



**Minimalizační a půdoochranné technologie uplatněné
při pěstování kukuřice na zrno**
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Lubomír Neudert, Ph.D.

Vypracoval:
Josef Adámek



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Josef Adámek**

Studijní program: Agrobiologie

Obor: Fytotechnika

Název tématu: **Minimalizační a půdoochranné technologie uplatněné při pěstování kukuřice na zmo**

Rozsah práce: 30-40 stran

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte odbornou literaturu zabývající se danou problematikou
2. Seznamte se s přírodními a výrobními podmínkami pokusné lokality
3. Vypracujte metodiku a vyberte vhodné varianty polních pokusů
4. Podílejte se na založení a vedení polních pokusů
5. Dle metodiky provádějte polní měření, odběr a analýzy vzorků
6. Získané hodnoty zhodnoťte a statisticky porovnejte
7. Proveďte celkové hodnocení a zjištěné závěry zpracujte v závěrečné práci

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci na téma MINIMALIZAČNÍ A PŮDOOCHRANNÉ TECHNOLOGIE UPLATNĚNÉ PŘI PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE NA ZRNO vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Lubomíru Neudertovi, Ph.D. za odborné vedení, rady, připomínky, názory a ochotu při zpracování bakalářské práce. Dále chci poděkovat kolegům z Ústavu agrosystémů a bioklimatologie MENDELU v Brně za spolupráci při tvorbě této práce.

Rovněž děkuji vedení podniku AGROSERVIS, 1. zemědělská a.s. Višňové za umožnění provedení měření na pozemku a Ing. Františku Illkovi za poskytnutí podkladů pro práci.

ABSTRAKT

Bakalářská práce porovnává vliv různého zpracování půdy na změny půdních vlastností a na výnosy kukuřice pěstované na zrno. V práci jsou porovnávány výsledky měření z dlouhodobého pokusu monokultury zrnové kukuřice. Byly použity výsledky z let 2012 až 2014.

Poloprovozní polní pokus byl veden v kukuřičné výrobní oblasti na středně těžké hnědozemní půdě. Byly porovnávány tři varianty zpracování půdy – konvenční zpracování s orbou, minimalizační zpracování půdy s mělkým kypřením a přímé setí do nezpracované půdy. Za dobu sledování 2012–2014 byl dosažen nejvyšší průměrný výnos u varianty s orbou. Nejvyššího průměrného výnosu dosáhla kukuřice v roce 2013 s využitím konvenčního způsobu zpracování půdy ($10,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), nejnižšího výnosu pak v roce 2014 s využitím přímého setí do půdy bez zpracování ($4,99 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Při porovnávání vlivu různého zpracování půdy na půdní vlastnosti byly zjištěny hodnoty, které ukazují na problém se zhutněním půdy. Toto zjištění potvrdil i průzkum půdy pomocí penetrometrického měření. Kritické hodnoty zhutnění půdy byly zjištěny v hloubce 0,10–0,30 m u varianty bez zpracování půdy. Toto zhutnění má za následek i pokles minimální vzdušné kapacity pod 10 %. Dále bylo zjištěno nadměrné zhutnění půdy v hloubce 0,20–0,30 m u varianty s mělkým zpracováním půdy. U varianty s orbou se negativní zhutnění nezjistilo.

Z výsledků pozorování a ze znalostí získaných z praxe v provozu je možno doporučit jako nejoptimálnější variantu pro pěstování kukuřice na zrno v této oblasti využití mělkého zpracování půdy. Využití minimalizace je optimální pro růst a vývoj kukuřice a oproti konvenčnímu způsobu zpracování půdy je šetrnější k ochraně půdy, efektivnější na využití pracovní síly a rentabilnější.

Klíčová slova: kukuřice na zrno, výnosy, zpracování půdy, konvenční zpracování půdy, mělké zpracování půdy, setí do půdy bez zpracování, půdní vlastnosti, zhutnění půdy

ABSTRACT

This bachelor thesis compares the influence of various examples of soil tillage on the changes of soil properties and grain corn yield. It contrasts measuring results from a long-term experiment of grain corn monoculture. The thesis uses results from years 2012 to 2014.

The field experiment was carried out in a grain corn production area on brown medium heavy soil. There were three alternatives of soil tillage compared – convention tillage, minimum tillage and no-till. During the observed time from 2012 to 2014, the highest average yield was achieved in the alternative with convention tillage. The highest average grain corn yield was reached in 2013 with convention tillage (10,2 t.ha⁻¹), the lowest in 2014 with no-till (4,99 t.ha⁻¹).

The comparison of the influence of various examples of soil tillage on the soil properties showed values which refer to the problem of soil compaction. This finding was proved also by soil research with the help of penetrometer measuring. Critical values of soil compaction were detected in the depth of 0,10–0,30 m in the no-till alternative. This compaction results in the decrease of minimal air capacity under 10 %. This compaction results in the decrease of minimal air capacity under 10 %. Excessive soil compaction was also detected in the depth of 0,20–0,30 m in the minimum tillage alternative. Negative compaction was not proved in the convention tillage alternative.

From the observation results and experience gained from practice it is possible to recommend minimum tillage as the most optimal alternative for grain corn production in this area. The use of minimization is optimal for grain corn growth and evolution and in comparison with convention tillage it is more soil-friendly, more efficient with regard to the use of labour force and more profitable.

Keywords: grain corn, yield, soil tillage, covention tillage, minimum tillage, no-till, soil properties, soil compaction

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 CÍL PRÁCE	10
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1 Kukuřice.....	11
3.1.1 Původ kukuřice a její rozšíření	11
3.1.2 Biologická charakteristika	12
3.1.3 Požadavky na klimatické a půdní podmínky.....	13
3.1.4 Vývoj ploch a výnosů.....	14
3.2 Zpracování půdy.....	15
3.2.1 Půda.....	15
3.2.1.1 Využití půdy na území ČR.....	15
3.2.1.2 Význam zpracování půdy	16
3.2.2 Volba způsobů zpracování půdy	16
3.2.2.1 Volba zpracování půdy podle stanovištních podmínek.....	17
3.2.3 Vymezení technologií zpracování půdy v ČR.....	17
3.2.4 Konvenční zpracování půdy	18
3.2.4.1 Rozdělení konvenčního zpracování půdy.....	18
3.2.4.2 Výhody a nevýhody konvenčního zpracování půdy	19
3.2.5 Minimalizační technologie zpracování půdy	20
3.2.5.1 Rozdělení minimalizačních technologií.....	22
3.2.5.2 Půdoochranné technologie podle SSSA.....	22
3.2.5.3 Důvody rozvoje a rozšiřování minimalizačních technologií	23
3.2.5.4 Výhody a nevýhody ochranného zpracování půdy	25
3.2.6 Využití technologií bez orby při pěstování kukuřice na zrno	25
3.2.7 Minimalizační technologie zpracování půdy	26
3.2.8 Půdoochranné technologie zpracování půdy	26
4 MATERIÁL A METODY	27
4.1 Charakteristika stanoviště pokusu.....	27
4.1.1 Charakteristika stanoviště dle veřejného registru půdy (LPIS).....	27
4.1.2 Půdní podmínky	28
4.1.3 Klimatické podmínky	28
4.2 Varianty zpracování půdy	32

4.3 Hnojení minerálními hnojivy	34
4.4 Založení porostu	34
4.5 Ochrana proti škůdcům	34
4.6 Ochrana proti plevelům	35
4.7 Sklizeň	36
4.8 Hodnocení výnosů	36
4.9 Sledování vlivu zpracování půdy na vybrané půdní vlastnosti	37
4.9.1 Penetrometrický odpor půdy	37
4.9.2 Fyzikální vlastnosti půdy	37
5 VÝSLEDKY	38
5.1 Výnosy a vlhkost zrna kukuřice	38
5.2 Penetrometrický odpor půdy	41
5.3 Fyzikální vlastnosti půdy	42
5.3.1 Objemová hmotnost půdy	42
5.3.2 Pórovitost půdy	43
5.3.3 Minimální vzdušná kapacita půdy	44
5.3.4 Vliv různé intenzity zpracování půdy na objemovou vlhkost	45
5.3.5 Celkové zhodnocení fyzikálních vlastností půdy	45
6 DISKUZE	46
7 ZÁVĚR	48
8 POUŽITÁ LITERATURA	50
9 SEZNAM TABULEK	54
10 SEZNAM OBRÁZKŮ	54
11 PŘÍLOHY	55

1 ÚVOD

Zemědělství v dnešní době je odrazem mnohaletých zkušeností, technologického vývoje a vědeckého výzkumu. Stejně jako v jiných oblastech, tak i v zemědělství se klade velký důraz na ekonomické úspory a zjednodušení technologických postupů při zpracování půdy, které mají ovšem zajistit co nejvyšší možné výnosy.

Kukuřice patří v českém zemědělství mezi jednu z nejvýznamnějších pěstovaných plodin vůbec. Nebylo tomu tak ovšem vždy. Kvůli výraznému snížení stavu skotu se počátkem 90. let prudce snížily osevní plochy kukuřice na siláž a díky zvýšeným nákladům na posklizňové úpravy zrna také kukuřice pěstované na zrna. V posledních letech zaznamenáváme vyšší nárůst osevních ploch i výnosů kukuřice pěstované jak na zrna, tak na siláž. Častější zařazování kukuřice na siláž do osevních postupů je dáno především zvyšujícím se počtem bioplynových stanic, vyšší rozvoj osevních ploch kukuřice pěstované na zrna je zapříčiněn především zavedením nových výkonnějších hybridů, díky kterým se zvyšuje rentabilita i výnosy kukuřice. Z těchto důvodů je kukuřice stále častěji zařazována do osevních postupů.

Kukuřice, která je dnes stále častěji pěstovaná, patří do skupiny plodin, jež při pěstování na nevhodných místech zvyšují rizika vodní eroze. Proto je důležité zaměřit se na ochranu půdy, která je neobnovitelným a nenahraditelným zdrojem naší země a především zemědělství je na půdě přímo závislé. Z tohoto důvodu se v dnešní době zemědělci snaží uplatňovat stále častěji šetrnější (minimální) zásahy při zpracování půdy, které půdu nejen ochrání, ale také zlepší její fyzikální, biologické a chemické vlastnosti, čímž se zvýší i její úrodnost.

Jako efektivní řešení výše zmíněných problémů se jeví využívání minimalizačních a půdoochranných technologií při zpracování půdy. Tyto způsoby zpracování půdy jsou jednak ekonomicky výhodné, jednak šetrné k půdě. Musíme ale brát v úvahu možné nevýhody a rizika užívání tohoto způsobu zpracování půdy. Pro správnou volbu technologie zpracování půdy je velmi důležité brát v úvahu podmínky, ve kterých daný zemědělský podnik hospodaří.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je zhodnotit a porovnat výsledky získané z pozorování vlivů různého zpracování půdy na změny půdních vlastností a výnosů kukuřice pěstované na zrno, která je opakovaně pěstována na středně těžké hnědozemní půdě v kukuřičné výrobní oblasti.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Kukuřice

Celosvětově patří kukuřice spolu s pšenicí a rýží ke třem nejdůležitějším obilninám v lidské výživě. Kromě lidské výživy je kukuřice významnou krmnou, průmyslovou, ale i energetickou plodinou. Z těchto tří hlavních plodin je kukuřice dle srovnání osevních ploch, celkové sklizně a výnosů nejen nejproduktivnější, ale má také nejlepší předpoklady pro budoucí nárůst svých výnosů. Kukuřice má potenciál až k dvojnásobné výši výnosů ze sklizně, pokud by měla stejné podmínky pěstování jako má například rýže, jež je uměle zavlažovaná (Zimolka et al., 2008).

Také v České republice je kukuřice jednou z nejdůležitějších pěstovaných plodin. V posledních letech dochází ke zvýšení ploch i výnosů kukuřice pěstované na zrno i na siláž. Tento nárůst je především ovlivněn zvyšujícím se počtem bioplynových stanic, díky nimž nám stoupá spotřeba silážní kukuřice, zvyšuje se ale také rentabilita produkce kukuřice na zrno. Proto je kukuřice stále více zařazována do osevních postupů, a to zejména do teplejších oblastí ČR (Smutný et al., 2014).

3.1.1 Původ kukuřice a její rozšíření

Podle dlouholetých výzkumů a bádání patří kukuřice k nejstarším kulturním plodinám světa. Je to patrné z toho, že není možné nalézt mezi planě rostoucími rostlinami takovou plodinu, o které bychom mohli zcela bezpečně prohlásit za její mateřskou rostlinu (Zajíček, 1958).

Časový údaj, který by nám přesněji udával období vzniku kulturní kukuřice, je velmi složité určit, už mnohokrát jej vědci změnili. Přestože do dnešní doby vzniklo již několik teorií, které se zabývají vznikem a vývinem kukuřice, zůstávají spíše v rovině hypotetické. Díky nejstarším dochovaným nálezům, které byly zkoumány za pomoci radioaktivního uhlíku, můžeme předpokládat, že kukuřice je stará zhruba 5 600 let (Špaldon, 1986).

Za původní domovinu kukuřice můžeme považovat tropické a subtropické oblasti Jižní a Střední Ameriky. Místa, kde se začala kukuřice pěstovat a na kterých se většina badatelů shodla, byla na náhorních planinách tropických nebo subtropických oblastí Ameriky. Prvotními pěstiteli byly indiánské kmeny vyskytující se zejména ve středním a

jižním Mexiku a Chile, nejnámější z těchto kmenů byli Aztékové, Mayové a Inkové (Zimolka et al., 2005).

V současné době je kukuřice pěstována v celosvětovém měřítku. Rozšířena je ve všech zeměpisných šířkách, a to od 58° severní šířky (Švédsko) až po 42° jižní šířky (Nový Zéland). V naší republice dochází k většímu rozšiřování až po druhé světové válce, kdy se začíná s větším šlechtěním kukuřičných hybridů (Zimolka et al., 2005).

3.1.2 Biologická charakteristika

Kukuřici můžeme charakterizovat jako rostlinu jednoletou, jednodomou a různopohlavní. Dále patří do typu rostlin diciklických, které mají pestíkové (samičí) a prašníkové (samčí) květy uspořádané do oddělených květenství, která se nazývají palice a laty (Zimolka et al., 2008).

V roce 1753 zařadil Carl Linné kukuřici do botanického systému a zavedl její pojmenování *Zea Mays* (Zajíček, 1958). V novějším řazení podle Zimolky (2008) kukuřice patří do podtřídy jednoděložných (*Monokotyledonae*), řádu lipnicokvětých (*Poales*), čeledi lipnicovytých (*Poaceae*) a skupiny kukuřicovitých (*Maydeae*).

Druh *Zea mays* se dále dělí na nižší systematické jednotky, které se odlišují podle charakteru endospermu, barvy a tvaru zrna a nazývají se convariety. Největší hospodářský význam mají tyto tři convariety (Zimolka et al., 2005):

Kukuřice koňský zub (*Zea mays convar. indentata, syn dentiformis*)

Zrno je klínovitého tvaru se sklovitými bočními a malou jamkou nahoře, která vzniká nerovnoměrným sesycháním moučnaté a sklovité části. Moučnatý endosperm proniká až k vrcholu zrna. Tento druh je pozdnější, ale výnosnější, a proto hospodářsky nejvýznamnější.

Kukuřice obecná, tvrdá (*Zea mays convar. indurata, syn vulgaris*)

Zrno je tvrdé, okrouhlé a lesklé. Moučnatý endosperm přechází na okraji ve sklovitý. Hlavním znakem je ranost, avšak má nižší výnosy.

Kukuřice polozubovitá (*Zea mays convar. aorista, syn semiindentata*)

Vznikla křížením výše uvedených convariet a tvoří přechod mezi těmito dvěma formami. Zrno má sklovitější endosperm než koňský zub, ale na povrchu už není tak zřetelná jamka.

Mezi další a neméně využívané convariety patří kukuřice pukancová (praskavá), cukrová, pluchatá, škrobnatá a vosková. Jako zvláštní convariety můžeme uvést kukuřici škrobocukrovou a pestrolistou. Listy těchto druhů kukuřice jsou červeně nebo světle žlutě pruhované, a proto jsou také pěstovány jako okrasné rostliny (Zimolka et al., 2008).

3.1.3 Požadavky na klimatické a půdní podmínky

Kukuřice patří mezi rostliny náročnější na klimatické podmínky, především na teplotu, množství srážek a intenzitu slunečního svitu. Tyto tři podmínky jsou velmi důležité pro její základní růstové faktory (Zimolka, 2005).

Jedná se o teplomilnou rostlinu, a proto její klíčení začíná při minimální teplotě půdy 7–8 °C, pro klíčení jsou optimální teploty kolem 12–15° C. Optimální teploty pro růst a správný vývoj vegetačních orgánů jsou kolem 20–24°C, limitující teplota pro růst je mezi 5–6°C (Zimolka, 2005).

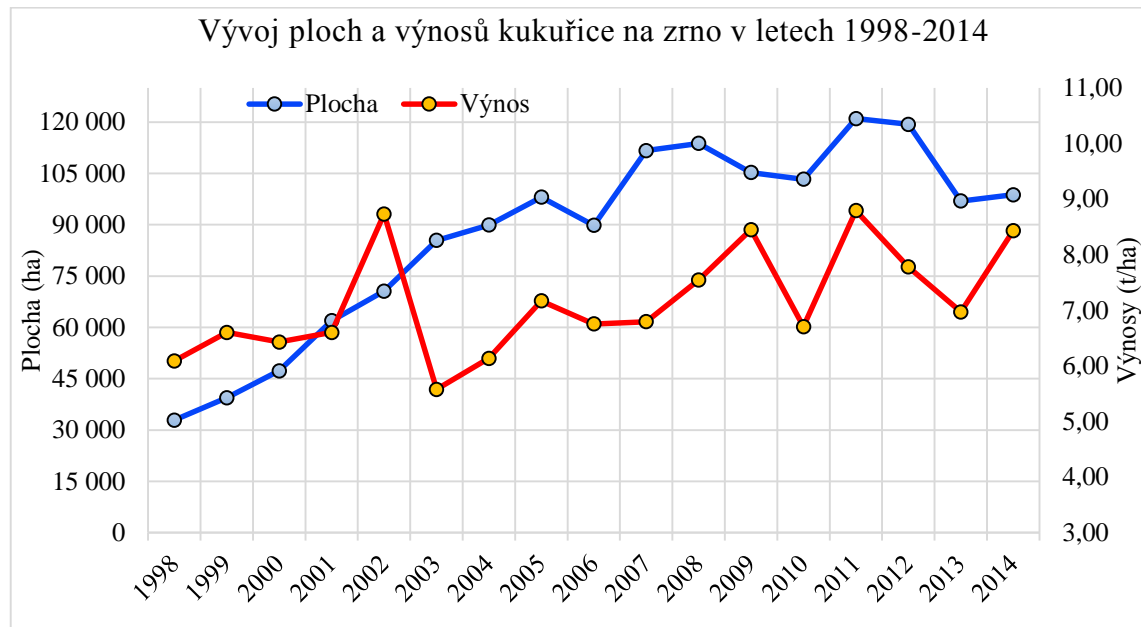
Nejvyšší požadavky na vláhu jsou především v období intenzivního růstu, které je od metání až do mléčné zralosti. V této době kukuřice vyžaduje kolem 80–120 mm srážek měsíčně. V době kvetení blizen má kukuřice vyšší citlivost na sucho. Pokud nemá rostlina dostatek vláhy, může dojít až k zasychání. Díky bohatě rozvítené kořenové soustavě v kombinaci s dobrým hospodařením s vodou ale kukuřice zvládne velmi dobře překonat i krátké přísušky (Zimolka, 2005).

Požadavky na dostatečnou intenzitu slunečního záření jsou klíčové ve III. a IV. etapě ontogeneze laty, kdy je pro přechod do dalších etap potřeba desetihodinové délky dne, toto má důležitou roli v tvorbě květních orgánů (Zimolka, 2005).

Při pěstování kukuřice jsou nároky na půdní podmínky o mnoho menší než požadavky na teploty. Na lehkých půdách trpí kukuřice bez závlah přísušky, proto je lepší ji pěstovat na půdách vlhčích a při vyšším hnojení. Na půdách těžkých nebo chladných se pěstování kukuřice nedoporučuje, protože nám nedovolují včasné setí. Půdy erozně ohrožené a mrazové kotliny jsou pro pěstování kukuřice nevhodné (Vrzal, Novák, 1995).

3.1.4 Vývoj ploch a výnosů

V posledních letech u nás kukuřice pěstovaná na zrno získává stále větší význam. To je vidět také na rozšíření ploch, kde se kukuřice pěstuje. Od roku 1998 do 2012 byl nárůst těchto ploch až čtyřnásobný, v posledních dvou letech však dochází k mírnému poklesu. Tento vývoj ploch je znázorněn v níže přiloženém grafu (obr. 1).



Obr. 1 – Vývoj ploch a výnosů kukuřice na zrno v ČR (1998-2014) zdroj ČSÚ

Jako příklad snížení ploch můžeme uvést situaci v Jihomoravském kraji, který je největším producentem kukuřice pěstované na zrno v České republice. Plocha, na níž se kukuřice pěstuje, se zde v roce 2014 snížila téměř o 2,8 tisíce ha, což znamená o 5,6 % plochy méně, než jí bylo v roce 2013 (ČSÚ, 2014).

Jeden z hlavních důvodů pro nárůst ploch kukuřice pěstované na zrno je používání nových účinnějších hybridů kukuřice, pro které je typické velmi rychlé uvolňování vody ze zrna. Dále je vývoj ploch ovlivněn postupným oteplováním planety, což zapříčiňuje příchod teplejších ročníků, čímž se snižují náklady na sušení (Zimolka, 2008).

Vývoj výnosů od roku 1998 je také uveden v grafu (obr. 1), zde je vidět, že výnosy za uplynulé období jsou velmi nevyrovnané. Výnosy jsou totiž ovlivněny jak lokalitou, kde je kukuřice pěstována, tak klimatickými podmínkami. Pro pěstitele kukuřice je hlavním cílem při pěstování kukuřice dosažení výnosů přes 10 t/ha, vlhkosti zrna pod 30 % a také eliminace výskytu fuzárií, čímž se sníží obsah mykotoxinů v zrna. Pro dosažení těchto cílů je důležitý především správným termín sklizně (Zimolka, 2008).

3.2 Zpracování půdy

Dnešní podoba zemědělství je výsledkem předávání praktických zkušeností mezi generacemi, mnohaletých vědeckých výzkumů a hledání způsobů řešení závažných problémů, které se během let nahromadily. V současné době je důraz kladen zejména na úspory v ekonomice, zjednodušení technologických postupů při zpracování půdy, ale i na ochranu půdy a životního prostředí (Kostelanský et al., 2004).

Důsledkem všech těchto vlivů je zjednodušování a spojování pracovních postupů a snižování hloubky při zpracování půdy. Avšak kvůli zjednodušování těchto pracovních postupů rostou požadavky na kvalifikovanou volbu zásahu při zpracování půdy, s tím jsou spojeny i větší požadavky na kvalitu zpracování půdy (Hůla, Abraham, Bauer, 1997).

Pokud jsou zvoleny nekvalitní nebo nevhodné postupy při zpracování půdy, může to mít dopad na zhoršení podmínek pro založení vyrovnaného porostu, na snížení účinnosti hnojení a dalších opatření při pěstování plodin, dále na úrodnost půdy a životní prostředí. Jako příklad můžeme uvést snižující se úrodnost půdy vlivem vodní a větrné eroze, která může být důsledkem nesprávně zvoleného postupu zpracování půdy (Hůla, Mayer, 1999).

3.2.1 Půda

Půda je neobnovitelným a nenahraditelným přírodním zdrojem naší země, je také její charakteristickou složkou. Pro zemědělství je půda důležitá především jako stanoviště pro pěstování rostlin, prostředek pro výrobu potravin rostlinného původu a krmiv pro hospodářská zvířata, ale také surovin využívaných v nepotravinářském průmyslu (Hůla, Abraham, Bauer, 1997).

3.2.1.1 Využití půdy na území ČR

Podle Informačního systému statistiky a reportingu (ISSAR) je Česká republika zemí, která má vysoký podíl orné půdy – z celkové rozlohy státu tvoří orná půda 39 %, což je 7. místo v EU27. Na stránkách ISSAR najdeme také informace o rozdělení půdního fondu ČR: „Zemědělská půda tvořila dle údajů ČÚZK v roce 2013 celkem 4 220 tis. ha (tj. 53,5 % celkové rozlohy půdního fondu), nezemědělská půda 3 667 tis. ha. V rámci zemědělské půdy má nejvyšší podíl orná půda (70,8 %), na druhém místě jsou trvalé travní porosty (23,6 %), zbývajících 5,7 % tvoří chmelnice, vinice, ovocné sady a zahrady“ (www.issar.cenia.cz).

Celková výměra zemědělského půdního fondu ale postupem času klesá. V roce 2013 poklesla výměra o cca 4,5 tisíc ha (0,1 %), od roku 2000 pak poklesla celkově o 1,4 %. K tomuto poklesu dochází především díky transformaci zemědělské půdy na zastavěné a ostatní plochy, tyto plochy zaujímají zhruba 10,6 % území ČR. Výměry těchto ploch se zvýšila v letech 2000–2013 o 3,5 %, jen v roce 2013 se jejich výměra zvýšila o 2,4 tisíc ha, což je 0,4 % (www.issar.cenia.cz).

3.2.1.2 Význam zpracování půdy

Se snižující se rozlohou zemědělského půdního fondu a zvyšujícími se nároky na výnosy se musíme zaměřit především na zlepšování vlastností půdy. Podle autorů Škody a Cholenského (2002) je rozhodující vlastností půdy úrodnost, která je ovlivněna mnoha faktory. Kromě přirozené úrodnosti, která je jejím základem, rozhoduje o úrovni potenciální úrodnosti půdy člověk, který na této půdě hospodaří. Záleží také na použití vhodných či nevhodných agrotechnických zásahů, kterými můžeme zvýšit nebo snížit potenciální úrodnost, v horších případech dokonce ohrozit životní prostředí.

Proto je velmi důležité zvolit vhodné způsoby zpracování a kultivace půdy. Tyto způsoby patří k faktorům, které ovlivňují nejen úrodnost půdy, stabilizaci výnosů, kvalitu produktu, ale také celkovou úroveň zemědělství. Zpracováním půdy vytváříme vhodné set'ové a sadbové lůžko pro pěstovanou plodinu. Kultivací půdy zase zajistíme zlepšení a udržení dobrého fyzikálního stavu půdy v době vegetace, dále pak slouží k hubení plevelů a k udržení vhodného prostředí pro růst a vývoj plodin. Zpracování půdy a kultivace příznivě ovlivňuje také chemismus a biologickou činnost půdy (Škoda, Cholenský, 2002).

3.2.2 Volba způsobů zpracování půdy

Při volbě druhu technologií zpracování půdy je jeden z hlavních cílů úprava fyzikálních vlastností půdy, které ovlivňují nejen hospodaření s půdní vodou, ale také biologické a chemické poměry, které v půdě probíhají. Proto je důležité zaměřit se na vytvoření vhodných podmínek pro založení porostů, pro vývoj, růst a tvorbu výnosů pěstovaných plodin i pro správný průběh půdních procesů. Volba způsobu zpracování půdy se tedy odvíjí od druhu zvolené plodiny, jejího nároku na půdní prostředí, aktuálního stavu půdy a půdních i klimatických podmínek, tj. podnebí, půdní vlastnosti nebo stupeň ohrožení půdy erozí (Hůla, Procházková, Kovaříček, 2004).

3.2.2.1 Volba zpracování půdy podle stanovištních podmínek

Podle autorů Procházkové a Hrubého (2000) se volba způsobu zpracování půdy liší dle aktuálního stavu půdy. Půdy v chladnějších a vlhčích podmínkách, půdy druhově těžší a hlavně půdy s velkými objemovými změnami mají vysokou náročnost na udržení potřebné pórovitosti. Těžké půdy se obtížněji zpracovávají, především kvůli velké soudržnosti částic, což způsobuje větší odpor mechanizačním prostředkům, hlavně při orbě a kypření, hlavně za sucha, kdy se tvoří při zpracování půdy hroudy, jež ztěžují další zásahy do půdy (příprava pro setí). Při zpracování půdy během nadměrné půdní vlhkosti je zase zhoršena kvalita práce kvůli stlačení půdy, mazání a lepení se na pracovní tělesa mechanizace.

Jiný způsob zpracování půdy musí být zvolen při práci v sušších a teplejších podmínkách, na půdách druhově lehčích s vyšší propustností pro vodu. Zde je nutné zajistit vhodné podmínky pro vyšší akumulaci a retenční schopnosti půdy, je tedy vhodné využít snížené hloubky a intenzity zpracování půdy, nebo je také možné ponechat části půdy v přirozeném uložení bez zpracování. Díky zvýšené objemové hmotnosti půdy a nižší intenzitě zpracování dochází ke změně poměru mezi vodní a vzdušnou kapacitou ve prospěch vodní kapacity, což umožňuje zlepšení vodního režimu a vláhového zabezpečení rostlin během vegetace (Procházková, Hrubý, 2000).

3.2.3 Vymezení technologií zpracování půdy v ČR

S přihlédnutím k podmínkám hospodaření v České republice jsou v dnešní době známy různé způsoby zpracování půdy. Tyto způsoby můžeme rozdělit do dvou následujících skupin (Hůla, 2010):

Konvenční zpracování půdy

Technologie s využitím každoroční orby radličkovým pluhem slouží k zapravení rostlinných zbytků předplodin, biomasy meziplodin a nadzemních částí plevelů do půdy.

Minimalizační zpracování půdy

V našich podmínkách můžeme k technologiím bez orby zařadit tyto postupy:

- minimalizace s kypřením půdy do malé hloubky
- půdoochranné zpracování půdy
- setí do nezpracované půdy (přímé setí)

3.2.4 Konvenční zpracování půdy

V českém zemědělství je charakteristickým znakem konvenční technologie zpracování půdy opakované každoroční kypření a obracení ornice radličkovým pluhem. Tento tradiční postup využívá časový odstup mezi jednotlivými operacemi základního a předseťového zpracování půdy k plnění agrotechnických požadavků na zpracování půdy, které se zaměřují hlavně na regulaci plevelů a dostatečné přirozené slehávání půdy v době mezi orbou a setím (Hůla, Abrham, Bauer, 1997).

Už Špička (1969) říká, že orba je základní operací při obdělávání půdy, která spolu s podmínkou tvoří v konvenčním zpracování půdy jeden celek. Orbu výrazně ovlivňují přírodní, půdní, terénní a povětrnostní podmínky.

3.2.4.1 Rozdělení konvenčního zpracování půdy

Podle Hůly a Mayera (1999) můžeme pod pojem konvenční zpracování půdy zahrnout i postupy, při kterých dochází ke spojování pracovních operací, například spojení orby s drcením hrud a podpovrchovým utužováním ornice, dále pak spojení předseťového zpracování půdy se setím. Lze sem také zařadit doposud používané postupy s oddělenými pracovními operacemi (podmítka, orba, smykování, kypření, válení půdy).

Kostelanský (2004) člení výše zmíněné pracovní operace systému konvenčního (tradičního) zpracování půdy do tří základních skupin:

Základní zpracování půdy

Hlavním úkolem je propracovat orniční profil půdy, upravit fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy a připravit tak vhodné podmínky pro růst a vývoj pěstovaných plodin. Patří sem:

Podmítka, orba a operace vedoucí ke zvětšení orničního profilu.

Příprava půdy pro setí a sázení plodin

Předseťová příprava se zaměřuje především na menší hloubku orniční vrstvy a vytvoření vhodného seťového lůžka, které nám umožní kvalitní uložení osiva nebo sadby a rychlé vzejití porostů. Dalšími úkony jsou urovnání povrchu půdy, upravení agregátů půdy, zlepšení fyzikálních, chemických a biologických vlastností a odplevelování půdy. Patří sem:

Smykování, vláčení půdy, kypření a válení půdy.

Zpracování půdy během vegetace

Ošetření půdy probíhá během vegetace za pomoci systému kultivačních zásahů. Provádí se v povrchové části ornice do takové hloubky, aby se neporušila kořenová soustava rostlin. Nakypřením půdy přivedeme i vyměníme vzduch v rhizosféře. Další operace jsou obnova strukturálního stavu povrchu ornice, omezení zaplevelení, ničení škraloupů po deštích atd. Patří sem:

Převlačování, válení, plečkování, oborávání a hlubší kypření mezi řádky.

3.2.4.2 Výhody a nevýhody konvenčního zpracování půdy

Během zpracování půdy orbou dochází k jejímu drobení, kypření, promíchávání a obracení zpracovávané vrstvy půdy. Toto obracení je charakteristickým znakem, jenž odlišuje orbu od dalších operací zpracování půdy. S přihlédnutím na hloubku zpracování půdy je s orbou srovnatelné například kypření dlátovými kypřiči nebo zpracování půdy kombinovanými kypřiči. Právě obracení ornice je velmi diskutovaným tématem, které má své odpůrce i zastánce. Jedním z důvodů, proč odpůrci orbou nepreferují, je zapravení rostlinné biomasy z povrchu do půdy, čímž je eliminována ochranná funkce rostlinného povrchu půdy (Hůla, Kovaříček, Vlášková, 2009).

Z dřívějších zkušeností víme, že hlavní motivací proč využívat konvenčního zpracování půdy s orbou je zajištění výnosové jistoty i v nepříznivých klimatických podmínkách. Orba nám zajistí generální úklid půdy spojený se zapravením rostlinných zbytků předplodiny nebo biomasy meziplodiny do půdy, čímž si zajistíme „čistý stůl“. Pokud k těmto postupům přidáme ještě zaklopení vzešlých plevelů a vzešlého výdrolu předplodiny, máme tak připravené podmínky pro bezproblémové setí. Toto ale nemusí platit vždy, výjimkou mohou být těžké, obtížně zpracovatelné půdy (Mašek et al., 2012).

Při nepříznivých podmínkách pro orbu nám vzniká vyšší spotřeba nafty a ztrácíme čas, čímž se nám zvyšují náklady. Dále orba vede za zhoršených podmínek, jako je vyšší vlhkost půdy, ke zhutnění dna brázd, což přispívá k tvorbě zhutnělé vrstvy s nevhodnými fyzikálními vlastnostmi v podorničí. Jak již bylo výše zmíněno, další nevýhodou orbou je zaklopením rostlinných zbytků do půdy, čímž snížíme povrchovou ochranu půdy a zvýšíme riziko eroze nakypřené půdy (Mašek et al., 2012).

Další autor, který se zabývá touto tematikou, je Rozsypal (2011) a uvádí níže přiložené rozdělení výhod a nevýhod konvenčního zpracování půdy s orbou:

Výhody konvenčního zpracování půdy s orbou

- provzdušnění ornice
- podpoření mineralizace živin
- kvalitní zapravení zbytků po sklizni, hnojiv a meziplodin na zelené hnojení
- účinné hubení plevelů včetně plevelů vytrvalých
- redukce ztrát živin do podorničí
- rychlejší obsychání půdy – časnější vstup na pozemek
- větší prokořenění půdy

Nevýhody konvenčního zpracování půdy s orbou

- vyšší pracovní a energetické náklady
- vyšší rozklad humusu
- zvýšené nebezpečí rozbahnění a tvorby škraloupu
- poškození edafonu
- hlubší zapravení semen plevelů a jejich konzervace v půdě
- kontrastní přechod mezi ornici a podorničím – tvorba zhutnělého podbrázdí

S přihlédnutím k výše uvedeným výhodám a nevýhodám bychom se měli v současné době u konvenčního zpracování půdy s orbou zaměřit k přehodnocení dřívějších postupů a snažit se rozšířit výběr a správné využití technologií pro zpracování půdy a setí. Zemědělský podnik může ušetřit náklady také při využití minimalizačních nebo jiných úsporných zpracováních půdy při pěstování obilnin, řepky, případně i jiných plodin. Avšak pokud má zemědělský podnik v osevním postupu zařazeny okopaniny nebo některou zeleninu, tak se orbě zřejmě nevyhne. (Hůla, Mayer, 1999) Proto je také důležité zaměřit se na zdokonalování pluhů a to z hlediska kvality práce, zlepšení komfortu obsluhy a snížení nákladů na jejich opravy (Hůla, Abrham, Bauer, 1997).

3.2.5 Minimalizační technologie zpracování půdy

Pro vývoj minimalizačních technologií se stalo základem především zjištění, že hloubka a intenzita zpracování půdy mají pouze nevýrazné výnosové reakce u většiny plodin. Další důvod pro rozvoj minimalizace bylo objevení pozitivní reakce obilnin na

půdu spíše utuženou, protože půdy s vyšší objemovou hmotností jsou prakticky odpovídající půdě, která je přirozeně uložená, tedy nezpracovaná (Chloupek, Procházková, Hrudová, 2005).

Proto se také v dnešní době více uplatňují minimalizační technologie zpracování pudy, které jsou náhradou za pracovně a energeticky náročnější konvenční technologie zpracování pudy s orbou. Pro minimalizační technologie jsou typické především dva hlavní znaky (Procházková, 2011):

- redukce intenzity a hloubky zpracování pudy
- ponechání rostlinných zbytků na povrchu nebo ve vrchní vrstvě pudy

Mezi minimalizační technologie patří především různé formy mělkého zpracování pudy, nahrazování orby kypřením, výsevy plodin do povrchově zpracované nebo nezpracované pudy, zpracování pudy ve výsevních pásech, výsevy plodin do hrůbků, výsevy do vymrzajících nebo přezimujících (chemicky odstraněných) meziplodin a mnoho dalších. Patří sem také postupy zpracování pudy a zakládání porostů, které se považují za technologie půdoochranné, kdy je povrch pudy pokryt více než 30 % posklizňových zbytků (Hůla, Procházková, 2004).

Výzkumy i využívání minimalizačních technologií zpracování pudy a zakládání porostů se provádí v České republice již po mnoho let. Díky výzkumům se dozvídáme o vlivu minimalizačních technologií na růst a výnosy plodin, dále pak na změny půdního prostředí. Dnes jsou při výzkumech hodnocena hlavně možná rizika plošného a opakovaného použití minimalizačních technologií a s nimi spojený rozvoj škodlivých činitelů (Hůla, Procházková, 2004).

Díky vývoji a lepší dostupnosti kvalitnější techniky pro zpracování pudy byl v posledních 20 letech zaznamenán nejvyšší rozvoj a rozšíření minimalizace ve zpracování pudy. V dnešní době se odhaduje rozšíření těchto technologií na více než 40 % orné pudy v ČR. Minimalizačních technologií můžeme využít v zemědělské praxi zejména u hustě setých obilnin, dále u kukuřice, luskovin, olejnin a cukrové řepy (Procházková, 2011).

3.2.5.1 Rozdělení minimalizačních technologií

Pod pojem minimalizační technologie můžeme podle podmínek v České republice zařadit následující postupy (Hůla, Procházková et al., 2008):

Minimalizace s kypřením půdy do zvolené hloubky

Půda se zpravidla zpracovává na malou hloubku. Avšak je-li třeba ornici jednorázově prohloubit, použijeme hlubšího prokypření bez obracení.

Půdoochranné zpracování půdy

Při tomto způsobu zpracování půdy se ponechávají rostlinné zbytky předplodiny nebo meziplodiny (tato biomasa může dosahovat v suché hmotě hmotnosti nejméně 1,2 t.ha⁻¹) na 30 % povrchu půdy po zasetí. Podle autorů Hůla a Mayer (1999) pokrytí 20–30 % povrchu půdy rostlinnými zbytky v době setí snižuje působení vodní eroze na půdě o 50–90% než na půdě bez rostlinných zbytků.

Přímé setí

Nebo také setí do nezpracované půdy je postupem zpracování půdy, kdy se po sklizni předplodiny neprovádí žádný zásah do půdy. Při setí do nezpracované půdy se využívá speciálních secích strojů s možností hnojení pod patu.

3.2.5.2 Půdoochranné technologie podle SSSA

Tato terminologie vznikla na základě klasifikace Americké půdoznalecké společnosti (Soil Science Society of America, 1987). V USA velmi rozšířené a uplatněné půdoochranné technologie se v praxi dělí na (Hůla, Procházková et al., 2002):

Conservation-tillage (ochranné zpracování půdy)

K tomuto ochrannému zpracování půdy patří mnohé varianty zpracování půdy bez orby i přímé setí do půdy bez jejího zpracování. Charakteristickým znakem je 30% pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky ponechaných po zasetí. K dalším přínosům této varianty patří úspora času, motorové nafty, lepší hospodaření s půdní vodou a další (Hůla, 2000).

Minimum-tillage/reduce (Minimální redukované zpracování půdy)

Postupy při zpracování půdy jsou redukovány na minimum a omezují se pouze na zásahy potřebné pro založení porostů plodin, nebo pro snížení míry zaplevelení (Hůla, 2000).

No-tillage (Technologie setí do nezpracované půdy)

Před setím je půda bez zpracování. Setí se provádí speciálním secím strojem do úzké rýhy. Na povrchu půdy se po zasetí ponechává 80–100 % rostlinných zbytků (Hůla, Procházková et al. 2002). Podle Hůly (2000) se tento termín užívá především v Severní Americe, v Anglii je místo tohoto pojmu užíváno synonymum *Direct-drilling* (přímé setí), dalším synonymním termínem může být také *Zero-tillage* (nulové zpracování).

Strip-tillage (Pásové zpracování půdy)

Půda se před setím nezpracovává. Při tomto technologickém postupu se půda zpracovává jen podle potřeby v průběhu vegetačního období v úzkých pásech, do nichž se osivo seje (Hůla, Procházková et al. 2002).

Ridge-tillage / Rige-till (Technologie setí do hrůbků)

Tento postup, při kterém je půda zpracována do hrůbků, je vhodná především pro širokořádkové plodiny, jako je například kukuřice. Výhodou tohoto způsobu zpracování půdy je, že tyto hrůbky vydrží i několik sezón, v případě potřeby ale mohou být každým rokem obnoveny. Po zasetí se na povrchu půdy vyskytuje převážně kolem 40–70 % rostlinných zbytků (Hůla, 2000).

Mulch-tillage (Mulčovací technologie zpracování půdy)

Před setím je půda zpracována podřezáním strniště, při kterém dochází k nadzvednutí zeminy, ale podřezané strniště a posklizňové zbytky zůstanou na povrchu půdy. Při tomto postupu jsou využity speciální secí stroje se šípovými radličkami, povrch půdy se po zasetí ponechává z 30–60 % pokrytý rostlinnými zbytky (Hůla, Procházková et al. 2002).

3.2.5.3 Důvody rozvoje a rozšiřování minimalizačních technologií

Mezi hlavní důvody pro rozvoj a rozšiřování minimalizačních a půdoochranných technologií zpracování půdy patří především požadavky na ekologii, ekonomiku a techniku (Hůla, Procházková et al. 2008).

Důvod ekologické

Patří sem vliv minimalizační technologie na strukturní stav půdy a zlepšení hospodaření s půdní vodou, jako je například snížení ztrát vody při nižší intenzitě zpracování půdy, omezení neproduktivního výparu za pomoci mulče

z rostlinných zbytků na povrchu půdy a zvýšení zadržetí vody v půdě. Dále sem řadíme zabránění vodní a větrné erozi, omezení vyplavování pohyblivých forem dusíku z půdy a zlepšení stavu organické hmoty v půdě, toho můžeme dosáhnout zvýšením obsahu a kvality půdního humusu.

Důvody ekonomické

Díky minimalizačním technologiím můžeme snížit náklady jak po stránce finanční, tak i po stránce energetické a časové. Díky spojování jednotlivých pracovních operací do větších celků a s využitím vyšší výkonosti strojů dochází ke snižování potřeby lidské práce, která je mnohdy spojená s nadbytečnými přejezdy zemědělské techniky po obdělávaném pozemku.

Důvody technické

Rozšiřování minimalizačních postupů zpracování půdy i zakládání porostů je umožněno díky novým konstrukčním řešením mechanizace. Trh se zemědělskou technikou nabízí širokou škálu jednotlivých strojů či strojních linek, díky čemuž je možné zvolit nejvýhodnější technologii pro konkrétní podmínky podniku, která zajistí ideální zpracování půdy a zakládání porostů.

Firma Monsanto (2002) ve svém příspěvku představila důvody, proč využívat minimalizační technologie. Tyto informace byly získány od samotných zemědělců, kteří odpovídali na otázku – co očekávají od půdoochranné technologie.

Agromické potřeby

- omezení půdní eroze
- likvidace plevelů
- zvýšení úrodnosti půdy a výnosů plodin
- zabránění utužení půdy
- zvýšení organického materiálu v půdě
- zvládnutí agrotechnických termínů
- srovnatelně dobré seťové lůžko v porovnání s tradičním zpracováním půdy

Ekonomické potřeby

- snížení výrobních nákladů a úspora pracovních sil
- garance stejných výnosů jako u tradičních technologií

Potřeby přenosu technologie

- posílení důvěry ve funkci technologie
- zajištění přesných údajů o ekonomických přínosech
- odborní poradci pro vysvětlení technologií a upozornění na chyby
- možnost ukázek demonstračních pokusů a výsledků u jiných podniků

3.2.5.4 Výhody a nevýhody ochranného zpracování půdy

Hůla (1999) uvádí výhody a nevýhody technologie ochranného zpracování půdy:

Výhody ochranného zpracování půdy s orbou

- ochrana před vodní a větrnou erozí, především při setí do mulče
- lepší hospodaření s půdní vláhou
- zamezení neproduktivního výparu vody a přehřívání půdy v letním období
- zlepšení půdní struktury
- ochrana vod před znečištěním nitráty
- využití meziplodin pro vázání přebytečného dusíku do své biomasy
- ochrana půdy před zhutněním
- vylepšení biologických a fyzikálních vlastností půdy
- snížení nákladů na energii a práci

Nevýhody ochranného zpracování půdy s orbou

- vyšší nároky na kvalifikované využití herbicidů a dalších agrochemikálií
- zvýšené zaplevelení půdy vytrvalými plevely
- zvýšené nároky na úroveň agrotechniky v zemědělském podniku
- navýšení nákladů na ochranu rostlin a hnojení
- nutnost kvalitnějších moderních strojů
- nadměrný výskyt posklizňových zbytků může bránit vzcházení osiva a také nepříznivě působit na okyselování povrchové vrstvy půdy

3.2.6 Využití technologií bez orby při pěstování kukuřice na zrno

U zpracování půdy a zakládání porostů kukuřice na zrno je důležitá volba pracovních postupů, které se přizpůsobují stanovištním podmínkám, zařazení kukuřice do osevního sledu, hospodaření s posklizňovými zbytky, stavu půdy po sklizení předplodiny a úrovně technické vybavenosti podniku (Hůla, Procházková et al., 2008).

3.2.7 Minimalizační technologie zpracování půdy

U kukuřice pěstované na zrno dominují při využívání minimalizačních technologií zpracování půdy především postupy s mělkým, popřípadě i se středně hlubokým kypřením talířovým nebo radličkovým nářadím. Na podzim a před setím využívá mělkého kypření, k setí jsou využívány speciální secí stroje, které umožňují hnojení minerálními hnojivy pod patu. Při zpracování půdy pro kukuřici je žádoucí použít minimalizačních technologií především proto, že mají příznivý vliv na omezení půdní eroze a ztrát pohyblivých forem dusíku z půdního prostředí. Dalším kladem je obohacení půdy o organickou hmotu z meziplodin a předplodin (Zimolka et al., 2008).

Využití minimalizačních technologií zpracování půdy je do velké míry závislé na půdních a klimatických podmínkách. V letech, které jsou sušší a teplejší, může varianta zpracování půdy minimalizační technologií dosahovat stejných nebo dokonce vyšších výnosů, než jakých by se dosáhlo u konvenčního zpracování půdy. Avšak v letech chladnějších a vlhčích kukuřice požadovaných výnosů nemusí dosáhnout, protože půda nemusí být v chladnějších jarních měsících dostatečně prohřátá. Díky tomu může docházet k oddálení termínu setí, zpomalení vzcházení a počátečního růstu (Hůla, Procházková et al., 2008).

3.2.8 Půdoochranné technologie zpracování půdy

K půdoochranným technologiím řadíme dva hlavní typy (Houšť et al, 2014):

Zakládání porostů kukuřice do meziplodin

Této technologii se využívá především na erozně ohrožených půdách, kde se kukuřice vysévá do vymrzající nebo přezimující meziplodiny, která je chemicky zlikvidována. Zde může být problém s vyšším množstvím organických zbytků na povrchu půdy, které zhoršují kvalitu setí a regulaci plevelů.

Pásové zpracování půdy (strip tillage)

Touto technologií se odstraňují posklizňové zbytky jen v ohraničených zónách, které jsou 20–30 cm široké a 5–35 cm hluboké. Takto zpracovaná část půdy je prokypřená a připravená pro setí. Má velmi pozitivní vliv na ochranu půdy před erozí. Využívání této technologie má stále větší význam díky úsporám na nákladech, které jsou o 54 % nižší než u celoplošného konvenčního zpracování půdy s orbou. Využívá se například v Coloradu, Nebrasce Oregonu a Texasu.

4 MATERIÁL A METODY

V bakalářské práci je sledován dlouhodobý poloprovozní pokus, který je od roku 2002 veden na pozemku, kde jsou využívány různé způsoby zpracování půdy. Sleduje se zde vliv odlišného zpracování půdy na výnosy kukuřice na zrno a fyzikální vlastnosti půdy při opakovaném pěstování kukuřice na stejném pozemku.

Pozemek je rozčleněn na tři díly a pro každý díl je využit jiný technologický postup při zpracování půdy, a to konvenční zpracování půdy s orbou, mělké zpracování půdy kypřením a přímé setí do nezpracované půdy.

S pokusem se začalo v roce 2001, kdy bylo připraveno pole pro jeho provádění. V letech 2002–2008 zde byla opakovaně pěstována kukuřice na zrno. V roce 2009 došlo k přerušení pokusu z důvodu prevence před rozšiřováním škůdce bázlivce kukuřičného (*Diabrotica virgifera*), v tomto roce byl pozemek oset ječmen jarním. Od roku 2010 je zde opět pravidelně vysazována kukuřice.

4.1 Charakteristika stanoviště pokusu

Pokusné stanoviště patří zemědělskému podniku Agroservis 1. zemědělská, a. s. Višňové a nachází se v katastrálním území městyse Višňového v Jihomoravském kraji. Jde o pozemek v kukuřičné výrobní oblasti, který je půdně homogenní. Název parcely, kde se pokusné stanoviště nachází, je Loučky.

4.1.1 Charakteristika stanoviště dle veřejného registru půdy (LPIS)

Čtverec parcely – 630–1180

Zkrácený kód – 2202/10

Územní příslušnost – Znojmo

Výměra – 21,83 ha

Kultura – orná půda

Nadmožská výška – 287,79 m

Průměrná sklonitost – 1,1°

4.1.2 Půdní podmínky

Půda pokusného stanoviště je hlinitá hnědozemní s obsahem humusu zhruba 2,2 % a s neutrální půdní reakcí (pH 6,7). Podle agrochemického zkoušení půd je zásoba draslíku dobrá, vápníku a fosforu vysoká a zásoba hořčíku velmi vysoká (viz tabulka 1).

Tab. 1 – Agrochemické zkoušení půd z roku 2011

Kultura: orná půda		Kód pozemku: 2101		Výměr: 21,83 ha	Počet vzorků: 2			
Číslo vzorku	Druh půdy	Hodnota pH [v CaCl ₂]	Potřeba vápnění [CaO t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	Obsah CO ₃ [kateg.]	P	K	Mg	Ca
					[mg.kg ⁻¹ půdy]			
14	S	6,2	0,20	N	95	231	364	2580
15	S	7,2	0,00	N	208	310	359	4350
Aritm. průměr		6,7	0,10		152	271	362	3465
Hodnocení		N	2,18		V	D	VV	V
Variační koef.		11			53	21	1	36
Vyrovnanost		nevyrovn.			nevyrovn.	vyrovn.	vyrovn.	nevyrovn.

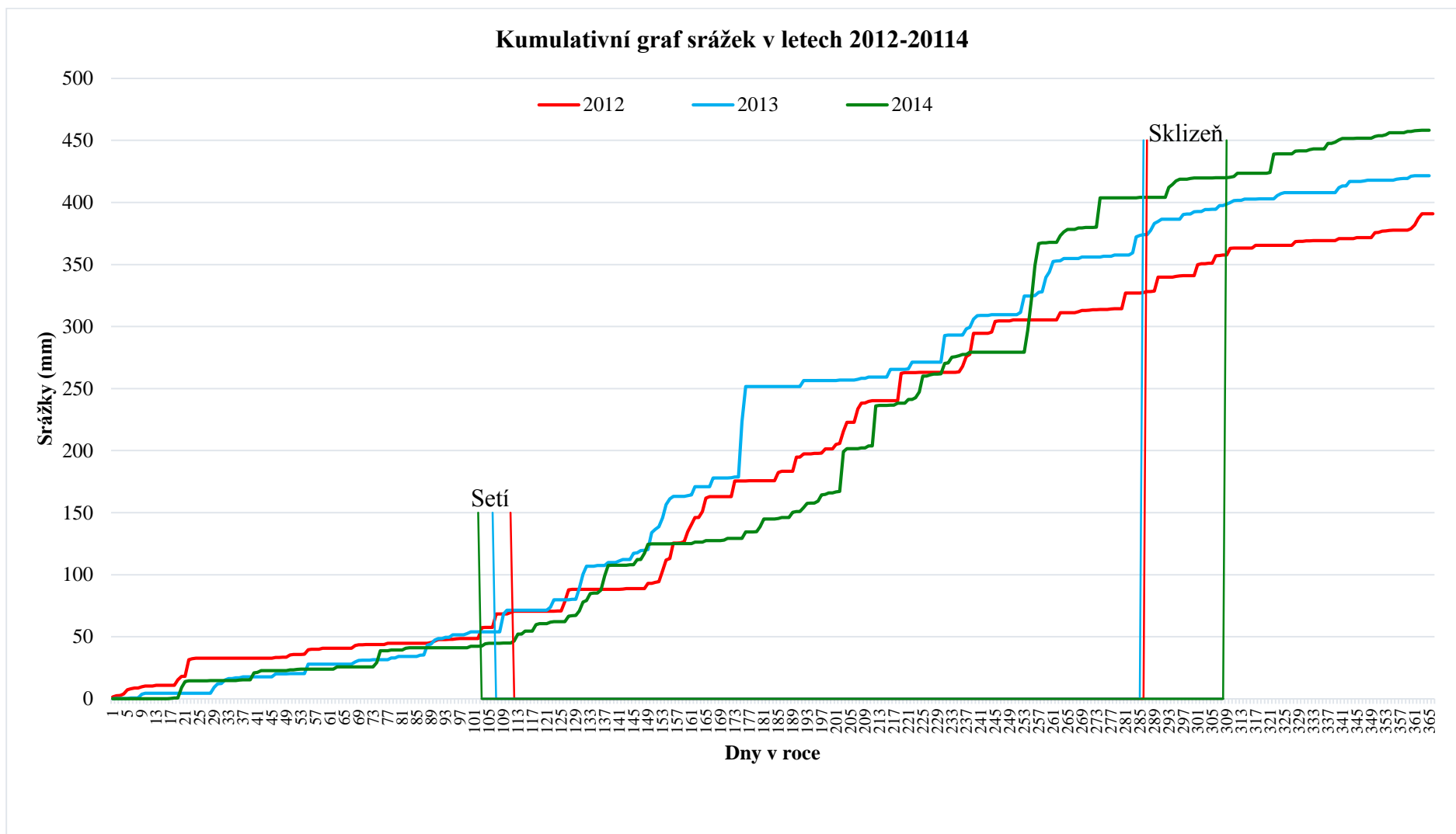
4.1.3 Klimatické podmínky

Průměrná roční teplota (informace získána z 30letého průměru) se pohybuje kolem hodnoty 9,30 °C a průměrný roční úhrn srážek (30letý průměr) je 423 mm. Tato data byla získána z 12,5 kilometrů vzdálené meteostanice Kuchařovice, jejímž provozovatelem je ČHMÚ. V níže uvedených grafech (obrázek 2 a 3) a v tabulce (tabulka 2) je zaznamenán průběh počasí (průměrné roční teploty a úhrn srážek za rok) na pokusném stanovišti za uplynulé tři roky. Tato data byla získána z meteostanice městyse Višňového, jejímž provozovatelem je ZŠ Višňové.

Průměrná teplota za vegetační období byla 15,10 °C a průměrný úhrn srážek 319 mm. Tato data byla opět získána z meteostanice ZŠ Višňové.

Z níže uvedeného grafu (obrázek 2) je patrné, že rok 2014 byl nejbohatší na srážky. Avšak co se vegetačního období týče, na začátku byl tento rok sušší, nadměrné množství srážek přišlo až od 11. září. Díky takto rychlému nárůstu úhrnu srážek, zhruba 141 mm za 2 měsíce, došlo k opoždění sklizně skoro o měsíc na rozdíl od předešlých let.

Nejsušším ze všech sledovaných let byl rok 2012, který se v úhrnu srážek za vegetační období lišil od roku 2013 o 78 mm, od roku 2014 dokonce o 120 mm.



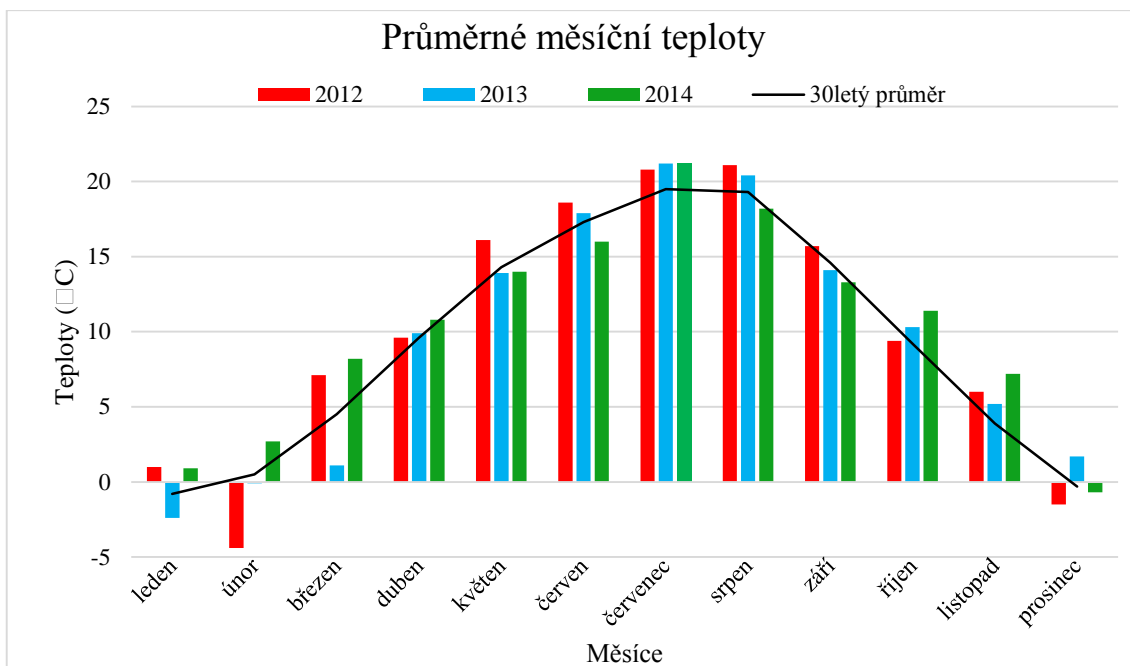
Obr. 2 – Kumulativní graf srážek 2012-2014 (meteostanice ZŠ Višňové)

Tab. 2 – Průměrné teploty a úhrn srážek 2012-2014 (meteostanice ZŠ Višňové)

Rok	Veličina	Měsíce												Průměr	Úhrn
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.		
2012	°C	1	-4,4	7,1	9,6	16,1	18,6	20,8	21,1	15,7	9,4	6	-1,5	9,96	
	mm	32,7	8,1	6,9	22,8	24,0	81,3	64,5	55,2	18,3	37,2	18,3	21,6		390,90
2013	°C	-2,4	-0,1	1,1	9,9	13,9	17,9	21,2	20,4	14,1	10,3	5,2	1,7	9,43	
	mm	12,3	15,6	19,5	24	65,1	115,2	7,5	49,8	47,1	38,1	13,8	13,5		421,50
2014	°C	0,9	2,7	8,2	10,8	14	16	21,2	18,2	13,3	11,4	7,2	-0,7	10,27	
	mm	14,7	9,3	17,1	19,5	64,2	20,1	91,2	43,2	100,8	39,6	23,4	15		458,10
Normál	°C	-0,17	-0,60	5,47	10,10	14,67	17,50	21,07	19,90	14,37	10,37	6,13	-0,17	9,89	406,20
	mm	19,9	11,0	14,50	22,10	51,10	72,20	54,40	49,40	55,40	38,30	18,50	16,70		

Tab. 3 – 30letý normál (meteostanice Kuchařovice)

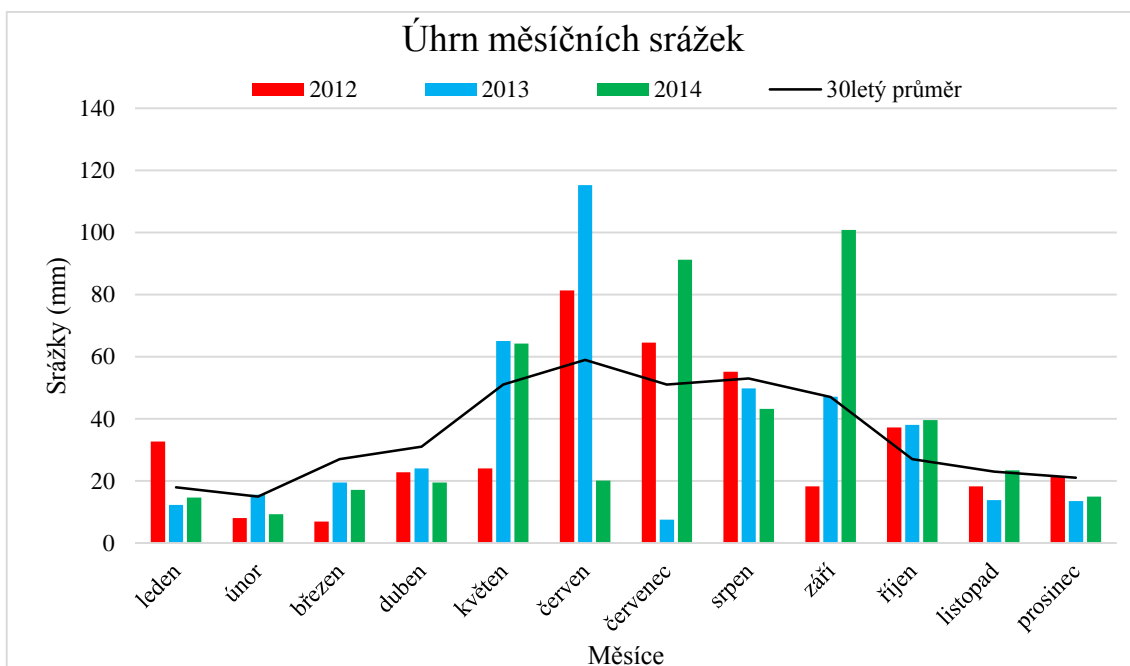
30letý normál	°C	-0,80	0,50	4,50	9,60	14,30	17,30	19,50	19,30	14,60	9,20	3,90	-0,30	9,30	Průměr
	mm	18	15	27	31	51	59	51	53	47	27	23	21	423	Úhrn



Obr. 3 – Průměrné měsíční teploty v letech 2012–2014

Ve výše uvedeném grafu (obrázek 3) můžeme vidět, že teploty se od 30letého normálu velmi neliší. Rok 2014 je podle grafu nejteplejší, jako nejsušší se ukázal rok 2012 a to díky nízkému úhrnu srážek, který je vidět v níže přiloženém grafu (obrázek 3).

Nejlepším rokem byl rok 2013, ve kterém bylo až na nadprůměrné srážky v červnu počasí vyrovnané.



Obr. 4 – Úhrn měsíčních srážek v letech 2012–2014

4.2 Varianty zpracování půdy

V bakalářské práci byly sledovány tři varianty zpracování půdy.

I. Konvenční zpracování půdy s orbou

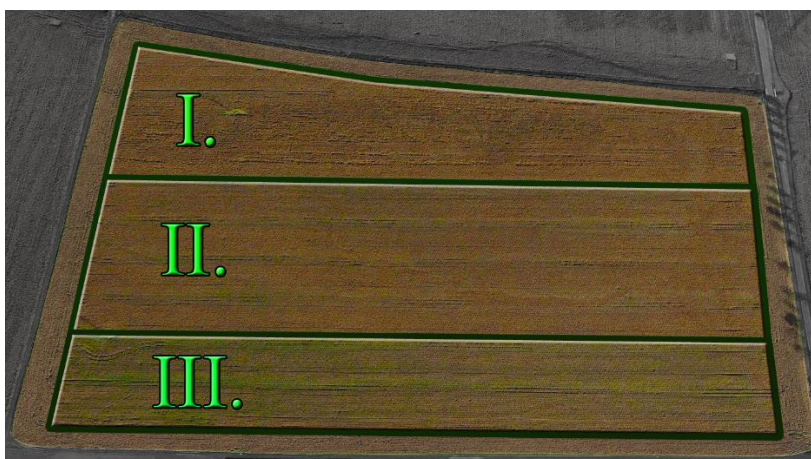
- po sklizni mělké zpracování půdy talířovým podmítačem na hloubku 0,12 m
- na podzim středně hluboká orba na 0,22 m
- na jaře smykování na koso, předset'ová příprava kypřičem na hloubku setí
- k setí je využíván přesný secí stroj

II. Minimalizační zpracování půdy s mělkým kypřením

- po sklizni mělké zpracování půdy talířovým podmítačem na hloubku 0,12 m
- na jaře předset'ová příprava kypřičem na hloubku setí
- k setí je využíván přesný secí stroj

III. Přímé setí do nezpracované půdy

- po sklizni žádný zásah do půdy
- přímé setí do nezpracované půdy secím strojem



Obr. 5 – Rozdělení pokusného stanoviště (zdroj: <https://earth.google.com/>)

Při různých variantách zpracování půdy je využíváno různých pracovních postupů a mechanizace, jejichž přehled je uveden níže.

Tab. 4 – Pracovní postupy a mechanizace u varianty bez zpracování půdy

Pracovní postup	Mechanizace
Hnojení	JOHN DEERE 8200 + Rozmetadlo BOGBALLE, 30 m (2012) JD 4930 – Samochodné rozmetadlo, 36 m (2013-2014)
Setí	Secí stroj JOHN DEERE 1770 NT, 12 řádků
Ochrana	Postřikovač ALFA TWIN, 30 m (2012) JD 4930 – Samochodný postřikovač, 36 m (2013- 2014)
Sklizeň	Sklízecí mlátička JOHN DEERE STS 9880

Tab. 5 – Pracovní postupy a mechanizace u varianty s mělkým kypřením

Pracovní postup	Mechanizace
Mělké kypření	Talířový podmítač RABE WERK, 0,12 m (2012) Talířové podmítačí disky Harrow, 0,12m (2013-2014)
Hnojení	JOHN DEERE 8200 + Rozmetadlo BOGBALLE, 30 m (2012) JD 4930 – Samochodné rozmetadlo, 36m (2013-2014)
Předset'ová příprava	Kypřič HORSCH PHANTOM FG, 6 m (2012) JD 9630T + JD MULCH FINISHER 2310, 14m (2013-2014)
Setí	Secí stroj JOHN DEERE 1770 NT, 12 řádků
Válení	Cambridge válce
Ochrana	Postřikovač ALFA TWIN, 30 m (2012) JD 4930 Samochodný postřikovač, 36m (2013- 2014)
Sklizeň	Sklízecí mlátička JOHN DEERE STS 9880

Tab. 6 – Pracovní postupy a mechanizace u varianty konvenční zpracování s orbou

Pracovní postup	Mechanizace
Mělké kypření	Talířový podmítač RABE WERK, 0,12 m (2012) Talířové podmítačí disky Harrow, 0,12m (2013-2014)
Orba	Oboustranný pluh RABE WERK, 0,22m (2012) Oboustranný pluh KVERNELAND 150 B, 0,22m (2013-2014)
Hnojení	JOHN DEERE 8200 + Rozmetadlo BOGBALLE, 30 m (2012) JD 4930 – Samochodné rozmetadlo, 36m (2013-2014)
Smykování	Smykobránový agregát 10 m
Předset'ová příprava	Kypřič HORSCH PHANTOM FG, 6 m (2012) JD 9630T + JD MULCH FINISHER 2310, 14m (2013-2014)
Setí	Secí stroj JOHN DEERE 1770 NT, 12 řádků
Válení	Cambridge válce
Ochrana	Postřikovač ALFA TWIN, 30 m (2012) JD 4930 Samochodný postřikovač, 36m (2013- 2014)
Sklizeň	Sklízecí mlátička JOHN DEERE STS 9880

4.3 Hnojení minerálními hnojivy

K hnojení u všech variant sledovaného pokusu bylo užito stejné množství minerálních hnojiv. Na podzim v roce 2001 bylo ještě před založením pokusu provedeno plošné zásobní hnojení dávkou $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ a $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$. Dále bylo provedeno hnojení fosforem pod patu v letech 2002–2005 v dávce $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$.

Pro zlepšení výnosů se jednorázově přihnojuje dusíkem před započítáním předseťových příprav. K hnojení dusíkem se používá močovina v dávce $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, poté se hned zapraví do půdy.

4.4 Založení porostu

Zakládání porostu se každý rok provádí u všech tří variant na pokusném stanovišti během jednoho dne.

Rok 2012

Datum setí 20. 4.

Hybrid DKC 3511, FAO 300, (MONSANTO)

Výsevek $70\,000 \text{ zrn} \cdot \text{ha}^{-1}$

Rok 2013

Datum setí 16. 4.

Hybrid P9494, FAO 340, (PIONEER)

Výsevek $70\,000 \text{ zrn} \cdot \text{ha}^{-1}$

Rok 2014

Datum setí 12. 4.

Hybrid P9494, FAO 340, (PIONEER)

Výsevek $70\,000 \text{ zrn} \cdot \text{ha}^{-1}$

4.5 Ochrana proti škůdcům

Ochrana proti škůdcům na sledovaném stanovišti se může provádět formou chemické i biologické ochrany. Účinnou chemickou obranou může být moření osiva a použití tekutých insekticidů. V biologické ochraně se využívá především záporných vztahů mezi populacemi, a to hlavně alelopatie, konkurence, predace a parazitismu.

Aby se mohl zvolit odpovídající způsob ochrany, musí se použít monitoring škůdců, kteří se na stanovišti vyskytují a proti kterým je třeba zasáhnout. K monitoringu slouží např. odchyt do světelných a feromonových lapačů.

Při pěstování kukuřice na zrna se výrazně podílí na škodách zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*). Výskyt tohoto škůdce je monitorován pomocí dle výše zmíněných lapačů. V době kladení vajíček zavíječe kukuřičného se jako biologická ochrana využívá vosiček rodu *Trichogramma*, které jsou parazitoidi. Chemická ochrana se provádí až na vylíhlých housenkách pomocí schválených insekticidů.

Dalším významným škůdcem, známým v poslední době, se stává bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera*), který vážně ohrožuje porosty kukuřice.

Rok 2012

13. 6.	Trichocap	25 kapslí.ha ⁻¹
--------	-----------	----------------------------

Rok 2013

16. 4.	Force 1,5 G	8 kg.ha ⁻¹
8. 7.	Coragen 20 SC	1 dcl. ha ⁻¹

Rok 2014

12. 4.	Force 1,5 G	12,5 kg.ha ⁻¹
25. 6.	Integro	0,7 l.ha ⁻¹
20. 7.	Nurelle D	0,6 l.ha ⁻¹

4.6 Ochrana proti plevelům

Na celém pokusném stanovišti je chemické ošetření porostu kukuřice proti plevelům zajištěno preemergentní aplikací herbicidů. Pokud první ošetření není dostatečně účinné, provádí se opravy na celé ploše pokusného stanoviště pomocí postemergentních herbicidů.

Rok 2012

23. 5.	Maister	150 g.ha ⁻¹
	+ Mero 33528	2,0 l.ha ⁻¹
22. 6.	Galera	0,4 l.ha ⁻¹
2. 7.	Integro	0,7 l.ha ⁻¹

Rok 2013

28. 4.	Adengo	0,44 l.ha ⁻¹
--------	--------	-------------------------

Rok 2014

15. 4.	Adengo	0,4 l.ha ⁻¹
5. 6.	Galera	0,35 l.ha ⁻¹
	+ Story	0,3 l.ha ⁻¹
	+ Šaman	0,2 l.ha ⁻¹
	(opravný zásah)	

4.7 Sklizeň

Porost kukuřice pěstované na zrno se sklízí ve fázi plné zralosti stejnou sklízecí mlátičkou ze všech tří variant pokusného stanoviště během jednoho dne.

Sklizeň byla provedena sklízecí mlátičkou John Deere STS 9880i, která byla použita jako nástupce méně výkonnější sklízecí mlátičky John Deere už v roce 2005 z důvodů zrychlení sklizně a zároveň k dosažení nižšího procenta ztrát při sklizni.

Rok 2012

13. 10.

Rok 2013

13. 10.

Rok 2014

5. 11.

4.8 Hodnocení výnosů

Při sklizni porostů kukuřice byl z každé varianty pokusu odebrán vzorek, který sloužil k výnosovému hodnocení různého způsobu zpracování půdy a pro stanovení vlhkosti. Toto hodnocení probíhalo v letech 2012–2014. Výnos zrna kukuřice byl dále přepočítán a vyjádřen v t.ha⁻¹ při vlhkosti zrna 14 %.

4.9 Sledování vlivu zpracování půdy na vybrané půdní vlastnosti

Na pokusném stanovišti byl sledován a hodnocen ve všech třech variantách vliv různého zpracování půdy na půdní vlastnosti. Mezi hlavní sledované půdní vlastnosti patří penetrometrický odpor půdy a fyzikální vlastnosti půdy.

4.9.1 Penetrometrický odpor půdy

Měření penetrometrického odporu půdy, nebo také utužení půdy, probíhalo vždy ve stejných termínech jako měření fyzikálních vlastností půdy. Měřilo se za pomoci přístroje Penetrologger do hloubky 0,80 m, součástí tohoto přístroje byla i sonda na měření vlhkosti půdy Theta-probe. Na všech třech variantách bylo provedeno pět opakování pomocí vpichů.

4.9.2 Fyzikální vlastnosti půdy

Ke zhodnocení základních fyzikálních vlastností byly po sklizni v letech 2012–2013 odebrány z každé varianty zpracování půdy Kopeckého fyzikální válečky, které byly odebírány v pěti opakováních vždy ve třech hloubkách (0–0,10 m, 0,10–0,20 m, 0,20–30). K rozboru půdních vzorků, byla použita metoda Kopeckého–Nováka (1954), která byla upravena dle Kostelanského (1980), tj. metoda přímého rozboru vzorků půdy v přirozeném uložení používaná na Ústavu agrosystémů a bioklimatologie Mendelovy univerzity v Brně.

Jako reprezentativní ukazatelé změn orniční vrstvy byly z pozorovaných fyzikálních vlastností vybrány objemová hmotnost půdy (OH), celková pórovitost (P) a minimální vzdušná kapacita (MVK). Tyto hlavní fyzikální vlastnosti půdy velmi dobře odrážejí každý mechanický zásah do třífázového půdního systému (pevná půdní hmota, voda a vzduch). Díky změnám v těchto fyzikálních vlastnostech půdy je každý mechanický zásah snadno rozlišitelný.

Další pozorování bylo využito ke stanovení vlhkostních poměrů v půdě (objemová vlhkost půdy).

5 VÝSLEDKY

5.1 Výnosy a vlhkost zrna kukuřice

Výsledky sledování vlivu různého zpracování půdy na výnosy a vlhkost zrna kukuřice v letech 2012–2014 jsou zaznamenány v níže přiložených tabulkách (tab. 7–11) a grafech (obr. 6–7).

Tab. 7 – Vliv různého zpracování půdy na výnosy a vlhkost zrna v roce 2012

Variety zpracování půdy	Hrubý výnos zrna (t.ha ⁻¹)	Sklizňová vlhkost zrna (%)	Výnos zrna při 14% vlhkosti (t.ha ⁻¹)
Orba	11,13	21,5	9,68
Mělké zpracování	9,83	21,9	8,85
Bez zpracování	10,14	27,3	8,52

V roce **2012** bylo dosaženo nejvyšších výnosů u varianty klasického zpracování půdy s orbou (9,68 t.ha⁻¹). Výnosy z půdy zpracované minimalizačními technologiemi byly téměř bez rozdílu, u varianty přímého setí do nezpracované půdy byly výrazně nižší výnosy než u varianty se zpracováním půdy s orbou.

Tab. 8 – Vliv různého zpracování půdy na výnosy a vlhkost zrna v roce 2013

Variety zpracování půdy	Hrubý výnos zrna (t.ha ⁻¹)	Sklizňová vlhkost zrna (%)	Výnos zrna při 14% vlhkosti (t.ha ⁻¹)
Orba	12,02	27,5	10,2
Mělké zpracování	12,06	29,2	9,89
Bez zpracování	11,87	32,9	9,26

V roce **2013** byly jen nepatrné rozdíly mezi variantou zpracování půdy s orbou a variantou s mělkým zpracováním půdy. Nejvyšších výnosů ze vše tří let opět dosáhla varianta klasického zpracování půdy s orbou (10,2 t.ha⁻¹). Podle hodnocení počasí a srážek tohoto roku se jednalo se o rok průměrný.

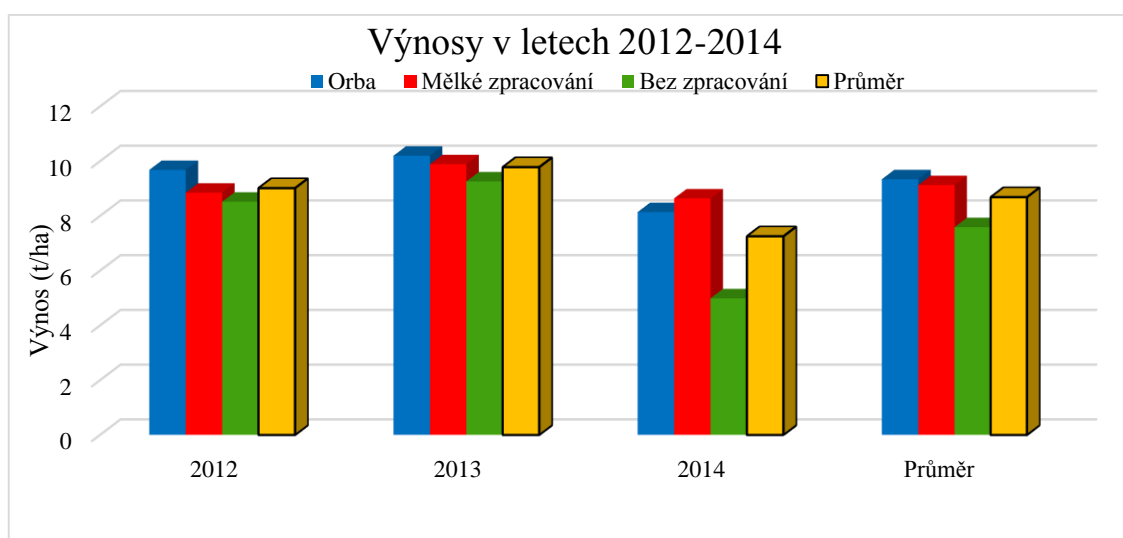
Tab. 9 – Vliv různého zpracování půdy na výnosy a vlhkost zrna v roce 2014

Variety zpracování půdy	Hrubý výnos zrna (t.ha ⁻¹)	Sklizňová vlhkost zrna (%)	Výnos zrna při 14% vlhkosti (t.ha ⁻¹)
Orba	9,72	28,0	8,14
Mělké zpracování	10,32	28,0	8,64
Bez zpracování	5,96	28,0	4,99

V roce **2014** bylo dosaženo nejnižšího výnosu u varianty s přímým setím do nezpracované půdy (4,99 t.ha⁻¹). Takto nízkého výnosu bylo dosaženo především díky vyššímu množství organické hmoty na povrchu půdy, které zapříčinilo pozdnější vzházení a také vyšší míru zapelevelení. Dalším faktorem pro zhoršení průměrného výnosu u této varianty zpracování půdy byl nadprůměrný úhrn srážek v září a říjnu roku 2014, díky čemuž došlo k opoždění sklizně o měsíc oproti dřívějším rokům. V tomto roce měla mírnou převahu ve výnosech varianta s mělkým zpracováním půdy.

Tab. 10 – Průměrné výnosy zrna při 14% vlhkosti v letech 2012–2014

Variety zpracování půdy	Roky			Průměr
	2012	2013	2014	
Orba	9,68	10,2	8,14	9,34
Mělké zpracování	8,85	9,89	8,64	9,13
Bez zpracování	8,52	9,26	4,99	7,59
Průměr	9,02	9,78	7,26	8,69



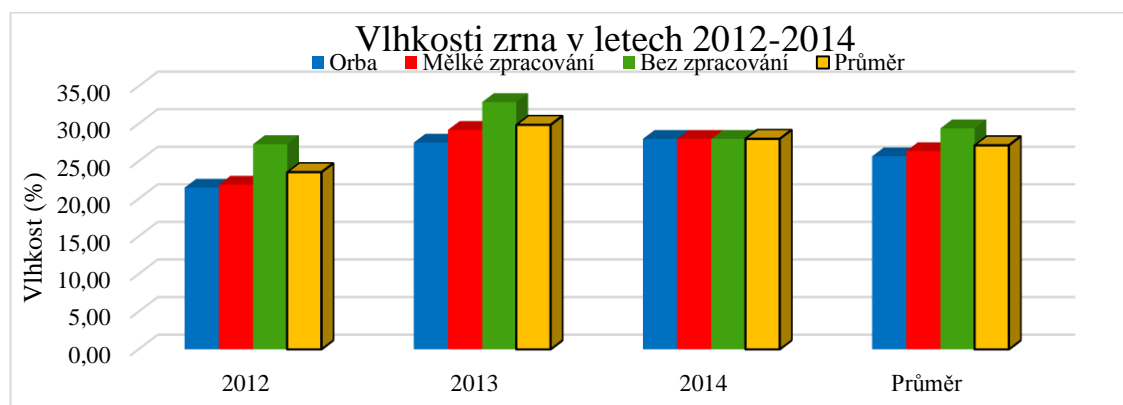
Obr. 6 – Srovnání výnosů v letech 2012–2014

Když porovnáme průměrné hodnoty, které jsme získali z pozorování během let 2012–2014, zjistíme, že rozdíly mezi variantami se zpracováním půdy talířovým nářadím na 0,12 m a klasickým zpracováním s orbou na 0,22 m byly malé, skoro až nepatrné, statisticky tudíž nevýznamné. Nejvyššího průměrného výnosu bylo dosaženo u varianty klasického zpracování půdy s orbou (9,34 t.ha⁻¹), dále následuje varianta s mělkým zpracováním půdy (9,13 t.ha⁻¹), nejnižšího průměrného výnosu dosáhla varianta s přímým setím do nezpracované půdy (7,59 t.ha⁻¹). U této varianty zpracování půdy je třeba řešit problémy s kvalitou založení porostu a nižší účinnosti herbicidů, ty jsou způsobeny vyšším množstvím organických zbytků na povrchu půdy.

Z výsledků sledování vlivu různého zpracování půdy na výnosy kukuřice na zrno můžeme usoudit, že nejlepších výnosů při opakovaném pěstování kukuřice na zrno dosáhneme při využití varianty klasického zpracování půdy s orbou.

Tab. 11 – Průměrné vlhkosti zrna v letech 2012–2014

Varianty zpracování půdy	Roky			Průměr
	2012	2013	2014	
Orba	21,5	27,5	28,0	25,67
Mělké zpracování	21,9	29,2	28,0	26,37
Bez zpracování	27,3	32,9	28,0	29,40
Průměr	23,57	29,87	28,0	27,14



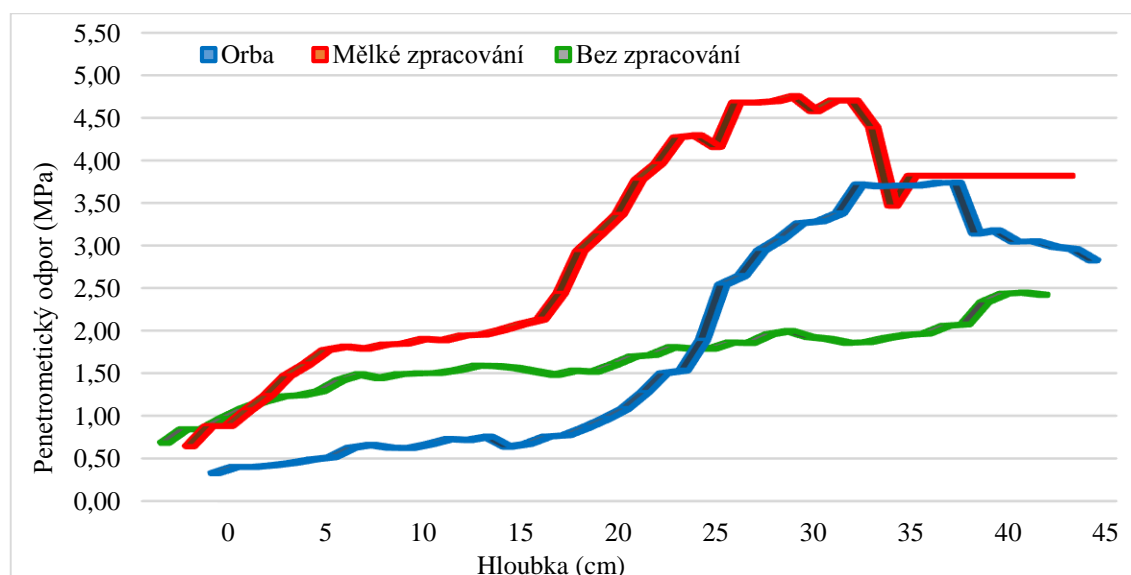
Obr. 7 – Srovnání vlhkosti zrna v letech 2012-2014

Z výše přiloženého grafu (obr. 7) je zřejmé, že užití různých způsobů zpracování půdy má také vliv na vlhkost zrna při sklizni kukuřice. Z průměrných hodnot je patrné, že zvýšení vlhkosti zrna kukuřice způsobují především minimalizační technologie zpracování půdy. Nejvyšší průměrná vlhkost byla naměřena u varianty s přímým setím do nezpracované půdy.

Pokud srovnáme průměry varianty klasického zpracování půdy s orbou a varianty s mělkým zpracováním půdy, zjistíme pouze malé rozdíly. I přes nepatrné rozdíly mezi vlhkostmi u těchto variant můžeme konstatovat, že nejnižší vlhkost zrna byla u varianty klasického zpracování půdy s orbou.

5.2 Penetrometrický odpor půdy

V níže uvedeném grafickém znázornění (obr. 8) je zobrazen vliv různého způsobu zpracování půdy na penetrometrický odpor půdy. Podle autorů Javůrka a Vachy (2008) jsou pro půdy hlinité limitující kritické hodnoty penetračního odporu 3,8–4,2 MPa. Tato kritická hodnota byla překročena u varianty s mělkým zpracováním půdy.



Obr. 8 – Penetrometrický odpor půdy v roce 2013

U varianty s orbou byl nejnižší penetrační odpor ve vrchní vrstvě půdy a to především díky zpracování půdy do hloubky 0,22 m. Od hloubky 0,25 m byl pozorován vyšší nárůst penetračního odporu. Penetrační odpor byl nejvyšší od hloubky 0,33 m a jeho nejvyšší hodnota byla 3,738 MPa. Tyto hodnoty se blíží k limitující hodnotě penetračního odporu, což může mít za následek zhutnění spodní půdní vrstvy.

Varianta s mělkým zpracováním půdy vykazuje menší nárůst penetračního odporu do hloubky 0,07 m. Až do hloubky 0,19 m není nárůst penetračního odporu moc výrazný, je spíše pozvolný a průběhem se podobá variantě přímého setí do půdy bez zpracování. Od hloubky 0,20 pozorujeme se zvyšující se hloubkou rychlý nárůst penetračního odporu až do hloubky 0,30 m, kdy dosahuje penetrační odpor svého maxima. Maximum

penetračního odporu je 4,756 MPa, což je více než je limitní hodnota penetračního odporu hlinité půdy. Zde můžeme pozorovat zhutnění půdy, které je způsobené opakovaným využitím tohoto zpracování půdy po dobu 12 let. Abychom zabránili zhutnění půdy, mohli bychom použít technologii zpracování půdy pomocí hloubkového kypření.

Pro variantu bez zpracování půdy je typický pozvolný nárůst penetračního odporu. Ve svrchní vrstvě půdy byl penetrometrický odpor jedním z nejvyšších společně s variantou mělkého zpracování půdy. Od hloubky 0,20 m je penetrační odpor u této varianty nejnižší oproti ostatním variantám. Při této variantě bez zpracování není spodní vrstva půdy ohrožena zhutněním.

5.3 Fyzikální vlastnosti půdy

Vliv různého způsobu zpracování půdy na základní fyzikální vlastnosti půdy při opakovaném pěstování kukuřice na zrno byl hodnocen v letech 2012–2013. Výsledky hodnocení jsou zaznamenány v níže přiložených tabulkách (tab. 12–19).

5.3.1 Objemová hmotnost půdy

Tab. 12 – Vliv různého zpracování půdy na OHR půdy v roce 2012

Objemová hmotnost (g.cm ⁻³)	Varianty zpracování půdy		
	Orba	Mělké zpracování	Bez zpracování
0-0,10 m	1,28	1,28	1,40
0,10-0,20 m	1,41	1,45	1,55
0,20-0,30 m	1,39	1,46	1,50
0-0,30m	1,36	1,40	1,49

Tab. 13 – Vliv různého zpracování půdy na OHR půdy v roce 2013

Objemová hmotnost (g.cm ⁻³)	Varianty zpracování půdy		
	Orba	Mělké zpracování	Bez zpracování
0-0,10 m	1,21	1,09	1,25
0,10-0,20 m	1,23	1,31	1,51
0,20-0,30 m	1,19	1,48	1,52
0-0,30m	1,21	1,29	1,42

Na rozdíl od klasické technologie zpracování půdy se minimalizační technologie během sledovaných let vyznačují vyššími hodnotami objemové hmotnosti půdy. Nejnižší objemovou hmotnost má v hloubce 0–0,30m klasické zpracování s orbou, nejvyšší hodnoty pak varianta bez zpracování půdy. U varianty bez zpracování půdy můžeme v obou letech pozorovat překročení kritických hodnot objemové hmotnosti ukazující na zhutnění u hlinité půdy, kterými jsou hodnoty vyšší než $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$. Z těchto údajů je tedy patrné mírné zhutnění půdy v hloubce 0,10–0,30m. Varianta s mělkým zpracováním půdy vykazuje jen mírné překročení těchto limitních hodnot v obou letech od hloubky 0,20–0,30 m.

5.3.2 Pórovitost půdy

Tab. 14 – Vliv různého zpracování půdy na P půdy v roce 2012

Celková pórovitost (%)	Varianty zpracování půdy		
	Orba	Mělké zpracování	Bez zpracování
0-0,10 m	51,39	51,19	46,70
0,10-0,20 m	46,52	45,03	40,93
0,20-0,30 m	46,99	44,65	42,78
0-0,30m	48,30	46,96	43,47

Tab. 15 - Vliv různého zpracování půdy na P půdy v roce 2013

Celková pórovitost (%)	Varianty zpracování půdy		
	Orba	Mělké zpracování	Bez zpracování
0-0,10 m	54,02	58,52	52,44
0,10-0,20 m	53,18	50,02	42,63
0,20-0,30 m	54,86	43,79	42,39
0-0,30m	54,02	50,78	45,82

Hodnoty celkové pórovitosti půdy jsou vyšší u klasické technologie zpracování na rozdíl od minimalizační technologie, proto můžeme považovat pórovitost půdy za zrcadlový obraz objemové hmotnosti. Nejvyšší hodnoty celkové pórovitosti v hloubce 0–0,30m má klasické zpracování s orbou, nejnižší hodnoty byly naměřeny u technologie bez zpracování půdy. Jelikož jsou objemová hmotnost a pórovitost velice podobní ukazatelé pro zhutnění půdy, můžeme tak pozorovat, že varianty bez zpracování půdy překračují v obou letech kritické hodnoty pórovitosti ukazující na zhutnění u hlinité

půdy, kterými jsou hodnoty nižší než 45%. Zde je také patrné mírné zhutnění půdy v hloubce 0,10–0,30m. Varianta s mělkým zpracováním půdy vykazuje opět jen minimální překročení těchto limitních hodnot od hloubky 0,20–0,30 m v obou letech.

5.3.3 Minimální vzdušná kapacita půdy

Tab. 16 – Vliv různého zpracování půdy na MVK půdy v roce 2012

Minimální vzdušná kapacita (%)	Varianty zpracování půdy		
	Orba	Mělké zpracování	Bez zpracování
0-0,10 m	16,52	15,72	12,43
0,10-0,20 m	11,84	14,48	11,01
0,20-0,30 m	14,95	14,69	12,44
0-0,30m	14,44	14,96	11,96

Tab. 17 – Vliv různého zpracování půdy na MVK půdy v roce 2013

Minimální vzdušná kapacita (%)	Varianty zpracování půdy		
	Orba	Mělké zpracování	Bez zpracování
0-0,10 m	17,54	16,88	14,01
0,10-0,20 m	18,09	11,77	8,96
0,20-0,30 m	22,30	10,71	8,28
0-0,30m	19,31	13,12	10,42

Minimální vzdušná kapacita je rozdílem mezi pórovitostí a maximální kapilární kapacitou a udává nám objem nekapilárních pórů. V obou sledovaných obdobích dosahovaly průměrně nejvyšších hodnot varianta klasického zpracování půdy s orbou a varianta s mělkým zpracováním půdy. Největší rozdíly mezi těmito variantami nastaly v roce 2013, kdy měla největší hodnoty ve všech měřených hloubkách varianta klasického zpracování půdy s orbou.

Nejnižších hodnot minimální vzdušné kapacity ve sledovaném období dosahovala varianta bez zpracování půdy. V roce 2013 však bylo dosažených hodnot méně než 10 % a to v naměřených hloubkách od 0,10–0,20 m. Pokud je podle Pokorného a kolektivu (2007) minimální vzdušná kapacita menší než 10 %, je ornice v kritickém stavu a vyžaduje agromeliorační zásah do půdy, protože při nízké provzdušněnosti půdy je zbrzděna výměna vzduchu v půdě, což je spojeno s rozvojem aerobních mikroorganismů. Naopak při dosažení hodnot vyšších než 25 % jde o půdy vysychavé.

5.3.4 Vliv různé intenzity zpracování půdy na objemovou vlhkost

Tab. 18 – Vliv různého zpracování půdy na objemovou vlhkost půdy v roce 2012

Objemová vlhkost (%)	Varianty zpracování půdy		
	Orba	Mělké zpracování	Bez zpracování
0-0,10 m	28,02	28,98	30,42
0,10-0,20 m	27,71	24,88	25,39
0,20-0,30 m	25,99	24,54	25,91
0-0,30m	27,24	26,13	27,24

Tab. 19 – Vliv různého zpracování půdy na objemovou vlhkost půdy v roce 2013

Objemová vlhkost (%)	Varianty zpracování půdy		
	Orba	Mělké zpracování	Bez zpracování
0-0,10 m	29,50	31,23	33,37
0,10-0,20 m	29,17	31,40	30,68
0,20-0,30 m	26,67	28,45	29,64
0-0,30m	28,45	30,36	31,23

Velké rozdíly jsou patrné nejen mezi variantami, ale i mezi sledovanými roky. Nižších hodnot objemové vlhkosti půdy dosahoval výrazně sušší rok 2012. V tomto roce průměrně dosahuje varianta klasického zpracování půdy s orbou stejných hodnot jako varianta bez zpracování půdy v hloubce 0–0,30m. V roce 2013 dosahují minimalizační technologie vyšších hodnot v hloubce 0–0,30 m než konvenční technologie. Ve vrchní vrstvě 0–0,10 m je patrné, že klasická technologie zpracování půdy na rozdíl od minimalizační technologie dosahuje nižších hodnot objemové vlhkosti díky svému hlubšímu zpracování a vyššímu výparu.

5.3.5 Celkové zhodnocení fyzikálních vlastností půdy

Výše uvedená objemová hmotnost půdy a celková pórovitost nám ukazují problém se zhutněním půdy v naměřené hloubce 0,10–0,30 m u varianty bez zpracování půdy. Toto zhutnění má za následek i pokles minimální vzdušné kapacity pod 10 % v této hloubce, z čehož můžeme usoudit, že je ornice v kritickém stavu. Dále si můžeme všimnout problému zhutnění půdy v hloubce 0,20–0,30 m u varianty s mělkým zpracováním půdy, to nám potvrzuje i výše přiložené měření penetrometrického odporu, kdy byly u této varianty v hloubce 0,20–0,30 m překročeny kritické hodnoty penetrometrického odporu

6 DISKUZE

Podle Smutného a kolektivu (2014) jsou vlivy různého zpracování půdy na výnosy kukuřice pěstované na zrno závislé především na půdních a klimatických podmínkách. V sušších a teplejších podmínkách můžeme dosáhnout stejných, někdy i vyšších výnosů při využití minimalizačních technologií. Proto také můžeme považovat minimalizační technologie zpracování půdy za vhodnou náhradu konvenčního způsobu zpracování půdy s orbou. Tento názor potvrzují ve svých odborných článcích i další autoři z celého světa, například Cannel a Hawes (1994), Kapusta a kolektiv (1996), Afzalina a Zabihi (2013), Salem a kolektiv (2014) a další.

Z výsledků sledování vlivu různého zpracování půdy na výnosy kukuřice na zrno můžeme usoudit, že rozdíly mezi variantami konvenčního zpracování půdy s orbou a minimalizačního zpracování půdy s mělkým kypřením byly nepatrné. Tento fakt potvrzují již výše uvedení autoři. Pokud jde o celkové výsledky, jako nejhorší se ukázala varianta přímého setí do nezpracované půdy. Nejvýrazněji se to projevilo v roce 2014, kdy musela být kvůli velmi vydatným srážek odsunuta doba sklizně.

Přímé setí kukuřice do nezpracované půdy se využívá jako krajní varianta. Při užití této technologie mohou vznikat problémy se založením porostu a s nižším účinkem preemergentních pesticidů, které způsobují vyšší množství posklizňových zbytků na povrchu půdy, dále prohřívání půdy na jaře a větší míru zaplevelení (Houšť et al. 2014). Podle Zimolky (2008) může vyšší podíl organické hmoty na povrchu škodit především při velmi vydatných srážkách, nízké teplotě a slabé drenážní schopnosti půdy. Proto také Smutný a kolektiv (2014) zdůrazňují snížený vliv na výnosovou reakci kukuřice při využití minimalizačních technologií v chladnějších a vlhčích podmínkách.

Jednou z hlavních příčin zhoršení produkční schopnosti půdy může být její zhutnění. Díky zhutnění půdy nemůžeme plně využít genetický potenciál výkonných hybridů kukuřice, snižuje se také efektivní využití dalších zásahů do půdy, jako je využívání hnojiv a agrochemikálií. Z různých zkoumání vyplývá, že zhutnění půdy v ornici i podorničí může snižovat také výnosy plodin v závislosti na stupni zhutnění půdy. U kukuřice může dojít až k 10–15 % snížení výnosů (Hůla et al. 2010).

Hůla a kolektiv (2010) uvádí, jako jednu z hlavních příčin nežádoucího zhutnění půdy víceleté využívání minimalizace zpracování půdy založené na mělkém kypření. Toto tvrzení potvrdily i výsledky našeho pokusu. Varianta zpracování půdy s mělkým kypřením opravdu přesáhla od hloubky 0,20 m kritické limitující hodnoty, které nám naznačují zhutnění půdy. Tento projev zhutnění jsme pozorovali v roce 2013 po 12letém opakování používání této varianty zpracování půdy. U varianty s orbou docházelo ke zvýšení až od hloubky, na kterou byla půda zpracována. Varianta bez zpracování půdy se projevila nejnižšími hodnotami a pozvolným nárůstem penetrometrického odporu.

Podobných výsledků dosáhli také Birkás a kolektiv (2000), kteří uvádí, že pravidelné mělké zpracování půdy talířovým nářadím má za následek narůstající zhutňování vrstvy půdy pod hloubkou zpracování.

Z fyzikálních vlastností půdy je různým způsobem zpracování půdy nejvíce ovlivněna objemová hmotnost půdy, která ovlivňuje celkový komplex dalších fyzikálních vlastností půdy (Procházková, 2011). Houšť a kolektiv (2008) proto popisují fyzikální vlastnosti jako dynamicky se vyvíjející se soustavu, kdy změna v jedné vlastnosti ovlivní všechny ostatní. K podobným závěrům dospěl již Špička a kolektiv (1964).

Mnoho autorů, např. Raus 2000, Hůla a kolektiv (2008), Procházková (2011), uvádí, že se snížením intenzity zpracování půdy dochází ke zvyšování objemové hmotnosti půdy a snížení celkové pórovitosti, dalšími projevy jsou zvýšení obsahu vody v půdě a snižování provzdušněnosti půdy. Z výsledků našeho sledování můžeme tyto závěry potvrdit, protože minimalizační technologie se vyznačují vyššími hodnotami objemové hmotnosti půdy a nižší celkové pórovitosti než klasické technologie zpracování půdy.

U varianty přímého setí se v hloubce 0,10–0,30 m projevuje dosažením kritických hodnot ukazujících na zhutnění půdy. Podle Javůrka a Vacha (2008) má právě zhutňování půdy vliv na zvýšení objemové hmotnosti a snížení celkové pórovitosti. Dále je z našeho sledování patrné, že u přímého setí také dosahujeme nejnižších hodnot u minimální vzdušné kapacity až o 10 %, což udává podle Pokorného (2007) kritický stav půdy. U přímého setí bylo také dosaženo nejvyšších hodnot u objemové vlhkosti půdy, což také potvrzuje výše uvedené tvrzení.

7 ZÁVĚR

V bakalářské práci byly porovnány vlivy různého zpracování půdy na změny půdních vlastností a na výnosy kukuřice na zrno. Výsledky měření byly zhodnoceny v dlouhodobém polním pokusu s monokulturou zrnové kukuřice. V bakalářské práci byla použita data z roku 2012–2014. Poloprovozní polní pokus je veden v kukuřičné výrobní oblasti na středně těžké hnědozemní půdě, nachází se v katastrálním území městyse Višňového na Znojemsku.

V práci byly porovnávány tři varianty zpracování půdy:

- I. konvenční zpracování půdy s orbou
- II. minimalizační zpracování půdy s mělkým kypřením
- III. přímé setí do nezpracované půdy

Z výsledků získaným sledováním můžeme uvést tyto závěry:

➤ Mezi konvenčním zpracováním půdy s orbou a minimalizačním zpracováním půdy s mělkým kypřením se neprojeví výrazné rozdíly.

➤ Za dobu sledování, mezi roky 2012–2014, bylo dosaženo nejvyššího průměrného výnosu u varianty konvenčního zpracování s orbou (**9,34 t.ha⁻¹**), následuje varianta minimalizačního zpracování s mělkým kypřením (**9,13 t.ha⁻¹**) a nejnižšího výnosu dosáhla varianta přímého setí do nezpracované půdy (**7,59 t.ha⁻¹**). Průměrný výnos během let 2012–2014 byl **8,69 t.ha⁻¹**.

➤ Ze všech tří sledovaných let bylo největších výnosů dosaženo v roce 2013 především díky vhodným klimatickým podmínkám, jelikož v tomto roce bylo dosaženo optimálního rozložení teplot i srážek během vegetace.

➤ Z hodnocení základních fyzikálních vlastností jsme zjistili, že se snižující se intenzitou zpracování půdy vzrůstala objemová hmotnost a klesala celková pórovitost půdy. Tyto fyzikální vlastnosti nabývaly kritických hodnot, které ukazují na zhutnění půdy u varianty přímého setí bez zpracování půdy v hloubce 10–30 m. Neoptimálnějších hodnot dosahovala varianta s orbou. Nejnižší minimální kapacity, až pod kritickou hranici 10 %, dosahovala varianta bez zpracování půdy. Nejvyšší objemové vlhkosti bylo dosaženo u varianty bez zpracování půdy a nejnižší u varianty s orbou.

➤ Výše uvedené závěry podporují i výsledky penetrometrického odporu půdy. Ke zvyšování penetrometrického odporu docházelo vždy pod hloubkou, na kterou bylo u dané varianty prováděno zpracování půdy. Od hloubky 0,20 m byl u variant s orbou a mělkého kypření rychlejší nárůst penetrometrického odporu. U varianty s mělkým zpracováním půdy však došlo v hloubce 0,30 m k překročení kritických hodnot, které naznačují zhutnění půdy. Varianta bez zpracování půdy měla nejnižší hodnoty a pozvolný nárůst penetrometrického odporu.

➤ Jako nejméně vhodná varianta zpracování půdy pro pěstování kukuřice na zrno se v našich klimatických podmínkách ukázala varianta přímého setí do nezpracované půdy. U této varianty bylo dosaženo nejnižších výnosů, je zde také náznak zhutnění v hloubce 0,10–0,30 m a minimální vzdušná kapacita naznačovala kritický stav půdy. Dalším problémem bylo náročnější zakládání porostů, tato varianta také špatně reagovala na preemergentsní pesticidy a to díky většímu množství organické hmoty na povrchu půdy. Díky těmto negativním faktorům byla pro další zkoumání tato varianta nahrazena variantou hlubokého kypření, která se začíná používat od roku 2015.

Výsledky sledování naznačují možnost využití minimalizačních technologií s mělkým kypřením půdy v daných podmínkách pro pěstování kukuřice na zrno. Oproti konvenčnímu zpracování půdy s orbou je šetrnější k ochraně půdy, efektivněji využívá pracovní síly a je rentabilnější. Avšak při opakovaném užití mělkého zpracování musíme počítat s možným zhutněním půdy a předcházet tomu pomocí vertikálního zpracování půdy, které se snaží právě negativní vliv na utužení podbrázdí eliminovat.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- AFZALINIA, S., ZABIHI J., 2013: *Soil compaction variation during corn growing season under conservation tillage*. In: *Soil and Tillage Research*, 143: 1-6. ISSN 0167-1987.
- CANNELL , R.Q., HAWES J.D., 1994: *Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates*. In: *Soil and Tillage Research*, 30, (2–4): 245–282. ISSN 0167-1987.
- HOUŠŤ, Martin, Vladimír SMUTNÝ, Blanka PROCHÁZKOVÁ, Lubomír NEUDERT, Vojtěch LUKAS, 2014: *Vliv agrotechnických zásahů na udržení půdní úrodnosti*. In: Kolektiv autorů (ed. Karel PROKEŠ a Ladislav ZEMAN). *Kukuřice v praxi 2014: sborník z mezinárodní konference pořádané k 95. výročí založení univerzity v Brně*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 46 s. ISBN 978-80-7375-937-7.
- HRUBÝ, Jan, Blanka PROCHÁZKOVÁ a Miron SUSKEVIČ, 2000: *Volba způsobů zpracování půdy podle stanovištních podmínek*. *Farmář*. Praha: Profi Press, roč. 6, č. 2. ISSN 1210-9789.
- HŮLA, Josef a Blanka PROCHÁZKOVÁ, 2008: *Minimalizace zpracování půdy*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1.
- HŮLA, Josef a Václav MAYER, 1999: *Technologické systémy a stroje pro zpracování půdy*. Vyd. 1. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 35 s. Mechanizace ISBN 80-7105-187-x.
- HŮLA, Josef, 2000: *Půdoochranné technologie zakládání porostů plodin: technika v půdoochranných technologiích: studijní zpráva*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 46 s. Studijní informace. ISBN 80-7271-060-5.
- HŮLA, Josef, 2010: *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 58 s. ISBN 978-80-86884-53-0.
- HŮLA, Josef, Blanka PROCHÁZKOVÁ, Pavel KOVAŘÍČEK et al., 2004: *Minimalizační a půdoochranné technologie*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, č. 6, 58 s. ISBN 80-86884-01-5.

- HŮLA, Josef, Pavel KOVAŘÍČEK a Marcela VLAŠÁKOVÁ, 2009: Orba a alternativní způsoby hlubšího zpracování půdy. *Farmář*. Praha: Profi Press, , roč. 15, č. 9. ISSN 1210-9789.
- HŮLA, Josef, Zdeněk ABRHAM a František BAUER, 1997: *Zpracování půdy*. Vyd. 1. Praha: Brázda, 140 s. ISBN 80-209-0265-1.
- CHLOUPEK, Oldřich, Blanka PROCHÁZKOVÁ a Eva HRUDOVÁ, 2005: *Pěstování a kvalita rostlin*. 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 178 s. ISBN 80-7157-897-5.
- JAVŮREK, Miloslav a Milan VACH, 2008: *Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 24 s. ISBN 978-80-87011-57-7.
- KAPUSTA, G. et al., 1996: *Corn Yield is Equal in Conventional, Reduced, and No Tillage after 20 Years*. In: *Agronomy Journal*, 88 (5): 812-817. ISSN 1435-0645
- KOSTELANSKÝ, František et al., 2004: *Obecná produkce rostlinná*. Vyd. 2. nezm. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 212 s. ISBN 80-7157-765-0.
- MAŠEK, Jiří, Petr NOVÁK, Stanislav PETRÁSEK a Milan KROUTIL, 2012: *Technologie zpracování půdy a jejich vliv na půdní vlastnosti. Mechanizace zemědělství*. Praha: Profi Press, roč. 62, č. 8. ISSN 0373-6776.
- POKORNÝ, Eduard, Bořivoj ŠARAPATKA a Květuše HEJÁTKOVÁ, 2007: *Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku: metodická pomůcka*. Vyd. 1. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 27 s. ISBN 978-80-903548-5-2.
- PROCHÁZKOVÁ, Blanka et al., 2011: *Minimalizační technologie zpracování půdy a možnosti jejich využití při ochraně půdy a krajiny: uplatněná certifikovaná metodika*. V Brně: Mendelova univerzita, 39 s. ISBN 978-80-7375-524-9.
- RAUS A., 2000: *Konzervační zpracování půdy a půdní organická hmota kambizemě. Collection of Scientific Papers Faculty of Agriculture in Ceske Budejovice Series for Crop Sciences*, 17(1): 71-82.

- SALEM, M.H. et al., 2014: *Short-term effects of four tillage practices on soil physical properties, soil water potential, and maize yield*. In: *Geoderma*, 237-238: 60-70. ISSN 0016-7061
- SMUTNÝ, Vladimír, Martin HOUŠŤ, Blanka PROCHÁZKOVÁ, Lubomír NEUDERT, Vojtěch LUKAS, Tamara DRYŠKOVÁ a František ILLEK, 2014: Pěstování kukuřice na zrno při různých způsobech zpracování půdy. *Úroda*. Praha: Profi Press, roč. 62, č. 2. ISSN 0139-6013.
- ŠKODA, Vítězslav a Jan CHOLENSKÝ, 2002: *Konvenční a perspektivní způsoby zpracování a kultivace půdy*. 2. upr. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 64 s. ISBN 80-7271-125-3.
- ŠPALDON, Emil, 1986: *Rostlinná výroba*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 720 s.
- ŠPIČKA, Alois, 1964: *Vlastnosti půdy a její zpracování*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 203 s.
- VRZAL, Jaroslav a Daniel NOVÁK, 1995: *Základy pěstování kukuřice a jednoletých píceňin*. 1. vyd. V Praze: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 32 s. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN 80-7105-097-0.
- ZAJÍČEK, Josef, 1958: *Pěstování kukuřice*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 124 s.
- ZIMOLKA, Josef et al., 2005: *Speciální produkce rostlinná - rostlinná výroba: (polní a zahradní plodiny, základy pícninářství)*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 245 s. ISBN 80-715-7451-1.
- ZIMOLKA, Josef et al., 2008: *Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1.

Elektronické zdroje

BIRKÁS, M., 2002: *Effects of disk tillage on soil condition, crop yield and weed infestation*. *Rostlinná výroba* [online]. č. 48, s. 20-26 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://agriculturejournals.cz/publicFiles/52963.pdf>

ČHMÚ: *Český hydrometeorologický ústav*. [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi&last=false

ČSÚ: *Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin – 2014*. Český statistický úřad [online]. 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2014-kd0y5ji9gz>

IN-POČASÍ [online]. 2015 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.in-pocasi.cz/>

Kolektiv autorů, 2002: *Půdochranné technologie pěstování plodin*. Monsanto: EKOTECH. Dostupné z: http://www.eamos.cz/amos/kor/externi/kor_076/01.pdf

LPIS: Veřejný registr půdy [online]. 2015 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny/>

METEO: meteoserver při ZŠ Višňové [online]. 2015 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://www.zsvisnove.eu/meteo/>

VYUŽITÍ ÚZEMÍ – vyhodnocení indikátoru. ISSAR: Informační systém statistiky a reportingu [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1598#pozn1>

9 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Agrochemické zkoušení půd z roku 2011	28
Tab. 2 – Průměrné teploty a úhrn srážek 2012-2014 (meteostanice ZŠ Višňové)	30
Tab. 3 – 30letý normál (meteostanice Kuchařovice).....	30
Tab. 4 – Pracovní postupy a mechanizace u varianty bez zpracování půdy.....	32
Tab. 5 – Pracovní postupy a mechanizace u varianty s mělkým kypřením.....	33
Tab. 6 – Pracovní postupy a mechanizace u varianty konvenční zpracování s orbou....	33
Tab. 7 – Vliv různého zpracování půdy na výnosy a vlhkost zrna v roce 2012.....	38
Tab. 8 – Vliv různého zpracování půdy na výnosy a vlhkost zrna v roce 2013.....	38
Tab. 9 – Vliv různého zpracování půdy na výnosy a vlhkost zrna v roce 2014.....	39
Tab. 10 – Průměrné výnosy zrna při 14% vlhkosti v letech 2012–2014.....	39
Tab. 11 – Průměrné vlhkosti zrna v letech 2012–2014.....	40
Tab. 12 – Vliv různého zpracování půdy na OHR půdy v roce 2012	42
Tab. 13 – Vliv různého zpracování půdy na OHR půdy v roce 2013	42
Tab. 14 – Vliv různého zpracování půdy na P půdy v roce 2012.....	43
Tab. 15 - Vliv různého zpracování půdy na P půdy v roce 2013	43
Tab. 16 – Vliv různého zpracování půdy na MVK půdy v roce 2012	44
Tab. 17 – Vliv různého zpracování půdy na MVK půdy v roce 2013	44
Tab. 18 – Vliv různého zpracování půdy na objemovou vlhkost půdy v roce 2012	45
Tab. 19 – Vliv různého zpracování půdy na objemovou vlhkost půdy v roce 2013	45

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Vývoj ploch a výnosů kukuřice na zrna v ČR (1998-2014) zdroj ČSÚ.....	14
Obr. 2 – Kumulativní graf srážek 2012-2014 (meteostanice ZŠ Višňové)	29
Obr. 3 – Průměrné měsíční teploty v letech 2012–2014	31
Obr. 4 – Úhrn měsíčních srážek v letech 2012–2014.....	31
Obr. 5 – Rozdělení pokusného stanoviště (zdroj: https://earth.google.com/).....	32
Obr. 6 – Srovnání výnosů v letech 2012–2014	39
Obr. 7 – Srovnání vlhkosti zrna v letech 2012-2014	40
Obr. 8 – Penetrometrický odpor půdy v roce 2013	41

11 PŘÍLOHY

Seznam příloh

Příloha 1 - Varianta s orbou 21 dní od založení porostu	56
Příloha 2 – Varianta s orbou 42 dní od založení porostu.....	56
Příloha 3 – Varianta s mělkým kypřením 21 dní od založení porostu.....	56
Příloha 4– Varianta s mělkým kypřením 42 dní od založení porostu.....	56
Příloha 5 – Varianta bez zpracování půdy 21 dní od založení porostu.....	56
Příloha 6 – Varianta bez zpracování půdy 42 dní od založení porostu.....	56



Příloha 1 – Varianta s orbou 21 dní od založení porostu (Foto: Adámek Josef, 2014)



Příloha 2 – Varianta s orbou 42 dní od založení porostu (Foto: Adámek Josef, 2014)



Příloha 3 – Varianta s mělkým kypřením 21 dní od založení porostu (Foto: Adámek Josef, 2014)



Příloha 2 – Varianta s mělkým kypřením 42 dní od založení porostu (Foto: Adámek Josef, 2014)



Příloha 1 – Varianta bez zpracování půdy 21 dní od založení porostu (Foto: Adámek Josef, 2014)



Příloha 2 – Varianta bez zpracování půdy 42 dní od založení porostu (Foto: Adámek Josef, 2014)