63
6.2 Vliv pokryvnosti porostu cukrové řepy na vodní erozi půdy	64
6.3 Vliv zpracování na výnos a cukernatost cukrové řepy	65
7 Závěr	67
8 Seznam literatury	70
9 Samostatné přílohy	76

1 Úvod

Půda je jedním z nejcennějších přírodních bohatství. Představuje významnou část životního prostředí a je jedním z nejdůležitějších výrobních prostředků v zemědělství a lesnictví.

Půdu však ohrožuje řada degradačních procesů, které vedou ke snížení její produkční i mimoprodukční schopnosti. V České republice je půda nejvíce ohrožována acidifikací, utužením, sesuvy, znečištěním, ztrátou organické hmoty, větrnou a vodní erozí.

A právě vodní eroze je jedním z nejnebezpečnějších ohrožení půdy. Na území naší republiky je zhruba 50 % orné půdy ohroženo vodní erozí. Negativní působení vodní eroze spočívá v přemístování organických a minerálních částic půdy z erodovaných ploch a jejich následné ukládání na jiných místech. Nejvíce náchylné na vodní erozi půdy jsou erozně nebezpečné plodiny. Do této skupiny řadíme i cukrovou řepu, která je hlavně zpočátku vegetace díky pomalejšímu zapojení porostu ohrožena vodní a větrnou erozí.

Cukrová řepa je po cukrové třtině nejrozšířenější plodinou pro výrobu cukru. Dnes připadá na cukr z cukrové řepy zhruba 20 % cukerného trhu. 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.

Cukrová řepa se nejčastěji pěstuje v podmínkách mírného pásu. Dle FAO se v roce 2012 na celém světě pěstovala cukrová řepa na 4 900 845 ha a jejími největšími producenty jsou Rusko (1 102 000 ha), USA (487 330 ha), Ukrajina (448 900 ha), Německo (402 000 ha) a Francie (389 558 ha). Česká republika je v celosvětovém pořadí v pěstování cukrové řepy na 14. místě a dle ČSÚ se v roce 2013 pěstovalo 62 401 ha cukrové řepy.

Čemu se, ale pěstitel nemůže vyhnout je pěstování cukrové řepy na mírně erozně ohrožených půdách. 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 ať už vodní či větrnou a zabránit ztrátám na výnosových a kvalitativních parametrech cukrové řepy.

Ochrana půd před vodní erozí se stala také i 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 Cíl práce

Cílem práce je zpracovat přehled literatury o vlivu kypření na výnosové a kvalitativní ukazatele řepy cukrové a posouzení vlivu kypření na vodní erozi půdy.

3 Literární rešerše

3.1 Eroze půdy

3.1.1 Pojem eroze

Půda je jednou z hlavních složek životního prostředí. Je velmi citlivou součástí krajiny. Půda je nenahraditelná, její zdroje jsou omezené. Činností člověka i dalšími vlivy je půda různým způsobem poškozována, hlavní způsoby jejího poškozování jsou eroze, narušování vodního režimu a struktury půdy, zhutnění půdy, okyselování půdy, znečištění cizorodými látkami, zvýšený obsah dusičnanů (Teksl, 1996).

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 nánosu (Hůla et al., 2008). Všeobecně se pod pojmem eroze půdy (soil erosion) 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 et al., 2002).

Eroze dle Ottova naučného slovníku: Pod tímto jménem geologie a fyzikální geografie zahrnuje veškerou rušivou a částečně tvořivou činnost vody a elementů meteorologických, pokud se tato vztahuje k utváření povrchu naší země (Hlaváčková, 2011).

Je to reliéfový proces, starší než pohoří tvořená sedimentárními horninami (Podhrázká, 2009). Eroze jako výsledek působení přirozených činitelů, zejména vody a větru, se podílela na utváření krajiny v geologických dobách v daleko větším měřítku než dnes. Jejím působením byly mimo jiné vytvářeny i takové přírodní útvary, jejíž krása a unikátnost významně obohacuje i naši krajinu. Totéž však nelze říci o současné erozi, jak o tom svědčí nejen „vybělená“ místa na svažitéch pozemcích, stále se zvyšující šterkovitost půdy a snižování hloubky jejího profilu, ale především pole rozbrázděná po přívalových deštích erozními rýhami, zatímco na úpatí pozemků se rostliny utápí v nánosech smyté zeminy. Často však tak eroze nekončí, ale působí další škody, vytváří hluboké strže, silně zakaluje vodu a zanáší sedimenty potoky, řeky a nádrže, poškozují obytné a provozní budovy apod. Tyto škody jsou zpravidla ohodnocovány desítkami miliónů korun (Hůla et al., 2003).

Intenzivní využívání půdy pro zemědělskou výrobu a realizace investiční výstavby porušila postupně přirozený kryt půdy a vystavila její povrch působení erozních sil. Rozvinula se eroze, spočívající v destrukčním účinku vody a větru na půdní povrch. Dochází k rozrušování a odnosu půdní hmoty zemského povrchu a jejímu ukládání v místech poklesu účinnosti erozních faktorů. Zároveň dochází k transportu chemických látek z půdy tekoucí vodou, jež způsobují v mnoha případech výrazné zhoršení jakosti povrchových i podzemních vod a současně ztrátu živin pro vegetaci (Holý, 1994).

3.1.2 Příčiny eroze

Kombinace přírodních a antropogenních faktorů

Klimatické a hydrologické

- zeměpisná poloha
- nadmořská výška
- množství, rozdělení a intenzita srážek
- teplota, oslunění, výpar, odtok

Morfologické

- sklon území
- délka a tvar svahu
- expozice, návětrnost

Geologické a půdní

- povaha horninového substrátu
- půdní druh a půdní typ
- textura a struktura půdy, její vlhkost a zvrstvení, obsah humusu

Vegetační

- hustota a délka trvání pokryvu

Způsob využívání a obhospodařování půdy

- poloha a tvar pozemků
- směr obdělávání a střídání plodin (Podhrázská, 2008).

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

Od 1. 1. 2014 došlo ke změně terminologie v označení tzv. „širokořádkových“ plodin u standardu GAEC 2. Pro výstižnější označení skupiny plodin, které jsou vyjmuty z pěstování na silně erozně ohrožených půdách a na mírně erozně ohrožených plochách je jejich pěstování podmíněno použitím půdoochranných technologií, je nově zaveden výraz „erozně nebezpečné“ plodiny (Anonym, 2014).

Scelování půdních bloků

Díky intenzifikaci zemědělské výroby v minulosti, jsou v ČR největší půdní bloky v Evropě, což průběh vodní eroze jen podporuje. Navíc byly při scelování pozemků ve velkém rušeny hydrografické a další krajinné prvky (rozorání mezí, zatravněných údolnic, polních cest, likvidace rozptýlené zeleně apod.), které zrychlenou erozi 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

Snižování propustnosti půdy pro vodu vede ke zvyšování povrchového odtoku vody a erozi půdy (Basic et al., 2004). Nadměrné zhutnění půdy negativně působí na mimoprodukční (ekologickou) funkci 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) (Javůrek a Vach, 2008).

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

Vlivem klimatické změny na vodní režim, texturu, strukturu a erozi půd se zabýval Varallyay (1990). Došel k závěru, že nejvíce bude ovlivněn klimatickou změnou vodní režim půd, méně struktura a textura půd. Zvýšení ohrožení půd, zejména větrnou erozí, předpokládá Dregne (1990) vlivem klimatického oteplování v aridních oblastech. Podstatu a příčiny vodní eroze na orných půdách studovali Davidson a Harison (1995). Její rozsah vysvětlují změnami ve využívání krajiny a variabilitou klimatu, zvláště nárůstem srážek v posledních dvaceti letech. K podobným závěrům došli i Favis et al. (1995). Podle jejich odhadu by 10 % nárůst srážek mohl mít za následek zvýšení eroze až o 50 %.

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). Činnost půdních agregátů je

důležitá pro zajištění stability nežádoucích erozních procesů, pro zachování pórovitosti, pohybu vody v půdě, zlepšení úrodnosti a ukládání organické hmoty v půdě (Nichols et al., 2004). V současné době existuje celá řada studií, jejichž výsledky potvrzují výrazný ochranný efekt metod zpracování půdy, které jsou využívány v rámci půdoochranných technologií, účinkům větrné a zejména vodní eroze v rizikových oblastech. Bylo prokázáno, že nekypřené, nebo minimálně zpracované půdy jsou více rezistentní proti erozi, než půdy obdělávané konvenčně (Vach a Javůrek, 2011). Naopak Javůrek et al. (2012) uvádí že, pravidelně kypřená půda je velmi málo odolná účinkům vody, a proto nejvíce zranitelná erozí.

3.1.3 Důsledky eroze

Zrychlená eroze zemědělských půd vážně ohrožuje produkční a mimoprodukční funkce půd a vyvolává mnohamiliónové škody v intravilánech měst a obcí. Ty jsou způsobovány povrchovým odtokem a smyvem půdy zejména ze zemědělských pozemků. Přehlížet nelze ani časté škody vyvolané větrnou erozí. Eroze půdy ochuzuje nejúrodnější půdy – ornici, zhoršuje fyzikálně chemické vlastnosti půd, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje štěrkovitost, 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). 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. V případě větrné eroze jde především o poškozování klíčících rostlin, znečištění ovzduší, škody navátím ornice atd. (Hladík et al., 2012).

Ztráta půdy

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).

3.1.4 Druhy eroze

3.1.4.1 Třídění eroze podle intenzity

Historická eroze, jež se v minulých geologických obdobích podílela na vytváření formy zemského reliéfu, byla vystřídána v současné epoše soudobou erozí, modelující dále zemský povrch. Projevuje se jako eroze normální, při níž erozní jevy probíhají zvolna při stavu rovnováhy v přírodě, a jako erozi abnormální neboli zrychlená, při porušení přírodní rovnováhy; zrychlená eroze je příčinou nebezpečného uvolňování a transportu půdních částic a chemických látek. Při normální erozi je ztráta půdních částic doplňována tvorbou nových částic z půdního podkladu; transportní procesy jsou nevýrazné; při zrychlené erozi dochází k takovému smyvu půdních částic a živin, že nemohou být nahrazeny půdotvorným procesem; chemické látky dodané půdě jsou často odneseny v plném množství (Holý, 1994).

Lidská činnost však tento proces většinou velice urychluje a dochází tak k tzv. zrychlené erozi půdy; její intenzita je 10 - 1 000x vyšší než normální eroze (Brady and Weil, 2002).

3.1.4.2 Třídění eroze podle činitele

Podle činitele, který způsobuje vznik a působí na průběh erozních procesů, rozeznáváme:

- Vodní erozi
- Ledovcovou erozi
- Sněhovou erozi
- Větrnou erozi
- Zemní erozi
- Antropogenní erozi (Zachar, 1970).

Vodní eroze se projevuje tak, že voda stékající po povrchu půdy jej rozrušuje a odnáší s sebou půdní částičky, humus i živiny (Teksl, 1996).

Větrná eroze je rozrušování povrchu půdy a odnos půdních částic účinkem silnějších větrů. Vyskytuje se především v rovinatých oblastech, ale i v dalších oblastech, zvláště za sucha na půdách bez pokryvu a na půdách bezstrukturních (Teksl, 1996).

Projevy ledovcové eroze, tj. působení ledovců na zemský povrch není problémem zemědělských půd. S projevy ledovcové eroze (čelní a boční morény, horská plesa apod.) se dnes setkáváme zejména ve vysokohorské krajině (např. Vysoké Tatry) (Hlaváčková, 2011).

Zemní erozi nazýváme erozní činnost suťových proudů, jež jsou tvořeny suťovým materiálem prosyceným vodou. Při svém pohybu do údolí rozrušují suťové proudy půdu i její podklad a vytvářejí hluboké rýhy. Materiál suťových proudů ohrožuje údolní polohy, osady, komunikace, technické stavby apod. Znamé jsou suťové proudy na Kavkaze, zvané sěly, a v Alpách, zvané mury (Holý, 1994).

O antropogenní erozi hovoříme v souvislosti s činností člověka, kdy mohou být přirozené erozní procesy ovlivňovány jednak nepřímo, nebo může člověk ovlivňovat přímo erozi například při závlahách, budováním cest, nevhodnou pastvou zvířat nebo při těžbě nerostných surovin. Nejvíce člověk ovlivňuje erozi při pěstování polních plodin nedostatečně chránících půdu před erozí (Šarapatka et al., 2002).

Sněhová (nivální) eroze vzniká pohybem sněhu ve formě lavin, jejichž erozní činnost probíhá při velkých tlacích a rychlostech sněhu. Sněhová eroze může být vyvolána i pomalým pohybem vrstvy sněhu po neumrzlém půdním povrchu při jarním tání. Projevuje se zejména v podhorských oblastech (Holý, 1978).

3.1.5 Eroze v České republice

Intenzivní erozní procesy v České republice se vyskytují především na zemědělských půdách. Na území České republiky je cca. 43,4 % orné půdy na svazích o sklonu 3° - 7° , 8 % na svazích o sklonu 7° - 12° a 0,7 % na svazích o sklonech nad 12° (MZe, 1998). Dle Váška et al. (2000) dosahuje potenciální roční ztráta půdy ze zemědělských ploch na svazích v České republice hodnoty 13,7 t/ha, což představuje ztrátu cca. 0,9 mm mocnosti půdního profilu; v absolutních hodnotách činí roční ztráta půdy cca. 25 mil tun. Značná část půdního materiálu uvolněného na zemědělské půdě se dostává do vodních toků a nádrží, kde přispívá k celkovému množství splavenin. Například průtok nerozpuštěných látek Labem v Děčíně se pohybuje v rozpětí 300 000 až 1 000 000 t za rok. Předpokládá se, že cca. 70 % tohoto množství je produktem vodní eroze na zemědělských půdách.

Od 2. světové války proběhla v Československu a České republice řada politických a ekonomických změn, které se následně projeví i v krajině, v užití půdy a v hospodaření na půdě. Následně se pod těmito vlivy často měnily i půdy samé, jejich charakter, struktura

půdního pokryvu a jejich produkční a mimoprodukční vlastnosti a funkce. 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).

V období transformace zemědělských družstev a privatizace zemědělství po roce 1989 se očekávaly změny v přístupu k využití a ochraně zemědělské půdy, k šetrnějšímu hospodaření a utváření menších výrobních a územních celků. Privatizace zemědělské výroby však očekávané zmenšení velikostí pozemků a tím zvýšení diverzity ploch polních plodin nepřinesla (Janeček, 2012).

Při přechodu na nezbytné velkovýrobní způsoby hospodaření byly neúměrně velké hony orné půdy 30 – 80 hektarů i více 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 ČR, tj. kolem 350 000 ha je vodní erozí již výrazně poškozeno (Novák et al., 2013).

Dle Soukupa (2006) je podle průzkumu Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy Praha více než polovina plochy zemědělské půdy v České republice ohrožena v různé míře vodní erozí. Větrnou erozí je ohroženo zhruba 10 % zemědělské půdy.

Přičemž zejména za posledních 30 let se degradace půdy vlivem vodní eroze velmi výrazně zrychlila. Hlavním důvodem je zejména intenzifikace zemědělství a změna preferencí pěstování některých plodin (Novotný et al., 2013).

Naše nejúrodnější oblasti, kde orná půda dosahuje značné rozlohy, zároveň patří k nejpostiženějším k větrné erozi. Rozvoj větrné eroze totiž napomáhají rozsáhlé půdní celky, nedostatek krajinné zeleně a pěstování plodin nedostatečně kryjící půdu. Plošně u nás představuje větrná eroze menší riziko než eroze vodní, nikoli však zanedbatelné. Vyskytovala se na našem území i před rokem 1950, ale střídání plodin a zejména menší velikost pozemků snižovaly její dopady. Intenzifikace zemědělství v 50. letech, kdy bylo odstraněno mnoho krajinné zeleně, a byly vytvořeny velké pozemky, však proces eroze významně podpořila (Mužíková et al., 2013).

Přestože je Česká republika charakterem svého reliéfu spíše kopcovitým územím, máme zornění téměř 70 %. Průměr zemí dosahuje 50 % a řada zemí tam disponuje zdaleka lepšími podmínkami pro zemědělskou produkci (Javůrek et al., 2012).

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 extrémní počasí - sucho a vydatné deště. Přinášejí s sebou nepříjemnosti – erozi půdy a povodně (Kadlec, 2012).

3.1.6 Větrná eroze

Vítr je proud vzduchu pohybující se vzhledem k zemskému povrchu (Demek, 1988). Větrná (eolická) eroze spočívá v rozrušování půdního povrchu mechanickou silou větru (abraze), v odnášení půdních částic větrem (deflace) a v jejich ukládání na jiném místě (akumulace). Větrná eroze je fyzikální jev a je přímo ovlivňována fyzikálními vlastnostmi půdy (Pasák, 1966).

Větrnou erozí jsou ohroženy půdy lehké (písčité a hlinitopísčité) s nízkým obsahem humusu, menší je ohroženost půd středně těžkých (písčitohlinitých, hlinitých a jílovitohlinitých) a nízká až velmi nízká je u půd těžkých (jílovitých a jílu). Odnosu větrem nejvíce podléhají částice půdy o velikosti 0,25 – 0,4 mm. Větrnou erozi dále ovlivňuje rychlost větru. Ta, při které dochází k větrné erozi nad přípustnou mez, se nazývá kritická rychlost a je pro různé druhy půd. Kritické rychlosti větru v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ pro různé druhy půd (Šarapatka, 2008).

Větrná eroze se liší od vodní tím, že působí plošně a jen v ojedinělých případech v pruzích ve směru proudění větrů (Holý, 1994).

Pohyb půdních částic při větrné erozi může probíhat ve třech formách:

- Pohyb nejmenších půdních částic ve formě suspenze, které jsou větrem zvedány a přenášeny na velké vzdálenosti; vznikají tak prašné bouře.
- Pohyb půdních částic skokem, při němž dochází k přemístování největšího množství půdní hmoty.
- Pohyb půdních částic sunutím po povrchu půdy, kterým se pohybují větší a těžší částice (Janeček, 2012).

Holý (1978) rozlišuje dvě formy větrné eroze:

a) Deflace což je odnos uvolněných půdních částic silami větru; jejím výsledkem je přemístování půdní hmoty na různé vzdálenosti a vznik písečných přesypů.

b) Koraze, jež spočívá v obrušování hornin půdními částicemi podléhajícími deflaci. Intenzita koraze je dána odolností materiálu, druhem a tvarem částic nesených větrem a rychlostí větru.

3.1.7 Vodní eroze

Vodní eroze je jedním z nejvýznamnějších degradačních procesů půdy v České republice. 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 je definovaná jako komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody (MZe, 2014).

3.1.7.1 Dělení vodní eroze

Dle Holého (1994) dělíme vodní erozi na:

- Povrchovou:
 - plošná,
 - výmolová,
 - proudová.
- Podpovrchová.

3.1.7.1.1 Povrchové vodní eroze

Plošná eroze se projevuje na svazích, kde při deštích vtéká voda nejen do spodních vrstev, ale stéká i plošně po svahu. Stékající voda odnáší jemné půdní částičky. Přesto, že plošná eroze je méně nápadná a pomalá, způsobuje značné škody (Teksl, 1996).

Výmolová vodní eroze vzniká postupným soustředěním 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. Je-li rozrušováno pouze dno, mluvíme o erozi dnové, pokud jsou rozrušovány břehy hovoříme o erozi břehové. (Holý, 1978).

3.1.7.1.2 Podpovrchové vodní eroze

Podpovrchovou erozí se někdy označuje přemísťování půdních částic a živin z vrchních půdních horizontů do nižších, a to působením infiltrující srážkové vody. Tento proces však patří k normálním půdotvorným procesům a není vhodné označovat jej jako erozi (Holý, 1994).

3.1.7.2 Faktory ovlivňující vodní erozi

Erozní proces, jeho vznik, průběh a intenzita je ovlivňován kombinovaným působením řady přírodních a člověkem ovlivněných podmínek (Janeček et al., 2002).

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 nepřerušovanou délkou svahu jsou nevhodné pro pěstování širokořádkových plodin (MZe, 2014).

Nízká infiltrace a velký povrchový odtok srážkové vody představují při přívalových deštích riziko lokálních povodní a na orné půdě vysoké riziko vodní eroze půdy v případě, že na pozemcích jsou pěstovány širokořádkové plodiny – rozsahem pěstitelských ploch jednoznačně převažuje kukuřice, ale poškozování půdy vodní erozí hrozí i u dalších plodin (cukrovka, slunečnice, brambory) (Hůla et al., 2010).

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.

3.1.7.3 Důsledky vodní eroze

Hlavní důsledky vodní eroze můžeme rozdělit do následujících tří skupin:

- ztráta půdy
- transport a sedimentace půdních částic včetně zanášení vodních zdrojů
- transport chemických látek (MZe, 2014).

3.1.8 Posuzování a hodnocení míry erozního ohrožení půd v České republice

K hodnocení rozšíření a intenzity erozně-akumulačních procesů se využívá mnoho metod. Přesné měření představuje přímé terénní pozorování doplněné o laboratorní analýzy, které lze spolehlivě provádět pouze na malých územích. Vedle toho byly vyvinuty metody matematického modelování, které se zaměřují na odhad erozního ohrožení na základě syntézy parametrů zásadně ovlivňujících erozně-akumulační procesy. Modely jsou tak schopny nahradit nedostatek dat na větších územních celcích. Modelování erozních resp. erozně-akumulačních procesů umožňuje identifikovat místa náchylná ke vzniku erozně-akumulačních forem a odhadnout intenzitu procesů v různém měřítku. Erozní modely se dají podle koncepce rozdělit na tři skupiny: empirické, které jsou založeny na statistické analýze jednotlivých faktorů působících na erozi, a simulační, které vycházejí z fyzikálního popisu erozního procesu a semi-empirické kombinující oba přístupy (De Vente and Poesen, 2005).

3.1.8.1 Simulační modely

Simulační modely erozního a transportního procesu jsou založeny na matematickém vyjádření základních fyzikálních dějů, které při těchto procesech probíhají. Vzhledem ke složitosti erozního procesu se pro jeho matematické vyjádření rozděluje erozní proces na čtyři dílčí procesy:

- uvolnění půdních částic deštěm,
- přemístění půdních částic deštěm,
- uvolnění půdních částic povrchovým odtokem,
- transport půdních částic povrchovým odtokem.

Výhodou simulačních modelů je především možnost posuzování velkého počtu různých variant využití a ochrany území pro řadu navrhovaných hydrologických situací (Váška et al., 2000).

3.1.8.1.1 Vybrané simulační metody testované v České republice

AGNPS (Agricultural Non-Point Source Pollution Model) je určen pro simulaci odtoku eroze a transportu chemických látek z jednotlivé srážky z nehomogenního povodí do velikosti cca. 200 km² (Young et al., 1998).

EPIC (Erosion/ Productivity Impact Calculator) je obsáhlý simulační model, vyvinutý pro určení vztahů mezi vodní erozí a úrodností pozemku. Model se skládá z několika různých modulů, které řeší vliv eroze, režimu odtoku, transportu živin a způsobu hospodaření na růst a výnosy plodin (Williams et al., 1983).

SMODERP (Simulační model povrchového odtoku a erozního procesu) řeší srážkoodtokové vztahy a erozní procesy na jednotlivém svahu (pozemku); výstupy modelů dávají podklady pro posouzení jeho erozní ohroženosti a návrh prvků protierozní ochrany (Holý et al., 1989).

3.1.8.1.2 Empirické modely

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

(Universal Soil Loss Equation). Ve stadiu ověřování je i RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), tzv. revidovaná univerzální rovnice. Oba empirické modely vycházejí z principu přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku, jehož parametry jsou definované a odvozeny z rozměrů standardních elementárních odtokových ploch o délce 22 m a sklonu 9 %, jejichž povrch je po každém přívalovém dešti mechanicky udržován ve směru sklonu svahu jako úhor. 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 (Janeček, 2012).

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

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

- Kde: **G** je průměrná dlouhodobá ztráta půdy /t.ha⁻¹. rok⁻¹/
- R** faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzity 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, nezahrnuje však její ukládání na pozemku či na plochách ležících pod ním. Rovnice se nedoporučuje používat pro kratší než roční období a pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo z tání sněhu (Wichmeier and Smith, 1978).

3.1.9 Použití standardů GAEC 1 a 2

3.1.9.1 Kontrola podmíněnosti a standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC)

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 (GAEC), dodržováním povinných požadavků v oblasti životního prostředí, veřejného zdraví, zdraví zvířat a rostlin a dobrých životních podmínek zvířat (MZe, 2013).

Termín GAEC neboli Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu označuje standardy hospodaření, které jsou definované členskými státy Evropské unie v souvislosti se zachováním kvality půdy, minimální úrovní péče a ochrany vody a hospodaření s ní (na základě rámce stanoveného v příloze č. III nařízení Rady (ES) č. 73/2009, a povinnostmi souvisejícími se zachováním stálých pastvin) (Vopravil et al., 2013).

Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC) zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí. Jsou definovány v nařízeních vlády jednotlivých dotačních titulů a jejich dodržování je pro zemědělce v České republice povinné od roku 2004. Hospodaření v souladu se standardy GAEC je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých plateb, zvláštních podpor, některých podpor z osy II Programu rozvoje venkova a některých podpor společné organizace trhu s vínem. Standardy GAEC individuálně definují členské země Evropské unie na základě rámce stanoveného v příloze č. III nařízení Rady (ES) č. 73/2009, jež obsahuje 5 tematických okruhů (eroze půdy, organické složky půdy, struktura půdy, minimální úroveň péče, ochrana vody a hospodaření s ní). V České republice se uplatňuje 11 standardů GAEC (MZe, 2013).

Od 1. ledna 2014 nabývá účinnosti novela č. 400/2013 Sb. nařízení vlády č. 479/2009 Sb., o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých podpor. Hlavní změna stanovená novelou uvedeného nařízení vlády se týká přeřazení požadavků na ochranu podzemních vod před znečištěním nebezpečnými látkami z oblasti povinných požadavků na

hospodaření (SMR 2) do oblasti standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu tzv. GAEC. Nově je tedy zaveden GAEC 12. Tato úprava je provedena na základě změny evropské legislativy - zrušení směrnice na ochranu podzemních vod a pro zemědělské subjekty nepřináší žádné nové požadavky, které jsou i nadále stanoveny zejména § 39 vodního zákona (č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů) (Anonym, 2014).

Ochrany půdy před vodní erozí se týkají standardy GAEC 1 a GAEC 2. Oba standardy jsou minimálním opatřením vedoucím k omezení smyvu půdy, zpomalení povrchového odtoku a zvýšení retence vody v krajině (Khel a Vopravil, 2013).

Hlavní standardy GAEC splňují minimalizační a ochranné způsoby zakládání porostů plodin tím, že:

- zadržují vodu v krajině a ochrání půdu před erozí,
- uchovávají organickou hmotu v půdě,
- omezují zhutnění a udržují příznivou strukturu půdy,
- kladně ovlivňují řadu dalších fyzikálních a biologických vlastností půdy (Vach a Javůrek, 2010).

3.1.9.2 Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu v České republice

3.1.9.2.1 GAEC 1

Standard řeší problematiku protierozní ochrany půdy na svažitých pozemcích, jejichž průměrná sklonitost přesahuje 7°. Žadatel na půdních blocích, popřípadě jejich dílech s druhem zemědělské kultury orná půda, které splňují uvedenou podmínku svažitosti, zajistí po sklizni plodiny založení porostu následné plodiny, nebo uplatní alespoň jedno z níže uvedených opatření:

- strniště sklizené plodiny je ponecháno na půdním bloku, popřípadě jeho dílu minimálně do 30. listopadu, nebo
- půda zůstane zorána, popřípadě podmítnuta za účelem zasakování vody minimálně do 30. listopadu.

Uvedená opatření jsou minimální opatření vedoucí k omezení smyvu půdy, zpomalení povrchového odtoku a zvýšení retence vody v krajině. Opatření jsou rovněž důležitá pro snižování rizika povodní a jimi způsobených škod (MZe, 2014).

3.1.9.2.2 GAEC 2

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 setý, sója a slunečnice budou zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií (Hlaváčková, 2011).

Cílem standardu GAEC 2 je především ochrana půdy před vodní erozí a snaha omezit negativní působení důsledků eroze, jako jsou např. škody na obecním a soukromém majetku způsobené zaplavením nebo zanesením splavenou půdou (Pírková et al., 2013).

3.2 Ochrana půd proti vodní erozi

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. V praxi se však projevuje tendence uspokojit se s redukovanou protierozní ochranou, jejímž cílem co možná nejvíce zmírnit degradaci půd při plném využití jejich produkčního potenciálu (Fulajtár a Janský, 2001).

Dle Soukupa et al. (2006) protierozní ochrana území, půdy a vody spočívá v komplexu vzájemně se doplňujících organizačních, agrotechnických a technických opatření, jejichž cílem je chránit 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.

Protierozní ochranu je třeba nejen chápat, ale také realizovat jako komplexní systém opatření organizačního, agrotechnického a technického charakteru. 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).

3.2.1 Opatření proti vodní erozi

Opatření organizačního charakteru zahrnují:

- návrh optimálního tvaru a velikosti půdního bloku/dílčího půdního bloku,
- 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,
- důlkování,
- plečkování, dlátování, podryvání (MZe, 2014).

3.2.2 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).

3.2.3 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).

3.2.4 Opatření agrotechnického charakteru

Protierozní agrotechnická opatření zvyšují vsakovací schopnost půdy, snižují její erodovatelnost a chrání půdní povrch především v období největšího výskytu přívalových srážek, kdy zejména širokořádkové plodiny (kukuřice, brambory, cukrová řepa, slunečnice apod.) svým vzrůstem a zapojením nedostatečně kryjí půdu (MZe, 2014).

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).

Do agrotechnických protierozních opatření řadíme především ochranné obdělávání půdy, zahrnující řadu technologických postupů se zanecháváním zbytků plodin na povrchu půdy. Jedná se například o výsev do ochranné plodiny, strniště nebo do hrubé brázdy, hrázkování, mulčování, hloubkové kypření. Šetrné obdělávání půdy zanechává větší množství posklizňových zbytků na/nebo blízko povrchu půdy, což se projevuje zvětšením mikrobiálních populací v několika centimetrech půdy (Šarapatka et al., 2002).

3.2.4.1 Typy agrotechnických protierozních opatření

3.2.4.1.1 Vrstevnicové obdělávání

Orbou po vrstevnicích nebo s malým odklonem od vrstevnic oboustrannými otočnými pluhy, které překlápějí půdy proti svahu je možné významným způsobem přispět k ochraně půdy před erozí. Odhaduje se, že se jednou orbou otočným pluhem s ukládáním ornice proti svahu zadrží až 10 tun ornice na každém hektaru, která by se orbou záhonovými pluhy sunula po svahu. Kromě orby po nebo ve směru vrstevnic přispívají k protierozní ochraně i další agrotechnické operace jako je setí a ostatní kultivace a sklizňové práce. Tento způsob obdělávání zemědělské půdy ve směru vrstevnic je však podmíněn možnostmi mechanizačních prostředků při jejich práci ve směru vrstevnic (Janeček et al., 2002).

3.2.4.1.2 Hrázkování a důlkování

Hrázkování meziřadí brambor omezuje možnost vzniku povrchového odtoku vytvořením akumulčních prostorů pro zachycení odtékající vody přímo na pozemku. Pěstitelský postup je shodný s klasickým, avšak bezprostředně po výsadbě a při kultivačních zásazích se provádí hrázkování meziřadí speciálním strojem-hrázkovačem. U důlkování

meziřadí brambor je technologie použitelná obdobně jako hrázkování, místo hrázek jsou ale vytvářeny důlky. Jde o klasickou technologii pěstování s cílem vytvořit důlky v meziřadí ve vzdálenosti 30 - 40 cm. Důlky omezují povrchový odtok v meziřadí a zvyšují infiltraci vody (Janeček, 2012).

Oba postupy jsou efektivně využitelné právě u brambor bez větších finančních nákladů. Zakázkovou výrobou či samovýrobou lze sázeč a plečky jednoduše dovybavit důlkovacími tělesy. V ideálním případě kombinujeme půdoochranné postupy tak, aby účinně pokryly nejkritičtější období z hlediska možné eroze (tj. od přípravy půdy, výsadby až do plného zapojení porostů). Po výsadbě, kdy je půda citlivá na erozní působení, lze riziko snížit již zmiňovaným důlkováním, hrázkováním nebo aplikovat mulč (Dvořák, 2013).

3.2.4.1.3 Ochranné obdělávání půdy

Dle Hůly et al. (2008) je jedním z nejdůležitějších agrotechnických protierozních opatření zpracování půdy. To se vyznačuje hlavně ochranným obděláváním půdy (konzervační zpracování půdy) což je:

- a) redukce intenzity běžného základního zpracování půdy a počtu mechanických opatření,
- b) ponechání zbytků rostlin na povrchu půdy nebo jen mělké zapravení.

U bezorebných technologií setí se půda před setím a ani během vegetace nepřipravuje, osivo se vysévá speciální sečkou schopnou sít do nepřipravené půdy, případně se s ní zapravují i průmyslová hnojiva (Bušo et al., 2013).

Přímé setí do nezpracované půdy pokryté mulčem z drcené slámy předplodiny (zejména pro ozimé plodiny) nebo z drcené meziplodiny (především pro plodiny seté na jaře). Hlavní význam této technologie spočívá v omezení tvorby půdní krusty a tím zvýšení infiltrace vody do půdy, nevýhodou je zvýšená možnost zaplevelení a potřeby herbicidů a případné rozšíření chorob plodin (Hůla et al., 2010). Přítomnost organického mulče nebo vegetace na povrchu půdy přispívá výrazněji k redukci odtoku vody a odnosu půdy ve srovnání s holou půdou (Smets et al., 2008).

Ochranné zpracování půdy účinně chrání půdu před vodní a větrnou erozí. Protierozní účinek souvisí s množstvím a charakterem rostlinných zbytků, které zůstávají na povrchu půdy a v povrchové vrstvě ornice. Pokrytí nejméně 30 % povrchu půdy rostlinnými zbytky po

zasetí je považováno za jeden z určujících znaků ochranného zpracování půdy (Johnson, 1988).

Dle Edwardse et al. (2000) byly na plochách s 5 % pokryvem slámy stanoveny hodnoty eroze o 56 % vyšší než při pokrytí půdy slámou v rozmezí 15 a 20 %.

Spolu s bezorebným pěstováním a meziplodinami je nejperspektivnějším opatřením používání ochranných podsevů. Spočívá v tom, že před setím širokořádkových plodin je zaseto nízko rostoucí plodina s dobrou ochrannou účinností, například vojtěška nebo jetel. Po vzejití hlavní plodiny a ochranného podsevu je půda během dešťového období v dubnu, květnu a červnu dobře chráněna (Fulajtár a Janský, 2001).

V porostech širokořádkových plodin je vhodné k zabránění tvorby půdní krusty provádět během vegetace narušení půdního povrchu kypřením meziřadí. Je možné kypřit každé meziřadí, případně každé druhé. Kypření půdy má významný vliv zejména na zvýšení infiltrační schopnosti půdy, což vede ke snížení povrchového odtoku tím, že dojde k převedení části povrchového odtoku na povrchový (Hůla et al., 2010).

Změna systému obhospodařování půdy spojená s využitím technologií chránících půdu přináší významné změny, jejich dopad nemusí být vždy pozitivní. Motivace, na jejímž základě jsou tyto technologie přejímány a osvojovány, často netkví v samotném zájmu o ochranu půdy a její struktury před nepříznivými vlivy, ale je vedena snahou o úsporu času a nákladů. To nemusí být v rozporu s ochrannou funkcí nových technologií. Přesto je vhodné v těchto případech označovat nově uplatňované technologie jako úsporné zpracování půdy, zjednodušeně zpracování půdy (Hůla, 2000).

3.2.4.1.4 Plečkování, dlátování, podrývání

Plečkování je dle Teksla (1996) mechanické udržování vrchní vrstvy meziřádkových prostorů širokořádkových plodiny v kypřím a bezplevelném stavu. Hlavními úkoly plečkování je zkypření vrchní vrstvy půdy a tím přerušit kapilaritu v širokém meziřádku, odstranit půdní škraloup a provzdušnit půdu, omezit výskyt plevelů, zapravit do půdy hnojiva používaná v době vegetace a omezit erozi půdy v širokém meziřádku.

Dlátováním se eliminuje půdní ztuhnutí zhruba do hloubky 0,45 m, pod níž je již propustná spodina. Kypřiče s šikmými slupicemi a vyměnitelnými břity, které prořezávají celý profil ornice, umožňují prokypřit půdu při minimálním narušení jejího povrchu. K tomu,

aby při kypření bylo minimálně narušeno pokrytí půdy rostlinnými zbytky, slouží kotoučová krojidla umístěná před slupicemi. Spodní část šikmých slupic je opatřena dláty. Kypřením zhutnělých vrstev při správné vlhkosti půdy dochází ke zvětšování objemu nakypřené zeminy (Javůrek a Vach, 2008).

Podrývání představuje technologii, která omezuje působení vodní eroze a zároveň může snížit stupeň zhutnění půd. Podrývání je v podstatě velmi hluboké kypření (min. do hloubky 35 cm). K podrývání je možné využít dlátové kypřiče (různého konstrukčního řešení), kombinované kypřiče nebo podrýváky, které umožňují prokypření půdy při minimálním narušení jejího povrchu. Podrývání představuje technologii, která zlepšuje infiltrační vlastnosti půdy, snižuje stupeň zhutnění a tím následně snižuje náchylnost půdy k vodní erozi (MZe, 2014).

3.2.4.2 Půdoochranné pěstování cukrové řepy

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).

Dle Janečka (2012) je cukrová řepa poškozována vodní i větrnou erozí zvláště v raném stadiu vývoje, tedy v době vzcházení.

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 Chochoły (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.

3.2.4.2.1 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).

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 pěstitele 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 svazanka 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.

3.2.4.2.2 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).

Schlinder 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.

3.2.4.2.3 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 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.

3.3 Cukrová řepa

3.3.1 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). Zhruba třetina cukru pochází z cukrové řepy a dvě třetiny z cukrové třtiny (Baudisová, 2013).

Cukrovka pochází ze západní Asie a oblastí kolem Kaspického moře. Pěstovala se již v antickém Řecku a Římě jako léčivá rostlina. Jako technická plodina začala být využívána asi před 200 lety. Postupně se z ní začal vyrábět cukr, kávové náhražky a líh (Hůla et al., 2008).

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. líc 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).

3.3.2 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).

Cukrová řepa je plodinou především mírného pásma, velmi omezeně je pěstována i subtropích, areál jejího využití je zhruba vymezen 35. stupněm severní a jižní zeměpisné šířky (Anonym, 2012).

Z biologického hlediska je cukrovka mnohaletá opakovaně plodící plodina. V polní výrobě se však využívají jen první dva roky, a proto je z hospodářského hlediska považována za dvouletou rostlinu (Rybáček et al., 1985). Naopak Draycott (2006) uvádí že, cukrová řepa pěstovaná pro účely získávání cukru, nebo pro jiné využití je pěstovaná pouze v jednom kalendářním roce a tudíž ji uvádí jako jednoletou.

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 (řidčeji jsou jednotlivé), nažky jsou obaleny ztvrdlým okvětím. *Beta vulgaris* je dvouletá (zř. jednoletá) bylina s různě dlouze řapíkatých přízemních 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).

3.3.3 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, již 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 vybílání 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

V letech 2013 a 2014 byl zpracován přehled literatury o vlivu zpracování půdy na produkční ukazatele řepy cukrové a na vodní erozi půdy. Na vybraném pozemku společnosti Agro Chomutice a.s., byl v letech 2012 a 2013 sledován a vyhodnocen vliv zpracování půdy na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy a na vodní erozi půdy pomocí polního simulátoru deště.

4.1 Základní informace o pokusném stanovišti

Pokusný rok 2012

- Lokalita: Dílce, okres Jičín
- Půdní blok: U jasanu
- Výměra: 14,77 ha
- Průměrná nadmořská výška: 310,36 m
- Průměrná sklonitost: 3,2 °
- Vzdálenost od vody: 158,56 m
- Půdní typ: hnědozemě, ilimerizované půdy
- Půdní druh: středně těžké s těžkým podložím

Pokusný rok 2013

- Lokalita: Holín, okres Jičín
- Půdní blok: Nad Haškem
- Výměra: 15 ha
- Průměrná nadmořská výška: 314,07 m
- Průměrná sklonitost: 4 °
- Vzdálenost od vody: 142,21 m
- Půdní typ: hnědozemě, hnědozemě oglejené
- Půdní druh: středně těžké s těžkým podložím

4.2 Metodika pokusu

V letech 2012 a 2013 byly založeny přesné polní provozní pokusy, na kterých byla posuzována míra vodní eroze půdy v závislosti na různém zpracování půdy u cukrové řepy. V obou dvou letech byly do pokusu zařazeny tři varianty zpracování půdy (mělké kypření, hluboká orba, hluboké kypření). Každá varianta měla několik opakování v rámci pokusného pole, v roce 2012 to bylo 5 opakování a v následujícím roce 2013 3 opakování. Velikost jednotlivých opakování byla 10 m². Během vegetace několikrát proběhlo zadeštění polním simulátorem deště. Všechny varianty (pokusné plochy) byly připraveny po spádnici. Zadešťování probíhalo 2 x 15 minut. Na každé variantě proběhly 2 měření a to při suché půdě a následně půdě vlhké (po prvním zadeštění). Plocha zadešťovaných parcel byla 20 m². Termíny zadeštění byly vybrány podle různého vzrůstu cukrové řepy a pokrývnosti hlavně v jarním období, kdy je půda s řepou nejvíc náchylná na vodní erozi. Polní simulátor deště se skládá z širokouhlých trysek Fulljet firmy Spraying Systeme Co., jejichž velikostní spektrum kapek se blíží přírodnímu přívalovému dešti. Trysky jsou zavěšeny na konstrukci z duralových trubek o průměru 20 mm ve výšce 3 m nad zemí. Intenzitu simulovaného deště lze pomocí elektromagnetických ventilů regulovat v rozmezí 0,5 - 1 mm/min. Jsou použity 4 trysky a celková plocha zadeštění je 20 m². Voda k tryskám je dopravována z plastového zásobníku přenosným čerpadlem přes ochranný filtr a vodoměr. Plocha je vymezena plechovými pásy a chráněna před větrem folií PE. Povrchově odtékající voda je spolu se smytou zeminou zachycována žlabem ústící do měrného zařízení ke zjišťování velikosti a průběhu povrchového odtoku.

Termíny zadeštění v roce 2012:

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

Termíny zadeštění v roce 2013:

1. termín - 2. 7. 2013 - cukrová řepa má v průměru 18 - 22 listů – řádky jsou zapojeny, a místy už i meziřadí,

2. temín - 31. července 2013 - cukrová řepa má v průměru 22 - 28 listů – řádky i meziřadí je již plně zapojeno.

4.2.1 Agrotechnika pokusů

V obou pokusných letech byla pro cukrovou řepu předplodina pšenice ozimá. Na podzim se všechny varianty hnojily statkovými hnojivy a byly založeny pokusy s různým zpracováním půdy (mělké kypření, hluboká orba, hluboké kypření). Na jaře proběhla u všech variant stejná předseťová příprava.

Na pokusných parcelách jsou sledovány tyto varianty:

1. Varianta č. 1 – mělké kypření – parcela ponechána jako kontrolní varianta pro srovnání s dalšími variantami a hloubkou zpracování 13 cm, při umělém zadržování byla parcela zbavena všech rostlin,
2. Varianta č. 2 – hluboká orba – pěstování řepy cukrové po přípravě půdy klasickou orbou do hloubky 25 cm,
3. Varianta č. 3 – hluboké kypření – pěstování řepy cukrové pomocí minimalizační technologie podrývání do hloubky 25 cm, kde by mělo nastat zvýšení vsakovací schopnosti půdy.

Pokusný rok 2011/ 2012

2012	Datum	Operace	Provedení
Varianta č. 1 (mělké kypření)	20. 9. 2011	hnojení statkovými hnojivy	hnůj 50 t.ha ⁻¹
	29. 9. 2011	zapravení hnoje	talířový podmítač – hloubka zpracování - 13 cm
Varianta č. 2 (hluboká orba)	20. 9. 2011	hnojení statkovými hnojivy	hnůj 50 t.ha ⁻¹
	29. 9. 2011	zapravení hnoje	talířový podmítač – hloubka zpracování - 13 cm
	20. 10. 2011	hluboká orba	oboustranný pluh – hloubka zpracování - 25 cm
Varianta č. 3 (hluboké kypření)	20. 9. 2011	hnojení statkovými hnojivy	hnůj 50 t.ha ⁻¹
	29. 9. 2011	zapravení hnoje	talířový podmítač – hloubka zpracování - 13 cm
	20. 10. 2011	hluboká orba	kypřič Kverneland CLC – hloubka zpracování – 25 cm
Jaro 2012	26. 3. 2012	předseťová příprava	kompaktor Kongskilde – hloubka zpracování – 3 cm
	26. 3. 2012	setí	Kverneland Monopill – hloubka setí – 3 cm, odrůda: Viktor, 1,24 VJ.ha ⁻¹

Pokusný rok 2012/2013

2013	Datum	Operace	Provedení
Varianta č. 1 (mělké kypření)	4-5. 9. 2012	hnojení statkovými hnojivy	hnůj 50 t.ha ⁻¹
	4-5. 9. 2012	zapravení hnoje	talířový podmítač – hloubka zpracování - 13 cm
Varianta č. 2 (hluboká orba)	4-5. 9. 2012	hnojení statkovými hnojivy	hnůj 50 t.ha ⁻¹
	4-5. 9. 2012	zapravení hnoje	talířový podmítač – hloubka zpracování - 13 cm
	25. 10. 2012	hluboká orba	oboustranný pluh – hloubka zpracování - 25 cm
Varianta č. 3 (hluboké kypření)	4-5. 9. 2012	hnojení statkovými hnojivy	hnůj 50 t.ha ⁻¹
	4-5. 9. 2012	zapravení hnoje	talířový podmítač – hloubka zpracování - 13 cm
	25. 10. 2012	hluboká orba	kypřič Kverneland CLC – hloubka zpracování – 25 cm
Jaro 2012	21. 4. 2013	předseťová příprava	kompaktor Kongskilde – hloubka zpracování – 3 cm
	21. 4. 2013	setí	Kverneland Monopill – hloubka setí – 3 cm, odrůda: Talenta, 1,24 VJ.ha ⁻¹

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

4.2.2 Hodnocení pokusů

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd prováděl umělé zadržování polním simulátorem deště a 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 ($mmol \cdot 100 g^{-1}$),

[\alpha 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

$$\text{výnos bulev} \times \text{teoretická výtěžnost} / 100$$

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

$$[\text{výnos bulev} \times (\text{cukernatost} - 2,7) / 13,3]$$

5 Výsledky

V této kapitole jsou uvedeny výsledky z dvouletých polních pokusů ve společnosti Agro Chomutice a.s. Výsledky mají dvě části, a to část o vlivu zpracování půdy na vodní erozi půdy v porostu cukrové řepy a vliv zpracování půdy na výnos a cukernatost cukrové řepy. Podrobnější souhrnné tabulky z let 2012 a 2013 jsou uvedeny v příloze.

5.1 Vliv zpracování půdy na vodní erozi půdy u cukrové řepy

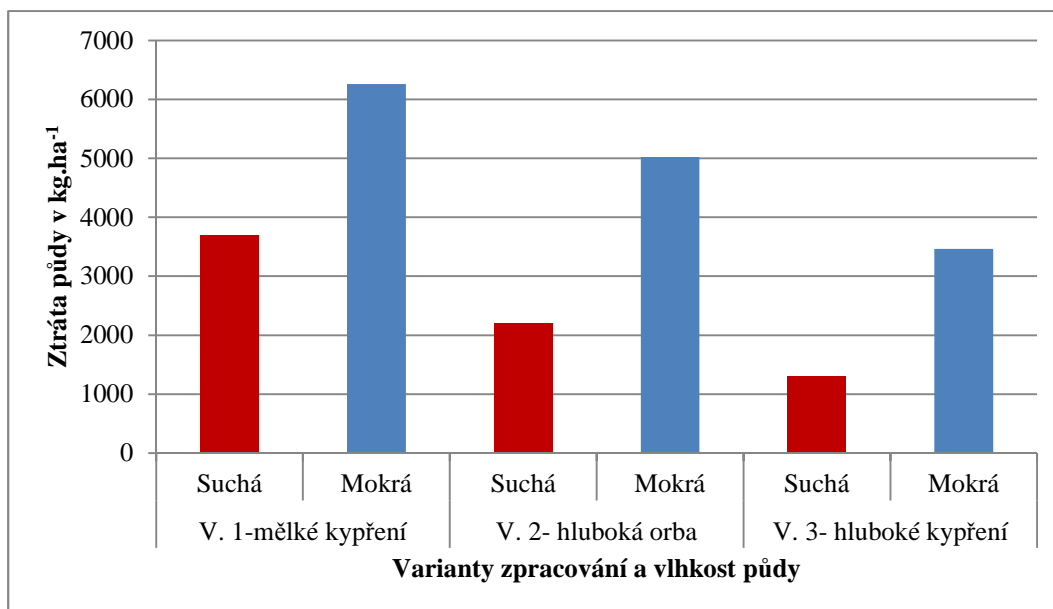
Ukazatele, které byly vyhodnocovány:

- ztráta půdy z jednotlivých měření ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$),
- infiltrace vody z jednotlivých měření (mm).

5.1.1 Hodnocení vlivu zpracování půdy na vodní erozi půdy v roce 2012

5.1.1.1 Hodnocení ztráty půdy v roce 2012

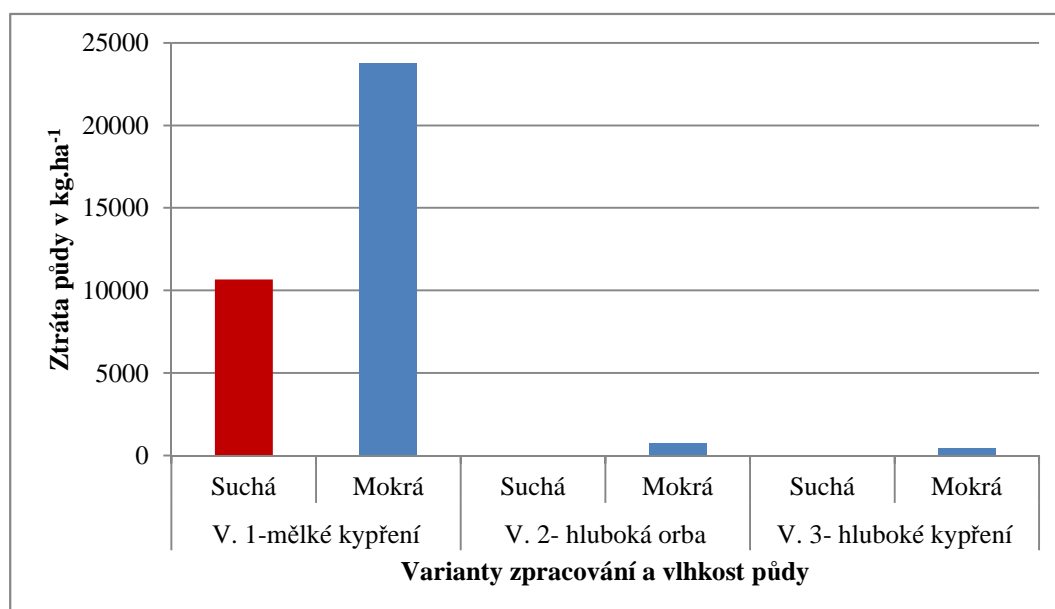
Graf č. 1- Ztráta půdy z 24. 5. 2012



První umělé zadešťování polním simulátorem deště v roce 2012 proběhlo 24. 5. 2012, kdy cukrová řepa měla přibližně 8 - 12 listů a tedy neměla zapojené mezířadí a nebyla zapojená ani v řádku. Největší ztráta půdy byla naměřena na variantě č. 1 (mělké kypření) a to jak za suchého stavu půdy, tak po nasycení a zvýšené vlhkosti půdy. Za suchého stavu půdy byla ztráta $3691 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na variantě č. 2 (hluboká orba) byla ztráta půdy $2197 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, to

představuje snížení ztráty půdy o 40,47 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Na variantě č. 3 (hluboké kypření) byla naměřena nejmenší ztráta půdy z hektaru. Ztráta půdy byla $1303 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, to je o 64,7 % méně než u varianty č. 1 (mělké kypření) a snížení o 40,7 % oproti variantě č. 2 (hluboká orba). Po prvním zadeš'ování proběhlo po 15 minutách druhé a bylo prováděno další měření za nasyceného stavu půdy. Na variantě č. 1 (mělké kypření) byla ztráta půdy $6261 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ztráta půdy z varianty č. 2 (hluboká orba) byla $5022 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, tedy o 19,79 % menší. Na variantě č. 3 (hluboké kypření) byla opět naměřena nejmenší ztráta půdy oproti oběma variantám a to $3465 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ to je snížení 44,66 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření) a snížení o 31 % v porovnání s variantou č. 2 (hluboká orba).

Graf č. 2- Ztráta půdy z 6. 6. 2012

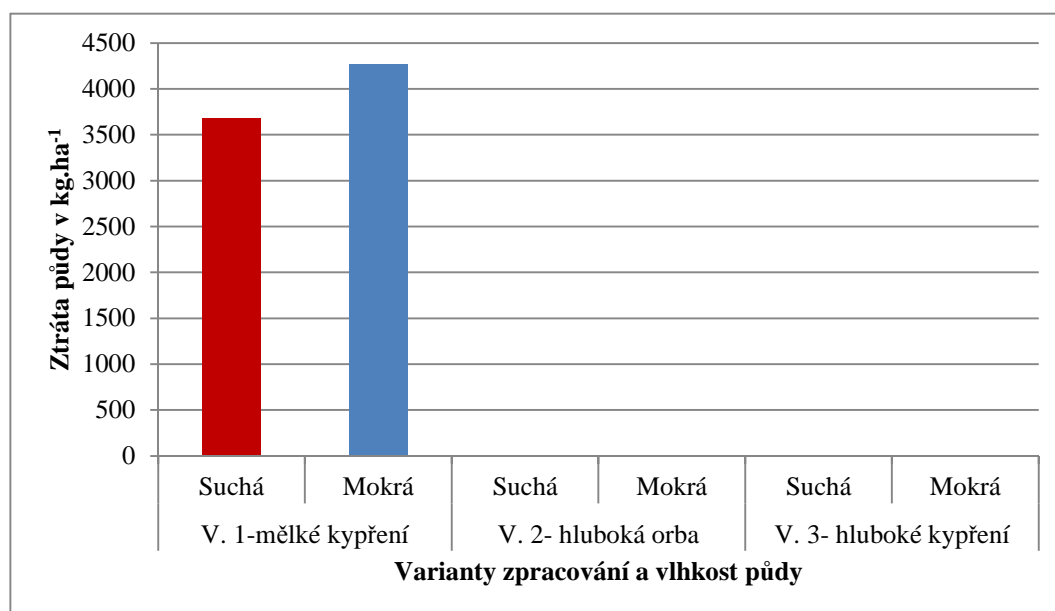


Druhé zadeš'ování probíhalo 6. 6. 2012. Cukrová řepa byla zapojena v řádku, ale ještě ne v meziřadí. Ztráta půdy z varianty č. 1 (mělké kypření) za suchého stavu půdy činila $10\,662 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na variantě č. 2 (hluboká orba) byla naměřena ztráta půdy pouze $25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, to je snížení o 99,76 %. Infiltrace půdy na variantě č. 3 (hluboké kypření) dokázala vsáknout celý úhrn srážek z umělého zadeš'ování za suchého stavu půdy a tudíž nebyla naměřena žádná ztráta půdy. Za nasyceného stavu půdy byla naměřena ztráta půdy z varianty č. 1 (mělké kypření) $23\,765 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Oproti tomu na variantě č. 2 (hluboká orba) byla ztráta půdy $5022 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (snížení o 96,8 %). Snížení ztráty půdy bylo naměřeno i na variantě č. 3 (hluboké kypření) a to oproti variantě č. 1 (mělké kypření) snížení o 98,24 % a oproti variantě č. 2

(hluboká orba) byla ztráta půdy o 44,77 % nižší. Celková ztráta půdy z varianty č. 3 (hluboké kypření) byla 419 kg.ha⁻¹.

Poslední zadešťování v roce 2012 bylo prováděné 1. 8. 2012. Cukrová řepa měla 22 - 28 listů a porost byl zapojen jak v řádku tak v meziřádku a tudíž byla půda chráněna rostlinným pokryvem a cukrová řepa tzv. uzavřela řádky. Ztráta půdy byla naměřena jen na variantě č. 1 (mělké kypření) a to i za suchého i nasyceného stavu půdy. Za suchého stavu půdy byla naměřena ztráta půdy 3674 kg.ha⁻¹. Ztráta půdy za nasyceného stavu půdy činila 4268 kg.ha⁻¹.

Graf č. 3- Ztráta půdy z 1. 8. 2012

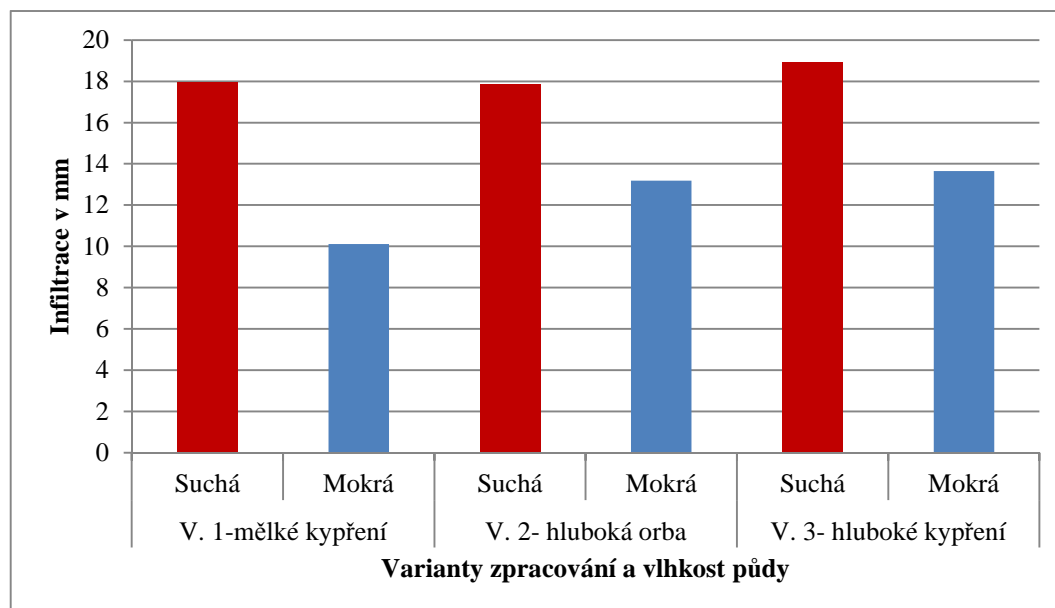


5.1.1.2 Míra infiltrace v roce 2012

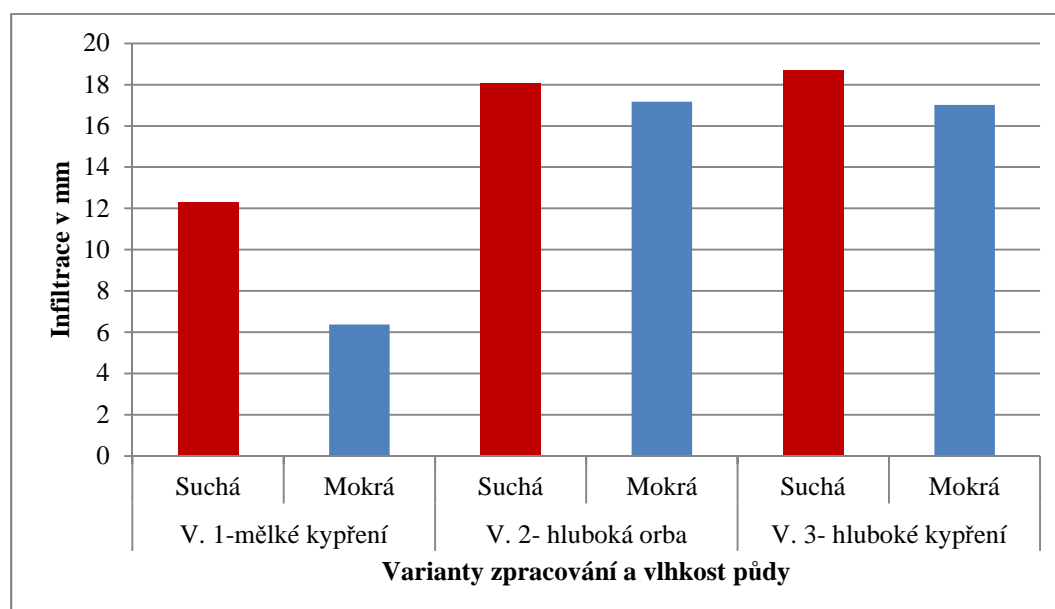
V grafu č. 4 je uvedena míra infiltrace z 24. 5. 2012. Na první měření za suchého stavu půdy bylo aplikováno přesné množství srážek z polního simulátoru deště. Nejlepší hodnoty byly naměřeny variantě č. 3 (hluboké kypření), kde půda dokázala infiltrovat 18,94 mm z celkových 20,49 mm. Druhá nejlépe hodnocená byla varianta č. 2 (hluboká orba), která sice dokázala infiltrovat méně vody oproti variantě č. 1 (mělké kypření), ale po přepočtení na stejný srážkový úhrn dokázala varianta č. 2 (hluboká orba) infiltrovat více vody než varianta č. 1 (mělké kypření). U varianty č. 1 (mělké kypření) byla míra infiltrace 17,96 mm

z 20,86 mm. Na variantě č. 2 (hluboká orba) infiltrovala půda celkem 17,84 mm z celkových 20,19 mm. Za nasyceného stavu půdy dokázala půda infiltrovat nejvíce na variantě č. 3 (hluboké kypření) a to 13,65 mm z 20,75 mm. Varianta č. 2 (hluboká orba) za nasyceného stavu infiltrovala 13,18 mm z 20,33 mm a tedy dopadla lépe oproti nasycené variantě č. 1 (mělké kypření), která dokázala infiltrovat pouze 10,11 mm z celkových 20,71mm .

Graf č. 4- Infiltrace vody z 24. 5. 2012

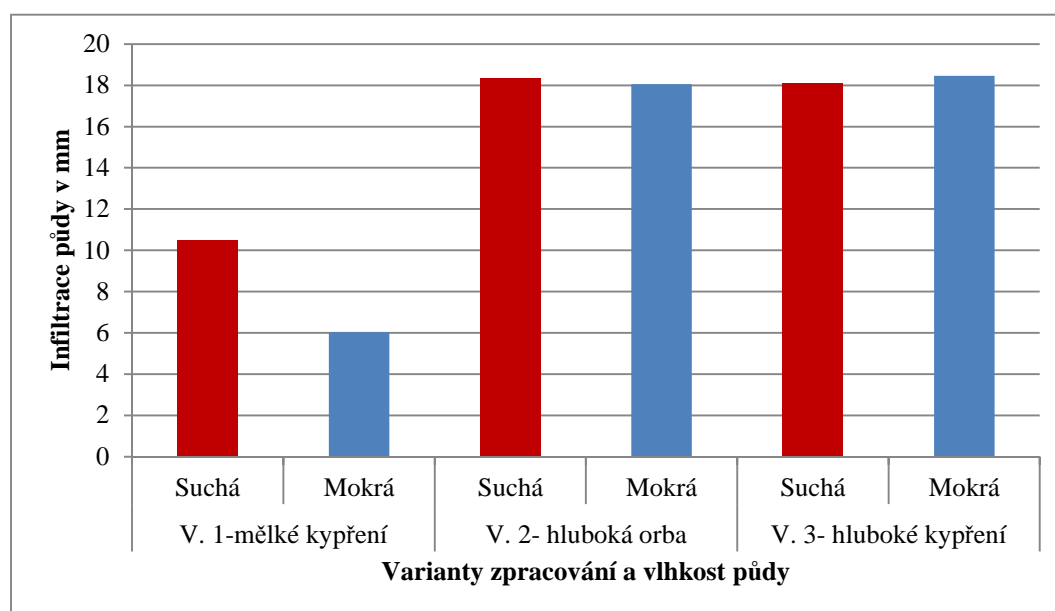


Graf č. 5- Infiltrace vody z 6. 6. 2012



Graf č. 5 nám uvádí míru infiltrace z druhého měření, které bylo prováděno 6. 6. 2012. Opět nejlépe dopadla varianta č. 3 (hluboké kypření). Půda zde dokázala infiltrovat celkových 18,67 mm, které byly aplikovány. Na variantě č. 2 (hluboká orba) byla míra infiltrace 18,07 mm z 18,12 mm. Varianta č. 1 (mělké kypření) za suchého stavu půdy dokázala infiltrovat 12,3 mm z celkových 19,4 mm. Nejvyšší míru infiltrace za nasyceného stavu půdy z 6. 6. 2012 dosáhla varianta č. 3 (hluboké kypření), kde sice míra infiltrace dosahovala menší hodnoty (17,01 mm z 18,46 mm) než varianta č. 2 (hluboká orba), kde půda dokázala infiltrovat 17,17 mm z 18,67 mm, ale po přepočtení na stejný srážkový úhrn dosahuje varianta č. 3 (hluboké kypření) lepší infiltraci a to o 0,18 %. Nejhůře dopadla nasycená varianta č. 1 (mělké kypření), kde půda byla schopna infiltrovat 6,38 mm z celkových 18,88 mm.

Graf č. 5- Infiltrace vody z 1. 8. 2012



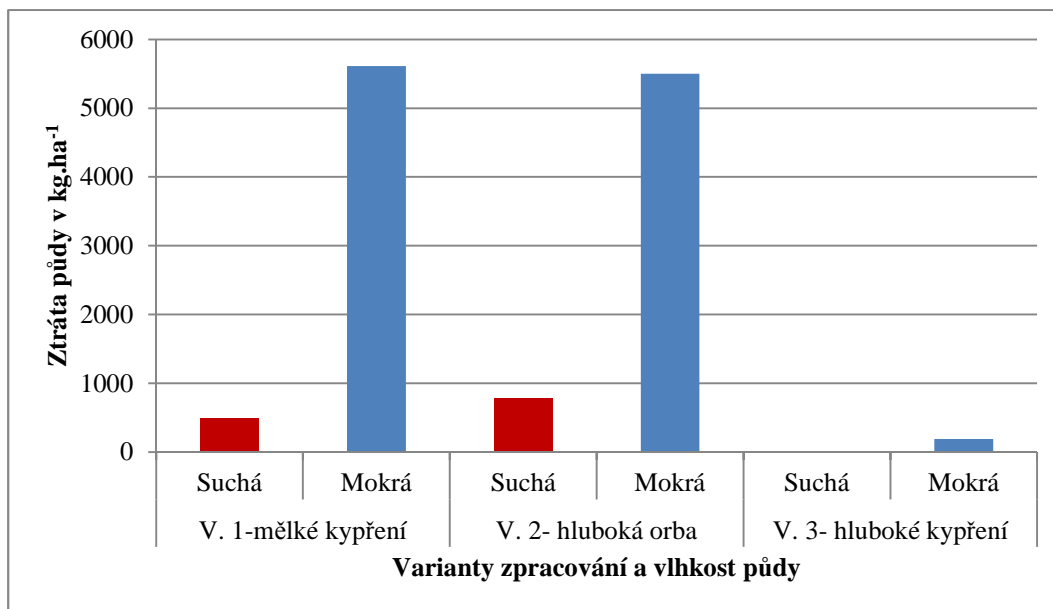
Poslední hodnocení infiltrace bylo prováděno 1. 8. 2012. u variant č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření) byla naměřena plná infiltrace aplikovaných srážek jak u suché tak u nasycené půdy. U varianty č. 1 (mělké kypření) za suchého stavu půdy bylo infiltrováno 10,48 mm z celkových 17,98 mm. Za nasyceného stavu půdy byla naměřena míra infiltrace 6,03 mm z 17,53 mm.

5.1.2 Hodnocení vlivu zpracování půdy na vodní erozi půdy v roce 2013

5.1.2.1 Hodnocení ztráty půdy v roce 2013

V pokusném roce 2013 byly prováděny pouze dvě měření z důvodu nepřízně počasí. Z prvního měření, kdyby měla mít cukrová řepa 8 - 12 listů údaje chybí. První zadeš'ování bylo prováděno až 2. 7. 2013. Cukrová řepa měla v průměru 18 - 22 listů a byla zapojena v řádku a místy v meziřadí. Na variantě č. 1 (mělké kypření) byla ztráta půdy $483 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Výše ztráty půdy na variantě č. 2 (hluboká orba) za suchého stavu půdy dosahuje $782 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a tedy o 61,9 % vyšší ztráta půdy z hektaru oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Na variantě č. 3 (hluboké kypření) nebyla zaznamenána žádná ztráta půdy z hektaru za suchého stavu půdy. Největší ztráta půdy za nasyceného stavu byla zaznamenána na variantě č. 1 (mělké kypření), kde výše ztráty půdy dosahuje $5614 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. O něco lépe je na tom varianta č. 2 (hluboká orba), jelikož zde byla naměřena ztráta půdy $5500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, to je snížení ztráty půdy o 2,03 %. Nejlépe dopadla varianta č. 3 (hluboké kypření), kde ztráta půdy za nasyceného stavu půdy dosahuje $191 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. To znamená snížení ztráty půdy o 96,6 %.

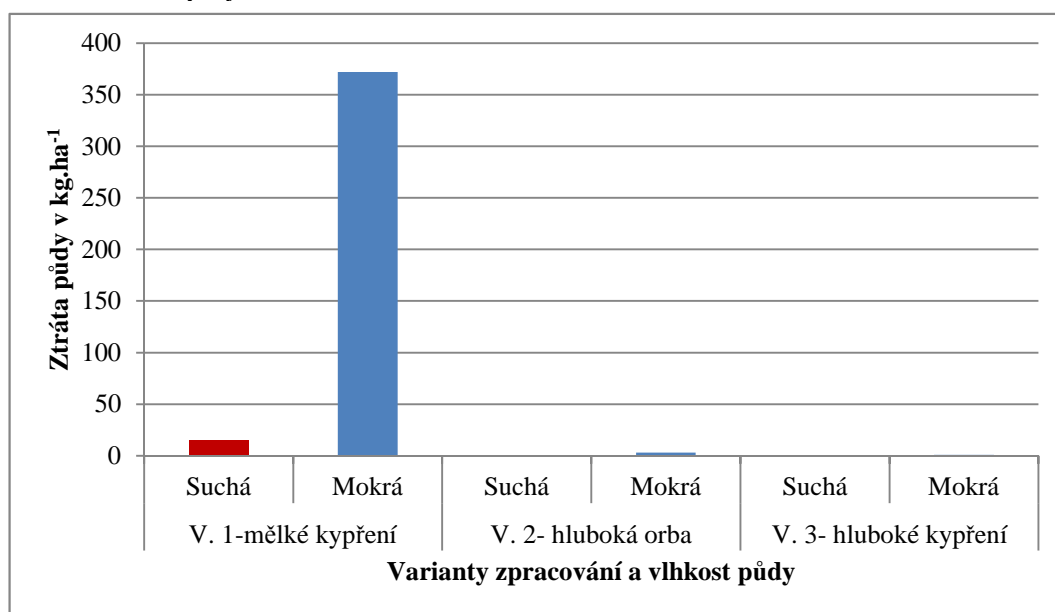
Graf č. 6- Ztráta půdy z 2. 7. 2013



Poslední měření probíhalo 31. 7. 2013, kdy měla cukrová řepa 22 - 28 listů a řádky i meziřadí bylo již plně zapojeno. Vyšší ztráta půdy byla zaznamenána jen na variantě č. 1 (mělké kypření) a to jak za suchého tak nasyceného stavu půdy. Za suchého stavu půdy byla ztráta půdy z varianty č. 1 (mělké kypření) $15 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na variantě č. 2 (hluboká orba) byla

ztráta půdy ve výši $1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a z toho vyplývá snížení eroze o 93,33 %. Z varianty č. 3 (hluboké kypření) za suchého stavu půdy nebyla zaznamenána ztráta půdy. Nasycený stav půdy výrazně zvýšil ztrátu půdy u varianty č. 1 (mělké kypření). Ztráta půdy, zde dosahovala $372 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Kdežto na variantě č. 2 (hluboká orba) byla ztráta půdy ve výši $3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, to je snížení ztráty půdy o 99,19 %. Ztráta $1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ u varianty č. 3 (hluboké kypření) nám poukazuje na snížení eroze o 99,73 %.

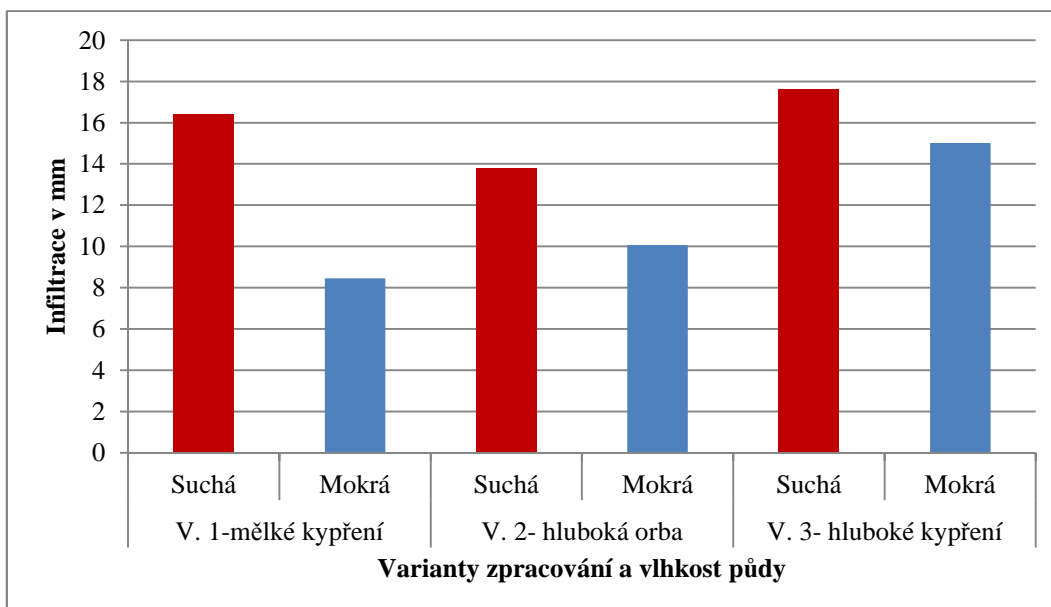
Graf č. 7- Ztráta půdy z 31. 7. 2013



5.1.2.2 Míra infiltrace v roce 2013

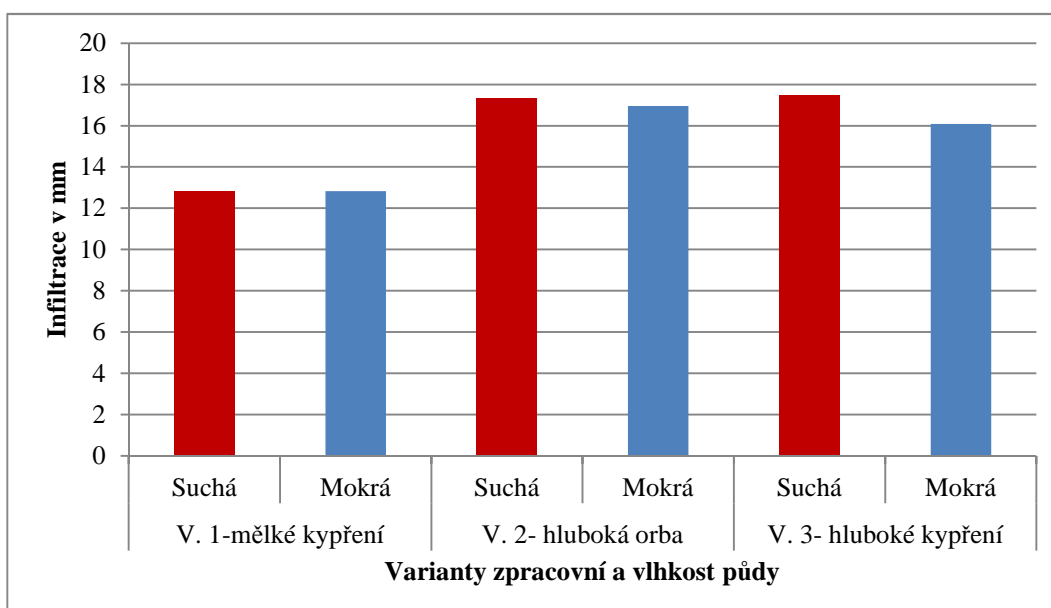
Z grafu č. 9 nám vyplývá kladný vliv zpracování na variantě č. 3 (hluboké kypření), kde půda za suchého stavu půdy dokázala absorbovat celý úhrn srážek, který byl aplikován. Na variantě č. 1 (mělké kypření) byla naměřena míra infiltrace za suchého stavu půdy 16,42 mm z 18,12 mm. Nejhůře dopadla varianta č. 2 (hluboká orba), kde byla zaznamenána míra infiltrace za suchého stavu půdy 13,81 mm z celkových 19,21 mm. U nasyceného stavu půdy byla nejlépe vyhodnocena varianta č. 3 (hluboké kypření) a to mírou infiltrace 15,02 mm z 18,92 mm. Druhá nejlépe vyhodnocená varianta byla č. 2 (hluboká orba), která dokázala infiltrovat 10,06 mm z celkových 19,06 mm. A jako varianta s nejmenší mírou infiltrace byla vyhodnocena varianta č. 1 (mělké kypření) s infiltrací 8,46 mm z 18,86 mm.

Graf č. 8- Infiltrace vody z 2. 7. 2013



Graf č. 10 poukazuje na výrazný vliv zpracování na vsak vody. Nejlépe dopadla varianta č. 3 (hluboké kypření). Na této variantě byla naměřena infiltrace za suchého stavu půdy v celé míře aplikovaných srážek a to 17,45 mm z 17,45 mm. Varianta č. 2 (hluboká orba) za suchého stavu půdy byla schopna adsorbovat 17,33 mm z celkových 17,58 mm. Nejhůře dopadla varianta č. 1 (mělké kypření), kde za suchého stavu půdy byla míra infiltrace 12,79 mm z 13,19 mm a za nasyceného stavu půdy 12,83 mm z 17,58 mm. Na variantě č. 2 (hluboká orba) byla naměřena infiltrace 16,95 mm z 17,5 mm. Varianta č. 3 (hluboké kypření) byla vyhodnocena nejlépe a míra infiltrace, zde činila 16,09 mm z celkových 16,44 mm.

Graf č. 9- Infiltrace vody z 31. 7. 2013



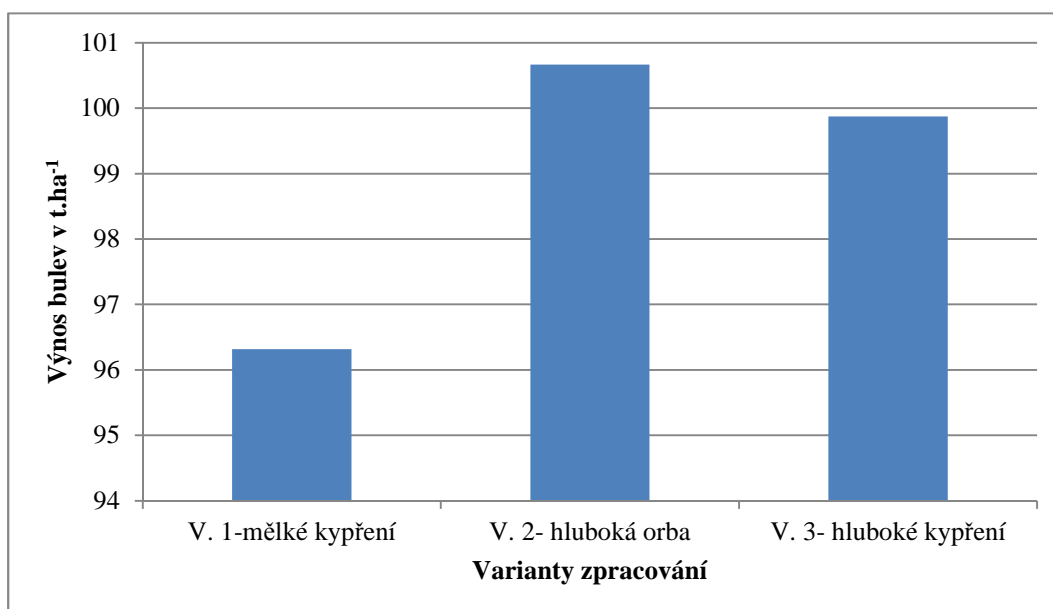
5.2 Vliv zpracování půdy na výnos a cukernatost cukrové řepy

Ukazatelé, které byly vyhodnocovány v obou pokusných letech:

- Výnos bulev ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)
- Cukernatost (%)
- Výnos polarizačního cukru ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)
- Výnos bílého cukru ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)
- Výnos bulev přepočítaný na 16 % cukernatost ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)

5.2.1 Vliv zpracování půdy na výnos a cukernatost v roce 2012

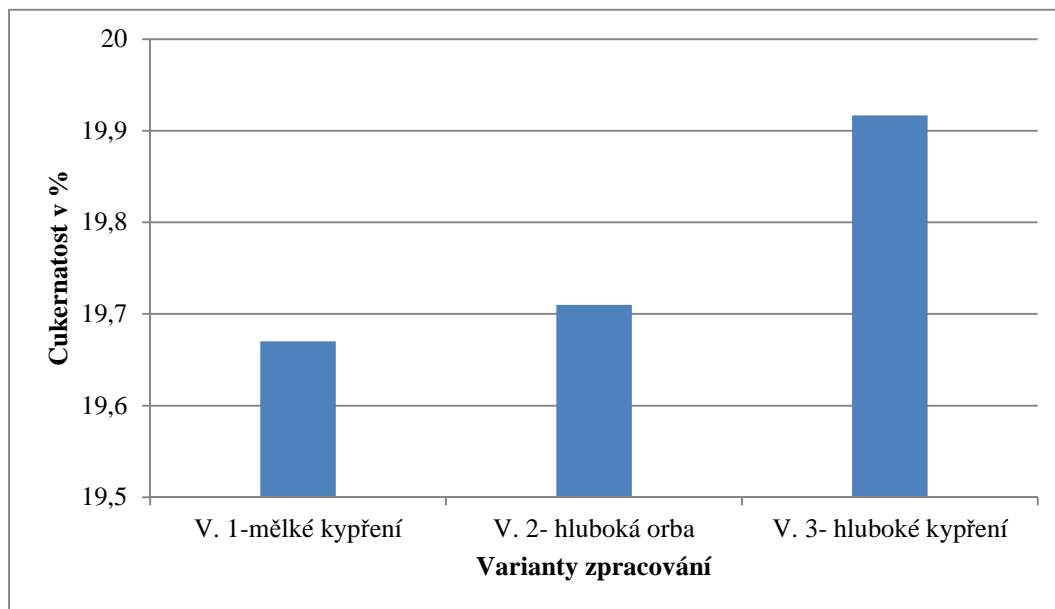
Graf č. 11- Výnos bulev v roce 2012



V pokusném roce 2012 dosáhla největšího výnosu bulev z hektaru varianta č. 2 (hluboká orba), její výnos byl $100,67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ to je nárůst 4,52 % oproti kontrolní variantě č. 1 (mělké kypření), jelikož její výnos byl $96,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a nárůst o 0,8 % oproti variantě č. 3 (hluboké kypření). U varianty č. 3 (hluboké kypření) bylo dosaženo výnosu bulev $99,87 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ to je nárůst o 3,69 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Varianta č. 2 (hluboká orba) dosáhla nejvyššího výnosu jak podzemní biomasy tak nadzemní, kde výnos chrástu byl o 9,84 % vyšší než u varianty č. 1 (mělké kypření) a o 0,25 % vyšší oproti variantě č. 3 (hluboké kypření).

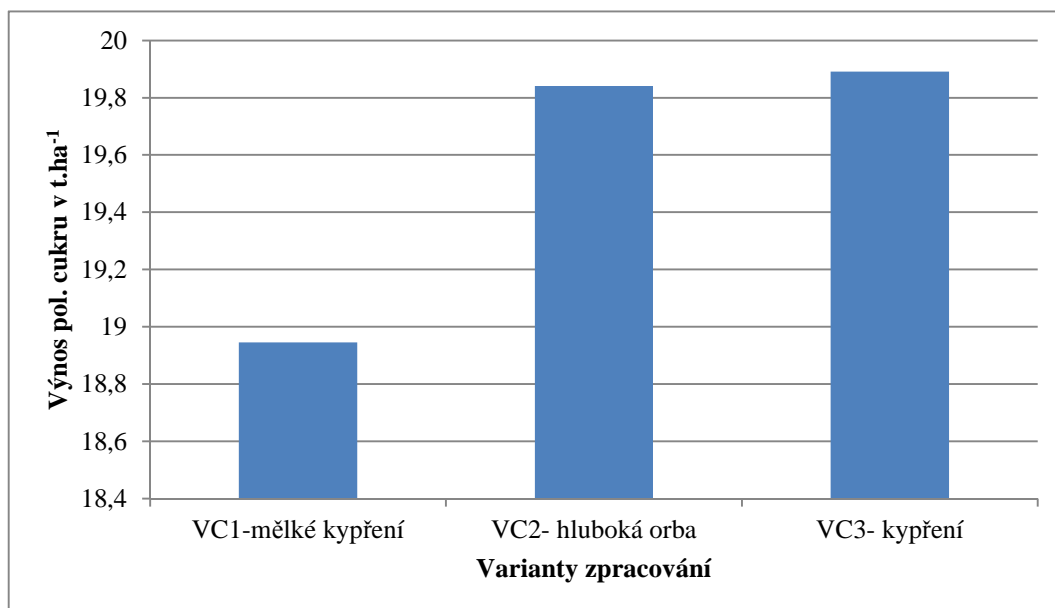
Z grafu č. 12 vyplývá, že nejvyšší cukernatosti bylo dosaženo na variantě č. 3 (hluboké kypření) a to průměrně 19,9 %. Na variantách č. 1 (mělké kypření) a č. 2 (hluboká orba) bylo dosaženo shodných cukernatostí a to 19,7 %. To je nárůst varianty č. 3 (hluboké kypření) o 1,25 % rel. oproti variantám č. 1 (mělké kypření) a č. 2 (hluboká orba).

Graf č. 11- Cukernatost v roce 2012



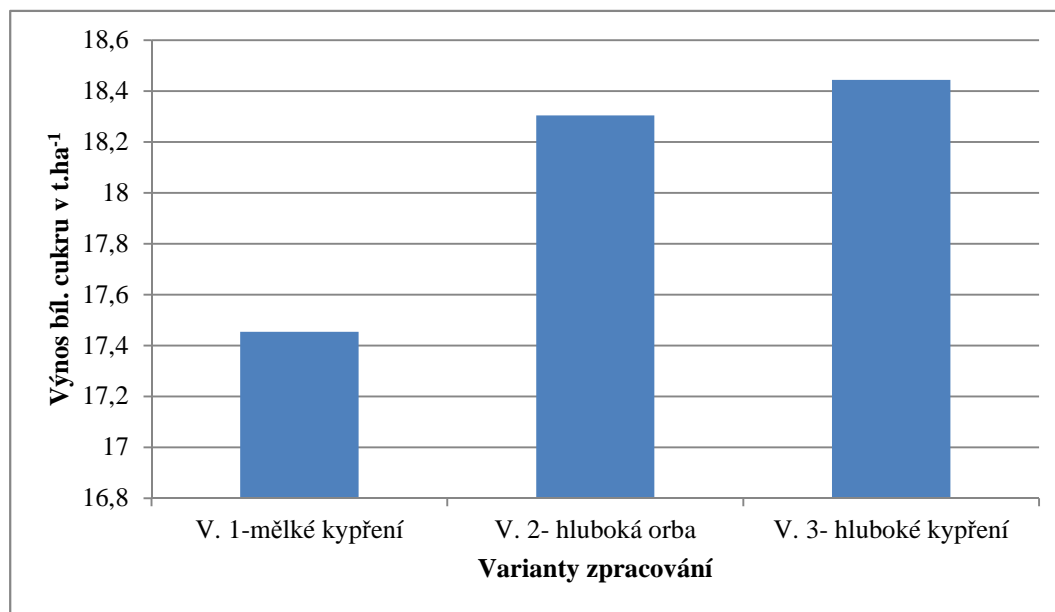
Nejvyššího výnosu polarizačního cukru v roce 2012 ze všech variant bylo dosaženo na variantě č. 3 (hluboké kypření) a to 18,9 t.ha⁻¹ tento výnos je o 4,99 % vyšší než výnos na variantě č. 1 (mělké kypření). Zde byl výnos polarizačního cukru 18,9 t.ha⁻¹, to je o 0,5 % vyšší než na variantě č. 2 (hluboká orba). Na variantě č. 2 (hluboká orba) bylo dosaženo výnosu polarizačního cukru 19,8 t.ha⁻¹ to je o 4,73 % vyšší výnos oproti kontrolní variantě č. 1 (mělké kypření).

Graf č. 12- Výnos polarizačního cukru v roce 2012

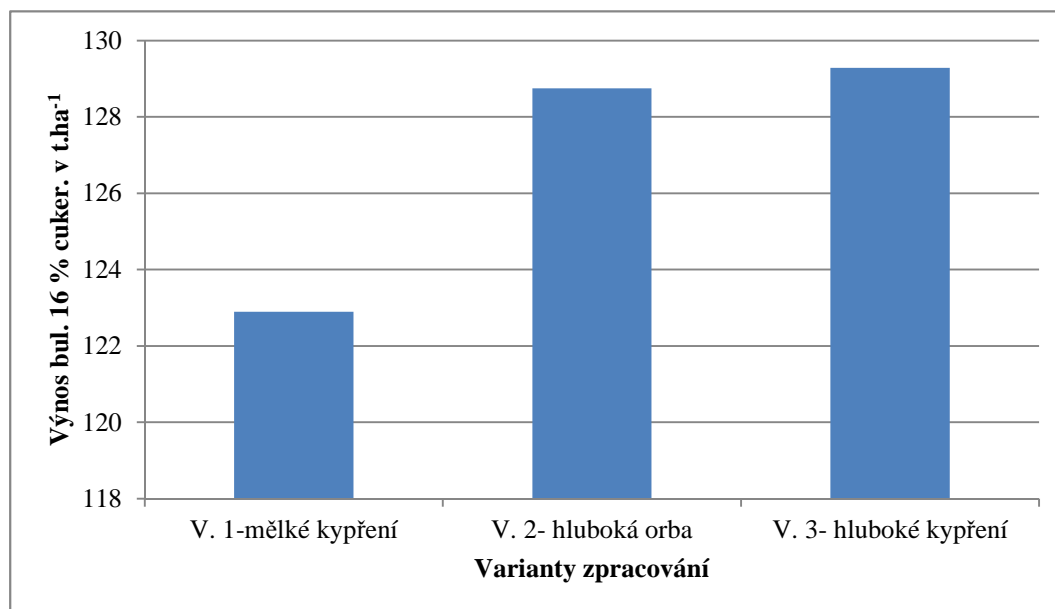


Na variantě č. 3 (hluboké kypření) bylo zaznamenáno nejvyššího výnosu bílého cukru a to $18,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, to představuje nárůst o 5,67 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření) a také navýšení výnosu oproti variantě č. 2 (hluboká orba) o 0,5 %. Varianta č. 2 (hluboká orba) dosáhla výnosu bílého cukru $18,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, což byl nárůst o 4,87 % oproti kontrolní variantě č. 1 (mělké kypření), kde dosáhla varianta výnosu bílého cukru $17,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Graf č. 13- Výnos bílého cukru v roce 2012



Graf č. 14- Výnos bulev přepočítaný na 16 % cukernatost v roce 2012



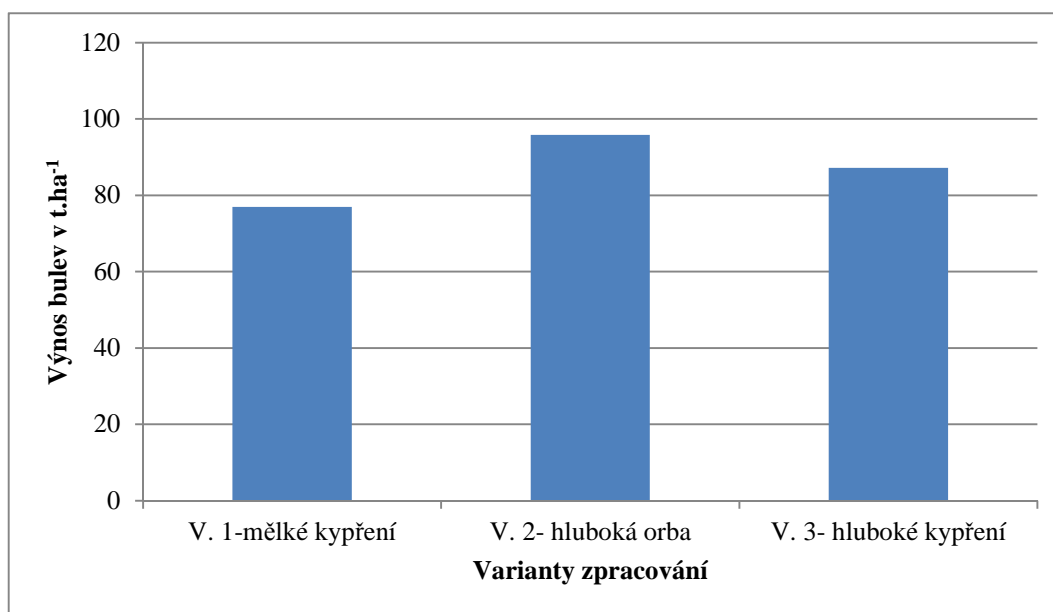
Z grafu č. 15 nám jasně vyplývá, že nejvyššího výnosu v roce 2012 bylo dosaženo na variantě č. 3 (hluboké kypření). Na této variantě bylo dosaženo výnosu $129,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ přepočítané cukrové řepy na 16 % cukernatost, to je zvýšení o 5,20 % oproti variantě č. 1

(mělké kypření) a oproti variantě č. 2 (hluboká orba) o 0,46 %. Druhý největší výnos byl zaznamenán na variantě č. 2 (hluboká orba) 128,7 t.ha⁻¹, to je nárůst výnosu o 4,76 % v porovnání s variantou č. 1 (mělké kypření), kde bylo dosaženo výnosu 122,9 t.ha⁻¹.

5.2.2 Vliv zpracování na výnos a cukernatost v roce 2013

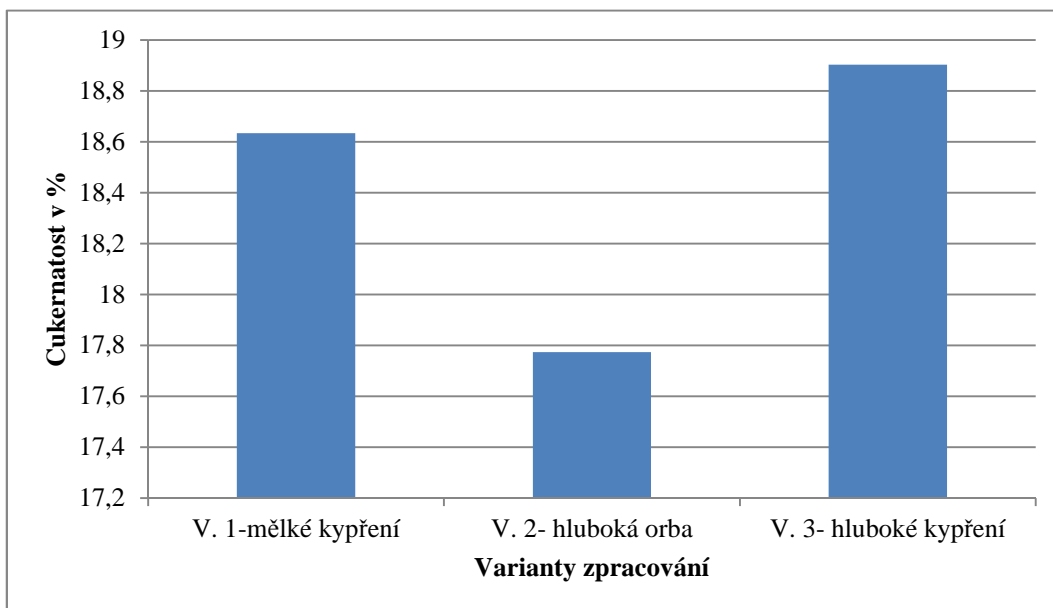
Jako v roce 2012, tak i v 2013 byl největší výnos bulev naměřen na variantě č. 2 (hluboká orba). Bylo zde dosaženo výnosu bulev 95,79 t.ha⁻¹ to je o 24,48 % více oproti variantě č. 1 (mělké kypření) a 9,88 % více oproti variantě č. 3 (hluboké kypření). Varianta č. 3 (hluboké kypření) dosáhla výnosu 87,17 t.ha⁻¹, to je nárůst o 13,28 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření), kde bylo dosaženo výnosu 76,95 t.ha⁻¹. Opět dosáhla varianta č. 2 (hluboká orba) největšího výnosu bulev tak i chrástu. Výnos chrástu byl o 93,30 % vyšší v porovnání s variantou č. 1 (mělké kypření) a o 28,79 % vyšší oproti variantě č. 3 (hluboké kypření).

Graf č. 15- Výnos bulev v roce 2013



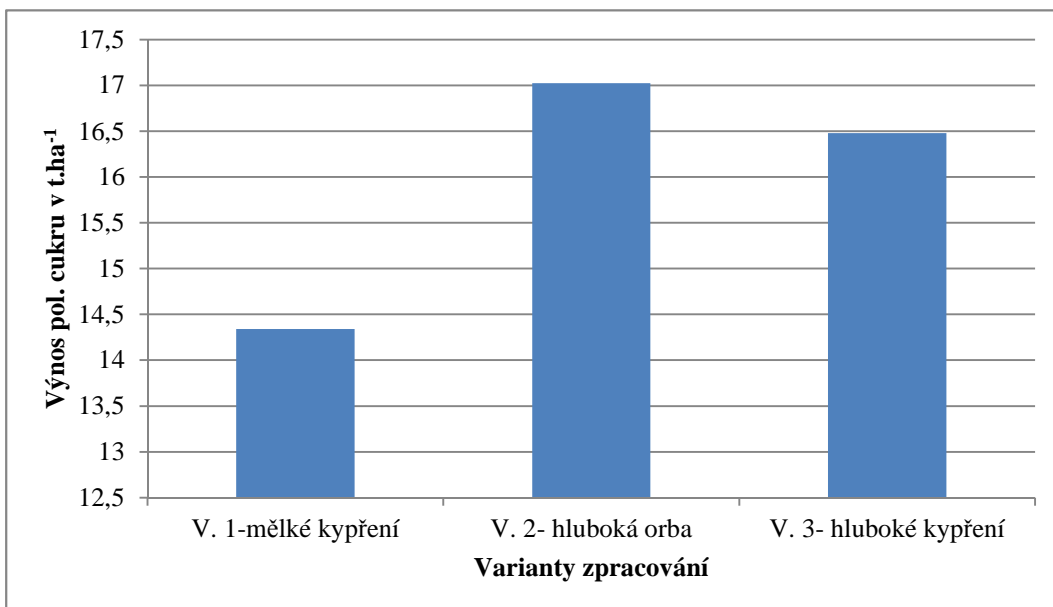
Z grafu č. 17 vyplývá, že ačkoliv bylo na variantě č. 2 (hluboká orba) dosaženo největšího výnosu bulev i chrástu, cukernatost byla u této varianty pouhých 17,8 %, což bylo snížení o 4,62 % rel. oproti variantě č. 1 (mělké kypření), která zaznamenala cukernatost 18,6 %. Nejlépe dopadla varianta č. 3 (hluboké kypření), když dosáhla cukernatosti 18,9 %, což je o 1,45 % rel. zvýšení cukernatosti oproti variantě č. 1 (mělké kypření) a zvýšení cukernatosti v porovnání s variantou č. 2 (hluboká orba) o 6,17 % rel.

Graf č. 16- Cukernatost v roce 2013



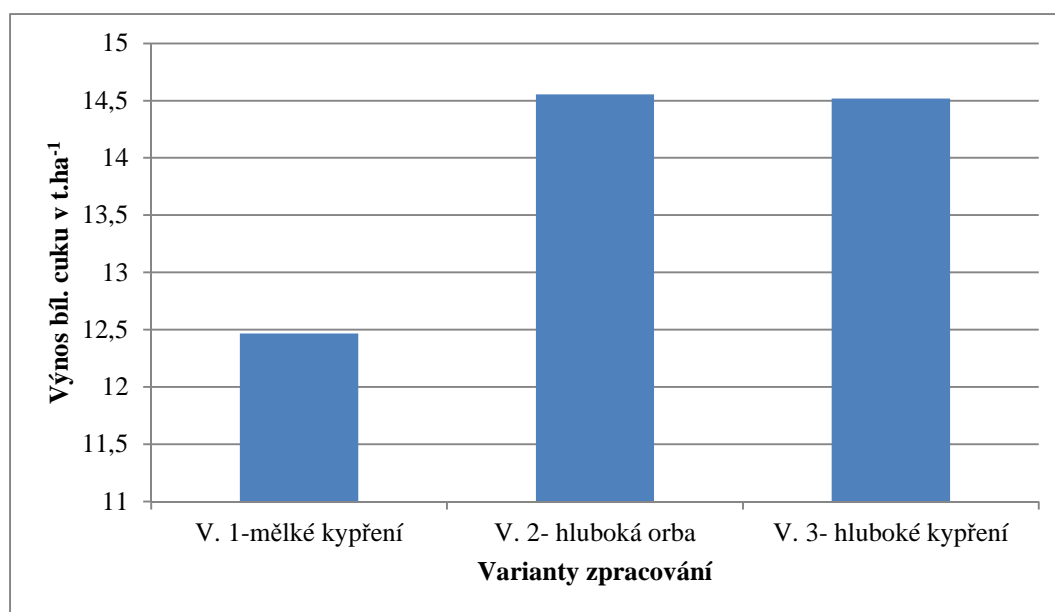
Graf č. 18 poukazuje vliv zpracování půdy na výnos polarizačního cukru. Nejmenšího výnosu bylo dosaženo na variantě č. 1 (mělké kypření) a to výnosu $14,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na variantě č. 3 (hluboké kypření) byl dosažen výnos $16,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, to je zvýšení výnosu o 14,93 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Nejlépe byla vyhodnocena varianta č. 2 (hluboká orba), kde bylo dosaženo výnosu polarizačního cukru $17 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, to je nárůst výnosu v porovnání s variantou č. 1 (mělké kypření) o 18,73 % a nárůst oproti variantě č. 3 (hluboké kypření) o 3,03 %.

Graf č. 17- Výnos polarizačního cukru v roce 2013

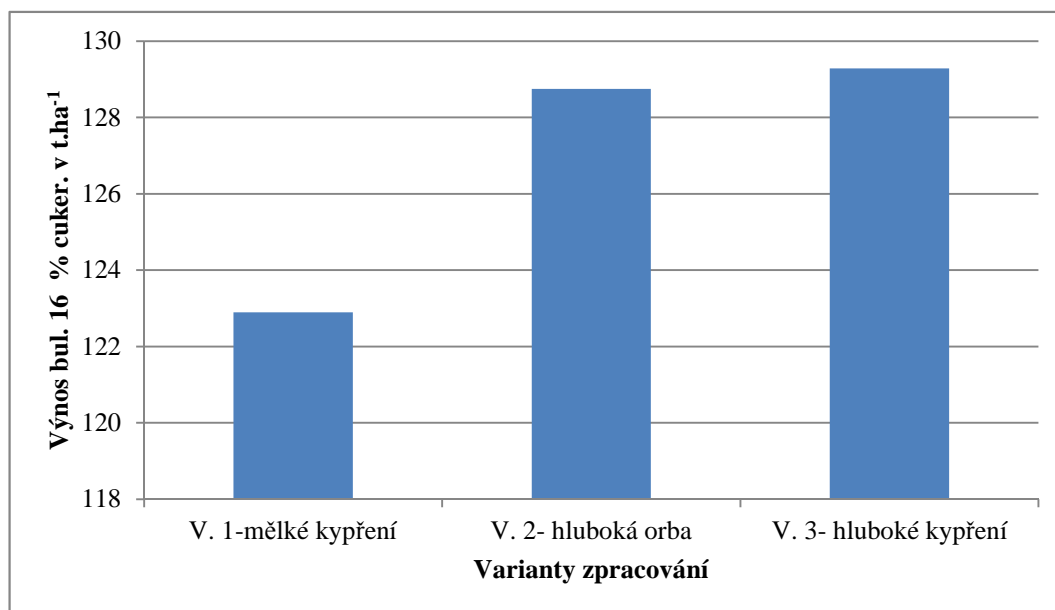


Nejmenší výnos bílého cukru byl zaznamenán na variantě č. 1 (mělké kypření) (graf č. 19). Zde bylo dosaženo celkového výnosu bílého cukru 12,5 t.ha⁻¹. Varianty č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření) dosáhly téměř stejného výnosu bílého cukru. Jen na variantě č. 2 (hluboká orba) byl zaznamenán mírný nárůst výnosu o 0,68 % oproti variantě č. 3 (hluboké kypření) a oproti variantě č. 1 (mělké kypření) byl zaznamenán nárůst o 16,76 %. Varianta č. 2 (hluboká orba) dosáhla výnosu 14,6 t.ha⁻¹ a varianta č. 3 (hluboké kypření) 14,5 t.ha⁻¹.

Graf č. 18- Výnos bílého cukru v roce 2013



Graf č. 19- Výnos bulev přepočítaný na 16 % cukernatost v roce 2013



Z grafu č. 20 vyplývá kladný vliv zpracování půdy z varianty č. 2 (hluboká orba). Na této variantě bylo v roce 2013 dosaženo největšího výnosu bulev, chrástu, polarizačního cukru a bílého cukru a také zde bylo dosaženo největšího výnosu bulev přepočítaného na 16 % cukernatost, kde byl výnos $108,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, to je nárůst výnosu o 17,76 % oproti variantě č. 1 (mělké kypření), kde bylo dosaženo výnosu $92,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. O 2,25 % menší výnos oproti variantě č. 2 (hluboká orba) byl dosažen na variantě č. 3 (hluboké kypření) a to výnos $106,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, což byl nárůst oproti variantě č. 1 (mělké kypření) o 15,20 %.

6 Diskuze

6.1 Vliv zpracování půdy na vodní erozi půdy

Při hodnocení vlivu zpracování půdy na vodní erozi půdy v podniku Agro Chomutice a.s. v roce 2012 a 2013 byl zaznamenán příznivý vliv hlubokého kypření a hluboké orby jako tradiční technologie zpracování půdy k cukrové řepě, i když spolu pokusné roky 2012 a 2013 nelze porovnávat mezi sebou, z důvodu extrémně odlišného průběhu počasí v obou pokusných letech.

Z vyhodnocení výsledků v letech 2012 a 2013 vychází nejlépe varianta č. 3 (hluboké kypření), jak za suchého i nasyceného stavu půdy, kde bylo dosaženo nejmenší ztráty půdy a zaznamenána nejvyšší míra infiltrace. V roce 2012 varianta č. 2 (hluboká orba) dopadla hůře oproti variantě č. 3 (hluboké kypření), ale lépe oproti variantě č. 1 (mělké kypření) ta, ale byla pro kontrolu a vyhodnocení ztráty půdy a míry infiltrace ponechána bez rostlin.

Nejmenší ztráta půdy a nejvyšší míra infiltrace z varianty č. 3 (hluboké kypření) je dána pozitivním vlivem kypření, a to díky provzdušnění půdy a nepřerušování gravitačních kapilár, které odvádějí vodu do hlubších horizontů. U hlubokého kypření je schopnost infiltrovat velkou část srážkového úhrnu dána proniknutím do podorniční vrstvy. Také Ohryzek (1954) uvádí příznivý vliv kypření na fyzikální stav půdy a rozrušení podorniční podlahy, která vzniká opakovaným zpracováním na stejnou hloubku.

Jako druhá dopadla varianta č. 2 (hluboká orba), která vždy dokázala infiltrovat větší množství vody, než varianta č. 1 (mělké kypření). Míra infiltrace u varianty č. 2 (hluboká orba) byla nejspíše dána větší hloubkou zpracování a celkovou provzdušeností a menší utužeností. Ale v roce 2013 byla ztráta půdy z prvního měření vyšší u varianty č. 2 (hluboká orba) oproti variantě č. 1 (mělké kypření). Mírou infiltrace a pohybem vody v půdním profilu se zabývali Kroulík et al. (2014), kdy prováděly pokusy s různým zpracováním půdy ve třech variantách a to: mělké kypření, orba a přímé setí. Nejvíce vody pojala varianta s orbou, ale níže se zastoupení obarvené vody snižuje a je možné vypočítat vliv utužené vrstvy podorniční, které bránilo dalšímu vsakování. U varianty s mělkým kypřením byl vypočítán vliv ztuhlého podorničí na průběh vsakování a navíc přibyla ještě další vrstva pod úrovní hloubky mělkého kypření. Pro variantu přímého setí byli typické trhliny a makropóry, které vytvářely souvislé preferenční cesty. Hůla et al. (2008) při měření infiltrace poukázaly na

tvorbu makropóru při půdoochranných způsobech zpracování půdy a mělo v řadě případů za následek prostup vody do hlubších vrstev půdy.

Dalším problémem, který snižuje míru infiltrace vody a zvyšuje ztrátu půdy, je právě zhutňování a zvyšování objemové hmotnosti půdy a snižování pórovitosti půdy. Například Javůrek et al. (2012) uvádějí výsledky pokusů s vlivem agrotechniky na vodní erozi půdy, kde bylo zvýšení míry infiltrace dešťových srážek z varianty, kde proběhlo mělké kypření o 40 % vyšší oproti variantě s orbou. U zhutněných půd vzniká problém hlavně s růstem kořenů rostlin především u rostlin, které tvoří výnos podzemními orgány. Například u cukrovky dochází k tzv. „mrcasatění bulev“, a proto uvádí Javůrek a Vach (2008) přípustnou mez objemové hmotnosti pro cukrovou řepu v rozmezí 1,00 - 1,10 g.cm⁻³ a kritickou 1,35 g.cm⁻³. Vztahem objemové hmotnosti a zpracování půdy k cukrové řepě se zabývala řada autorů, například Romanekas et al. (2009) prováděli pokusy s různou agrotechnikou na vliv pěstování cukrové řepy a z jejich pokusů vyplývá, že objemová hmotnost u kypření do hloubky 25 cm byla 1,28 g.cm⁻³, to je oproti variantě s orbou do 25 cm snížení objemové hmotnosti o 3,75 %. Jabro et al. (2010), prováděli pokusy s různou hloubkou zpracování půdy na fyzikální vlastnosti půdy a výnos cukrové řepy, poukazuje na větší objemovou hmotnost u varianty s mělkým kypřením a hloubkou zpracování do 10 cm a naopak menší objemovou hmotnost u varianty s kypřením do 20 cm, kde byl naměřen i menší penetrometrický odpor.

Ačkoliv nelze hodnotit pokusné roky 2012 a 2013 mezi sebou z výsledků vyplývá příznivý vliv hlubokého kypření, ale nelze opomenout vliv 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 pokryvnosti porostu cukrové řepy na vodní erozi půdy

V obou pokusných letech 2012 a 2013 byl zaznamenán sestupující trend ztráty půdy z hektaru a tím i zvýšení míry infiltrace. Při prvních měřeních v roce 2012 byla zaznamenána ztráta půdy ze všech variant jak za suchého stavu půdy tak nasyceného stavu půdy. Při druhém měření, už nebyla na variantě č. 3 (hluboké kypření) za suchého stavu půdy zaznamenána žádná ztráta a půda, řapíky a listy cukrové řepy dokázaly infiltrovat celý srážkový úhrn. U varianty č. 2 (hluboká orba) sice byla naměřena ztráta půdy, ale pouze

25 kg.ha⁻¹, to bylo snížení ztráty půdy oproti variantě č. 1 (mělké kypření) o 99,76 %. Za nasyceného stavu půdy byla naměřena ztráta půdy z variant č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření), ale oproti kontrolní variantě to byla pouze nepatrná ztráta. Při posledním měření nebyla naměřena žádná ztráta jak za suchého tak nasyceného stavu půdy.

Podobný trend probíhal i během měření v roce 2013, kde byla provedena pouze dvě měření. Během prvního měření sice ztráta půdy z varianty č. 2 (hluboká orba) převyšovala variantu č. 1 (mělké kypření), ale při druhém měření již byl trend ztráty půdy z hektaru a míry infiltrace obdobný jako v roce 2012. Snižující ztráta půdy z hektaru je dána růstem nadzemní biomasy, ale také různým zpracováním půdy. Z výsledků pokusů se dá říci, že cukrové řepě během letních měsíců, tedy od doby, kdy uzavře řádky, hrozí minimální riziko ohrožení vodní erozí naopak dle MZe (2014) je právě cukrová řepa v období výskytu přívalových srážek (červen, červenec, srpen) nejvíce ohrožena, protože svým vzrůstem nedostatečně kryje půdy. Toto tvrzení vyvrací pokusy z let 2012 i 2013.

6.3 Vliv zpracování na výnos a cukernatost cukrové řepy

V pokusném roce 2012 a 2013 bylo dosaženo nejvyššího výnosu bulev z varianty č. 2 (hluboká orba), ale nejvyšší cukernatosti v obou dvou pokusných letech dosáhla varianta č. 3 (hluboké kypření). Rozdíl mezi roky 2012 a 2013 nastává ve výnosu polarizačního a bílého cukru, kde v roce 2012 největšího výnosu jak polarizačního tak bílého cukru byl dosažen na variantě č. 3 (hluboké kypření), kdež to v roce 2013 dosáhla varianta č. 2 (hluboká orba) nejvyššího výnosu bílého i polarizačního cukru. K rozdílným výsledkům tedy dochází i v konečném hodnocení výnosu cukrové řepy přepočítaného na 16 % cukernatost. V roce 2012 bylo dosaženo nejvyššího výnosu na variantě č. 3 (hluboké kypření), oproti tomu v roce 2013 bylo dosaženo nejvyššího výnosu bulev přepočítaného na 16 % cukernatost na variantě č. 2 (hluboká orba). Varianta č. 1 (mělké kypření) byla brána jako kontrolní a dosáhla oproti variantám č. 2 (hluboká orba) a č. 3 (hluboké kypření), vždy menšího výnosu bulev přepočítaného na 16 %.

Nejvyššího výnosu bulev i chrástu z varianty č. 2 (hluboká orba) dosahuje cukrová řepa nejspíš proto, že dochází k optimálnímu promíchání organické hmoty potažmo chlívského hnoje, který byl pod cukrovou řepu aplikován. Dále se můžeme domnívat, že u orby bude sníženo riziko zaplevelení výdrolom předešlé plodiny, jelikož bude většina semen díky orbě uložena na dně brázdy. Na pozitivní vliv orby poukazuje Rybáček (1985), který

uvádí, že vytvoření homogenního orničního profilu lze dosáhnout jen orbou. Ta je u cukrovky hlavním obdělávacím úkonem. Přitom jde nejen o sled, počet, hloubku a termín orb, ale i o jejich jakost. Chochola (2010) uvádí klady i zápory orby, která 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.

Nejvyšší cukernatosti v obou pokusných letech dosáhla varianta č. 3 (hluboké kypření). U hlubokého kypření se nevytváří podorniční podlaha, tudíž dokáže nejenom lépe vsakovat, ale i čerpat vodu z hlubších horizontů. Jak uvádí Pulkrábek et al. (2007) je právě podzimní příprava půdy velmi důležitá pro vodní režim následně pěstované cukrové řepy. Musí vytvářet podmínky umožňující co největší vsakování srážkové vody a naopak, podle možností omezit výpar. A právě to hluboké kypření vytváří. Stejných výsledků dosáhl i Jabro et al. (2010), kteří uvádějí, že cukernatost byla vždy vyšší na variantě s hlubším zpracováním oproti variantě s mělkým zpracováním.

Dalším možným aspektem zvýšené cukernatosti na variantě č. 3 (hluboké kypření) by mohlo být lepší hospodaření s organickou hmotou. Chochola (2010) uvádí jako další nevýhodu orby v tom, že zvyšuje mineralizaci půdní organické hmoty a snižuje se množství humusu v půdě. A Badalíková et al. (2009) poukazují na vyšší obsah humusu v půdě a jeho vliv na zvýšené ukládání cukru a tím i zvýšení cukernatosti oproti variantě s menšími obsahy humusu.

Je dokázáno, že tvorba bulvy a ukládání cukru do bulvy probíhá, byť s rozdílnou intenzitou, po celou vegetaci od zasetí do sklizně a hlavní růst kořene probíhá převážně ve druhé fázi až po zformování dostatečně velkého fotosyntetického aparátu, tj. od konce července do poloviny září. Později kořen roste již pomaleji, ale probíhá v něm intenzivní hromadění sušiny (růst cukernatosti). Ale pro cukrovou řepu je jedním z limitujících faktorů podzimní příprava půdy. Pulkrábek et al. (2007) uvádí 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.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo posoudit vliv zpracování půdy na vodní erozi půdy a vliv zpracování půdy na výnos a cukernatost cukrové řepy. U vlivu zpracování na vodní erozi půdy byla posuzována míra infiltrace, ztráta půdy a povrchový odtok.

Z dvouletých přesných polních pokusů, bylo dosaženo nejmenší ztráty půdy na variantě s hlubokým kypřením, následovala varianta s hlubokou orbou a nejhůře dopadla varianta s mělkým kypřením. U míry infiltrace byl zaznamenán stejný trend jako u ztráty půdy z hektaru. Nejlépe infiltrovala celý srážkový úhrn varianta s hlubokým kypřením, následovala ji varianta s hlubokou orbou a nejhůře infiltrovala varianta s mělkým kypřením. V roce 2012 při prvním měření, které se provádělo 24. 5. 2012, byla ztráta půdy na variantě s hlubokým kypřením za suchého stavu $1303 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, to je oproti variantě s hlubokou orbou o 40,7 % méně a oproti variantě s mělkým kypřením o 64,7 % méně. Naopak při prvním měření v roce 2013, které probíhalo 2. 7. 2013, nebyla za suchého stavu půdy u varianty s hlubokým kypřením naměřena žádná ztráta půdy. U varianty s hlubokou orbou byla naměřena ztráta za suchého stavu půdy $782 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, to bylo zvýšení ztráty půdy o 61,9 % oproti variantě s mělkým kypřením. V době, kdy se prováděla druhá měření v obou pokusných letech, už se na snížení ztráty půdy podílely dva faktory, a to způsob zpracování půdy a vliv pokryvnosti půdy nadzemní biomasou. Během druhého měření z 6. 6. 2012, nebyla naměřena žádná ztráta půdy za suchého stavu na variantě s hlubokým kypřením. Na variantě s hlubokou orbou za suchého stavu byla naměřena ztráta půdy pouze $25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, to bylo oproti variantě s mělkým kypřením snížení o 99,76 %. Obdobných výsledků bylo dosaženo z druhého měření v roce 2013. Nejvyšší ztráta půdy v roce 2013 při druhém měření byla opět naměřena na variantě s mělkým kypřením za suchého stavu a to $15 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na variantě s hlubokou orbou byla zaznamenána ztráta půdy pouze $1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (snížení o 93,33 %) a na variantě s hlubokým kypřením nebyla naměřena žádná ztráta. Během posledního třetího měření z 1. 8. 2012, už nebyla na variantách s hlubokou orbou a hlubokým kypřením zaznamenána žádná ztráta půdy.

Na základě dosažených výsledků můžeme konstatovat, že varianta s hlubokým kypřením lépe infiltruje a odvádí vodu do větších hloubek oproti variantě s hlubokou orbou. Přestože varianta s hlubokou orbou dosahovala také příznivých výsledků, byl zde patrný vliv vytvořené podorniční podlahy, která se při orbě často vytváří. Varianta s mělkým kypřením byla ponechána jako kontrolní a při měření vždy bez rostlinného pokryvu a právě proto, zde

bylo dosaženo nejhorších výsledků. Vysoká ztráta půdy a špatná infiltrace vody vyplývá z mělkého zpracování a také v udržování povrchu bez rostlinného pokryvu.

Dalším důležitým aspektem, který vyplývá z obou pokusných let, je vliv pokrývnosti půdy nadzemní biomasou. Bylo prokázáno, že cukrová řepa je nejvíce náchylná na vodní erozi půdy hlavně v počátku svého růstu, ale s postupným přibýváním listové plochy se zvyšuje míra infiltrace a tím i zmenšuje ztráta půdy. Například z výsledků z roku 2012 na variantách s hlubokým kypřením a hlubokou orbou při posledním umělém zadržování nebyla naměřena žádná ztráta půdy a veškeré srážky byly plně infiltrovány. Podobných výsledků bylo dosaženo i v roce 2013. Z výsledků se dá říci, že cukrová řepa v období, kdy zakryje řádky, není náchylná k vodní erozi půdy a v období letních přívalových dešťů (červenec, srpen) nehrozí u cukrové řepy zvýšené riziko vodní eroze. Bude jistě záležet na faktu kvalitní podzimní přípravy, kvalitního zasetí cukrové řepy a následného plného zapojení porostu s minimální mezerovitostí.

U výnosových a kvalitativních ukazatelů bylo dosaženo rozdílných výsledků mezi pokusnými roky 2012 a 2013. Avšak v obou pokusných letech bylo dosaženo nejvyššího výnosu bulev na variantě s hlubokou orbou a to v roce 2012 výnosu $100,67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a v roce 2013 výnosu $95,79 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (zvýšení výnosu v roce 2012 o 0,8 % a v roce 2013 o 9,88 % oproti variantě s hlubokým kypřením). Oproti tomu nejvyšší cukernatosti v obou pokusných letech dosáhla varianta s hlubokým kypřením a to 19,9 % v roce 2012 a 18,9 % v roce 2013 (zvýšení cukernatosti oproti variantě hlubokou orbou o 1,25 % rel. v roce 2012 a o 6,17 % rel. v roce 2013).

Z výsledků pokusů jednoznačně vyplývá pozitivní vliv hlubokého kypření na snížení vodní eroze půdy a na zvýšení míry infiltrace srážkové vody. Obě varianty zpracování a to jak hluboké kypření, tak hluboká orba působí pozitivně na výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy.

Díky přesným polním pokusům v obou pokusných letech, lze poukázat na vhodnost hlubokého kypření při využití minimalizačních a půdoochranných technologií u pěstování cukrové řepy. Hluboké kypření lze doporučit do podniků bez živočišné výroby, kde není třeba se vypořádat se zapravením statkových hnojiv. Pro podniky s živočišnou výrobou vyvstává otázka, zda využívat klasickou orbou, která řeší problém se zapravením statkových hnojiv, výdřelem předplodiny, ale vzniká zhutnělá podorniční vrstva. Anebo využít minimalizačních

a půdoochranných technologií pro lepší hospodaření s vodou a zvýšení odolnosti proti vodní erozi.

8 Seznam literatury

1. Anonym, 2012. Plodinový katalog 2012 – Cukrová řepa. Syngenta Czech s.r.o. Praha. s. 39.
2. Anonym, Změny u požadavků kontrol podmíněnosti v přechodném období Společné zemědělské politiky v roce 2014 [online]. Eagri. 13. 1. 2014. [cit. 2014-02-26]. Dostupné z<<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/aktuality/zmeny-u-pozadavku-kontrol-podminenosti-v.html>>.
3. Badalíková, B. 2006. Zpracování půdy k cukrovce a její vliv na obsah a kvalitu humusu. Úroda. 54 (3). 46-48.
4. Badalíková, B. 2012. Protierozní ochrana půdy v kukuřici. Úroda. 60 (12). 40–42.
5. Badalíková, B., Hrubý, J. 2009. Využití netradičních meziplodin při protierozním ochraně půdy. Zemědělský výzkum, spol. s.r.o. Troubsko. Brno. s. 10. ISBN: 978-80-86908-11-3.
6. Badalíková, B., Pokorný, E., Červinka, J. 2009. Změny půdního prostředí při různých technologiích zpracování půdy k cukrovce. Listy cukrovarnické a řepařské. 125 (11). 308-311.
7. Basis, F., Kisic, I., Mesic, M., Nestroy, O., Butorac, A. 2004. Tillage and crop management effects on soil erosion in central Croatia. Soil and Tillage Research. 78. 197 – 206.
8. Baudisová, H. 2013. Výroba cukru ve světě, EU-27 a v ČR. Úroda 61 (1). 35-38.
9. Brady, N., Weil, R. 2002. The Nature and Properties of Soils. Prentice Hall. New Jersey. p. 960.
10. Bušo, R., Hašana, R., Gregová, E. 2013. Uplatňovanie podochranných technológií při pestování kukurice. Úroda. 61 (7). 22-23.
11. 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.
12. De Vente, J., Poesen, J. 2005. Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: scale issues and semi-quantitative models. Earth Science Review. 71. 95–125.
13. Demek, J. 1988. Obecná geomorfologie. Academia. Praha. s. 476.
14. Draycott, A. P. 2006. Sugar beet. Blackwell publishing. Oxford. p. 474. ISBN: 978-1-4051-1911-5.
15. Dregne, H. E. 1990. Impact of climate warming on arid region soils. Developments in Soil Science. 20. 177-184.

16. Dvořák, P. 2013. Povrchové mulčování u brambor. *Zemědělec*. 21 (13). 28.
17. Edwards, L., Volk, A., Burney, J.R. 2000. Mulching potatoes: aspects of mulch management systems and soil erosion. *American Journal of potato research*. 77 (4). 225-232.
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. s. 310. ISBN: 80-85361-85-X.
20. Hamerník, F. 1960. Rajonizace zemědělské výroby v ČSSR. SZN, Praha. s. 746.
21. Hangen, E., Buczko, U., Bens, O., Brunotte, J., Huttel, R. F. 2002. Infiltration patterns into two soils under conventional and conservation tillage. *Soil and tillage research*. 63 (3-4). 181-186.
22. Hladík, J., Vopravil, J., Novotný, J., Vrabcová, T. 2012. Eroze a ochrana půdy. *Úroda*. 60 (9). 26-28.
23. Hlaváčková, V. 2011. Eroze půdy a protierozní ochrana půdy. Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s. České Budějovice. s. 54. ISBN 978-80-87262-11-5.
24. Holý, M. 1978.: Protierozní ochrana. SNTL. Praha. s. 288.
25. Holý, M. 1994. Eroze a životní prostředí. ČVÚT. Praha. s. 383. ISBN: 80-01-01078-3.
26. Holý, M., Váška, J., Vráná, K. 1989. Simulační model povrchového odtoku a erozního procesu. *Vodní hospodářství*. 38 (10). 259- 263.
27. Hůla, J. 2000. Půdoochranné technologie zakládání porostů plodin. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. s. 46. ISBN: 80-7271-060-5.
28. Hůla, J., Badalíková, B., Dryšlová, T., Horáček, J., Javůrek, M., Kovaříček, P., Kroulík, M., Kumhála, F., Smutný, V., Tippl, M., Winkler, J. 2010. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. s. 58. ISBN: 978-80-86884-53-0.
29. 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 půd. Profi Press. Praha. s. 248. ISBN 978-80-86726-28-1.
30. Hůla, J., Janeček, M., Kovaříček, P., Bohuslávka, J. 2003. Agrotechnická protierozní opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. s. 48. ISSN: 1211-3972.

31. 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). 22-26.
32. Hůla, J., Procházková, B., Kovaříček, P., Dovrtěl, J., Abrham, Z., Neudert, L., Hartman, I., Mayer, V., Vlášková, M. 2004. Minimalizační a půdoochranné technologie. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. s. 58. ISBN: 80-86884-01-5.
33. Hůla, J., Zelená, L. 1995. Technika v postupech ochranného zpracování půdy k širokořádkým plodinám. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. s. 28. ISSN: 0231-9470.
34. Chochola, J. 2010. Průvodce pěstováním cukrové řepy. Řepařský institut Semčice. s. 65.
35. Chochola, J., Pulkrábek, J. 2012. Výzkum cukrové řepy ve světě. Listy cukrovarnické a řepařské. 128 (5-6). 177-179.
36. Jabro, J. D., Stevens, W. B., Iversen, W. B., Evans, R. G. 2010. Tillage Depth Effects on Soil Physical Properties, Sugarbeet Yield, and Sugarbeet Quality. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 41(7). 908-916.
37. Janeček, M., Bohuslávek, 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. s. 195. ISBN: 85866-85-8.
38. 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., Podhrázká, J., Pražan, J., Procházková, E., Středová, H., Toman, F., Vopravil, J., Vlasák, J. 2012. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Powerprint. Praha. s. 113. ISBN: 978-80-87415-42-9.
39. Javůrek, M., Kovaříček, P., Vach, M., Hůla, J. 2012. Vhodná agrotechnika zvyšuje ochranu ornice proti vodní erozi. Úroda. Praha. 60 (11). 50-53.
40. Javůrek, M., Vach, M. 2008. Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Výzkumný ústav rostlinné výroby. s. 24.
41. Johnson, R. R. 1988. Soil engaging tool effects on surface residue and roughness with chiseltype implements. American Journal of Soil science. 52. 237-243 .
42. 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. ISSN 1802-8942.
43. Khel, T., Vopravil, J. 2013. Legislativa v oblasti ochrany zemědělské půdy. Úroda. Praha. 61 (5). 94.

44. 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. s. 34. ISBN 978-80-86884-69-1.
45. 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.
46. Kroulík, M., Chyba, J., Brant, V., Zábranský, P. 2014. Vizualizace a kvantifikace pohybu v půdním profilu. Mechanizace zemědělství. 64(2). 42-44.
47. Kvítek, T. 2014. Reforma neřeší technická opatření. Zemědělec. 22 (4). 4.
48. Mužíková, B., Středová, H., Rožnovský, J. 2013. Význam větrolamů v zemědělské krajině. Úroda. 61 (4). 86-87.
49. MZe, 1998. Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky. Ministerstvo zemědělství. Praha. s. 180.
50. MZe, 2013. Kontrola podmíněnosti. Ministerstvo zemědělství. Praha. s. 264. ISBN: 978-80-7434-108-3.
51. MZe, 2014. Příručka ochrany proti vodní erozi. Ministerstvo zemědělství. Praha. s. 74. ISBN: 978-80-87361-33-7.
52. 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.
53. Novák, J., Skalický, M. 2009. Botanika. Praha. Powerprint. s. 336. ISBN: 9788090401150
54. Novák, P., Batysta, M., Havelková, L. 2013. Důsledky výrazné plošné eroze na vodní bilanci krajiny. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. s. 7. ISBN: 978-80-87577-17-2.
55. 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. s. 88.
56. Ohryzek, O. 1954. Orání a kultivace. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. s. 224.
57. 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.

58. Pasák, V. 1966. Struktura půdy a větrná eroze. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půd. Praha. (8). 73–82 .
59. Pírková, I., Smolíková, J., Vopravil, J. 2013. Statistika půd ohrožených degradací v ČR. Výzkumný ústav meliorací a ochrany vody. Praha. s. 17.
60. Podhrázká, J. 2008. Protierozní ochranná opatření v zemědělské krajině. Program rozvoje venkova. Praha. s. 49.
61. Pulkrábek, J., Urban, J. 2008. Inovační trendy v pěstování cukrovky a její využití na bioláh. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. s. 28. ISBN: 978-80-7271-195-6.
62. Půlkrábek, J., Urban, J., Bečková, L., Valenta, J. 2007. Řepa cukrová - pěstitelský rádce. Kurent. Praha. s. 64. ISBN 978-80-87111-00-0.
63. 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.
64. Romaneckas, K., Romaneckiene, R., Šarauskis, 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.
65. Rybáček, V. 1985. Cukrovka. SZN. Praha. s. 480.
66. 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.
67. Smets, T., Poesen, J., Bochet, E. 2008. Impact of plot length on the effectiveness of different soil-surface covers in reducing runoff and soil loss by water. Progress in physical geography. 32 (6). 654-677.
68. Smrček, L., Bittner, V. 2012 Erozní půdy a cukrovka. Maribo seed international. Slavkov. s. 19. ISBN: 978-80-260-1289-4.
69. Soukup, M., Doležal, F., Vlčková, M. 2006. Opatření v zemědělské krajině pro zlepšení vodních útvarů. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. s. 108. ISBN: 80-239-7643-5.
70. Šarapatka, B. 2008. Fyzikální degradace půdy a její ochrana. Zpravodaj ekozemědělci přírodě. Olomouc. (8). 26-27.
71. Šarapatka, B., Dlapa, P., Bedrna, Z. 2002. Kvalita a degradace půdy. Univerzita Palackého. Olomouc. s. 246. ISBN 80-244-0584-9.
72. Teksl, M. 1996. Pěstování rostlin. Praha, Credit. s. 300 ISBN 80-901-6457-9.

73. Urban, J., Pulkrábek, J., Jozefyová, L., Šroller, J. 2003. Rezervy ve výživě a ochraně cukrovky. Úroda, tematická příloha. 12. 1-3.
74. Vach, M., Javůrek, M. 2010. Předpoklady pro netradiční technologie zakládání porostů polních plodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. s. 34. ISBN: 978-80-7427-050-5.
75. Vach, M., Javůrek, M. 2011. Efektivní technologie obdělávání půdy a zakládání porostů polních plodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. s. 26.
76. Varallyay, G. 1990. Influence of climatic change on soil moisture, texture, structure and erosion. *Developments in Soil Science*. 20. 39-49.
77. 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.
78. 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 s.r.o. Praha. s. 51.
79. 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. s. 7.
80. Williams, J. R., Dyke, P. T., Jones, C. A. 1983. EPIC – A Model for Assessing the Effect of Erosion on Soil Productivity. *Analysis of Ecological Systems State-of-the-Art in Ecological Modelling*. Elsevier Scientific Publisher Company. 553-572. ISBN: 978-0-444-42179-1.
81. 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.
82. Young, R. A., Onstad, C.A., Bosch, D.D., Anderson, W.P. 1998. AGNPS- A Non-Point Source Pollution Model for Evaluating Agricultural Watersheds. *Journal of Soil and Water Conservation*. 44 (2). 168-173. ISBN: 80-87577-17-2.
83. Zachar, D. 1970. Erózia pôdy. SAV. Bratislava. s. 528.

Tabulka č. 1- Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách u cukrové řepy (24. 5. 2012)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost % obj.		Trvání srážky (min)	Srážk. úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Povrchový odtok		Infiltrace (mm)	Ztráta půdy	
		před	po					(mm)	(l)		(kg.ha ⁻¹)	(%)
V. 1	Suchá	26	38,6	15	20,86	1,39	277	2,9	58	17,96	3691	100
	Mokrá	38,6	40,2		20,71	1,38	24	10,6	212	10,11	6261	100
V. 2	Suchá	18,5	37,9	15	20,19	1,35	215	2,35	47	17,84	2197	59,52
	Mokrá	37,9	41,1		20,33	1,36	32	7,15	143	13,18	5022	80,21
V. 3	Suchá	18,2	37,3	15	20,49	1,37	206	1,55	31	18,94	1303	35,3
	Mokrá	37,3	39,4		20,75	1,38	38	7,1	142	13,65	3465	55,34

Tabulka č. 2 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách u cukrové řepy (6. 6. 2012)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost % obj.		Trvání srážky (min)	Srážk. úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Povrchový odtok		Infiltrace (mm)	Ztráta půdy	
		před	po					(mm)	(l)		(kg.ha ⁻¹)	(%)
V. 1	Suchá	24,6	38,7	15	19,4	1,29	200	7,1	142	12,3	10662	100
	Mokrá	38,7	39,9		18,88	1,26	30	12,5	250	6,38	23765	100
V. 2	Suchá	18,2	37,3	15	18,12	1,21	806	0,05	1	18,07	25	0,23
	Mokrá	37,3	39,4		18,67	1,24	53	1,5	30	17,17	760	3,2
V. 3	Suchá	19,5	35,2	15	18,67	1,24	-	-	-	18,67	-	0
	Mokrá	35,2	40		18,46	1,23	104	1,45	29	17,01	419	1,76

Tabulka č. 3 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách u cukrové řepy (1. 8. 2012)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost % obj.		Trvání srážky (min)	Srážk. úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Povrchový odtok		Infiltrace (mm)	Ztráta půdy	
		před	po					(mm)	(l)		(kg. ha ⁻¹)	(%)
V. 1	Suchá	37,9	42,6	15	17,98	1,2	121	7,5	150	10,48	3674	100
	Mokrá	42,6	48,2		17,53	1,17	14	11,5	230	6,03	4268	100
V. 2	Suchá	38,2	42,5	15	18,34	1,22	-	-	-	18,34	-	0
	Mokrá	42,5	48,7		18,06	1,2	-	-	-	18,06	-	0
V. 3	Suchá	38,7	42,1	15	18,12	1,21	-	-	-	18,12	-	0
	Mokrá	42,1	43,2		18,46	1,23	-	-	-	18,46	-	0

77

Tabulka č. 4 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách u cukrové řepy (2. 7. 2013)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost % obj.		Trvání srážky (min)	Srážk. úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Povrchový odtok		Infiltrace (mm)	Ztráta půdy	
		před	po					(mm)	(l)		(kg. ha ⁻¹)	(%)
V. 1	Suchá	31,2	51,2	15	18,12	1,21	550	1,7	34	16,42	483	100
	Mokrá	51,2	53,4		18,86	1,26	15	10,4	208	8,46	5614	100
V. 2	Suchá	36,1	50,1	15	19,21	1,28	135	5,4	108	13,81	782	161,9
	Mokrá	50,1	51,5		19,06	1,27	31	9	180	10,06	5500	97,97
V. 3	Suchá	28,1	50,9	15	17,62	1,17	-	-	-	17,62	-	0
	Mokrá	50,9	52,8		18,92	1,26	83	3,9	78	15,02	191	3,4

Tabulka č. 5 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách u cukrové řepy (31. 7. 2013)

Varianta	Stav půdy	Vlhkost % obj.		Trvání srážky (min)	Srážk. úhrn (mm)	Intenzita srážky (mm/min)	Počátek povrch. odtoku (s)	Povrchový odtok		Infiltrace (mm)	Ztráta půdy	
		před	po					(mm)	(l)		(kg.ha ⁻¹)	(%)
V. 1	Suchá	32,9	34,5	15	13,19	0,88	558	0,4	8	12,79	15	100
	Mokrá	34,5	38,7		17,58	1,17	50	4,75	95	12,83	372	100
V. 2	Suchá	28,2	33	15	17,58	1,17	104	0,25	5	17,33	1	6,67
	Mokrá	33	37,1		17,5	1,16	86	0,55	11	16,95	3	0,81
V. 3	Suchá	30,8	34,4	15	17,45	1,16	-	-	-	17,45	-	0
	Mokrá	34,4	37,3		16,44	1,1	350	0,35	7	16,09	1	0,27

78

Tabulka č. 6 – 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 polar. cukru (t.ha ⁻¹)	Teoretická výtěžnost (%)	Výnos bílého cukru (t.ha ⁻¹)	Výnos bulev přepočítaný na 16 % cuk. (t.ha ⁻¹)
				alfaaminoN (mmol.100g ⁻¹)	draslík (mmol.100g ⁻¹)	sodík (mmol.100g ⁻¹)				
V. 1- mělké kypření	96,32	46,44	19,7	0,9	3,2	0,3	18,9	18,1	17,5	122,9
V. 2- hluboká orba	100,67	51,02	19,7	0,8	3,1	0,3	19,8	18,2	18,3	128,7
V. 3- hluboké kypření	99,87	50,89	19,9	0,7	3,0	0,2	19,9	18,5	18,4	129,3

Tabulka č. 7 – Výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2012 (uvedeno rel. v %)

Varianta	Výnos bule v	Výnos chrástu	Cukernatost	Obsah melasotvorných látek			Výnos polar. cukru	Teoretic ká výtěžnos t	Výnos bílého cukru	Výnos bule v pře počítaný na 16 % cuk.
				alfaaminoN	draslík	sodík				
V. 1-mělké kypření	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
V. 2- hluboká orba	104,52%	109,84%	100,20%	96,08%	97,91%	105,26%	104,73%	100,34%	104,87%	104,76%
V. 3- hluboké kypření	103,69%	109,57%	101,25%	87,65%	93,25%	82,89%	104,99%	101,90%	105,67%	105,20%

Tabulka č. 8 – Výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2013

Varianta	Výnos bule v (t.ha ⁻¹)	Výnos chrástu (t.ha ⁻¹)	Cukernatost (%)	Obsah melasotvorných látek			Výnos polar. cukru (t.ha ⁻¹)	Teoretická výtěžnost (%)	Výnos bílého cukru (t.ha ⁻¹)	Výnos bule v pře počítaný na 16 % cuk. (t.ha ⁻¹)
				alfaaminoN (mmol.100g ⁻¹)	draslík (mmol.100g ⁻¹)	sodík (mmol.100g ⁻¹)				
V. 1-mělké kypření	76,95	24,34	18,6	0,7	5,7	0,3	14,3	16,2	12,5	92,2
V. 2- hluboká orba	95,79	47,05	17,8	1,4	5,2	1,1	17,0	15,2	14,6	108,6
V. 3- hluboké kypření	87,17	36,53	18,9	0,8	5,2	0,3	16,5	16,7	14,5	106,2

Tabulka č. 9 – Výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2013 (uvedeno rel. v %)

Varianta	Výnos bule v	Výnos chrástu	Cukernatost	Obsah melasotvorných látek			Výnos polar. cukru	Teoretic ká výtěžnos t	Výnos bílého cukru	Výnos bule v pře počítaný na 16 % cuk.
				alfaaminoN	draslík	sodík				
V. 1-mělké kypření	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
V. 2- hluboká orba	124,48%	193,30%	95,38%	194,84%	91,12%	314,42%	118,73%	93,80%	116,76%	117,76%
V. 3- hluboké kypření	113,28%	150,09%	101,45%	111,74%	90,25%	98,08%	114,93%	102,81%	116,47%	115,20%

Obrázek č. 1 – Průběh umělého zadržování



Obrázek č. 2 - Polní simulátor deště



Obrázek č. 3 – Znázornění míry infiltrace za pomoci modrého barviva



Obrázek č. 4 – Zadešťování na variantě č. 1 (mělké kypření)



Seznam příloh

Tabulka č. 1 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách u cukrové řepy (24. 5. 2012)

Tabulka č. 2 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách u cukrové řepy (6. 6. 2012)

Tabulka č. 3 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách u cukrové řepy (1. 8. 2012)

Tabulka č. 4 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách u cukrové řepy (2. 7. 2013)

Tabulka č. 5 - Výsledky měření ztrát půdy a povrchového odtoku polním simulátorem deště na sledovaných variantách u cukrové řepy (31. 7. 2013)

Tabulka č. 6 - Výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2012

Tabulka č. 7 - Výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2012 (uvedeno rel. v %)

Tabulka č. 8 - Výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2013

Tabulka č. 9 - Výnosové a kvalitativní ukazatele cukrové řepy v roce 2013 (uvedeno rel. v %)

Obrázek č. 1 - Průběh umělého zadešťování

Obrázek č. 2 - Polní simulátor deště

Obrázek č. 3 - Znázornění míry infiltrace za pomoci modrého barviva

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