

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a biometeorologie**



**Vliv hlubokého kypření a strip tillage na vybrané půdní  
vlastnosti**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Josef Modráček**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.**

© 2017 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci s názvem "Vliv hlubokého kypření a strip till na vybrané půdní vlastnosti" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce.

# Vliv hlubokého kypření a strip tillage na vybrané půdní vlastnosti

## Souhrn

Cílem práce bylo určit vliv hlubokého kypření a strip till na vybrané půdní vlastnosti. Mezi dílčí cíle práce bylo zahrnuto stanovení vlivu hloubkového kypřiče s parabolickými slupicemi a technologie strip till na hodnoty penetračního odporu v porovnání s orbou, dále pozorovat rozdíly v infiltraci vody do půdy u hloubkového kypření, strip till a orby. Vedle fyzikálních vlastností půdy byla práce zaměřena na pozorování vlivu hloubkového kypření, strip till a orby na biometrické charakteristiky a celkový výnos kukuřice seté pro silážní využití.

Pokusné varianty byly založeny v lokalitě Budihostice. Zpracování půdy jednotlivými technologiemi proběhlo 27. listopadu 2015. Samotnému zpracování půdy hloubkovým kypřičem, technologií strip till a pluhem předcházelo provedení podmínky talířovým kypřičem na pracovní hloubku 0,12 m dne 10. října 2015 za účelem potlačení výdrolu předplodiny, kterou byla ozimá pšenice. Varianta HK zahrnovala zpracování hloubkovým kypřičem s parabolickými slupicemi Farnet Digger, varianta ST představovala pásový kypřič Farnet Strip-Till a varianta O konvenční orbu pluhem Lemken Diamant. Hloubka zpracování půdy u varianty HK byla 0,3 m, u varianty ST 0,25 m a u varianty O 0,3 m. Dva týdny po základním zpracování půdy byly u všech tří variant stanoveny hodnoty penetračního odporu půdy a byly vykopány půdní sondy sloužící k hodnocení modré infiltrace. U všech variant byla zaznamenána vlhkost půdy.

Vedle hodnocení výše zmíněných fyzikálních vlastností půdy byla hodnocena biomasa silážní kukuřice. Porosty byly založeny dne 20. dubna 2016. Na plochách zpracovaných orbou byl použit secí stroj Kverneland Optima HD a na plochách hlubokého kypření a strip till byl využit secí stroj firmy Farnet. Na plochách zpracovaných orbou předcházelo samotnému setí příprava seťové lože kombinátorem na hloubku 0,08 m. Hodnoceno bylo vždy 10 rostlin z jednotlivých variant. 19. května 2016 bylo hodnoceno rozvinutí kořenového systému rostlin. O měsíc později byly odebrány rostliny ke stanovení průměrné suché hmotnosti biomasy. Další hodnocení následovalo v období sklizně dne 2. září 2016. U každé rostliny odebrané z jednotlivých variant byly hodnoceny následující parametry: hmotnost sušiny a čerstvé hmoty celých rostlin, hmotnost palice s listeny, hmotnost stébla a listů, délka rostliny, vyvinuté a nevyvinuté palice, počet listů na rostlinu, hmotnostní podíl palice

na rostlině a u jednotlivých palic byla naměřena jejich délka, průměr, počet řad po obvodu a počet zrn v řadě.

Větší variabilita penetračního odporu půdy v záběru stroje byla zjištěna u technologie strip till a hlubokého kypření v porovnání s orbou. Na plochách strip till v místě zpracování kypřící radlicí byly zjištěny nejnižší hodnoty penetračního odporu v porovnání s hlubokým kypřením a orbou. Díky tomu u strip till byla zaznamenána výraznější infiltrace do hlubších vrstev, než u zbývajících dvou technologií. Vlhkost půdy byla ve vrstvě 0 – 0,1 m výrazně vyšší u orby s předseťovou přípravou v porovnání s hlubkovým kypřením a strip till. Omezený rozvoj kořenů kukuřice z počátku vegetace do hlubších vrstev byl zjištěn na oraných plochách s předseťovou přípravou. Při hodnocení biometrických charakteristik kukuřice seté byly zjištěny v některých parametrech statisticky průkazné rozdíly, ale v celkovém výnosu biomasy nebyl zjištěn průkazný rozdíl mezi jednotlivými variantami.

**Klíčová slova:** zpracování půdy, hlubkové kypření, strip till, orba, penetrační odpor, infiltrace, kukuřice

# **The effect of deep loosening and strip tillage on selected soil properties**

## **Summary**

The aim of this thesis was to determine the effect of deep loosening and strip-till on selected soil properties. The partial objective was to determine the effect of deep parabolic cultivator tines and strip-till technology on penetration resistance values compared to plowing. Furthermore, observing the differences in water infiltration into the soil for deep loosening, strip till and plowing. Besides the physical properties of soil the work was focused on the observation of the influence of deep loosening, strip till and plowing on the biometric characteristic and the overall yield of dent corn for silage use.

Experimental variants were established in Budihostice. Different tillage technologies were held 27. November 2015. The actual deep tillage cultivator, technology strip-till and plow preceded crown design stubble cultivator at a working depth 0,12 m on 10. October 2015 in order to suppress volunteer previous crop, which was winter wheat. Variant HK include processing by depth cultivator with parabolic tines Farnet Digger, ST variant featured a belt plow Farnet Strip-Till and O variant conventional plowing by Lemken Diamant plow. The depth of tillage of HK variant was 0,3 m, 0,25 m at ST variant and 0,3 m at variant O. Two weeks after the primary tillage, the values of the soil penetration resistance were established for all three variants and soil pits were dug to validate the blue infiltration. Soil moisture was observed in all variants.

Besides the evaluation of the above-mentioned physical properties of the soil, biomass of silage corn was evaluated. Stands were established on 20 April 2016. On the surfaces of processed plowing was used sowing machine Kverneland Optima HD and deep loosening surfaces and strip-till seed drill of Farnet company was used. On the areas processed by plowing itself preceded sowing seedbed preparation by combiner to the depth of 0.08 m. 10 plants of each variant has always been evaluated. May 19, 2016 developed root system of plants was evaluated. A month later, the plants were taken to determine an average dry weight of biomass. Further evaluation followed during the harvest on 2. September 2016. For each plant taken from each variant were assessed following parameters: weight of dry substance and fresh mass of entire plants, buds, bracts weight,

the weight of stalks and leaves, length of the plants, developed and undeveloped cobs, number of leaves per plant, mass fraction of buds per plant and for each of cobs were measured their length, diameter, number of rows around the circumference and the number of grains in a row.

Increased variability in penetration resistance of soil in the machine frame has been detected in strip- till technology and the deep loosening compared to plowing. On the surfaces of strip-till at the processing site by baking blade, the lowest values of penetration resistance compared with the deep loosening and plowing were determined. Thanks to this, with strip-till technology the significant infiltration into deeper layers than in the other two technologies was recorded. Soil moisture in the layer 0 - 0.1 m was significantly higher for plowing with seedbed preparation in comparison with the depth-loosening and strip-till. Restricted root development of maize from the beginning of vegetation in deeper layers was found on the plowed areas with seedbed preparation. When evaluating biometric characteristics of dent corn were found in some parameters statistically significant differences, but in the total biomass yield no significant difference between the versions was observed.

**Keywords:** soil till, deep loosening, strip till, ploughing, penetration resistance, infiltration, maize

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Cíl práce a hypotéza.....</b>	<b>8</b>
<b>3 Přehled literatury .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1. Zpracování půdy .....</b>	<b>9</b>
3.1.1. Orba .....	11
3.1.2. Hluboké kypření.....	16
3.1.3. Pásové zpracování půdy.....	22
<b>4 Materiál a metody .....</b>	<b>27</b>
<b>5 Výsledky .....</b>	<b>31</b>
<b>6 Diskuze.....</b>	<b>52</b>
<b>7 Závěr .....</b>	<b>56</b>
<b>8 Seznam literatury .....</b>	<b>57</b>



## 1 Úvod

Základní zpracování půdy rozlišujeme dle hloubky zpracování půdního profilu. Vedle konvenční orby se na území České republiky začaly postupně rozšiřovat systémy zpracování půdy, které měly vést především k úspoře nákladů na 1 hektar vypěstované plodiny, a tím zlepšit ekonomiku pěstování v rostlinné výrobě. Pod tímto trendem si lze představit mělké kypření, eliminaci orby a minimum zásahů do podorničních vrstev půdního profilu. V současné době po několikaletém praktikování výše zmíněných postupů vznikají vážné problémy v polním hospodaření ve vztahu ke zdraví půdy. Opakovaným mělkým kypřením bez jakéhokoliv zásahu do podorničí vedlo až do současnosti k vytvoření nepropustných vrstev půdy, na kterých dochází k zabránění infiltrace srážkové vody do půdy. Proto dochází k nežádoucímu povrchovému odtoku vody, které má za následek odnos půdních částic a tím snižování kvality půdy. Pokud se zaměříme na opakovanou orbu, která je ještě v současnosti bezhlavě prováděna za veškerých nevhodných podmínek, často lze pak dochází k zhoršování fyzikálních vlastností půdy, které vede ke špatnému vývinu porostů kulturních plodin.

S výše popsanými nedostatky vyskytujícími se v řadě podniků dochází na českém trhu k rozšiřující se poptávce po strojích k hlubokému kypření a strip till. V současnosti trend sílí tak, že se do vývoje a výroby strojů pro hluboké kypření a strip till zapojují i přední čeští výrobci zemědělských strojů.

Ústup orby a rozšiřování technologického parku podniků o technicky odlišné stroje pro základní zpracování půdy také souvisí se zvyšujícím se nárokem na preciznost přípravy půdy před setím k jednotlivým kulturním plodinám, optimálního vzejití rostlin a dosažení co nejvyššího výnosu při požadované kvalitě. Z tohoto důvodu se můžeme setkat s kombinací více strojů v rámci jednoho půdního bloku, kde bude vyseta jedna kulturní plodina. Půda na honech o větší rozloze není nikdy homogenní, a proto vyžaduje individuální přístup již od začátku, tj. při základním zpracování půdy.

Rozvoj hlubkových kypřičů souvisí s nárůstem provozní hmotnosti zemědělských strojů, kdy dochází k výraznější pedokompakci, která brání vývoji rostlin. Snahou tedy je odstranit utužené vrstvy a vytvořit optimální podmínky pro růst rostlin. Důraz je především kladen na příznivé hodnoty penetračního odporu půdy, zvýšení procenta pórovitosti, zlepšení infiltrace vody, zadržování vody v půdním profilu a v neposlední řadě na eliminaci vodní eroze půdy. Pro tyto účely v současné době stoupá důraz na použití hlubkových kypřičů,

které zpracovávají celý profil půdy nebo pásových kypřičů, které se hodí svými vlastnostmi zejména na pozemky ohrožené erozí. Pásové kypřiče v kombinaci se správným managementem rostlinných zbytků na povrchu půdy výrazně snižují riziko eroze.

Změna technologií při základním zpracování půdy také úzce souvisí s ubýváním srážek během vegetace. Tím stoupá nárok na správné hospodaření s půdní vláhou. Cílem této práce bylo potvrdit hypotézu o pozitivním vlivu hlubokého kypření a strip till na vybrané půdní vlastnosti.

## 2 Cíl práce a hypotéza

Hlavním cílem předkládané diplomové práce bylo stanovit vliv hlubokého kypření a strip till na hodnoty penetračního odporu, infiltrace vody do půdy a na produkci nadzemní biomasy kukuřice seté. V rámci hlavního cíle byly sledovány následující dílčí záměry:

1. Stanovit vliv hlubokého kypření provedeného kypřičem s parabolickými slupicemi a strip till na hodnoty penetračního odporu v porovnání s orbou.
2. Specifikovat vliv hlubokého kypření, strip till a orby na hodnoty infiltrace vody do půdy.
3. Posoudit vliv hlubokého kypření, strip till a orby na biometrické charakteristiky a výnos porostů kukuřice seté pro silážní využití.

Výše uvedené cíle vycházejí z následujících vědeckých hypotéz:

Hypotéza č. 1: Hluboké kypření a strip till vykazují výraznější variabilitu penetračního odporu ve srovnání s orbou.

Hypotéza č. 2: Technologie hloubkového kypření provedené kypřičem s parabolickými slupicemi a strip till vytvářejí preferenční infiltrační toky vody v místě trajektorií pracovních orgánů ve srovnání s orbou.

Hypotéza č. 3: Technologie hloubkového kypření provedené kypřičem s parabolickými slupicemi a strip till vykazují obdobný vliv na výnos silážní kukuřice.

## 3 Přehled literatury

### 3.1. Zpracování půdy

K produkci potravin pro obživu člověka, krmiv pro zvířata, ale i surovin pro další využití slouží jako hlavní zdroj půda (Hůla et al., 1997; Khan, 2010). Pro dosahování udržitelných výnosů a stálého zdraví půdy utváří člověk technologické postupy, které ovlivňují vlastnosti a procesy probíhající v půdě. Tyto postupy nazýváme souhrnně jako zpracování půdy (Congreves et al., 2015).

Zpracování půdy je hlavní faktor, který hraje významnou roli v utváření podmínek pro vývoj a růst rostlin. Zpracováním půdy se rozumí ovlivňování fyzikálních vlastností půdy. Mezi základní fyzikální vlastnosti patří objemová hmotnost půdy, pórovitost, vlhkost, atd. Základním cílem každého pěstitel je ovlivňovat tyto vlastnosti půdy a tím vytvářet optimální podmínky pro vzcházení a následný vývin rostlin (Khan et al., 2010).

Základní zpracování půdy rozlišujeme dle hloubky zpracování půdního profilu. Mezi základní operace patří podmítka, která se nejčastěji používá po sklizni plodin v letním období. Hlavním cílem je zapravení posklizňových zbytků do půdy a vytvoření vhodných podmínek pro vzcházení semen plevelů a výdrolu. Podmítka také přispívá k určitému provzdušnění profilu, míra provzdušnění se odvíjí od hloubky podmítky (Hůla et al., 1997, Šimon a Lhotský, 1989). Podmítka má mnoho dalších příznivých vlivů. V nedávné době byla používána v minimalizačních technologiích jako jediný postup zpracování půdy před setím, který velmi ulehčoval náročnost operací. Ovšem při dlouhodobém mělkém obdělávání půdy (do 0,1 m) se začaly projevovat nedostatky, které způsobovaly rozsáhlé problémy v půdním profilu. Z důvodu těchto problémů se v současné době stalo součástí minimalizačních procesů hlubší kypření (0,2 m i více) (Hůla et al., 2010). Mezi další základní operace v tradičním zpracování půdy patří orba.

Orba je charakteristická obracením vrstvy půdy. Liší se dle hloubky zpracování, která se nejčastěji pohybuje do 0,3 m (Hůla et al., 1997). V posledních letech se od této metody ustupuje a mnoho pěstitelů uplatňuje hluboké kypření prováděné dlátovými kypřiči na hloubku orby nebo vyšší. Tento trend se rozvíjí z důvodu větších plošných výkonů, značného utužení půdy s rostoucí hmotností zemědělských strojů a také z důvodu dosažení efektivnějších výsledků na půdách, v nichž podmínky nedovolují provést kvalitní orbu

(Baumhardt a Jones, 2005; Varsa et al., 1997). Šimon a Lhotský (1989) uvádějí, že v hloubce 0,5 m a vyšší lze provést hloubkové meliorační kypření podorničí z důvodu nepříznivých fyzikálních vlastností půdy. Při této operaci by spodní vrstva půdy neměla být vynášena na povrch, proto je důležité zvolit vhodný pracovní stroj. Nazeer a Malik (2011) poukazují na rozdílnou kvalitu zapravení posklizňových zbytků a organických hnojiv různými technologiemi zpracování půdy. Způsob zapravení organických hnojiv do půdního profilu má významný vliv na obsah jednotlivých živin v půdě a také na půdní fyzikální vlastnosti. Provzdušnění půdy pomocí strojů na zpracování půdy podporuje mikrobiální aktivitu, která je velmi důležitá z hlediska procesů probíhajících v půdě (Babujia et al., 2010). Biologická aktivita se pak liší podle technologie zpracování. Rugin et al. (2013) zjišťovali výskyt žížal v půdě, která byla zpracována tradiční orbou v porovnání s půdou, která se nezpracovává. Významně vyšší výskyt žížal byl pozorován ve variantě, v níž se půda před setím nezpracovává.

V metodice uvádějí Vach a Javůrek (2011) příznivý vliv minimalizačních technologií na strukturu půdy, hospodaření půdy s vodou, snížení eroze aj. Hospodaření s půdní vláhou je ovlivňováno pokrytím půdy rostlinnými zbytky a tím snížení evaporace z povrchu půdy. Jako další důvod použití minimalizačních postupů je ochrana půdy proti vodní a větrné erozi. Mikulka et al. (2006) zjistili, že v období nedostatku srážek poskytovala technologie minimalizace s ponecháním rostlinných zbytků na povrchu vyšší půdní vlhkost a z toho důvodu docházelo k časnějšímu vzcházení rostlin po zasetí. Při ochraně půdy proti erozi mají významný vliv technologie založené na přímém setí (Blanco-Canqui, 2010; Fernández a White, 2012) nebo postupy, kde je zpracována pouze část půdy, do které jsou následně vyseta semena rostlin, tj. pásové zpracování půdy (Brant et al., 2016).

Se zpracováním půdy je úzce spojen výskyt plevelů (Buhler, 1992). V současné době stoupající tendence minimalizace má výrazný vliv na změny v plevelných společenstev vyskytujících se v pěstovaných plodinách (Derksen et al., 1993). Mělké zpracování vyžaduje větší důraz na používání herbicidních látek na hubení plevelů (Winkler, 2006). Používání mělkého zpracování půdy vede dle Mikulky (1999) k poklesu druhové diverzity plevelů, ovšem počet jedinců na jednotku plochy roste. Dle autorů Gilla a Arshada (1995) docházelo při redukovaném zpracování ke zvyšování zastoupení především víceletých plevelů. Clements et al. (1996) prováděli výzkum týkající se vlivu čtyř rozdílných druhů zpracování půdy na zásobu semen plevelů v půdě a na plevelné spektrum rostoucí na povrchu půdy. V pokusech srovnávali tradiční orbou, kypřič, zpracování půdy do hrůbků a variantu, při níž se

půda před setím nezpracovává. Nejméně plevelných druhů bylo zjištěno u orby. Tyto výsledky potvrzuje i Ball (1992). Vyšší půdní zásobu semen plevelů u technologie přímého setí pozorovali ve svých pokusech Blackshaw et al. (1994). Dle Clementa et al. (1996) se vyskytovalo v systémech s méně intenzivním zpracováním půdy (nezpracovaná půda a zpracovaná půda do hrůbků) více vytrvalých plevelů v porovnání s pluhem a kypřičem. Výskyt vytrvalých plevelů v systémech s menší intenzitou zpracování půdy uvádí ve svých pokusech také Derksen et al. (1993). U technologie, při které půda není zpracována před setím a vykytuje se na povrchu půdy velké množství posklizňových zbytků, je snížena účinnost herbicidů působící na plevelné spektrum. Vyšší půdní vlhkost v redukováných systémech zpracování půdy způsobuje větší klíčivost semen plevelů než v intenzivních postupech zpracování půdy (Wrucke a Arnold, 1985).

Nesprávnými postupy prováděnými za nepříznivých podmínek, zejména při vyšší vlhkosti půdy, dochází k negativnímu působení na půdní agregáty. Půda ztrácí pórovitost, čímž se snižuje prostupnost půdního profilu pro vodu a vzduch (Matula, 2003). S tímto souvisí i zhutnění půdy způsobené přejezdy těžké techniky, které má za následek zvyšování objemové hmotnosti půdy a snižování pórovitosti. Důsledkem zhutnělé půdy je menší biologická činnost v půdním prostředí (Javůrek a Vach, 2008). Tyto negativní příčiny potvrzují v provedených pokusech také Han et al. (2013). Se zhoršením fyzikálních vlastností půdy dochází ke špatnému prokořeňování rostlin zhutněnými vrstvami, a tím dochází k horšímu příjmu živin z půdního profilu, což má za následek snížení výnosu. Ishaq et al. (2001) v provedených pokusech udávají snížení využitelnosti dusíku, fosforu a draslíku u pšenice a čiroku až o 35 %. Jedním z používaných a účinných prostředků pro ochranu půdního profilu proti poškození přejezdy těžké techniky je systém, kdy v celé technologii pěstování dané plodiny jsou používány stejné koleje pro zpracování půdy, setí, ošetřování porostu i sklizeň. Tímto se výrazně zmenšuje plocha pozemku, která je přejížděna technikou (McPhee et al., 2015).

### **3.1.1. Orba**

Moraes Sá et al. (2013) uvádějí, že orba představuje radikální zásah do půdy, který vyvolává změnu teploty, vlhkosti a snižuje biologickou aktivitu. Petrová et al. (1961) popisují kladný vliv orby na půdní úrodnost. V tradičním zpracování půdy představuje orba základní postup. Základním principem orby je kypření, drobení, obracení a mísení zpracovávané

vrstvy. Za optimálních podmínek pomocí orby a působením přírodních činitelů zajistíme z utužených vrstev ideální drobtovitou strukturu, která je dobrým předpokladem vhodných fyzikálních vlastností půdy. Orba jako jediný technologický postup zpracování půdy poskytne dostačující zapravení organických hnojiv a posklizňových zbytků a také jejich stejnoměrné rozmístění v ornici. Kvalitu orby ovlivňují vlastnosti půdy (vlhkost, ulehlost), rychlost práce a typ pluhu. Pokud nedosahuje rychlost optimálních hodnot, obracené skývy nejsou dostatečně drobeny, což má za následek ztížení přípravy půdy před setím, navíc pokud není optimální vlhkost půdy. Orbu rozdělujeme dle hloubky na mělkou (do 0,18 m), střední (0,18 – 0,24 m), hlubokou (0,24 – 0,30 m), velmi hlubokou (0,3 – 0,5 m) a rigolovací (0,5 m a hlouběji). Hloubku orby volíme dle období (letní, seťová, podzimní, jarní), typu plodiny, mocnosti ornice, množství rostlinných zbytků nebo hnoje, apod. Rigolovací orba se provádí zejména pro vytrvalé kultury, chmelnice a vinice (Hůla et al., 1997; Šimon a Lhotský, 1989). Problematickým jevem u orby je vznik krusty na povrchu půdy, který značně ztěžuje vzcházení klíčících rostlin (Håkanson et al., 1998). Pokud je každoročně zpracována půda orbou na stejnou hloubku, může nastat riziko vzniku podorniční podlahy (Rasmussen, 1999).

### **3.1.1.1. Vliv orby na půdní vlastnosti**

#### **Teplota půdy**

Teplota ornice je ovlivňována úpravou poměru vzduchu a vody. Úpravu poměru vzduchu a vody zajistíme kypřením ornice, které zvyšuje pórovitost. To je velmi důležité na jaře, kdy se půda pro prokypření snadněji zahřívá a umožňuje časnější výsev plodin (Černý, 1963; Pikul et al., 2001). Sarkar et al. (2007) zjistili vyšší teplotu půdy v hloubce od 0,1 m do 0,2 m u varianty, při níž byla půda zpracována orbou. Vyšší teplota je v tomto případě způsobena vyšším zastoupením vzduchu v pórech než v kompaktní půdě s méně póry. Půda, v níž je více pórů, se rychleji ohřívá a naopak se i rychleji ochlazuje, ovšem tato půda také má horší tepelnou vodivost. Vlhká půda se zahřívá pomalu, pozvolna ztrácí teplo, ale lépe ho vede do spodnějších vrstev (Šimon a Lhotský, 1989). Buschiazzo et al. (1998) se domnívají, že nižší teplota půdy u méně intenzivních technologií v době výsevu kukuřice může snižovat výnos v porovnání s orbou.

## **Vlhkost půdy**

Orba umožňuje díky vysoké pórovitosti dobré vsakování srážek a brázdy dobře zachycují sněh v zimním období (Petrová et al., 1961). Alvarez a Steinbach (2009) porovnávali obsah vody v půdě u třech různých zpracování půdy v době setí a kvetení plodin. Jako první postup byla zvolena orba, druhý postup bylo zpracování půdy dlátovým nebo talířovým kypřičem a poslední varianta zahrnovala půdu, která se nezpracovává. U orby byl zjištěn menší obsah vody v průměru o 13 – 14 % v porovnání s nezpracovanou půdou před setím. Tyto výsledky odpovídají jak době setí, tak době kvetení. Dále nebyl zjištěn rozdíl v obsahu vody v půdě mezi orbou a talířovým nebo dlátovým kypřičem. Podobné výsledky obsahu vody v půdě u orby zaznamenali Gozubuyuk et al. (2015). Obsah vody v půdním profilu měl vyšší hodnoty s přibývajícím hloubkou. V hloubce 0 – 0,3 m byl obsah vody během celého roku nejnižší u orby. V hloubce 0,3 – 0,6 m byl obsah vody srovnatelný se zpracovanou půdou kultivátorem a v hloubce 0,6 – 0,9 m byl obsah vody vyšší u orby v porovnání s kultivátorem. Vyšší obsah vody v půdě během celého roku byl zaznamenán u varianty, kde byla půda zpracována rotačními bránami a u půdy, která nebyla zpracována. Khan et al. (2010) a Moret a Arrúe (2007) zjistili větší hydraulickou vodivost u orby a dlátového kypřiče v porovnání s přímým setím. Vyšší obsah vody v půdě během celé vegetační doby pšenice zjistili De Vita et al. (2007) u půdy, která nebyla před setím zpracována v porovnání s orbou. Podobných výsledků dosáhli i Buschiazzo et al. (1998).

## **Infiltrace vody**

Zpracování půdy obecně ovlivňuje půdní makropóry a vsakování vody. U orby je větší pórovitost ve vrstvě 0 – 0,1 m (60 %). S přibývajícím hloubkou pórovitost ubývá (Rasaily et al., 2012). Ruqin et al. (2013) prováděli pokusy s modrou infiltrací pro zjištění míry vsakování vody do půdního profilu u orby a u nezpracované půdy. V hloubce 0 – 0,1 m byla značně větší vsakování u orby v porovnání s nezpracovanou půdou. Významný pokles vsakování u orby byl zaznamenán v hloubce 0,27 m, u přímého setí bez zpracování půdy v hloubce 0,47 m. V následujícím roce byly výsledky shodné. V celé hloubce půdní sondy byly znatelné větší póry u technologie setí do nezpracované půdy. Nejvyšší intenzitu vsakování ve vrchní vrstvě půdy u orby v porovnání s půdou, která se před setím nezpracovává a mělkým zpracováním potvrzuje ve výsledcích i Kroulík et al. (2007), Lipiec et al. (2006) a Capowiez et



al. (2009). Pomocí modré infiltrace lze v půdní sondě rozeznat rozdílné vsakování vody způsobené skývami, vytvořenými při orbě (Matula, 2003).

### **Objemová hmotnost půdy**

Ji et al. (2013) zjišťovali objemovou hmotnost půdy při zpracování orbou na hloubku 0,2 m a 0,3 m. Menší hodnota objemové hmotnosti ve vrstvě půdy od 0 m do 0,2 m byla zjištěna u orby do hloubky 0,2 m. Naopak v hloubce od 0,2 m do 0,4 m byla zjištěna menší hodnota u orby provedené do hloubky 0,3 m. Statisticky průkazné rozdíly objemové hmotnosti zjistili Imhoff et al. (2010) u půdy, která není před setím zpracována ( $1,30 \text{ g/cm}^3$ ) v porovnání s orbou ( $1,26 \text{ g/cm}^3$ ). Menší objemovou hmotnost u orby ve vrchní vrstvě půdy potvrzují i další autoři (Alvarez a Steinabch, 2009; He et al., 2010). Ruqin et al. (2013) v provedených pokusech zjistili nižší objemovou hmotnost v hloubce 0,05 - 0,1 m u orby ( $1,28 \text{ g/cm}^3$ ) v porovnání s přímým setím do nezpracované půdy. Naopak v hloubce od 0,2 do 0,3 m naměřili nižší objemovou hmotnost u varianty s přímým setím. V pokusech, které provedli Kasteel et al. (2007), se pohybovala objemová hmotnost u orby v hloubce 0 – 0,2 m v hodnotách od 1,1 do  $1,42 \text{ g/cm}^3$ . U jedné z variant bylo od hloubky 0,22 m zjištěno výrazné zvýšení objemové hmotnosti.

### **Eroze půdy**

Zpracování půdy pluhem je postup, který způsobuje největší množství uvolněné půdy ze všech pracovních operací (Šimon a Lhotský, 1989). Eroze půdy je hlavní příčina přemísťování půdních částic, které způsobuje ztrátu živin, splav vrstev půdy a snížení výnosu plodin. Nejvyšší výnos ozimé pšenice na pozemku, na němž byla provedena orba, zjistili Heckrath et al. (2005) právě v naplavené půdě v porovnání s půdou, ve které byla ornice splavena. Van Oost et al. (2006) hodnotili pomocí regresní analýzy vliv rychlosti a hloubky orby na erozi. Jako hlavní faktor ovlivňující erozi půdy u orby je hloubka orby, to potvrzují i Gerontidis et al. (2001). Marques da Silva et al. (2004) se zabývali koeficientem přemísťování půdních částic na svažitém pozemku u orby (pracovní hloubka 0,3 m) a minimálního zpracování půdy talířovým kypřičem (pracovní hloubka 0,2 m). Z provedených pokusů zjistili 2 – 3 krát větší erozivní účinek pluhu ( $770 \text{ kg m}^{-1}$ ) oproti talířovému kypřiči ( $9 – 333 \text{ kg m}^{-1}$ ). Různý efekt na množství přesunutých částic má orba na pozemku, kde je strniště než na pozemku, kde byla provedena podmítka. Dle pokusů orba prováděná na

strništi vykazovala větší erozi. Stejně jako Van Oost et al. (2006) i Marques da Silva et al. (2004) se zmiňují o vlivu rychlosti orby na odlišnou míru přesouvání půdních částic. Orba po vrstevnici výrazně ovlivňuje erozi půdy. Je prokázáno, že při orbě po vrstevnici je minimalizován odnos půdních částic v porovnání s orbou prováděnou po a proti svahu (Van Oost et al., 2006, Petrová et al., 1961). Důležité je uvědomit si, že vliv na erozi půdy má i úhel postavení orebních těles ke směru jízdy tažného prostředku a s tím související směr jízdy. Eroze při orbě může být větší v kolmém směru k pluhu než ve směru jízdy, což je způsobeno šikmým směrem pohybu půdy od orebních těles. Orba po vrstevnici nemusí tedy vždy být protierozním opatřením (De Alba, 2001).

### **3.1.1.2. Vliv orby na vývoj porostů kulturních rostlin**

Ji et al. (2013) srovnávali hustotu kořenů kukuřice v písčité a jílovité půdě zpracované orbou do 0,2 m a 0,3 m. Větší hustota kořenů byla zjištěna u hlubšího zpracování a to v obou půdách v hloubce 0 – 0,4 m. Kladný vliv orby na rozvoj kořenů pozorovali Martínez et al. (2011) u pšenice a ovsu. Ve dvou pokusných letech byla biomasa kořenů pšenice a ovsu druhá nejvyšší u orby, maximální hodnoty byly zjištěny u varianty, kde byla půda zpracována hloubkovým podrýváním, bez míchání a obracení půdy. V dalším roce byla zjištěna největší biomasa kořenů ovsu právě u orby. Rozdíl v biomase kořenů pšenice ve třech stádiích (fáze dvou listů, fáze kvetení a fáze nalévání zrna) růstu zjistili Martínez et al. (2008) mezi porostem založeným na půdě zpracované orbou a porostem, který byl založen bez zpracování půdy přímým výsevem. Biomasa kořenů byla hodnocena v hloubce od 0 m do 0,15 m ve všech třech fázích růstu. Výsledky daného pozorování ukázaly větší rozvoj kořenů u přímého setí ve všech růstových fázích a všech sledovaných hloubkách.

Singer et al. (2010) zjistili v provedených pokusech statisticky průkazný větší výnos zrna kukuřice o 4 % u orby (hloubka zpracování 0,2 m) v porovnání s dlátovým kypřičem (hloubka zpracování 0,25 m). Výnos zrna pšenice byl mezi variantou zpracovanou pluhem a kypřičem shodný, ale vyšší oproti výnosu z varianty, kde bylo provedeno přímé setí do nezpracované půdy. Dále byl zjištěn vyšší výnos sóji o 5 % u orby proti dlátovému kypřiči a setí do nezpracované půdy. Rostlinné zbytky na povrchu půdy po jejím zpracování mohou ovlivňovat půdní vlhkost a teplotu. Tyto půdní vlastnosti pak mohou mít vliv na vývoj rostlin a na celkový výnos dané plodiny (Guy a Cox, 2002). Porovnání výnosu hrachu setého a pšenice provedli Guy a Cox (2002) na různých systémech zpracování půdy. Menší výnos

u obou plodin zjistili právě u orby v porovnání s dlátovým kypřičem a parapluhem. U těchto dvou posledně jmenovaných konzervačních postupů nedochází k zapravení rostlinných zbytků předplodiny nebo jen částečně. Vyšší výnos zrna kukuřice (9,5 t/ha) u orby v porovnání s technologií přímého setí (8,24 t/ha) uvádějí Drury et al. (1999).

### **3.1.1.3. Penetrační odpor**

Vysoké hodnoty penetračního odporu půdy mohou bránit růstu kořenů. 3,6 MPa uvádějí Ehlers et al. (1983) jako limitující hodnotu pro růst kořenů ve zpracované vrstvě půdy a hodnoty okolo 5 MPa pro nezpracovaný půdní profil. Penetrační odpor půdy, která byla zpracovaná orbou a mělkým kypřením zjišťovali Mikulka et al. (2006) ve dvou obdobích (podzim, jaro). Odpor půdy na podzim nabýval hodnot 1 MPa v hloubce 0,1 m u orby i mělkého kypření. V hloubce 0,2 m u mělkého kypření a v hloubce 0,28 m u orby dosahoval odpor hodnoty 2 MPa. Hodnota 3 MPa byla naměřena u mělkého kypření v hloubce 0,28 m a níže, u orby od 0,32 m. Na jaře se hodnoty lišily a to následujícím způsobem: 1 MPa v hloubce 0,08 m u mělkého kypření, u orby v hloubce 0,12 m, 2 MPa v hloubce 0,28 m a níže u mělkého kypření i orby a 3 MPa od 0,32 m u obou variant. Hodnotu 2 MPa v hloubce od 0,24 m do 0,28 m u orby naměřili Schjønnung a Rasmussen (2000) a od 0,28 do 0,29 m Tebrügge a Düring (1999). Dle Mikulky et al. (2006) se hodnoty penetračního odporu u orby mírně navyšovaly do hloubky 0,24 m a od této hloubky nabývaly rapidně vyšších hodnot. V hloubce od 0,12 m do 0,24 m byly zjištěny významné rozdíly v odporu půdy mezi orbou (nižší hodnoty penetračního odporu půdy) a mělkým zpracováním. Mikulka et al. (2006) také uvádějí, že při měření penetračního odporu je významná vlhkost půdy.

### **3.1.2. Hluboké kypření**

#### **Hluboké kypření**

K hlubokému kypření se používají stroje s parabolickým tvarem slupic. Tyto slupice umožňují nakypření zpracovaných vrstev a promíchání vrchní vrstvy půdy s rostlinnými zbytky. Intenzita promíchání závisí na typu slupic a pracovní rychlosti (Hůla et al., 1997).

## **Podrývání**

K odstranění utužených vrstev ve větších hloubkách slouží hloubkové podrýváky s tupým úhlem pracovních těles, které nevynáší půdu ze spodních vrstev k povrchu. Hloubkové podrýváky umožňují nadzvednutí a rozlámání utužené vrstvy půdy. Při zpracování půdy podrýváky nedochází k zapravení rostlinných zbytků. Hloubka podrývání je závislá na výskytu utužených vrstev a možnostech půdního profilu (Chong a Cowsert, 1997).

Hlavním úkolem hlubokého kypření je odstranění utužených vrstev v podorniči nebo prohlubování ornice do vrstev, kde nebyla prováděna orba. Dále dochází ke snižování objemové hmotnosti půdy, zvyšování pórovitosti a zlepšování podmínek pro růst kořenů (Baumhardt a Jones, 2005; Laddha a Totawat, 1997; Nitant a Singh, 1995; Unger, 1979). Kypření umožňuje nakypřit půdní profil za použití nižších nákladů než u orby a částečně zapravit rostlinné zbytky. Podrývání slouží ke kypření podorniční části půdního profilu, ale půda z těchto vrstev není vynášena na povrch, ani míchána s ornici (Hůla et al., 1997). Způsob zpracování půdy se odvíjí od vlastností těles, které zpracovávají půdu. Promísení částic půdy záleží na šířce, úhlu sklonu a rozmístění jednotlivých těles na stroji (Botta et al., 2006). Botta et al. (2006) srovnávali podrývák s tělesy rozmístěnými 0,5 m od sebe pracující v hloubce 0,48 m a dlátový kypřič s tělesy vzdálenými 0,285 m od sebe pracující v hloubce 0,28 m. Větší rozrušení půdy bylo zaznamenáno u dlátového kypřiče, ale větší účinnost o 85 % byla zjištěna u podrýváku.

### **3.1.2.1. Vliv hlubokého kypření na půdní vlastnosti**

#### **Teplota půdy**

Duiker et al. (2006) zjišťovali vliv odlišných technologií zpracování půdy na její teplotu. První varianta zahrnovala pásové zpracování půdy, při kterém hlavní pracovní těleso byl koltr (pracovní hloubka 0,15 m), druhá varianta byla zpracována hloubkovým podrývákem (hloubka 0,4 m) s částečným zapravením rostlinných zbytků a následným výsevem do rýh po slupicích, třetí varianta byl dlátový kypřič pracující v hloubce 0,15 m a poslední varianta bylo přímé setí do nezpracované půdy. U zpracování půdy podrývákem byla teplota první měsíc po setí 20,7 °C. Tato teplota byla nižší o 0,4 °C v porovnání s dlátovým kypřičem a o 0,5 °C vyšší oproti přímému setí do nezpracované půdy. Odlišné zpracování půdy výrazně ovlivňovalo maximální teplotu půdy, která byla u hlubokého kypření 26,8 °C, tj. o 1 °C vyšší v porovnání s přímým setím a o 1,7 °C nižší oproti dlátovému

kypřiči. Rozdíly teplot výrazně ovlivňovaly vzházení rostlin kukuřice, které bylo nejpomalejší u přímého setí do nezpracované půdy.

### **Vlhkost půdy**

Busscher et al. (2000) pozorovali vlhkost půdy ve dvouletém osevním postupu v závislosti na datu provedení podrývání parapludem. Varianty zahrnovaly podrývání půdy na podzim před založením porostu pšenice (na jaře před založením porostu sóji bylo provedeno mělké kypření), na jaře před založením porostu sóji (na podzim bylo provedeno mělké kypření před založením porostu pšenice) a třetí varianta zahrnovala podrývání jak před založením porostu pšenice na podzim, tak na jaře před založením sóji. Vlhkost byla měřena v červnu a prosinci. S přibývajícím hloubkou se zvyšovala vlhkost půdy, ale nebyl zjištěn rozdíl ve vlhkosti půdy mezi variantami, pouze mezi daty, kdy byla vlhkost měřena. Rostliny kukuřice lépe hospodaří s vodou v hlouběji nakypřených půdách. To dokazuje o 12 mm větší využití půdní vody než u mělkého kypření (Gajri et al., 1994). Vyšší obsah vody v půdě (v období setí a slizně) zpracované hlubokým kypřením potvrzují i Laddha a Totawat (1997).

### **Infiltrace vody**

Při prudkých deštích je důležitá míra vsakování vody do půdy, jinak nastává odtok vody po povrchu půdy, který má nežádoucí efekt. Na množství vody, která bude vsáknuta do půdního profilu, má významný vliv způsob zpracování půdy (Ankeny et al., 1995). Při porovnání orby a hlubokého podrývání v hloubce 0,5 – 0,6 m bylo zjištěno větší množství vsáknuté vody u podrývání. Míra vsakování je množství vody, které vstupuje do půdního profilu. V tomto případě nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi orbou a hlubokým podrýváním. Zadržování vody v půdě nebylo ovlivněno použitým nářadím (pluh, podrývák), ale odvíjelo se od půdního druhu. Menší vsakování a zadržování vody v půdním profilu bylo zjištěno v místech, kde byly koleje po přejezdu tažným prostředkem (Moroke et al., 2009). Podobných výsledků dosáhli v pokusech i Chong a Cowsert (1997), kteří zjistili největší množství vsáknuté vody u varianty, kde byla půda podryta na hloubku 0,8 m, další dvě varianty byly podryté v hloubce 0,4 a 0,6 m a jedna varianta byla zpracovaná dlátovým kypřičem v hloubce 0,2 m. Hlouběji zpracovaná půda dlátovým kypřičem s parabolickými slupicemi (hloubka 0,4 a 0,525 m) má vyšší schopnost vést vodu v hloubce 0,15 – 0,30 m

v porovnání s talířovým kypřičem (hloubka 0,25 m) (Laddha a Totawat, 1997). Větší vsakování vody a její průnik do hlubších vrstev při podryvání potvrzují i McConkey et al. (1997) a Pikul a Aase (2003).

### **Objemová hmotnost půdy**

S přejezdy těžké techniky po povrchu půdy dochází k utužování. Následkem toho dochází ke zvyšování objemové hmotnosti. Pro odstranění utužených vrstev se používají hloubkové podryváky, které mírně zvedají půdu a lámou ji. Chong a Cowsert (1997) pozorovali vliv podryvání v pracovních hloubkách 0,4 m; 0,6 m a 0,8 m. Pro srovnání sloužila varianta, kde byla půda zpracována dlátovým kypřičem v hloubce 0,2 m. Objemová hmotnost půdy v hloubce od 0 m do 0,8 m se pohybovala v rozmezí 1,64 – 1,85 g/cm<sup>3</sup>. Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi podryváním v hloubkách 0,4 m, 0,6 m a 0,8 m. Nejnižší objemová hmotnost byla zjištěna v hloubce od 0,4 m do 0,8 m u varianty s kypřením v hloubce 0,2 m. Nitant a Singh (1995) naměřili objemovou hmotnost půdy zpracované podryvákem v pracovní hloubce 0,4 m 1,5 g/cm<sup>3</sup>. Pikul a Aase (2003) porovnávali objemovou hmotnost půdy po zpracování parapluhem v hloubce 0,3 m, parapluhem 0,3 m a druhý přejezd talířovým kypřičem v hloubce 0,1 m a s půdou, která nebyla zpracovaná. Nejnižší objemovou hmotnost (1,15 g/cm<sup>3</sup>) naměřili u zpracované půdy parapluhem. Objemovou hmotnost pozoroval Zorita (2000) u půdy zpracované orbou, dlátovým kypřičem a půdy nezpracované, další varianty zahrnovaly stejné zpracování půdy, ale navíc s podryváním parapluhem. Nejnižší objemovou hmotnost (1,10 g/cm<sup>3</sup>) v hloubce 0,03 – 0,2 m naměřil u varianty, která byla zpracovaná pluhem a současně parapluhem.

### **Eroze půdy**

Odtok vody po povrchu půdy je potlačen při ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy. Důležitou vlastností půdy, která snižuje riziko odtoku vody je schopnost půdy vodu vsakovat a zadržovat ji. To souvisí s hloubkou zpracování půdy. Pokud je půda zpracovaná podryvákem hlouběji, pak je schopna pojmout větší množství vody a tím se zabraňuje odtoku vody po povrchu. To platí pro půdu, která je i není krytá mulčem. U půdy kryté mulčem byl zjištěn koeficient odtoku 0,19 u půdy zpracované dlátovým kypřičem (hloubka 0,2 m), 0,04 u půdy podryté v hloubce 0,4 m, 0,002 u půdy podryté v hloubce 0,6 m a 0 u půdy podryté v hloubce 0,8 m. Půda nepokrytá mulčem měla nejvyšší koeficient odtoku (0,46)

u varianty s dlátovým kypřičem a nejmenší u podrývání v hloubce 0,8 m (koeficient odtoku 0,4) (Chong a Cowsert, 1997).

### **3.1.2.2. Vliv hlubokého kypření na vývoj porostů kulturních rostlin**

Snížování objemové hmotnosti půdy v hlubších vrstvách půdního profilu napomáhá k lepšímu růstu kořenů do délky (Hamza a Anderson, 2005; Ishaq, 2001). Varsa et al. (1997) uvádějí hodnotu 2 MPa jako hraniční pro růst kořenů do délky. Podrývání v hloubce 0,4 a 0,6 m dosáhlo této hodnoty v hloubce půdního profilu 0,4 m, kdežto nejhlubší provedené podrývání (0,9 m) až v hloubce 0,8 m. Půda nezpracovaná, sloužící jako kontrola, dosáhla této hodnoty v hloubce 0,1 m. Utužené vrstvy půdy a vyšší hodnoty objemové hmotnosti způsobují špatný vývin kořenů. Důsledkem toho je snížení celkového výnosu plodiny, u pšenice ozimé to může být až o 28 % (Hassan, 2007). Botta et al. (2006) pozorovali kořeny slunečnice v hloubce od 0,15 do 0,3 m. Zjistili, že rozvinutější kořeny se nachází v půdě zpracované podrýváním (hloubka 0,45 m), kde se nacházelo 45 % celkové biomasy kořenů ve srovnání s dlátovým kypřičem (hloubka 0,28 m), kde se ve stejné hloubce nacházelo 30 % biomasy kořenů. V nezpracované půdě se ve stejné hloubce nacházelo pouze 15 % biomasy kořenů. Hmotnost suchých kořenů slunečnice byla nejvyšší u varianty s podrýváním. Gajri et al. (1994) srovnávali vliv mělkého a hlubokého kypření na vývoj kořenů kukuřice. V deštivém období, kdy byla půda dostatečně zásobena vodou, nebyl zjištěn rozdíl, ale v suchém období při nedostatku srážek docházelo k lepšímu růstu kořenů v půdě, která byla zpracována hlubokým kypřením. Délka kořenů v suchém období ve fázi kvetení kukuřice dosahovala u mělkého kypření délky 0,6 m a u hlubokého kypření 1,0 m. Příznivý vliv hlubokého kypření na rozvoj kořenů potvrzují i Nitant a Singh (1995).

Gajri et al. (1994) pozorovali vliv hlubokého a mělkého kypření na vývoj porostů kukuřice. Významný vliv hlubokého kypření na výnos zrna byl zaznamenán v období, kdy bylo sucho a na půdách, které špatně zadržují vodu, zde byl výnos o 88 % vyšší v porovnání s mělkým kypřením. Tyto výsledky potvrzují i Arora et al. (1991) a Gajri et al. (1991). Nejvyšší výnos zrna slunečnice zaznamenali Botta et al. (2006) u varianty, kde byla půda zpracována podrýváním v porovnání s dlátovým kypřičem a nezpracovanou půdou. Busscher et al. (2002) pozorovali snížení výnosu pšenice o 1,75 t/ha a sóji o 1,50 t/ha při změně penetračního odporu půdy o 1 MPa. Statisticky prokázaný nejvyšší výnos kajanu indického zjistili Nitant a Singh (1995) ve dvou pokusných letech u hlubokého podrývání v porovnání s různými

způsoby zpracování půdy od hloubky 0,075 m do hloubky 0,250 m. Varsa et al. (1997) uvádějí vyšší výnos zrna kukuřice u podrývání v hloubce 0,9 m (9200 kg/ha) oproti podrývání v hloubce 0,4 (8122 kg/ha) a 0,6 m (8300 kg/ha). Pokud je ve vegetačním období dostatek srážek, rozdíly ve výnosech byly výrazně menší. Zorita (2000) porovnával výnos suché biomasy kukuřice 41, 48 a 62 dní po zasetí u variant, kde byla půda zpracována orbou s podrývání parapluhem a bez podrývání parapluhem, dlátovým kypřičem s podrývání parapluhem a bez podrývání parapluhem a samotným podrýváním parapluhem. Statisticky významný rozdíl ve výnosu sušiny byl zaznamenán 41 dní po zasetí u pluhu bez podrývání. Podrývání parapluhem mělo významný vliv na výnos suché hmoty kukuřice pouze u půdy, která nebyla jinak zpracovaná. Hluboké kypření může mít významný vliv i na kvalitativní ukazatele některých plodin. Pulkrábek et al. (2015) poukazují v provedených pokusech na nejvyšší výnos bílého cukru u varianty, kde bylo provedeno hluboké kypření (0,25 – 0,3 m) v porovnání s hlubokou orbou a mělkým kypřením.

### **3.1.2.3. Penetrační odpor**

Hluboké kypření významně ovlivňuje objemovou hmotnost půdy ve spodních vrstvách a tím i penetrační odpor. Penetrační odpor se mění s odstupem času od data, kdy bylo provedeno zpracování půdy, protože půda podléhá přirozenému slehnutí. Stejně tak s přibývajícím množstvím srážek se zvyšuje míra slehnutí půdy (Busscher et al., 2002). U hlubokého kypření podrývákem do hloubky 0,45 m, byl zaznamenán rozdíl mezi zpracovanou a nezpracovanou vrstvou půdy v hloubce 0,55 m. U dlátového kypřiče, který pracoval na hloubku 0,28 m, byla hranice v hloubce 0,3 m. Penetrační odpor nepřesáhl hodnotu 1 MPa do hloubky 0,3 m u dlátového kypřiče a u podrýváku do hloubky 0,475 m. Nezpracovaná půda sloužící jako kontrola pro srovnání dosahovala v hloubce od 0 m do 0,475 m hodnot penetračního odporu v rozmezí 1,56 - 1,81 MPa. Menší hodnoty penetračního odporu v kolejích po traktoru byly zjištěny u podrýváku (Botta et al., 2006). Období, kdy je provedeno podrývání má významný vliv na hodnoty penetračního odporu. Busscher et al. (2000) zjistili vyšší hodnoty penetračního odporu ve dvouletém osevním postupu při podzimním podrýváním (1,7 MPa) v porovnání s jarním podrýváním (1,14 MPa). Nejnižší penetrační odpor byl zjištěn, když byla půdy podryta před založením porostů obou plodin (1,10 MPa). Penetrační odpor byl měřen v červnu a prosinci během tří let. Hodnoty se během let lišily, ale vždy byl naměřený



v průměru větší odpor pro podzimní podryvání ve srovnání s jarním. Gajri et al. (1994) naměřili u hlubokého kypření (hloubka zpracování 0,35 – 0,4 m) v hloubce 0 – 0,15 m hodnoty 0,63 MPa a v hloubce 0,15 – 0,30 m 1,6 MPa. Hodnoty penetračního odporu se významně lišily od mělkého zpracování (10 cm) talířovým kypřičem, kde hodnoty byly následující: 0,99 MPa (hloubka 0 – 0,15 m) a 2,52 MPa (hloubka 0,15 – 0,30 m).

### **3.1.3. Pásové zpracování půdy**

Specifickou vlastností pásového zpracování půdy je zpracování v pruzích ve směru, kterým bude vyseta plodina. Zpracované pásy bývají široké 0,15 – 0,4 m v závislosti na množství a druhu rostlinných zbytků na povrchu půdy, druhu plodiny a konstrukčním řešení stroje. Hloubka zpracování se odvíjí od termínu provedení, druhu následně vysévané plodiny a mocnosti ornice. Rozteč zpracovaných pásů se může pohybovat od 0,4 do 0,9 m (Brant, 2016). Základním principem pásového zpracování půdy je rozříznutí povrchu půdy, odstranění rostlinných zbytků pomocí paprskových kol, kypření půdy dle typu pracovního orgánu a konečné mírné utužení zpracovaného pásu. Se současným zpracováním půdy je možné uložení hnojiv (minerálních a kapalných organických) do půdního profilu. Tato technologie vznikla za účelem spojení výhod setí do nezpracované půdy a hlubšího kypření (Brant a Kroulík, 2012).

#### **3.1.3.1. Vliv pásového zpracování půdy na půdní vlastnosti**

##### **Teplota půdy**

U technologie setí do nezpracované půdy dochází k pomalejšímu prohřívání půdy, způsobenému rostlinnými zbytky na povrchu půdy. Půda bez rostlinných zbytků se prohřívá snadněji. Při srovnání konvenčního a pásového zpracování půdy byla zjištěna v období od začátku dubna do konce května o 0 – 0,3 °C nižší teplota půdy u pásového zpracování. U nezpracované půdy byla teplota ve stejném období nižší o 0,4 – 0,9 °C v porovnání s konvenčním zpracováním (Buman et al., 2004). Podobné výsledky naměřili Drury et al. (2003), kde teplota půdy v hloubce 0,05 m byla u pásového zpracování 22,5 °C, u orby 23,3 °C a u přímého setí do nezpracované půdy 21,9 °C, v hloubce 0,1 m 22,2 °C, 23 °C a 21,4 °C. Licht a Al-Kaisi (2005) zjistili lepší prohřívání půdy v hloubce 0,05 m u pásového zpracování v časový interval, kdy denní teplota vzduchu dosahuje maximálních hodnot

v porovnání se setím do nezpracované půdy. Vyšší teplota půdy u pásového zpracování může být způsobena vyšší evaporací, jelikož půda s nižším obsahem vody se lépe prohřívá z důvodu lepšího záhřevu půdních částic než vody. Ve 12 h byla teplota o 1,4 °C a v 18 h o 1,2 °C vyšší u pásového zpracování než u přímého setí. V porovnání s dlátovým kypřičem byla u pásového zpracování teplota ve stejné časy o - 0,3 °C a - 1,4 °C nižší. Z toho vyplývá, že vrchní vrstva půdy zpracovaná pásovým zpracováním půdy a dlátovým kypřičem vykazuje nižší tepelnou kapacitu a větší tepelnou vodivost způsobenou nižší vlhkostí půdy.

### **Vlhkost půdy**

Pásové zpracování půdy a technologie přímého setí mají větší předpoklad vyššího obsahu vody v půdě kvůli přítomnosti rostlinných zbytků na povrchu. Na tuto skutečnost poukazují Drury et al. (2003). U pásového zpracování půdy naměřili v hloubkách 0,05 a 0,3 m vyšší obsah vody v půdě v porovnání s orbou, ale technologie přímého setí měla vyšší obsah vody než pásové zpracování půdy. Jiných výsledků dosáhli Vetsch et al. (2007), kteří nezjistili rozdíl v obsahu vody v půdě mezi pásovým zpracováním půdy, setím do nezpracované půdy, podrýváním a kypřením. Licht a Al-Kaisi (2005) uvádějí, že pásové zpracování půdy, setí do nezpracované půdy a zpracování půdy dlátovým kypřičem vykazuje jen malé změny ve vlhkosti půdy v hloubce 0 – 0,3 m. V hloubce 0 – 1,2 m byla vlhkost srovnatelná u pásového zpracování půdy a přímého setí a u obou technologií vyšší než u dlátového kypřiče. Změny ve vlhkosti půdy byly znatelné u pásového zpracování půdy a dlátového kypřiče zejména v období po vzejití do období sklizně v porovnání s přímým setím.

### **Infiltrace vody**

Nakypření řádku slupicí u pásového zpracování půdy má pozitivní vliv na vsakování vody do půdy a její zadržování (Brant et al., 2014). Vsakování vody probíhá hlavně v místě, kde bylo provedeno kypření slupicí. Důležité je, kdy bylo provedeno kypření, respektive za jakých podmínek. V příliš vlhké půdě není půda kypřena a dochází k jejímu utužení v oblasti kypřící slupice, které vede k výraznému zamezení vsakování vody, než když je půda za vhodných podmínek správně nakypřená (Brant, 2016).

## **Objemová hmotnost půdy**

U technologie pásového zpracování půdy v porovnání se setím do nezpracované půdy nezjistili Buman et al. (2004) statisticky významné rozdíly objemové hmotnosti půdy. Objemová hmotnost byla měřena v hloubce od 0 do 0,2 m. U pásového zpracování půdy byla hodnota 1,19 g/cm<sup>3</sup>, u setí do nezpracované půdy 1,23 g/cm<sup>3</sup> a u konvenčního 1,20 g/cm<sup>3</sup>. Drury et al. (2003) naměřili hodnoty v hloubce od 0,05 do 0,126 m následující: pásové zpracování 1,30 g/cm<sup>3</sup>, orba 1,35 g/cm<sup>3</sup>, přímé setí do nezpracované půdy 1,37 g/cm<sup>3</sup>. Vzorky byly odebrány v řádku kukuřice, uprostřed mezi dvěma rostlinami.

## **Eroze půdy**

S klesající intenzitou zpracování půdy se zvyšuje ochrana půdy proti erozi. Rostlinné zbytky na povrchu půdy zadržují vodu a pomáhají její vsáknutí do půdního profilu a také omezují větrnou erozi tím, že zpomalují rychlost větru (Gilley et al., 2000; Siddoway et al., 1965). Při pásovém zpracování půdy zůstává na povrchu velké množství rostlinných zbytků. Buman et al. (2004) uvádějí 53 % rostlinných zbytků na povrchu půdy, pro srovnání u technologie setí do nezpracované půdy je 65 % pokrytí. Stabilita půdních agregátů je důležitý prvek ovlivňující vodní erozi. Při srovnání orby, pásového zpracování a přímého setí do nezpracované půdy je stabilita půdních agregátů v porostu kukuřice s podsevem jetele červeného větší u dvou posledně zmiňovaných technologií (Drury et al., 2003).

### **3.1.3.2. Vliv pásového zpracování půdy na vývoj porostů kulturních plodin**

Penetrační odpor, který dosahuje vyšší hodnoty než 2 MPa, brání růstu kořenů kukuřice do délky až o 50 %. Nejnižší hodnoty penetračního odporu u pásového zpracování půdy umožňují lepší růst kořenů do délky v porovnání s orbou a setím do nezpracované půdy (Drury et al., 2003). Jak uvádí Brant (2016) cílem pásového zpracování půdy je kypření půdy za účelem lepšího rozvoje kořenů do hlubších vrstev. Vyšší biomasa kořenů se vyskytuje dle Branta (2016) zejména v hloubce 0,1 – 0,2 m v porovnání s orbou a mělkým kypřením, to souvisí s nižším penetračním odporem u pásového zpracování půdy. Významným faktorem, který ovlivňuje kvalitu pásového zpracování, je vlhkost půdy. Zpracování při vyšší vlhkosti může způsobit pouze vytvoření rýhy místo požadovaného nakypření půdy. Výsledkem zpracování za nevhodných podmínek je utužení půdy v okolí kypřící slupice, která pak brání rozvoji kořenů mimo vytvořenou rýhu. Při použití pásového zpracování půdy

zejména u pěstování cukrové řepy je vhodné půdu zpracovat na podzim z důvodu správného slehnutí půdy. Zpracování na podzim je vhodnější i pro ostatní plodiny.

Al-Kaisi a Licht (2004) pozorovali vliv využití dusíku rostlinami kukuřice při podzimní a jarním provedení pásového zpracování půdy se současnou aplikací hnojiva. Pro srovnání byly založeny varianty s technologií přímého setí bez zpracování půdy a dlátového kypřiče s podzimní aplikací hnojiva. Nejvyšší obsah nitrátového dusíku v kořenové zóně byl zjištěn u varianty pásového zpracování půdy na podzim. To lze vysvětlit intenzivnější mineralizací v porovnání s nezpracovanou půdou. Čas provedení pásového zpracování půdy a hnojení (podzim, jaro) nemělo vliv na obsah nitrátového dusíku v kořenové vrstvě. V této studii nebyl zjištěn statisticky průkazný vyšší výnos kukuřice u pásového zpracování půdy v porovnání s ostatními technologiemi. Vyšší výnos kukuřice u pásového zpracování půdy v porovnání se setím do nezpracované půdy a konvenčním zpracováním neprokázali ani Bumen et al. (2004) a Drury et al. (2003). Jiných výsledků dosáhli ve čtyřletých pokusech Vetsch et al. (2007), kdy u pásového zpracování půdy (pracovní hloubka 0,2 m) bylo dosaženo průměrného výnosu zrna kukuřice 10,1 t/ha, u půdy zpracované hlubokým podrýváním (0,38 m) a následný výsev do rýh 10,1 t/ha, u setí do nezpracované půdy 9,6 t/ha a u dlátového kypřiče (0,2 m) 9,7 t/ha. Dále srovnávali výšku rostlin kukuřice 35 dnů po vzejití. Nejdelší rostliny (1,18 m) byly u zpracování půdy hlubokým podrýváním, u pásového zpracování 1,13 m, u setí do nezpracované půdy 1,10 m a u dlátového kypřiče 1,11 m. Vyšší výnos zrna kukuřice u pásového zpracování (8,9 t/ha) v porovnání s přímým setím do nezpracované půdy (8,4 t/ha) zjistili Fernández a White (2012).

### **3.1.3.3. Penetrační odpor**

Měření penetračního odporu v řádku vysévaných rostlin je ovlivněn technologií zpracování půdy. Podrývání a následný výsev do rýhy po slupici a pásové zpracování půdy v tomto případě vykazují nejmenší odpor půdy. U těchto dvou technologií byl v dubnu výrazně menší odpor (0,2 MPa – 1 MPa) do hloubky 0,3 m v porovnání s nezpracovanou půdou a dlátovým kypřičem. Podobný průběh byl i v květnu a červnu (Vetsch et al., 2007). Tyto výsledky se shodují s hodnotami z dříve provedených pokusů (Drury et al., 2003). V hloubce 0 – 0,1 m zaznamenali v prvním roce pokusů Licht a Al-Kaisi (2005) nižší hodnoty penetračního odporu u dlátového kypřiče v porovnání s pásovým zpracováním půdy a setím do nezpracované půdy. V hloubce 0,6 m byl výrazně nižší odpor u pásového zpracování a od

0,4 do 0,6 m nejvyšší u setí do nezpracované půdy. V intervalu od 0,1 do 0,6 m nebyl zaznamenán výrazný rozdíl v odporu půdy mezi výše zmíněnými technologiemi zpracování půdy. Následující rok byly zjištěny nižší hodnoty odporu u pásového zpracování půdy v hloubce od 0,4 do 0,6 m. V hloubce 0,2 m byl odpor nižší u pásového zpracování a dlátového kypřiče v porovnání s přímým setím.

## 4 Materiál a metody

Na lokalitě Budihostice, která se nachází ve středních Čechách (50°17'48.34"N, 14°14'44.24"E), byly na podzim roku 2015 založeny pokusy s cílem pozorování vlivu odlišného zpracování půdy na vybrané fyzikální vlastnosti ornice. Pokusné plochy se nacházely v nadmořské výšce 216 m. n. m. Průběh vláhových a teplotních podmínek znázorňuje graf 1.

**Graf 1:** Průběh teplot a srážek na pokusných plochách v lokalitě Budihostice v období vegetace kukuřice seté.

([http://www.emsbrno.cz/p.axd/cs/Budihostice.\\_o\\_Leti%C5%A1t%C4%9B.Sazen%C3%A1\\_p\\_.CZUFAPPZ.html](http://www.emsbrno.cz/p.axd/cs/Budihostice._o_Leti%C5%A1t%C4%9B.Sazen%C3%A1_p_.CZUFAPPZ.html))



Experimentální pozemek se nacházel na půdním bloku, kde hlavní půdní typ tvoří černozem. Cílem pokusů bylo hodnocení vlivu rozdílných způsobů zpracování půdy na hodnoty penetračního odporu, infiltrace vody a vlhkosti půdy. V první variantě byla půda zpracována hloubkovým kypřičem Farmet Digger s parabolickými slupicemi (Digger, Farmet, a.s.), za kterými se nacházely zahrnovací talíře a dvojitý hrotový válec pro rozdrobení hrud. Půdní profil byl zpracovaný do hloubky 0,3 m. Druhá varianta zahrnovala zpracování půdy pásovým kypřičem Farmet Strip-Till (Strip till, Farmet, a.s.), pracovní hloubka činila 0,25 m. Třetí variantu tvořila konvenční orba pluhem Lemken Diamant (Diamant, Lemken),

provedená do hloubky 0,3 m. Pluh byl vybaven nožovým drtičem hrud. Samotnému zpracování výše popsanými postupy předcházelo provedení podmítky talířovým kypřičem do hloubky 0,12 m s cílem zapravení posklizňových zbytků předplodiny, kterou byla pšenice. 10. 10. 2015 bylo na plochách opětovně provedeno mělké kypření talířovým kypřičem (hloubka kypření 0,12 m) za účelem potlačení výdrolu ozimé pšenice. Na obrázku 1 lze vidět stav povrchu půdy na jaře po podzimním zpracování.

**Obr. 1:** Stav povrchu pozemku v březnu 2016 po podzimním zpracování. Vlevo hloubkový kypřič, uprostřed pásový kypřič, vpravo orba.



Dva týdny po základním zpracování půdy, které bylo provedeno 27. 11. 2015, byly stanoveny hodnoty penetračního odporu u všech tří variant. Dále byly vytvořeny půdní sondy z důvodu hodnocení modré infiltrace. Penetrační odpor byl měřen pomocí penetrometru PN - 10 (ČZU, CZ). U orby a hloubkového kypřiče byly hodnoty zaznamenány v transektu kolmém na směr pracovní jízdy o délce 1,5 m, vzdálenost vpichů penetrometru ve vertikálním směru činila 0,05 m. Záznam hodnot penetračního odporu v horizontálním směru činil 0,02 m. U varianty s pásovým kypřičem tvořil hodnocený transekt kolmý na směr pracovní jízdy 3 m se stejným intervalem vpichů 0,05 m. U všech variant byl penetrační odpor shodně měřený v hloubce od 0 do 0,72 m po intervalech 0,04 m. K pozorování vsakování vody do půdy byla použita metoda modré infiltrace. Dne 24. 11. 2015 bylo provedeno zalití půdního profilu roztokem vody a modré barvy (brilantní modř E133) odpovídající dávce 8 l 0,3 % roztoku na plochu 0,4 x 0,6 l. Na orané ploše a na ploše s kypřičem s parabolickými slupicemi činila plocha povrchu půdy 1,8 x 0,4 m. Na ploše s technologií strip till poté 3,6 x 0,4 m. Třetí den po aplikaci modré barvy byl proveden výkop půdních sond kolmo na směr pracovních jízd. Šíře půdní sondy odpovídala šířce zalité plochy (1,8 či 3,6 m) a hloubka sondy činila 0,8 m. Po odkrytí půdní sondy následovalo

vyfotografování půdní sondy pomocí běžného digitálního fotoaparátu. Fotografie byly následně zpracovány v programu BMPtool. Vykopané půdní sondy u variant s kypřiči znázorňuje obrázek 2. U všech variant byla zaznamenána vlhkost půdy pomocí datalogeru HH2 v kombinaci s čidlem půdní vlhkosti ML3 ThetaProbe Soil (Delta-T Devices Ltd, UK).

Vedle hodnocení výše uvedených fyzikálních vlastností půdy byla hodnocena biomasa kukuřice. Pokus zahrnoval celkem 3 varianty. Porosty kukuřice seté byly založeny 20. dubna 2016. Samotnému založení porostů na jaře předcházela na oraných plochách příprava půdy kombinátorem, která byla provedena dvakrát na pracovní hloubku 0,08 m. Následně byl vysetý hybrid kukuřice P 9074. K výsevu na oraných plochách po provedení předseťové přípravy byl použit secí stroj Kverneland Optima HD. Na plochách, kde bylo provedeno pásové a hloubkové kypření byl k založení porostu použit secí stroj firmy Farnet. Výsevek u secího stroje Kverneland činil 95000 semen na 1 hektar a u secího stroje Farnet 94000 jedinců.

Tato práce je zaměřena na zpracování půdy hloubkovým kypřičem s parabolickými slupicemi, který představuje variantu HK. Dále na orbu, která představuje variantu O a pásové zpracování půdy na variantě ST.

Dne 19. 5. 2016 bylo na jednotlivých variantách hodnoceno rozvinutí a tvar kořenového systému rostlin kukuřice seté. O měsíc později, 19. 6. 2016, byly odebrány rostliny z každé varianty po 10 kusech k hodnocení průměrné suché hmotnosti biomasy rostlin. Dále bylo z každé varianty odebráno 10 rostlin v období sklizně. U každé rostliny byly hodnoceny následující parametry: délka rostliny, vyvinuté a nevyvinuté palice, počet listů na rostlinu a hmotnostní podíl palice na rostlině. Dále byla zjištěna hmotnost sušiny a čerstvé hmoty celých rostlin, palice s listeny, stébla a listů. U jednotlivých palic byla naměřena jejich délka, průměr, počet řad po obvodu a počet zrn v řadě. Průměr palice a počet řad obilek na palici byl měřen 0,05 m od báze. Sušení rostlin a jednotlivých částí probíhalo po dobu 48 h při 105 °C. Výnos biomasy byl proveden přepočtem na počet rostlin na ha.



### Statistické vyhodnocení

1. pomocí programu Statgraphics®Plus, jednoduchá analýzy rozptylu (ANOVA), Tukey,  $\alpha = 0,05$ .
2. v programu Microsoft Excel, popisná statistika
3. fotografie modré infiltrace byly zpracovány v programu Surfer 7.0 (Golden Software, Golden, USA)
4. změna barevného spektra infiltrace z modré barvy na bílou bylo provedeno pomocí programu BMP tools

**Obr. 2:** Půdní sondy sloužící k hodnocení metody modré infiltrace. Vlevo půdní sonda pro pásový kypřič, vpravo pro kypřič s parabolickými slupicemi.

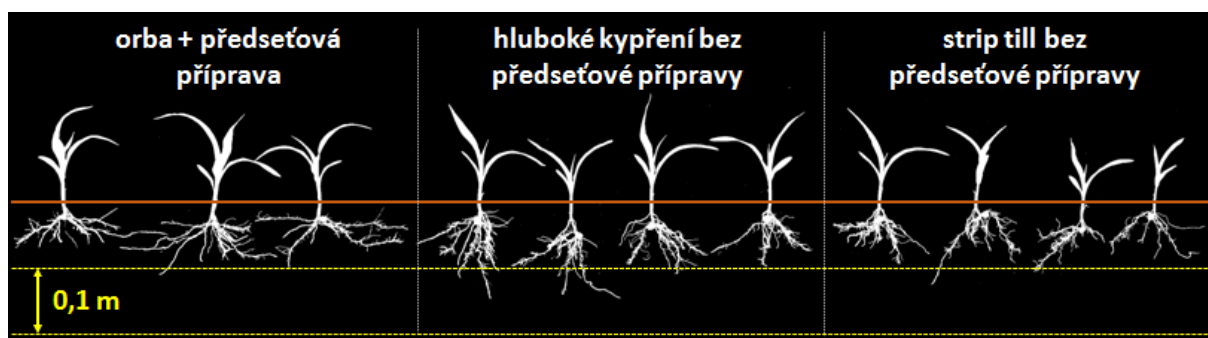


## 5 Výsledky

### Biomasa kukuřice

Dne 19. 5. 2016 bylo provedeno hodnocení tvaru kořenového systému rostlin kukuřice seté v závislosti na technologii zpracování půdy a předseťové přípravy (obrázek 3). Z obrázku je patrný omezený růst kořenů kukuřice do hlubších vrstev u varianty s orbou, kde byla provedena předseťová příprava.

**Obr. 3:** Rozvoj kořenového systému kukuřice seté v závislosti na technologii zpracování půdy.



17. 6. 2016 byla hodnocena průměrná suchá hmotnost rostlin kukuřice seté. Výsledné naměřené hodnoty znázorňuje tabulka 1. Varianta (HK) byla zpracovaná hloubkovým kypřičem s parabolickými slupicemi (Digger, Farnet, a. s.), varianta ST strojem pro pásové zpracování půdy (Strip till, Farnet, a.s.) a varianta O orbou (Diamant, Lemken). Varianta zpracovaná pásovým kypřičem vykazovala nejnižší suchou hmotnost rostlin kukuřice (5,40 g). Vyšší hmotnost (8,25 g) byla zjištěna u varianty s hlubokým kypřením. Mezi těmito zmíněnými variantami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. U varianty s orbou byla zjištěna suchá hmotnost 13,55 g. Průměrné hodnoty nadzemní suché biomasy na variantě O byly ve srovnání s ostatními systémy zpracování půdy statisticky průkazně vyšší (Tab. 1).

**Tab. 1:** Průměrná suchá hmotnost rostliny kukuřice seté (g) na hodnocených variantách 17. 6. 2016. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0.05$  (ANOVA, Tukey). HK – hloubkové kypření, ST – strip till, O – orba.

<b>Varianta</b>	<b>Suchá hmotnost rostlin (g)</b>
HK	8,25a
ST	5,40a
O	13,55b

Tabulka 2 znázorňuje biometrické parametry rostlin hodnocené 2. 9. 2016 (období sklizně kukuřice). Počet rostlin na 1 hektar byl nejnižší u varianty pásového zpracování půdy (90667 rostlin/ha) a nejvyšší počet byl zjištěn u orby (96120 rostlin/ha). Mezi hodnocenými variantami nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl v počtu vyvinutých a nevyvinutých palic. U varianty ST, kde byla půda zpracována v pásech, byl nejnižší průměrný počet listů na rostlině (12,4 kusů). Naopak nejvyšší počet listů na rostlině byl u varianty s hlubokým kypřením. U orby a hlubokého kypření byl stanoven statisticky významný rozdíl v průměrném počtu listů na rostlině v porovnání s pásovým zpracováním půdy, ale mezi orbou a hlubokým kypřením statisticky významný rozdíl nebyl prokázán.

**Tab. 2:** Počet rostlin na 1 hektar, počet vyvinutých a nevyvinutých palic a počet listů na rostlinu na hodnocených variantách 2. 9. 2016. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0.05$  (ANOVA, Tukey). HK – hloubkové kypření, ST – strip till, O – orba.

<b>Variant</b>	<b>Počet rostlin (ha)</b>	<b>Vyvinuté palice (ks)</b>	<b>Nevyvinuté palice (ks)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
HK	93333	1a	0,5a	13,7b
ST	90667	1a	0,4a	12,4a
O	96120	1a	0,1a	13,2b

Další hodnocené parametry v termínu 2. 9. 2016 jsou uvedeny v tabulce 3. Jedná se o průměrné suché a čerstvé hmotnosti palic, stébel, listů a celých rostlin. Dále je zde uvedena průměrná délka rostlin na jednotlivých variantách. Čerstvá hmotnost palic byla nejnižší na orané ploše (281,0 g). U pásového zpracování půdy byla hmotnost 342,7 g a u hlubokého kypření 358,7 g. Statisticky významný rozdíl mezi průměry hmotnosti palic byl průkazný pouze mezi variantami HK a O. Suchá hmotnost palic byla opět nejnižší u orby, ale statisticky se nelišila od zbývajících dvou variant. Podobné výsledky byly dosaženy u čerstvé hmotnosti stébla, kdy nejnižší hodnota (317,2 g) byla u orby. Nejvyšší hmotnost stébla (377,1 g) byla stanovena u hlubokého kypření, ale mezi průměry variant HK, ST a O nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Nejnižší suchá hmotnost (67,4 g) byla naměřena u varianty ST. U hlubokého kypření a orby byly stanoveny podobné hodnoty (75,9 g; 76,3 g). Statisticky průkazně vyšší hodnoty průměrné čerstvé hmotnosti listů kukuřice byly stanoveny na plochách oraných vůči variantám HK a ST. Průměrná suchá hmotnost dosahovala na všech variantách obdobné výsledky. Při hodnocení čerstvé hmotnosti celých rostlin byly stanoveny statisticky významné rozdíly mezi variantami s hlubokým kypřením a orbou. Nejnižší hmotnost byla u orby (676,9 g), dále u pásového zpracování půdy (790,2 g) a nejvyšší hmotnost celých rostlin byla zjištěna u hlubokého kypření (873,7 g). Porovnání průměrné suché hmotnosti rostlin na jednotlivých variantách nenaznačuje významné rozdíly, které dokazuje i statistické hodnocení. Posledním parametrem znázorněným v tabulce 3 je délka rostlin. Obdobné hodnoty byly naměřeny u variant O a HK. Rozdíl v délce rostlin byl stanoven u varianty s pásovým zpracováním půdy ve srovnání s variantou HK a O. U této varianty byla délka rostlin s naměřenou hodnotou 2,652 m statisticky průkazně nižší v porovnání s variantami HK a O (tabulka 3).

**Tab. 3:** Hodnoty čerstvé a suché hmotnosti (g) palice, stébla, listů, celých rostlin a délka rostlin na hodnocených variantách 2. 9. 2016. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha= 0.05$  (ANOVA, Tukey). HK – hloubkové kypření, ST – strip till, O – orba.

varianta	palice		stéblo		listy		rostlina		Délka rostliny (m)
	Čerstvá hmotnost (g)	Suchá hmotnost (g)	Čerstvá hmotnost (g)	Suchá hmotnost (g)	Čerstvá hmotnost (g)	Suchá hmotnost (g)	Čerstvá hmotnost (g)	Suchá hmotnost (g)	
	<b>HK</b>	358,7b	151,3a	377,1a	75,9a	137,9b	35,9a	873,7b	
<b>ST</b>	342,7ab	142,3a	327,3a	67,4a	120,2b	32,4a	790,2ab	242,2a	2,652a
<b>O</b>	281,0a	139,2a	317,2a	76,3a	78,7a	33,3a	676,9a	248,8a	2,903b

Výsledky naměřených hodnot sušiny rostlin a jednotlivých částí rostlin dokumentuje tabulka 4. Dále je zde uveden hmotnostní podíl palic na rostlině v procentech a výnos suché hmoty rostlin kukuřice na 1 hektar. U sušiny celých rostlin a jednotlivých částí (stéblo, palice, listy) lze pozorovat vyšší hmotnost u varianty O. Zejména sušina listů dosahuje statisticky průkazně vyšší hodnoty (42,6 %) v porovnání s pásovým zpracováním půdy (27,0 %) a hlubokým kypřením (26,1 %). Poslední sloupec tabulky znázorňuje výnos sušiny kukuřice na 1 hektar. Nejnižší výnos (21,957 t/ha) byl zjištěn u varianty HK. U pásového kypření a orby byl výnos srovnatelný. Mezi jednotlivými variantami nebyl prokázán statisticky významný rozdíl ve výnosu sušiny na 1 hektar.

**Tab. 4:** Hodnoty sušiny rostliny, stébla, palice a listů. Procentuální podíl palic na rostlině a výnos sušiny v tunách na 1 hektar. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0.05$  (ANOVA, Tukey). HK – hloubkové kypření, ST – strip till, O – orba.

<b>Varianta</b>	<b>Sušina rostliny (%)</b>	<b>Sušina stébla (%)</b>	<b>Sušina palice (%)</b>	<b>Sušina listů (%)</b>	<b>Hmotnostní podíl palic na rostlině (%)</b>	<b>Výnos (t/ha)</b>
<b>HK</b>	30,2a	20,1a	42,3a	26,1a	57,7a	21,957a
<b>ST</b>	30,7a	20,6a	41,6a	27,0a	58,8a	23,911a
<b>O</b>	36,7b	24,1b	48,6b	42,6b	55,0a	24,319a

Detailnější parametry byly zkoumány u jednotlivých palic. Průměrné hodnoty znázorňuje tabulka 5. Hodnoceny byly samotné palice bez listenů. Čerstvá hmotnost palic byla nejnižší u varianty s hlubokým kypřením (270,2 g) a významně se nelišila od varianty s pásovým zpracováním půdy. Nejvyšší a také statisticky průkazně vyšší hmotnost byla naměřena u orby (324,5 g). Stejnou tendenci naměřených hodnot lze pozorovat u suché hmotnosti palic, kde nejvyšší hmotnost vykazovala orba ve srovnání s variantami HK a ST. Průměr palic měřený 0,05 m od báze se pohyboval od 47,7 mm u varianty s hlubokým kypřením do 51,2 mm u orby. Průměr palic u pásového zpracování půdy byl 48,7 mm. Statisticky významný rozdíl v průměru palic byl stanoven u orby. Průměrnou nejnižší procentuální hmotnost sušiny palic znázorňuje tabulka 5 u pásového zpracování půdy.

Významně se tato hodnota odchyľuje od varianty s orbou. Mezi těmito variantami byl stanoven statisticky průkazný rozdíl v sušině palic. Mezi hlubokým kypřením a pásovým zpracováním půdy nebyl prokázán statisticky významný rozdíl, stejně tak mezi hlubokým kypřením a orbou. Při hodnocení délky palic bez listenů nebyl potvrzen statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými variantami. Souhrn znaků v podobě počtu řad obilek po obvodu a počtu semen v řadě neprokázal významný rozdíl mezi hodnocenými variantami.

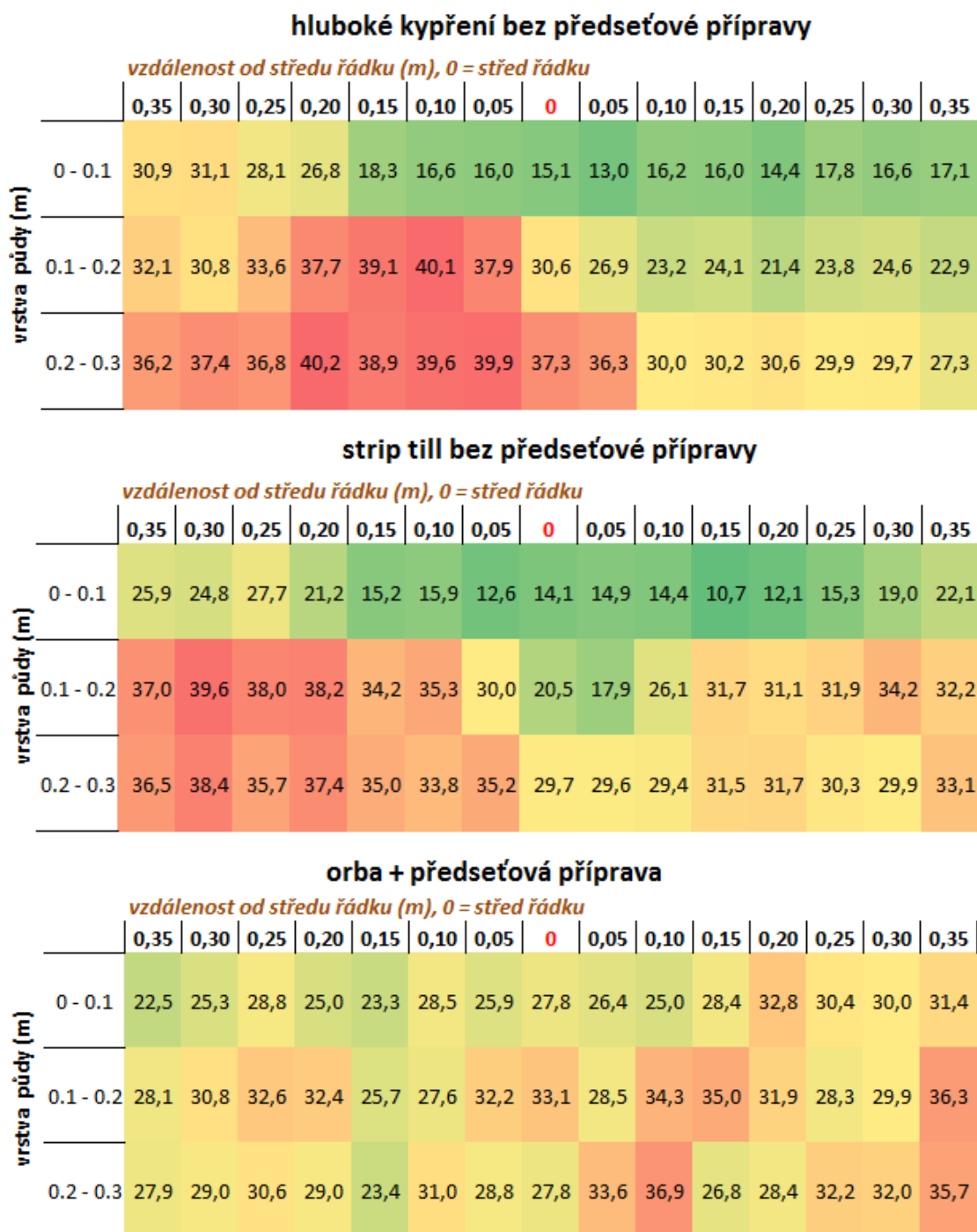
**Tab. 5:** Biometrické charakteristiky palice kukuřice seté na hodnocených variantách v termínu sklizně 2. 9. 2016. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha = 0.05$  (ANOVA, Tukey). HK – hloubkové kypření, ST – strip till, O – orba.

<b>Palice bez listenů</b>							
<b>Varianta</b>	<b>Čerstvá hmotnost (g)</b>	<b>Suchá hmotnost (g)</b>	<b>Průměr (mm)</b>	<b>Sušina (%)</b>	<b>Délka (m)</b>	<b>Počet řad obilek po obvodu</b>	<b>Počet semen v řadě</b>
<b>HK</b>	270,2a	125,1a	47,7a	46,4ab	0,210a	16,0a	35,5a
<b>ST</b>	283,6a	120,3a	48,7a	42,6a	0,221a	16,0a	37,7a
<b>O</b>	324,5b	163,0b	51,2b	50,2b	0,216a	16,8a	36,6a

### **Fyzikální vlastnosti půdy**

Obrázek 4 znázorňuje objemovou vlhkost půdy v závislosti na provedení předseťové přípravy. Vyšší vlhkost lze pozorovat u orby, kde byla provedena předseťová příprava. U hlubokého kypření a technologie strip till bez předseťové přípravy byla vlhkost půdy nižší. U orby lze pozorovat srovnatelnou objemovou vlhkost půdy ve vrstvě od 0 do 0,3 m. U hlubokého kypření a technologie strip till byla vlhkost půdy ve vrstvě 0 – 0,1 m nižší v porovnání s orbou.

**Obr. 4:** Hodnoty objemové vlhkosti půdy (%). Červená barva značí nejvyšší hodnoty, zelená nejnižší.





**Obř. 5:** Hodnoty penetračního odporu půdy při provedení předřetřové přípravy půdy u orby a bez předřetřové přípravy půdy u hlubokého kypřění.

Hĺoubka půdy (m)		Hodnoty penetračního odporu půdy (MPa)																																
		orba + předřetřová příprava							kypřění bez předřetřové přípravy																									
		vzdálenost od řádku (m), 0 = řádek							vzdálenost od řádku (m), 0 = řádek																									
		0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,05	0,05	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35			0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,05	0,05	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	
0		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
0,02		0,5	0,6	0,5	0,7	0,6	0,7	0,8	0,3	0,8	0,5	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,02		0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5
0,04		1,2	1,0	0,8	1,1	1,1	1,2	1,3	0,7	1,5	1,2	1,0	0,9	1,4	1,5	1,8	0,04		0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,5	0,7	
0,06		1,9	1,2	1,2	1,4	1,5	1,4	1,5	1,2	1,9	1,5	1,4	1,3	1,6	1,7	1,8	0,06		1,1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8	0,7	
0,08		1,9	1,4	1,5	1,5	1,6	1,4	1,6	1,5	2,0	1,7	1,4	1,3	1,6	1,9	1,8	0,08		1,0	0,9	0,9	0,8	0,6	0,7	0,5	0,9	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	
0,10		1,9	1,3	1,6	1,4	1,6	1,4	1,5	1,5	1,9	1,7	1,4	1,3	1,6	2,0	2,0	0,10		1,4	1,0	0,9	0,8	0,7	0,8	0,6	0,9	0,6	0,6	0,8	1,1	0,9	1,1	1,2	
0,12		1,8	1,3	1,5	1,5	1,5	1,4	1,6	1,4	2,0	1,8	1,4	1,4	1,7	2,2	2,0	0,12		1,6	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	0,7	1,0	0,6	0,6	0,8	1,1	1,0	1,3	1,3	
0,14		1,8	1,5	1,4	1,5	1,3	1,4	1,5	1,5	1,8	2,1	1,6	1,4	1,9	2,2	2,0	0,14		1,6	1,7	1,3	1,0	1,0	1,3	1,0	0,9	0,8	0,6	0,8	1,1	1,2	1,5	1,3	
0,16		2,0	1,4	1,7	1,5	1,4	1,6	1,7	1,6	2,0	2,1	1,7	1,6	2,1	2,3	2,2	0,16		2,0	1,8	1,5	1,1	1,2	1,5	1,4	1,2	0,8	0,8	0,9	1,0	1,4	1,8	1,2	
0,18		2,0	1,4	1,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	2,0	2,3	1,9	1,9	2,3	2,3	2,3	0,18		2,0	1,9	1,5	1,1	1,3	1,4	1,5	1,3	0,9	1,0	1,0	1,3	1,7	1,9	1,6	
0,20		2,1	1,5	1,9	1,7	2,0	1,9	2,0	2,0	2,2	2,5	2,1	2,0	2,3	2,6	2,5	0,20		2,2	1,9	1,5	1,2	1,4	1,5	1,5	1,5	1,0	1,2	1,0	1,4	2,1	1,9	2,0	
0,22		2,5	1,7	1,9	2,2	2,0	2,1	2,2	2,2	2,4	2,7	2,3	2,1	2,5	2,8	2,7	0,22		2,2	2,2	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7	1,4	1,3	1,1	1,0	1,4	1,8	1,9	2,2	
0,24		2,8	1,9	2,1	2,5	2,2	2,3	2,6	2,4	2,7	2,8	2,3	2,2	2,8	2,9	3,0	0,24		2,5	2,3	1,9	1,5	1,6	2,0	1,9	1,7	1,5	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,4	
0,26		3,0	2,3	2,4	2,6	2,5	2,5	2,8	2,6	2,9	3,0	2,5	2,3	3,0	3,1	3,3	0,26		2,8	2,6	2,2	1,8	1,8	2,2	2,0	1,8	1,6	1,3	1,5	1,8	2,2	2,7	2,7	
0,28		3,0	2,6	2,6	2,6	2,7	2,8	3,0	2,9	3,1	3,2	2,9	2,6	3,3	3,5	3,8	0,28		3,1	2,9	2,5	2,1	2,0	2,6	2,2	2,1	1,7	1,6	1,7	1,9	2,3	3,0	2,9	
0,30		3,3	2,7	2,8	3,0	3,1	3,1	3,3	3,2	3,6	3,6	3,2	3,1	3,7	4,1	4,2	0,30		3,5	3,3	2,8	2,5	2,4	3,0	2,5	2,5	1,9	1,7	1,8	2,1	2,7	3,2	3,2	

*modřá barva předřetřává nejnířší hodnoty, řevná nejvyšší*

Vliv předřetřové přípravy na hodnoty penetračního odporu na plořách s orbou znázorňuje obrázek 5. V důřledku provedení předřetřové přípravy lze pozorovat utuření půdního profilu u orby v porovnání s hlubkovým a pářovým kypřením bez předřetřové přípravy.

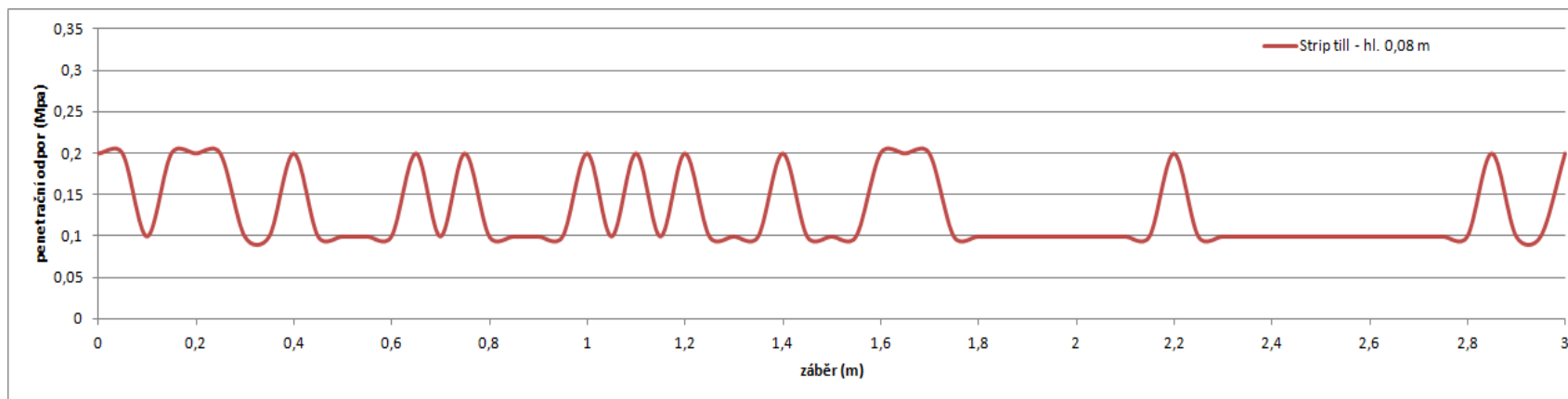
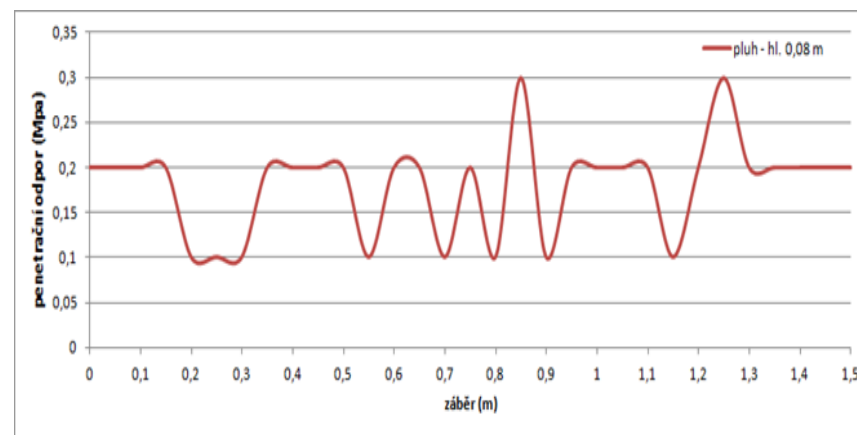
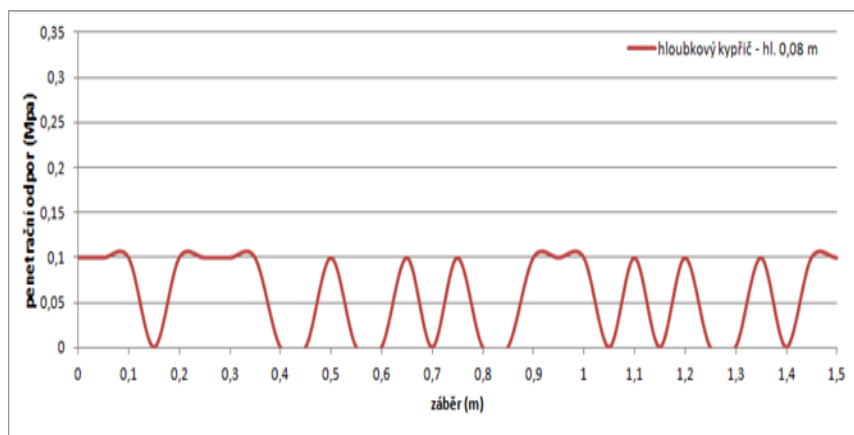
Grafy 2 – 6 dokumentují vyšší variabilitu penetračního odporu v tranřektu kolmém na směř pracovní jízdy v hodnocených hloubkách 0,08; 0,16; 0,32; 0,48 a 0,64 m u hlubokého kypřění a u pářového zpracování půdy v porovnání s orbou. Pomocí výpořtů základní popisné statistiky provedené v programu Microsoft Excel, lze jednořznačně vidět průměrnou nejvyšší hodnotu penetračního odporu (1,05 MPa) u pářového zpracování půdy. Pokud se zaměříme na oblast, kde půda byla zpracovaná slupicí, penetrační odpor zde nabývá hodnot výřazně nířších (0,7 MPa). U orby a hlubokého kypřění lze sledovat shodné hodnoty (0,85 MPa). Zmíněné hodnoty dokumentuje tabulka 6. Největřší interval hodnot penetračního odporu od 0,1 do 4,6 MPa lze pozorovat u technologie strip till, ale nejvyšřší hodnota penetračního odporu byla naměřena mimo zpracovaný pás v hloubce 0,64 m. Pokud se zaměříme u všech variant na penetrační odpor v místech, kde půda byla zpracovaná na určitou pracovní hloubku, nejvyšřší hodnoty odporu lze pozorovat v půdním profilu v hloubce 0,64 m u orby (3,8 MPa). U technologie pářového zpracování půdy pod oblastí nakypřěného pásu byl odpor půdy v hloubce 0,64 m 1,8 MPa a u hlubkového kypřiče 3 MPa. Pomocí výpořtu směřodatné odchylky lze určit, v jaké měře dochází k odchylce penetračního odporu od průměrné hodnoty. Tabulka 6 dokumentuje výřaznějšší kolísání v celém tranřektu u hlubokého kypřění a pářového zpracování půdy ve srovnání s orbou.

S narůstající hloubkou půdního profilu lze pozorovat u hloubkového kypřiče a technologie strip till výrazný efekt slupic na hodnoty penetračního odporu. Rozmístění pracovních orgánů na stroji znázorňují grafy 4 – 6. Rozteč mezi kypřicími slupicemi u hloubkového kypřiče byla 0,45 m a u pásového kypřiče 0,75m. Na grafech 5 a 6 si lze všimnout, že půdní profil je ovlivněn i pod hloubkou zpracování, která činila u hloubkového kypřiče 0,3 m a pásového kypřiče 0,25 m.

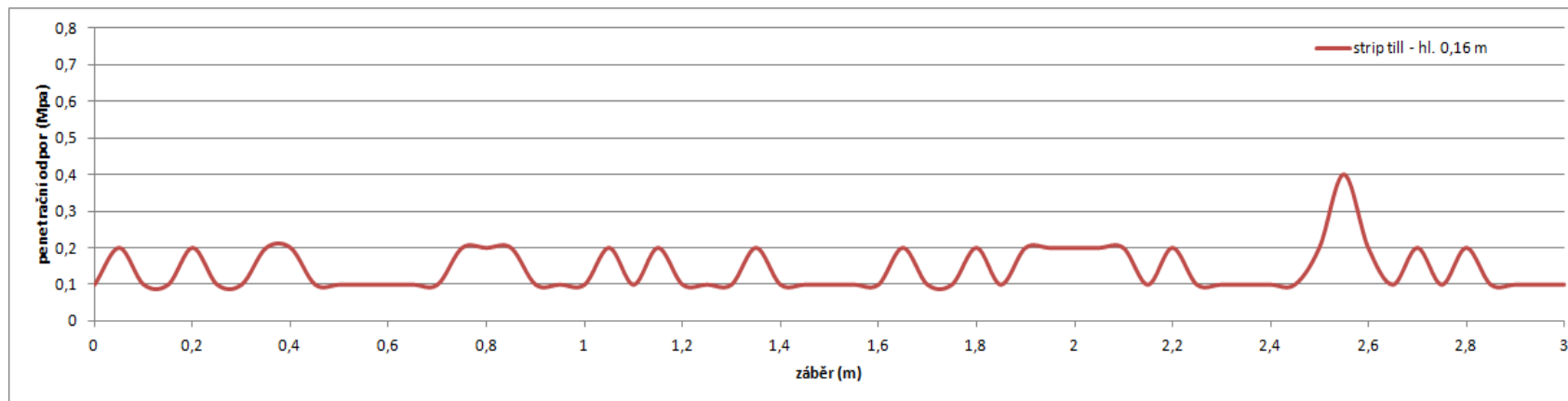
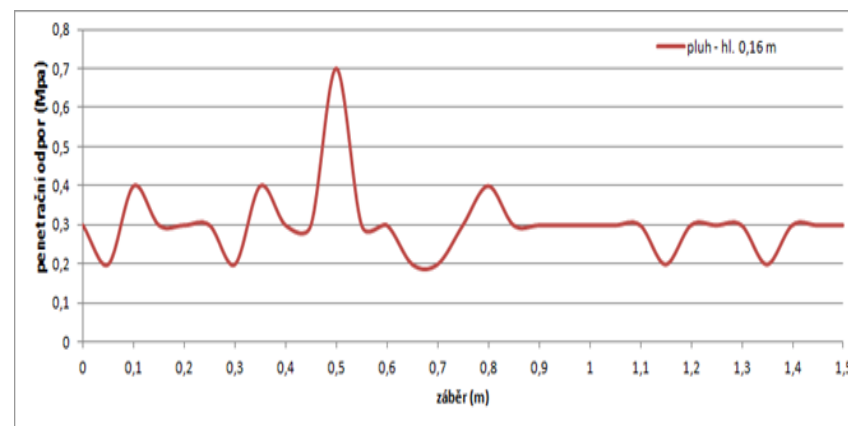
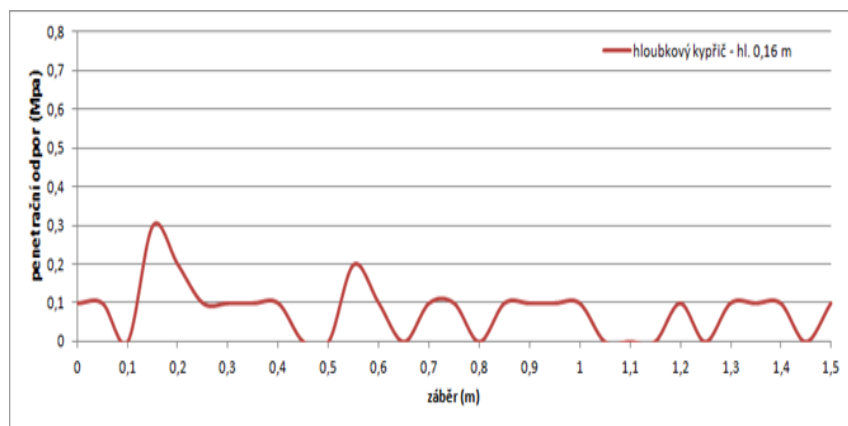
**Tab. 6:** Vybrané hodnoty popisné statistiky odpovídající grafům 1 – 5. Penetrační odpor byl hodnocen v hloubce 0,08; 0,16; 0,32; 0,48 a 0,64 m.

	<b>Hloubkový kypřič</b>	<b>Strip till</b>	<b>Pluh</b>	
		<b>Celý transket</b>	<b>Oblast zpracovaná slupicí</b>	
<b>Průměr (MPa)</b>	0,85	1,05	0,7	0,85
<b>Směrodatná odchylka (MPa)</b>	0,88	0,95	0,66	0,80
<b>Minimum (MPa)</b>	0	0,1	0,2	0,1
<b>Maximum (MPa)</b>	3	4,6	1,8	3,8

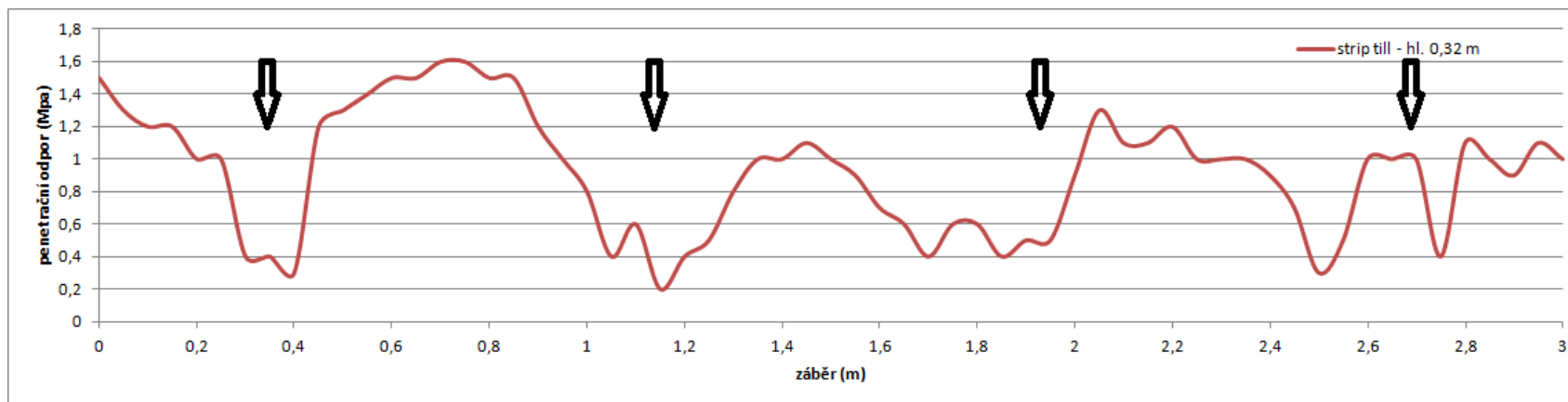
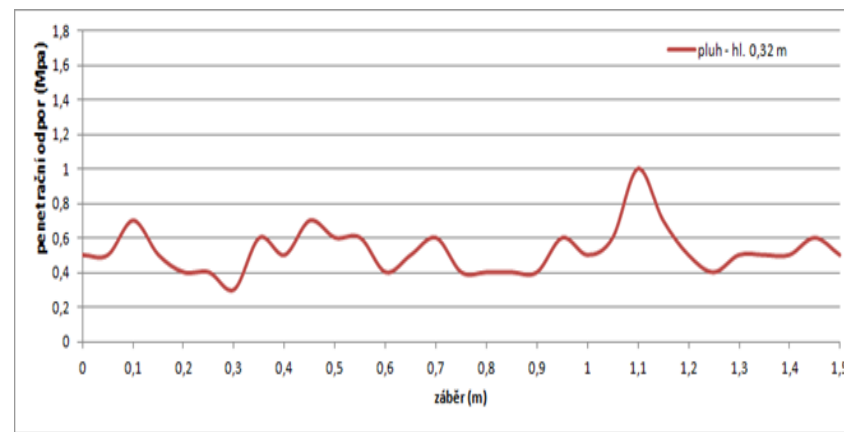
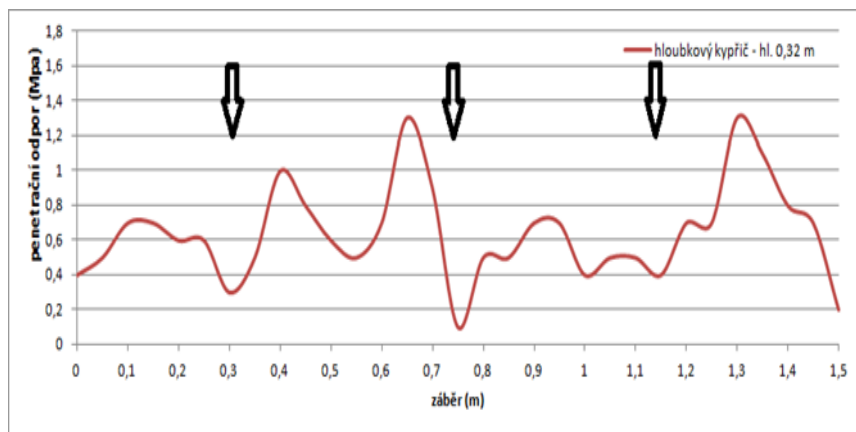
**Graf 2:** Hodnoty penetračního odporu (MPa) na plochách po použití hloubkového kypřiče s parabolickými slupicemi a orby byly zaznamenány v transektu kolmém na směr pracovní jízdy o délce 1,5 m, u technologie strip till v délce 3 m. Hodnocená hloubka činila 0,08 m.



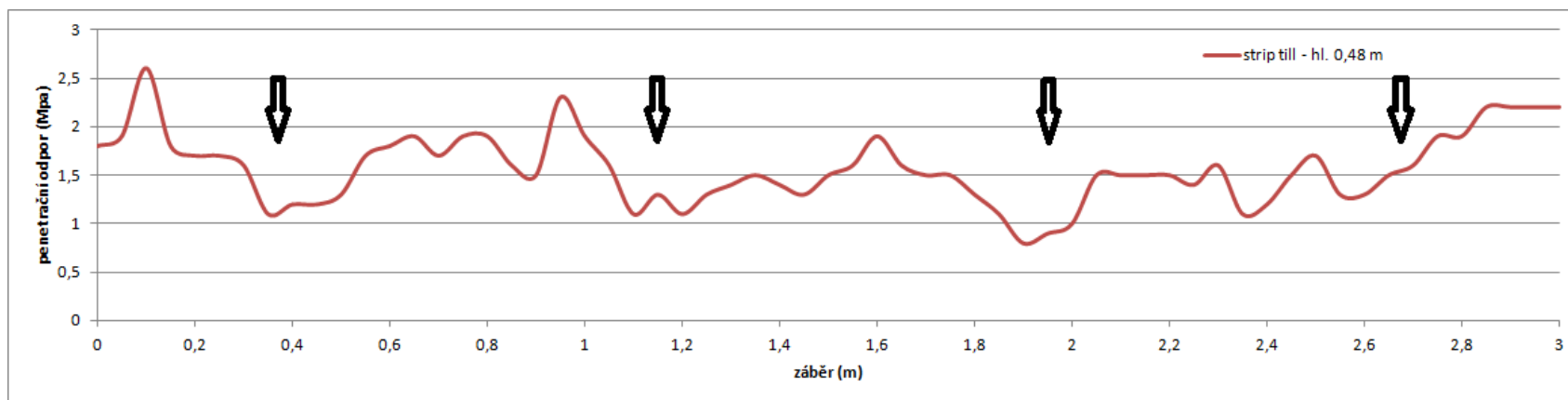
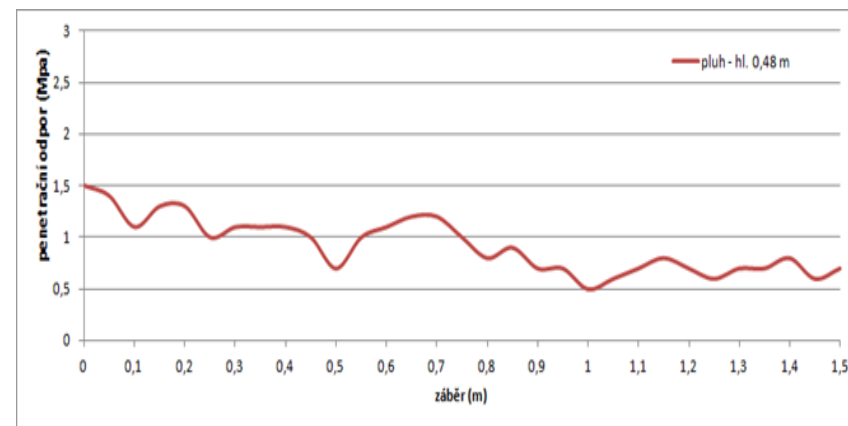
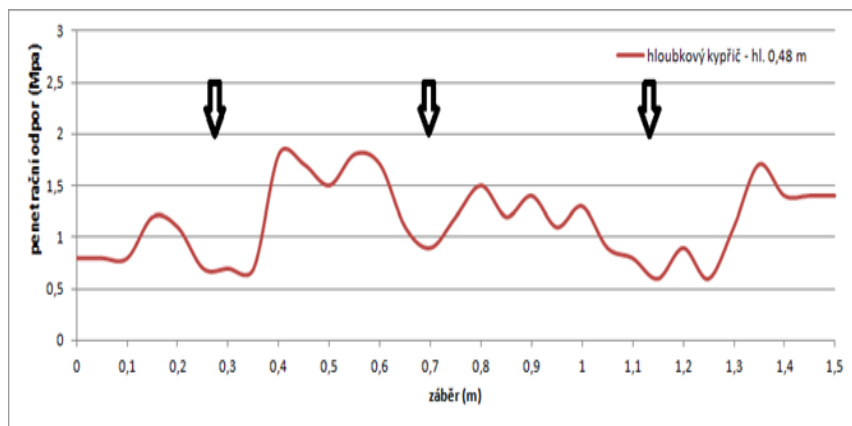
**Graf 3:** Hodnoty penetračního odporu (MPa) na plochách po použití hloubkového kypřiče s parabolickými slupicemi a orby byly zaznamenány v transektu kolmém na směr pracovní jízdy o délce 1,5 m, u technologie strip till v délce 3 m. Hodnocená hloubka činila 0,16 m.



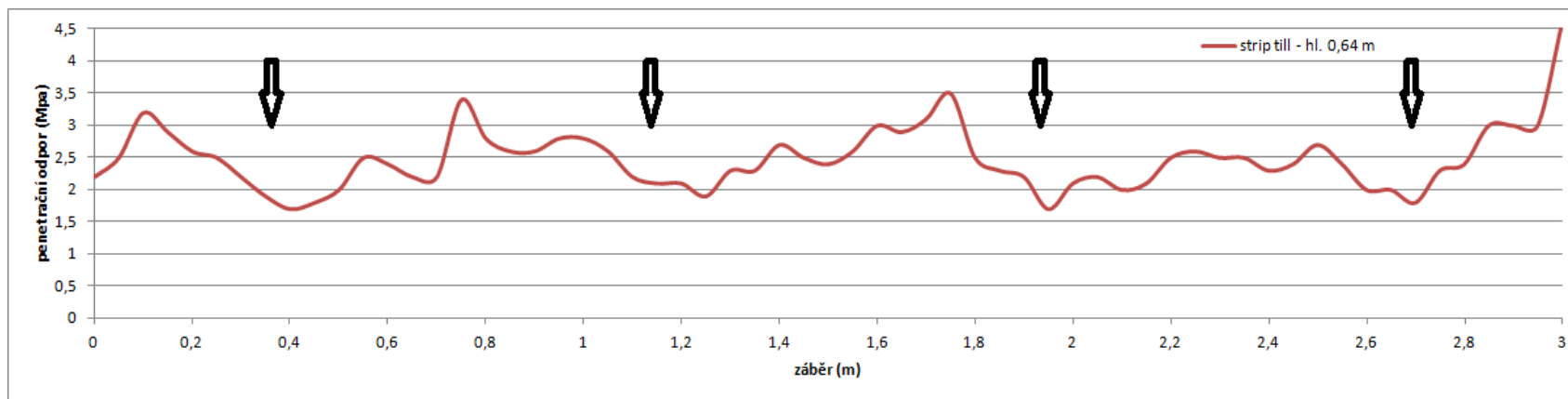
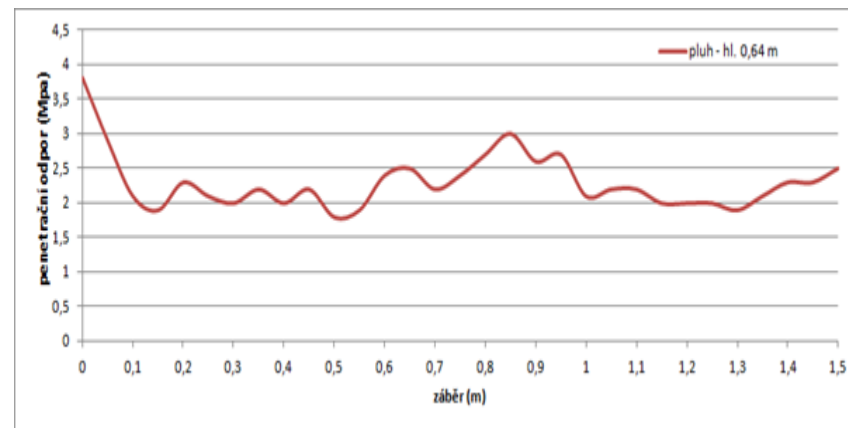
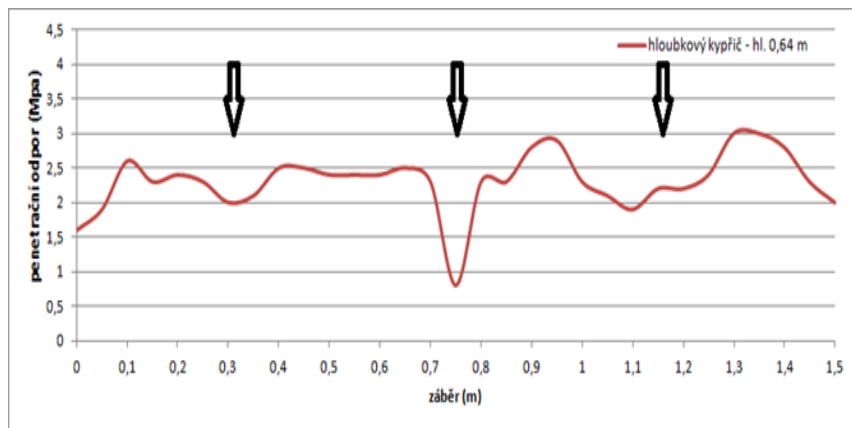
**Graf 4:** Hodnoty penetračního odporu (MPa) na plochách po použití hloubkového kypřiče s parabolickými slupicemi a orby byly zaznamenány v transektu kolmém na směr pracovní jízdy o délce 1,5 m, u technologie strip till v délce 3 m. Šipky u hloubkového kypřiče a strip till znázorňují rozmístění pracovních orgánů. Hodnocená hloubka činila 0,32 m.



**Graf 5:** Hodnoty penetračního odporu (MPa) na plochách po použití hloubkového kypříče s parabolickými slupicemi a orby byly zaznamenány v transektu kolmém na směr pracovní jízdy o délce 1,5 m, u technologie strip till v délce 3 m. Šipky u hloubkového kypříče a strip till znázorňují rozmístění pracovních orgánů. Hodnocená hloubka činila 0,48 m.



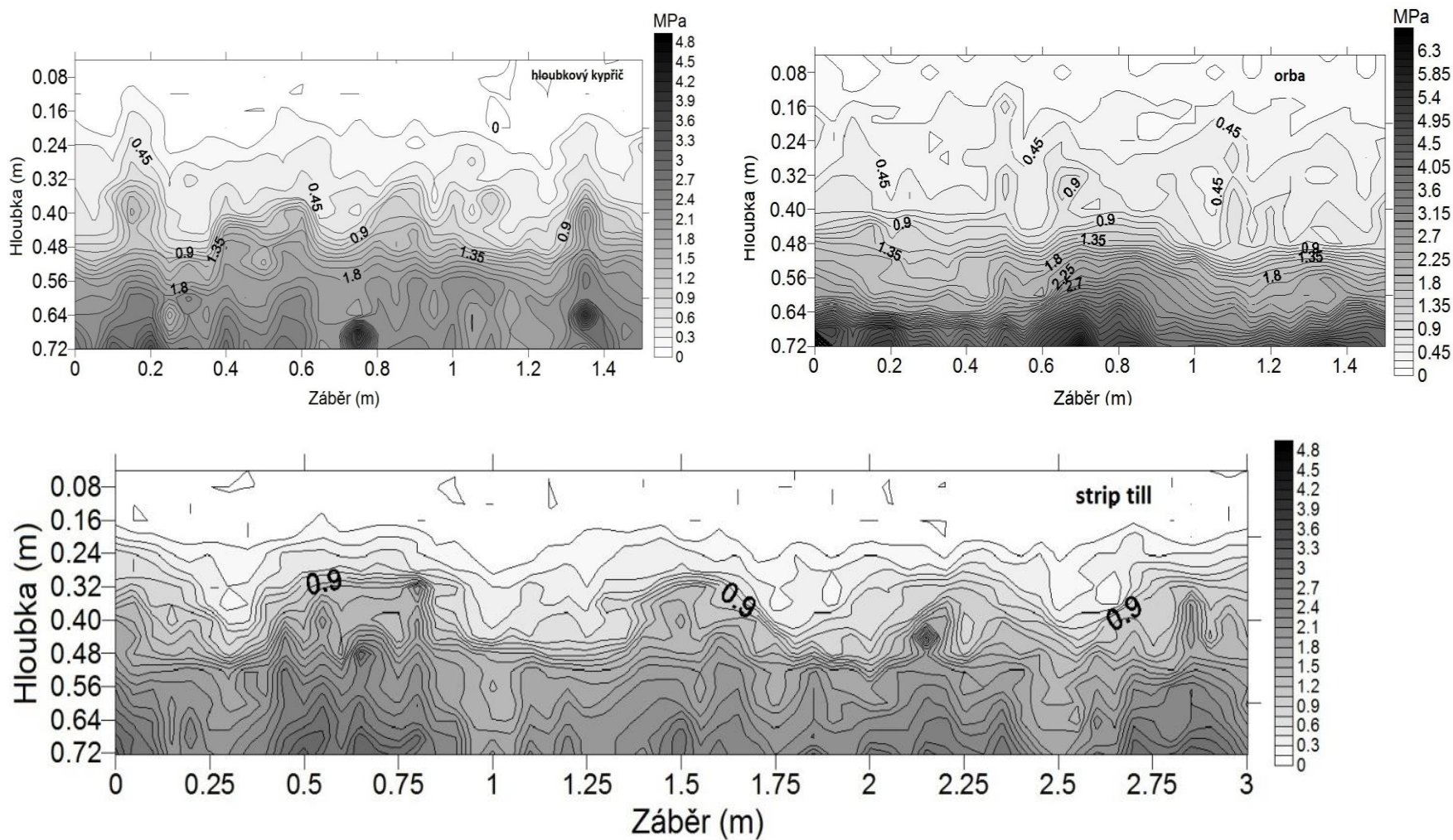
**Graf 6:** Hodnoty penetračního odporu (MPa) na plochách po použití hloubkového kypříče s parabolickými slupicemi a orby byly zaznamenány v transektu kolmém na směr pracovní jízdy o délce 1,5 m, u technologie strip till v délce 3 m. Šipky u hloubkového kypříče a strip till znázorňují rozmístění pracovních orgánů. Hodnocená hloubka činila 0,64 m.



Obrázek 6 znázorňuje hodnoty penetračního odporu na plochách zpracovaných hloubkovým kypřičem, technologií strip till a orbou. U všech tří variant je výrazně nakypřena vrstva půdy od 0 do 0,2 m. Od 0,2 m u technologie strip till v místech nezpracovaných slupic penetrační odpor narůstá. U hloubkového kypřiče dochází k mírnému utužení půdy v okolí pracovních těles, ke stejnému efektu dochází i u pásového kypřiče, ale dále od pracovních těles. Obrázek 6 znázorňuje boční kypřicí efekt slupic u technologie strip till s menším elevačním úhlem. Stejně jako na grafu 5 a 6 lze na obrázku 6 pozorovat pozitivní efekt slupic na vrstvy půdy pod hloubkou zpracování. Toto lze pozorovat zejména u hloubkového kypřiče a technologie strip till. U orby tento efekt není výrazný, od 0,45 do 0,56 m obrázek 6 dole dokumentuje podorniční podlahu, která je posunuta níže pod hloubku zpracování.

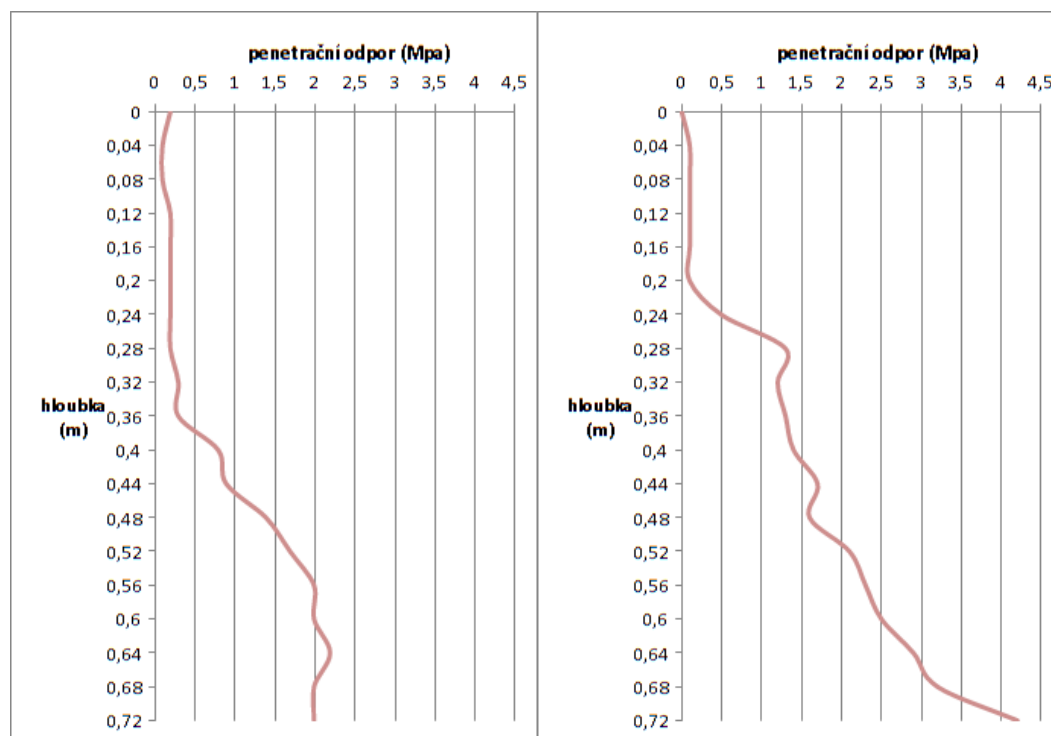


**Obr. 6:** Hodnoty penetračního odporu (MPa) na plochách s hloubkovým kypřičem, strip till a orbou byly zaznamenány v transektu kolmém na směr pracovní jízdy o délce 1,5 m, u technologie strip till v délce 3 m.



Nakypřenost půdního profilu pracovními orgány a tím prokazatelný pozitivní vliv na hodnoty penetračního odporu znázorňují grafy 7 a 8. Graf 7 dokumentuje rozdíl v průběhu penetračního odporu půdy u pásového kypřiče ve zpracovaných pásích a mezi pásy, kde půda není zpracovaná. Zpracovaný pás nabývá do hloubky 0,36 m hodnoty penetračního odporu do 0,5 MPa. Shodná hodnota mezi pásy končí v hloubce 0,24 m. Od této hloubky půdního profilu penetrační odpor výrazně narůstá. V hloubce 0,28 m dosahuje hodnoty 1,3 MPa. Ve zpracovaném pásu penetrační odpor 1,3 MPa lze zaznamenat až v hloubce 0,48 m. Graf 7 znázorňuje pozitivní vliv kypření slupicí v pracovní hloubce 0,25 m na půdní profil ve vyšších hloubkách (0,28 – 0,72 m).

**Graf 7:** Průběh hodnot penetračního odporu půdy s narůstající hloubkou u technologie strip till. Graf vlevo – půda zpracovaná slupicí (hloubka zpracování 0,25 m), graf vpravo – půda mezi pracovními orgány



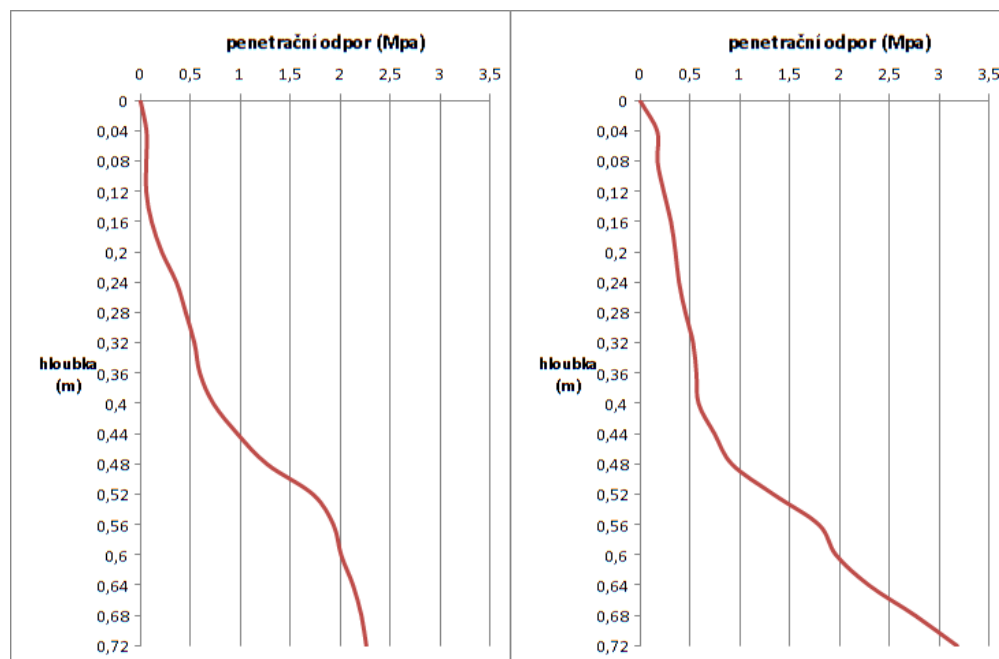
Na grafu 8 vlevo je znázorněn průběh penetračního odporu půdy u hloubkového kypřiče. V porovnání s orbou (graf 8 vpravo) vidíme pozitivní vliv nakypření vrchní části půdy do 0,12 m. Penetrační odpor zde nabývá hodnoty 0,06 MPa u kypřiče a u orby 0,24 MPa. V hloubce od 0,12 m do 0,28 m nabývá odpor půdy kontinuálně až na hodnotu 0,45 MPa u obou technologií zpracování půdy. V hloubce 0,28 – 0,6 m má penetrační odpor u obou

technologií podobný průběh, ale od hloubky 0,6 m dochází k výraznému nárůstu hodnot u orby. Detailnější průběh hodnot penetračního odporu půdy v hloubkách půdního profilu 0 – 0,2 m; 0,2 – 0,4 m; 0,4 – 0,6 m a 0,6 – 0,72 m znázorňují grafy 9 – 12.

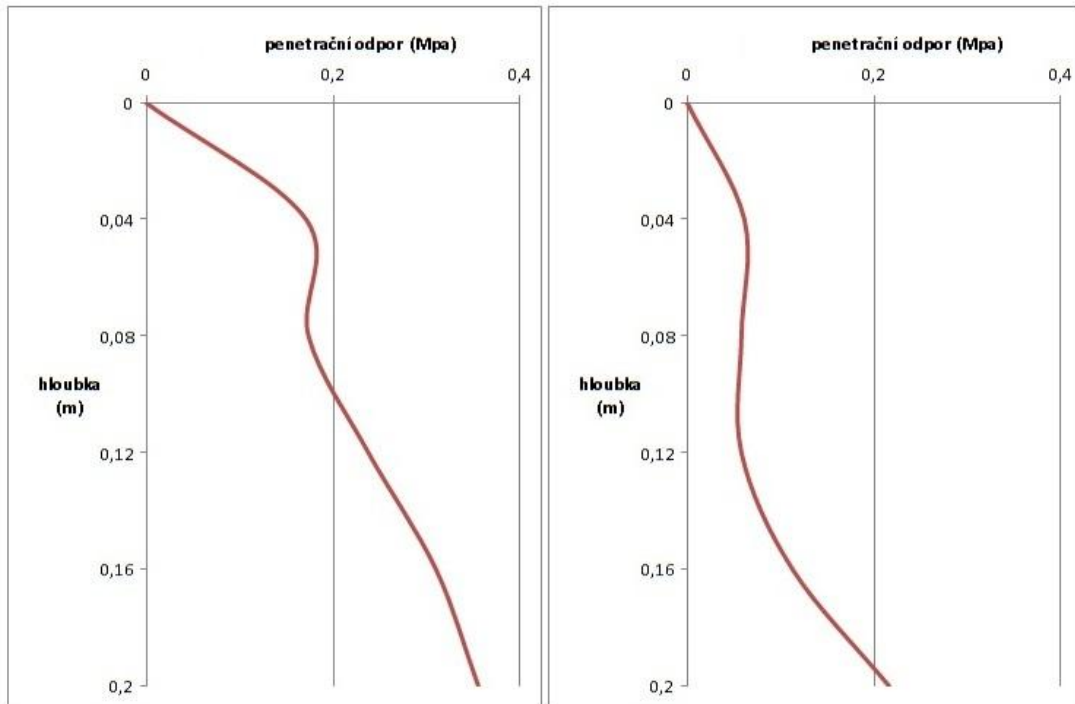
Stav prokypření půdního profilu po provedení hlubokého kypření, pásového kypření a orby na základě infiltrace modré barvy do půdy dokládá obrázek 7. Výrazné nakypření půdy je patrné zejména u orby do 0,4 m. U technologie strip till docházelo k výrazné infiltraci v místě zpracování půdy kypřící radlicí. Infiltrace modré barvy do půdy je zde viditelná i v hlubších vrstvách v porovnání s orbou a hlubokým kypřením.

**Graf 8:** Průběh hodnot penetračního odporu půdy s narůstající hloubkou.

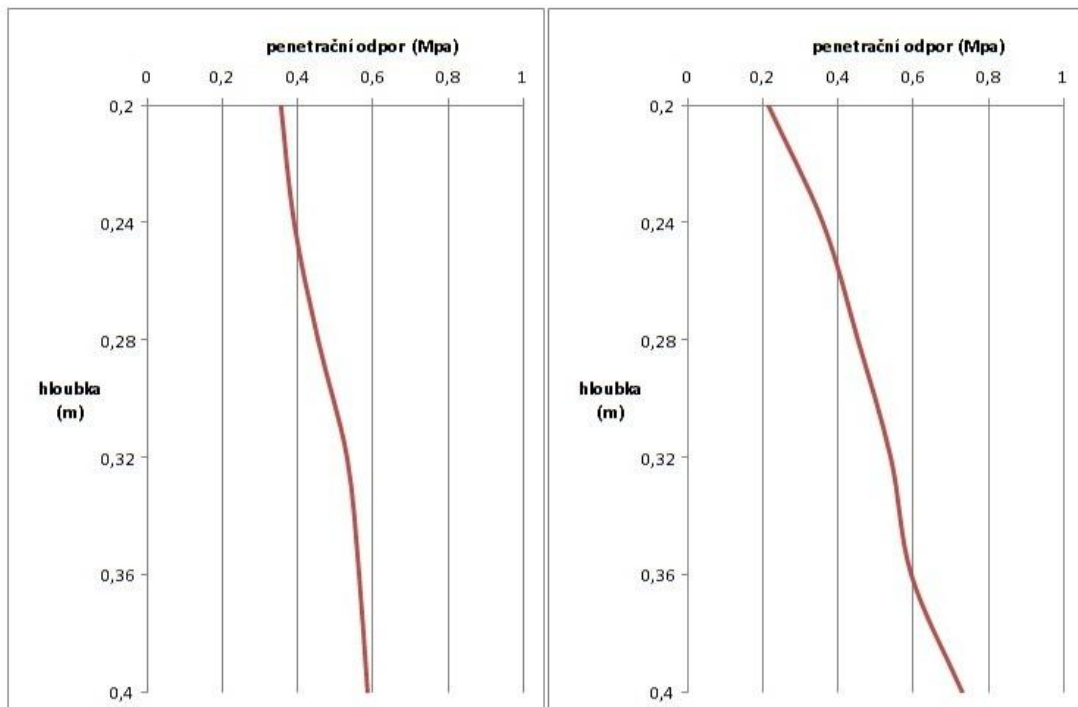
Graf vlevo – hloubkový kypřič s parabolickými slupicemi (hloubka zpracování 0,3 m), vpravo – orba (hloubka zpracování 0,3 m)



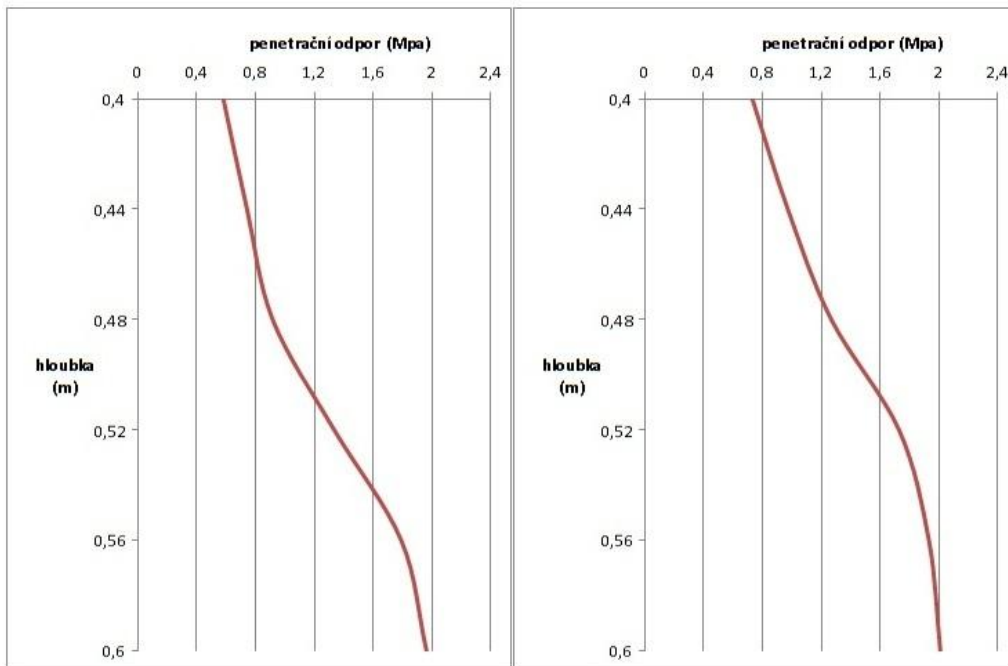
**Graf 9:** Porovnání průběhu penetračního odporu orby a hlubokého kypření v hloubce od 0 do 0,2 m. Graf vlevo – pluh, graf vpravo – hloubkový kypřič.



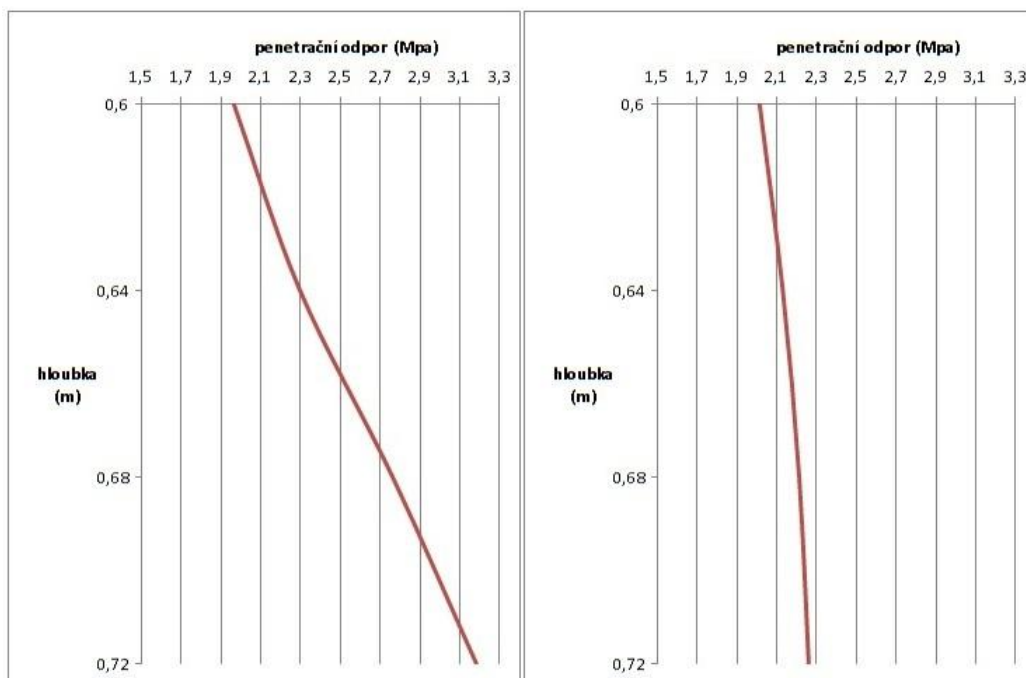
**Graf 10:** Porovnání průběhu penetračního odporu orby a hlubokého kypření v hloubce od 0,2 do 0,4 m. Graf vlevo – pluh, graf vpravo – hloubkový kypřič.



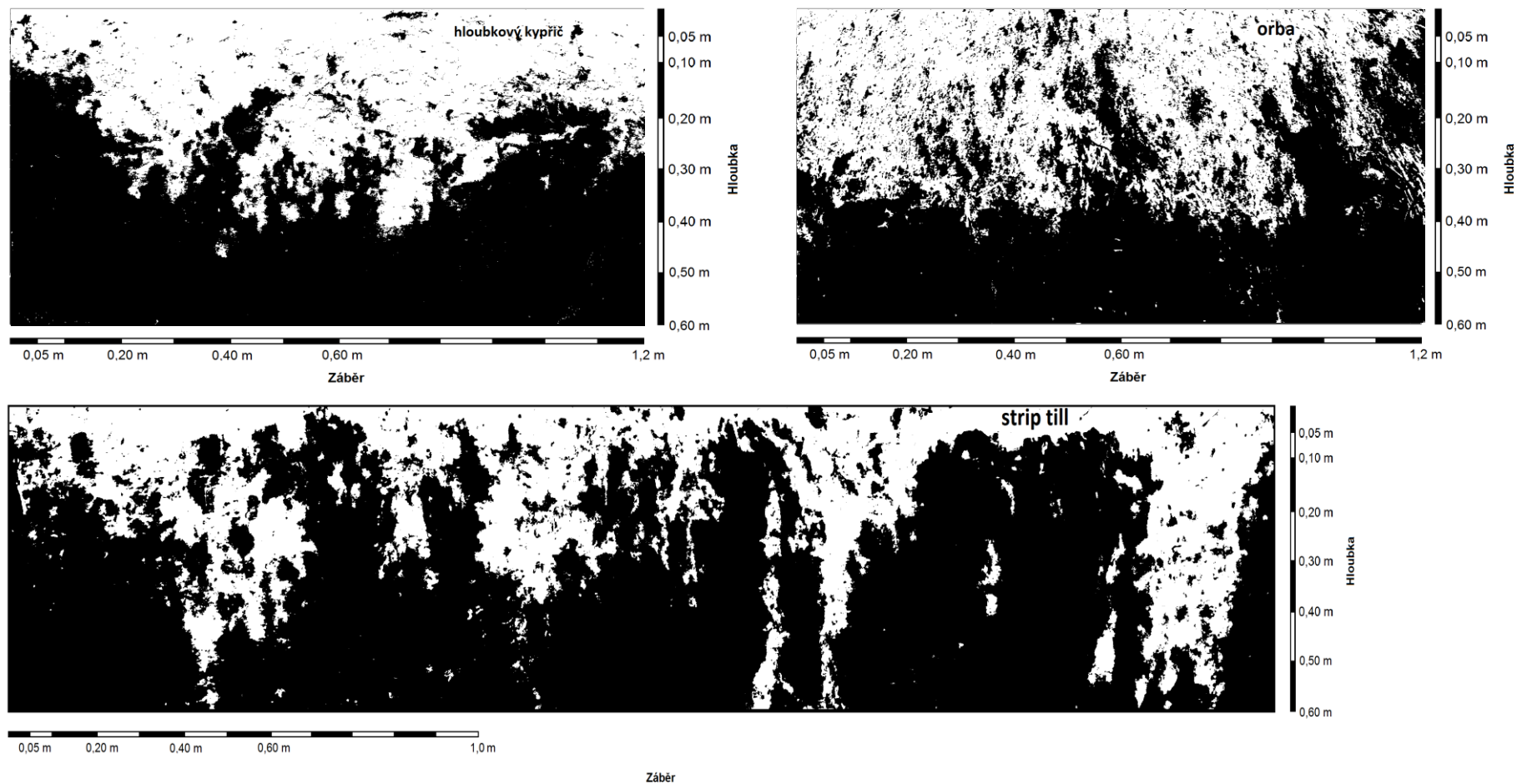
**Graf 11:** Porovnání průběhu penetračního odporu orby a hlubokého kypření v hloubce od 0,4 do 0,6 m. Graf vlevo – pluh, graf vpravo – hloubkový kypřič.



**Graf 12:** Porovnání průběhu penetračního odporu orby a hlubokého kypření v hloubce od 0,6 do 0,72 m. Graf vlevo – pluh, graf vpravo – hloubkový kypřič.



**Obr. 7:** Vsakování vody do půdního profilu. Bílá barva znázorňuje pohyb vody v půdním profilu po zpracování hloubkovým kypřičem, strip till a orbou.



## 6 Diskuze

### Biomasa kukuřice

Tabulka 1 dokumentuje suchou hmotnost rostlin kukuřice seté na hodnocených variantách 17. 6. 2016. Nejvyšší suchá hmotnost kukuřice seté u varianty s orbou se shoduje s výsledky pokusů od autora Zority (2000), který uvádí, že nejvyšší suchá hmotnost kukuřice seté byla zjištěna 41 dní po zasetí u varianty s orbou v porovnání s parapluhem a dlátovým kypřičem. Vyšší suchá hmotnost kukuřice zjištěná u hlubokého kypření v porovnání s technologií strip till se shoduje s výsledky, kterých dosáhli Vetsch et al. (2007). Tito autoři zjistili nejdelší rostliny kukuřice 35 dnů po vzejití u hlubokého kypření v porovnání s pásovým zpracováním půdy, setím do nezpracované půdy a dlátovým kypřičem. Důvodem vyšší průměrné hmotnosti rostlin kukuřice na oraných plochách vůči kypření a technologii strip till bylo vyšší utužení půdy v horní vrstvě půdy vzniklé při předseťové přípravě (obrázek 5), které s velkou pravděpodobností přispělo k podpoře kapilárního vzlínání vody ze spodnějších vrstev ornice v období nedostatku srážek z počátku vegetace (graf 1) a zároveň zpomalilo infiltraci vody do spodních vrstev oproti plochám bez předseťové přípravy půdy (kypření, strip till). Během vegetace díky srážkovým úhrnům (graf 1) došlo k vyrovnání biomasy mezi variantami a dne 2. 9. 2016 při hodnocení nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v suché hmotnosti rostlin mezi jednotlivými variantami (tabulka 3). U technologie hlubokého kypření a strip till lze pozorovat nižší sušinu celých rostlin i jednotlivých částí (tabulka 4). To může být způsobeno lepší dostupností vody pro rostliny kukuřice v druhé polovině vegetace v porovnání s orbou. Z tohoto důvodu můžeme v tabulce 3 pozorovat nejnížší čerstvou hmotnost rostlin a jednotlivých částí rostliny u orby. Rostliny na této variantě byly nejdelší a vyznačovaly se největšími palicemi (tabulka 5), a z tohoto důvodu pravděpodobně nezaostávaly v celkovém výnosu biomasy kukuřice (tabulka 4). Gajri et al. (1991), Gajri et al. (1994) a Arora et al. (1991) ve svých pokusech poukazují na vyšší výnos zrna kukuřice až o 88 % u varianty hlubokého kypření v období nedostatku srážek a na půdách, které špatně zadržují vodu v porovnání s mělkým kypřením. V tabulce 3 je uvedena délka rostlin v období sklizně. Statisticky průkazně nejmenší rostliny vykazuje technologie strip till, ale ve srovnání s orbou má vyšší čerstvou hmotnost palic a listů (tabulka 3), a proto poskytuje srovnatelný výnos s hlubokým kypřením a orbou. U technologie strip till můžeme v tabulce 4 pozorovat i nejvyšší hmotnostní podíl palic na rostlině.

## Fyzikální vlastnosti půdy

Z obrázku 4 je patrný vliv předseťové přípravy na objemovou vlhkost půdy. Předseťová příprava způsobující mírné utužení vrchní vrstvy půdy zřejmě měla za následek vytvoření lepších podmínek pro vzlínání vody z hlubších vrstev. Důvodem vyšší vlhkosti půdy u orby s předseťovou přípravou může být lepší zadržování srážkové vody v porovnání s hlubokým a pásovým kypřením bez provedení předseťové přípravy, kde zpracovaná vrstva půdy zřejmě vykazuje větší procento půdních pórů, které umožňují infiltraci vody do hlubších vrstev. U hloubkového kypřiče se projevuje vliv konstrukce, kdy mezi jednotlivými slupicemi vznikají méně nakypřené pásy, které vykazují větší vzlínavost vody a mohou sloužit jako zdroj vody, v období, kdy kořeny rostlin dlouhivým růstem dosáhnou těchto míst.

V tabulce 6 jsou uvedeny průměrné hodnoty penetračního odporu půdy v hloubce od 0,08 do 0,64 m. Nejvyšší průměrná hodnota v celém transektu byla zjištěna u technologie strip till. Tato hodnota je ovlivněna vyšším penetračním odporem měřeným mimo pracovní slupice, tedy mezi kypřenými pásy, kde půda nebyla zpracovaná (graf 7). V místech, kde půda u technologie strip till byla zpracovaná kypřicí radlicí, dosahoval penetrační odpor nižších hodnot než u orby a hloubkového kypření. Z toho lze usoudit na pozitivní vliv na vývoj kořenů rostlin. Překážkou může někdy být utužení stěn vytvářených rýh za nevhodných nejčastěji vlhkých podmínek. Na tento negativní efekt poukazuje ve svých výzkumech Brant (2016). Mírné utužení půdy na stěnách rýh i pod samotným kypřícím dlátem znázorňuje obrázek 6 u technologie strip till a hloubkového kypřiče. U orby pak dochází k utužení pod pracovními tělesy působením ostří pluhu a přejezdem pneumatiky traktoru po dnu brázdy. Utužení půdy v okolí pracovních těles je vždy zvládnutelné provedením pracovní operace za nevhodných podmínek.

Nakypření půdního profilu v hloubce od 0 do 0,2 m lze pozorovat na obrázku 6. Toto nakypření je výraznější u hloubkového a pásového kypřiče, u orby v této vrstvě lze pozorovat mírně vyšší hodnoty penetračního odporu. V souhrnu lze konstatovat, že tato vrstva je nakypřena v důsledku dvakrát provedené podmínky před samotným kypřením a orbou. Graf 9 dokumentuje jednoznačně pozitivní vliv hloubkového kypřiče na hodnoty penetračního odporu v půdním profilu od 0 do 0,2 m v porovnání s orbou. U pluhu je odpor půdy 0,2 MPa v hloubce 0,1 m, zatímco u hloubkového kypřiče v hloubce téměř 0,2 m. Vyšší hodnoty penetračního odporu půdy u orby v této hloubce jsou způsobeny předseťovou přípravou (obrázek 5). Tento rozdíl může mít vliv na rozvoj kořenového systému rostlin.



Mikulka et al. (2006) naměřili u orby v hloubce 0,1 m odpor půdy 1 MPa. Obrázek 3 znázorňuje omezený růst kořenů kukuřice do hloubky v porovnání s kypřením. Omezený dlouhý růst kořenů může být také způsoben utužením seťové rýhy secím strojem, zejména pak za vlhčích podmínek. Z toho vyplývá zvyšující se nárok na důsledné nastavení přitlaku výsevních sekcí s ohledem na technologii zpracování půdy, které samotnému setí předcházelo. Častým jevem bývá nastavení vyššího přitlaku secích botek za pneumatikou traktoru, která způsobuje utužení půdy, a tím poskytuje špatné podmínky pro vzcházení rostlin. Důležitým opatřením v této situaci je správná agregace tažného prostředku a secího stroje, kdy pneumatika traktoru neutužuje místo dráhy výsevní sekce, ale utužuje půdu mezi výsevními sekcemi. Pokud takovou agregaci při zakládání porostů kukuřice nelze sestrojít, pak je důležité zajistit opětovné nakypření utužené vrstvy půdy po přejetí pneumatikou traktoru. Následky nevhodné agregace tažného prostředku a secího stroje se mohou odrazit ve špatném vývoji rostlin a omezeném růstu, které se může projevat až do období sklizně, a tím může dojít ke snížení celkového výnosu biomasy kukuřice.

Odlišné působení na fyzikální vlastnosti půdy lze sledovat s přibývajícím hloubkou (pod 0,3 m), kdy hloubkový kypřič příznivě působí hlouběji na půdní profil v porovnání s orbou (graf 10 - 12). Pozitivní vliv hlubokého kypření na hodnoty penetračního odporu potvrzují i Busscher et al. (2002). Negativní vlastností orby bývá často vytvoření podorniční podlahy, která ovlivňuje hodnoty penetračního odporu. Jak lze vidět na grafu 10 v tomto případě výrazná podorniční podlaha pod pracovními tělesy nevznikla, ale na obrázku 6 dole lze pozorovat podorniční podlahu, která byla posunuta pod hloubku zpracování. Podorniční podlaha se v půdním profilu může vyskytovat z důvodu opakovaně provedené orby.

Graf 7 znázorňuje průběh penetračního odporu u technologie strip till mezi pracovními orgány a v místě, kde půda byla zpracována slupicí. Do hloubky 0,2 m nabývá penetrační odpor půdy téměř shodných hodnot. To lze odůvodnit podmínkou, která byla provedena před samotným pásovým kypřením. Od 0,2 m v místě, kde půda nebyla zpracovaná, penetrační odpor narůstá. Pozitivní vliv na půdní profil kypřením slupice lze pozorovat na grafu 7 vlevo, kdy v hloubce 0,72 m nabývá penetrační odpor hodnot přibližně 2 MPa, u orby ve stejné hloubce můžeme vidět na grafu 8 vpravo hodnotu 3,2 MPa a na stejném grafu vlevo u hloubkového kypřiče hodnotu 2,25 MPa. Nižší hodnoty v hloubce 0,6 m u technologie strip till (1,7 MPa) v porovnání s hlubokým kypřením (2,0 MPa) naměřil i Licht a Al-Kaisi (2005).

Hodnocení infiltrace vody do půdního profilu pomocí modré barvy znázorňuje obrázek 7. Výrazný kypřicí efekt lze pozorovat u technologie strip till, kde infiltrace probíhala intenzivně i pod pracovní hloubkou kypřících radlic. Při vyšším úhrnu srážek během vegetace může u technologie strip till a hlubokého kypření dojít k výraznější infiltraci do spodních vrstev v porovnání s mělkým zpracováním půdy. U hlubokého kypření a technologie strip till v místě zpracování kypřicí radlicí dochází k razantnějšímu zásahu do půdní struktury, které může mít za následek horší vzlínavost vody ke kořenům rostlin v porovnání s předseťovou orbou nebo mělkým kypřením.

## 7 Závěr

Z dosažených výsledků lze vyvodit tyto závěry:

1. Hluboké kypření dosahovalo nižších hodnot penetračního odporu půdy v hodnocených hloubkách v porovnání s orbou.
2. Strip till vykazovalo v místě zpracování kypřící radlicí nejnižší hodnoty penetračního odporu půdy v porovnání s hlubokým kypřením a orbou.
3. Předseťová příprava provedená na variantě s orbou ovlivnila vzcházivost rostlin a vývoj porostu kukuřice seté díky lepšímu zadržení dešťových srážek a lepší vzlínivosti vody v půdním profilu.
4. Hluboké kypření neposkytuje dostatek vody pro rostliny s nerozvinutým kořenovým systémem při deficitu srážek z důvodu horší vzlínivosti vody z hlubších vrstev půdy.

### Doporučení pro praxi

Hluboké kypření jako základní zpracování půdy před založením porostů kukuřice seté lze použít jako alternativní zpracování půdy vedle konvenčních technologií. Volba této technologie by se měla odvíjet od stavu pozemku, jeho fyzikálních vlastností, předplodině, zapravení organických hnojiv a především od znalostí pěstitele o konkrétním pozemku. Vývoj porostů se bude vždy odvíjet od povětrnostních podmínek během vegetace panujících v dané lokalitě.

## 8 Seznam literatury

Alvarez, R., Steinbach, H. S. 2009. A review of the effects of till systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil and Tillage Research*. 104 (1). 1 – 15 s.

Ankeny, M. D., Kaspar, T. C., Prieksat, M. A. 1995. Traffic effects on water infiltration in chisel-plow and no-till systems. *Soil Science Society of America Journal*. 59 (1). 200 – 204 s.

Arora, V. K., Gajri, P. R., Prihar, S. S. 1991. Tillage effects on corn in sandy soils in relation to water retentivity, nutrient and water management, and seasonal evaporativity. *Soil and Tillage Research*. 21 (1 – 2). 1 – 21 s.

Babujia, L. C., Hungria, M., Franchini, J. C., Brookes, P. C. 2010. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-till and conventional tillage. *Soil Biology and Biochemistry*. 42 (12). 2174 – 2181 s.

Ball, D. A. 1992. Weed seed bank response to tillage, herbicides, and crop rotation sequence. *Weed Science*. 40. 654 – 659 s.

Baumhardt, R. L., Jones, O. R. 2005. Long-term benefits of deep tillage on soil physical properties and crop yield. *Tillage systems conference, Clemson university*. 95 – 101 s.

Blackshaw, R. E., Larney, F. O., Lindwall, C. W., Kozub, G. C. 1994. Crop rotation and tillage effects on weed populations on the semi-arid canadian prairies. *Weed Technology*. 8. 231 – 237 s.

Blanco – Canqui, H. 2011. Does no-till farming induce water repellency to soils? *Soil Use and Management*. 27 (1). 2 – 9 s.

- Botta, G. F., Jorajuria, D., Balbuena, R., Ressa, M., Ferrero, C., Rossato, H., Tourn, M. 2006. Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Helianthus annus L.*) yields. *Soil and Tillage Research*. 91 (1). 164 – 172 s.
- Brant, V. 2016. Pásové zpracování půdy (strip tillage). Profi Press. Praha. 135 s. ISBN 978-80-86726-76-2.
- Brant, V., Kroulík, M. 2012. Pásové zpracování půdy (strip - tillage). *Úroda*. 60 (5). 24 – 27 s.
- Brant, V., Kroulík, M., Škeříková, M., Zábranský, P., Pivec, J., Chyba, J., Šindelář, M. 2014. Podzimní pásové zpracování půdy ke kukuřici seté. *Agromanuál*. 9 (6). 90 – 95 s.
- Buhler, D. D. 1992. Population dynamics and control of annual weeds in corn (*Zea mays*) as influenced by tillage systems. *Weed Science*. 40. 241 – 248 s.
- Buman, R. A., Alessi, B. A., Hatfield, J. L., Karlen, D. L. 2004. Profit, yield, and soil quality effects of tillage systems in corn – soybean rotations. *Journal of soil and water conservation*. 59 (6). 260 – 270 s.
- Buschiazzo, D. E., Panigatti, J. L., Unger, P. W. 1998. Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas. *Soil and Tillage Research*. 49 (1). 105 - 116 s.
- Busscher, W. J., Bauer, P. J., Frederick, J. R. 2002. Recompaction of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. *Soil and Tillage Research*. 68 (1). 49 – 57 s.
- Busscher, W. J., Frederick, F. J., Bauer, P. J. 2000. Timing effects of deep tillage on penetration resistance and wheat and soybean yield. *Soil Science Society of America Journal*. 64 (3). 999 – 1003 s.

Capowiez, I., Cadoux, S., Bouchant, P., S., Ruy, Roger – Estrade, J., Richard, G., Boizard, H. 2009. The effect of tillage type and cropping system on earthworm communities, macroporosity and water infiltration. *Soil and Tillage Research*. 105 (2). 209 – 216 s.

Clements, D. L., Benoit, D. L., Murphy, S. D., Swanton, C. J. 1996. Tillage effects on weed seed return and seedbank composition. *Weed Science*. 44. 314 – 322 s.

Congreves, K. A., Hayes, A., Verhallen, E. A., Van Eerd, L. L. 2015. Long-term impact of tillage and crop rotation on soil health at four temperate agroecosystems. *Soil and Tillage Research*. 152. 17 – 28 s.

Černý, V. 1963. *Zpracování půdy a její využití*. SZN. Praha. 101 s.

De Alba, S. 2001. Modeling the effect of complex topography and patterns of tillage on soil translocation by tillage with mouldboard plough. *Journal of Soil and Water Conservation*. 56 (4). 335 – 345 s.

De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., Pisante, M. 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research*. 92 (1). 69 – 78 s.

Derksen, D. A., Lafond, G. P., Thomas, A. G., Loepky, H. A., Swanton, C. J. 1993. Impact of agronomic practices on weed communities: Till systems. *Weed Science*. 41. 409 – 417 s.

Díaz - Zorita, M. 2000. Effect of deep-tillage and nitrogen fertilization interactions on dryland corn (*Zea mays* L.) productivity. *Soil and Tillage Research*. 54 (1). 11 – 19 s.

Drury, C. F., Tan, C. S., Reynolds, W. D., Welacky, T. W., Weaver, S. W., Hamill, A. S., Vyn, T. J. 2003. Impacts of zone tillage and red clover on corn performance and soil physical quality. *Soil Science Society of America Journal*. 67 (3). 867 – 877 s.

Drury, C. F., Tan, Ch. S., Welacky, T. W., Oloya, T. O., Hamill, A. S., Weaver, S. E. 1999. Red clover and tillage influence on soil temperature, water content, and corn emergence. *Agronomy Journal*. 91 (1). 101 – 108 s.

Duiker, S. W., Beegle, D. B. 2006. Soil fertility distributions in long-term no-till, chisel/disk and moldboard plow/disk systems. *Soil and Tillage Research*. 88 (1). 30 – 41 s.

Ehlers, W., Köpke, U., Hesse, F., Böhm, W. 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil and Tillage Research*. 3 (3). 261 – 275 s.

Fernández, F. G., White, C. 2012. No-till and strip-till corn production with broadcast and subsurface-band phosphorus and potassium . *Agronomy Journal*. 104 (4). 996 – 1005 s.

Gajri, P. R., Arora, V. K., Chaudhary, M. R. 1994. Maize growth responses to deep tillage, straw mulching and farmyard manure in coarse textured soils of N.W. India. *Soil use and management*. 10 (1). 15 – 19 s.

Gajri, P. R., Prihar, S. S., Cheema, H. S., Kapoor, A. 1991. Irrigation and tillage effects on root development, water use and yield of wheat on coarse textured soils. *Irrigation Science*. 12 (3). 161 – 168 s.

Gerontidis, D. V. S., Kosmas, C., Detsis, B., Marathianou, M., Zafirious, T., Tsara, M. 2001. The effect of moldboard plow on tillage erosion along a hillslope. *Journal of Soil and Water Conservation*. 56 (2). 147 -152 s.

Gill, K. S., Arshad, M. A. 1995. Weed flora in the early growth period of spring crops under conventional, reduced, and zero tillage systems on a clay soil in northern Alberta, Canada. *Soil and Tillage Research*. 33 (1). 65 – 79 s.

Gilley, J. E., Eghball, B., Kramer, L. A., Moorman, T. B. 2000. Narrow grass hedge effects on runoff and soil loss. *Journal of Soil and Water Conservation*. 55 (2). 190 – 196 s.

Gozubuyuk, Z., Sahin, U., Adiguzel, M. C., Ozturk, I., Celik, A. 2015. The influence of different tillage practices on water content of soil and crop yield in vetch – winter wheat rotation compared to fallow – winter wheat rotation in a high altitude and cool climate. *Agricultural Water Management*. 160. 84 – 97 s.

Guy, S. O., Cox, D. B. 2002. Reduced tillage increases residue groundcover in subsequent dry pea and winter wheat crops in the Palouse region of Idaho. *Soil and Tillage Research*. 66 (1). 69 – 77 s.

Håkansson, I., Stenberg, M., Rydberg, T. 1998. Long-term experiments with different depths of mouldboard ploughing in Sweden. *Soil and Tillage Research*. 46 (3). 20 – 223 s.

Hamza, M. A., Anderson, W. K. 2000. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research*. 82 (2). 121 – 145 s.

Han, W., Wang, X., Suo, W., Zhou, X., Zhang, Ch., Shi, Sh. 2013. Investigating variation in soil properties by agricultural machinery compaction. *Advances in Information Sciences and Service Sciences*. 5 (4). 898 – 904 s.

Hassan, F. U., Ahmad, M., Ahmad, N., Kaleem Abbasi, M. 2007. Effects of subsoil compaction on yield and yield attributes of wheat in the sub - humid region of Pakistan. *Soil and Tillage Research*. 96 (1). 361 – 366 s.

He, J., Wang, Q., Li, H., Tullerg, J. N., McHugh, A. D., Bai, Y., Zhang, X., McLaughlin, N., Gao, H. 2009. Soil physical properties and infiltration after long-term no-tillage and ploughing on the Chinese Loess Plateau. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 37 (3). 157 – 166 s.

Heckrath, G., Djurhuus, J., Quine, T. A., Van Oost, K., Govers, G., Zhang, Y. 2005. Tillage erosion and its effect on soil properties and crop yield in Denmark. *Journal of Environmental Quality*. 34 (1). 312 – 324 s.



Hůla, J., Abrham, Z., Bauer, F. 1997. Zpracování půdy. Brázda. Praha. 140 s. ISBN: 80-209-0265-1.

Chong, S. K., Cowser, P. T. 1997. Infiltration in reclaimed mined land ameliorated with deep tillage treatments. *Soil and Tillage Research*. 44 (3 – 4). 255 – 264 s.

Imhoff, S., Ghiberto, P. J., Grioni, A., Gay, J. P. 2010. Porosity characterization of Argiudolls under different management systems in the Argentine Flat Pampa. *Geoderma*. 158 (3). 268 – 274 s.

Ishaq, M., Ibrahim, M., Hassan, A., Saeed, M., Lal, R. 2001. Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan: II. Root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum. *Soil and Tillage Research*. 60 (3). 153 – 161 s.

Javůrek, M., Vach, M. 2008. Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 24 s.

Ji, B., Zhao, Y., Mu, X., Liu, K., Li, C. 2013. Effects of tillage on soil physical properties and root growth of maize in loam and clay in central. *Plant, Soil and Environment*. 59 (7). 295 – 302 s.

Kasteel, R., Garnier, P., Vachier, P., Coquet, Y. 2007. Dye tracer infiltration in the plough layer after straw incorporation. *Geoderma*. 137 (3). 360 – 369 s.

Khan, N. I., Malik, A. U., Umer, F., Bodla, M. I. 2010. Effect of tillage and farm yard manure on physical properties of soil. *International Research Journal of Plant Science*. 1 (4). 75 – 82 s.

Kroulík, M., Hůla, J., Šindelář, R., Illek, F. 2007. Water infiltration into soil related to the soil till intensity. *Soil and Water Research*. 2 (1). 15 – 24 s.

Laddha, K. C., Totawat, K. L. 1997. Effects of deep tillage under rainfed agriculture on production of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) intercropped with green gram (*Vigna radiata* L. 'Wilczek) in western India. *Soil and Tillage Research*. 43 (3 – 4). 241 – 250 s.

Licht, M. A., Al-Kaisi, M. 2005. Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. *Soil and Tillage Research* . 80 (1). 233 – 249 s.

Lipiec, J., Kuś, J., Słowińska – Jurkiewicz, A., Nosalewicz, A. 2006. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. *Soil and Tillage Research*. 89 (2). 210 – 220 s.

Marques da Silva, J. R., Soares, J. M. C. N., Karlen, D. L. 2004. Implement and soil condition effects on tillage-induced erosion. *Soil and Tillage Research*. 78 (2). 207 – 216 s.

Martínez, E., Fuentes, J. P., Silva, P., Valle, S., Acevedo, E. 2008. Soil physical properties and wheat root growth as affected by no-tillage and conventional tillage systems in a Mediterranean environment of Chile. *Soil and Tillage Research*. 99 (2). 232 – 244 s.

Martínez, I. G., Ovalle, C., Del Pozo, A., Uribe, H., Valderrama, N. V., Prat, Ch., Sandoval, M., Fernández, F., Zagal, E. 2011. Influence of conservation tillage and soil water content on crop yield in dryland compacted Alfisol of Central Chile. *Chilean Journal of agricultural research*. 71 (4). 615 – 622 s.

Matula, S. 2003. The influence of till treatments on water infiltration into soil profile. *Plant, Soil and Environment*. 49 (7). 298 -306 s.

McConkey, B. G., Ulrich, D. J., Dyck, F. B. 1997. Slope position and subsoiling effects on soil water and spring wheat yield. *Canadian journal of soil science*. 77 (1). 83 – 90 s.

McPhee, J. E., Aird, P. L., Hardie, M. A., Corkrey, S. R. 2015. The effect of controlled traffic on soil physical properties and tillage requirements for vegetable production. *Soil and Tillage Research*. 149. 33 – 45 s.

Mikulka, J. 1999. Plevelné rostliny polí, luk a zahrad. Farmář. Praha. 160 s.

Mikulka, J., Škoda, V., Horák, L. 2006. Vliv konzervačního zpracování na fyzikální vlastnosti písčito – hlinité půdy. Series for crop sciences. 23. 11 – 19 s.

Moraes Sa, J. C., Tivet, F., Lal, R., Briedis, C., Hartman, D. C., Santos J. Z., Santos, J. B. 2014. Long-term tillage systems impacts on soil C dynamics, soil resilience and agronomic productivity of a Brazilian Oxisol. Soil and Tillage Research. 136. 38 – 50 s.

Moret, D., Arrúe, J. L. 2007. Characterizing soil water – conducting macro- and mesoporostiy as influenced by tillage using tension infiltrometry. Soil Science Society of America Journal. 71 (2). 500 – 506 s.

Moroke, T. S., Dikinya, O., Patrick, C. 2009. Comparative assessment of water infiltration of soils under different tillage systems in eastern Botswana. Physics and Chemistry of the Earth. 34 (4). 316 – 323 s.

Nazeer, S., Malik, A. U. 2011. Effect of tillage systems and farm manure on various properties of soil and nutrient's concentration. Russian Agricultural Sciences. 37 (3). 232 – 238 s.

Nitant, H. C., Singh, P. 1995. Effects of deep tillage on dryland production of redgram (*Cujanus cajan* L.) in Central India. Soil and Tillage Research. 34 (1). 17 – 26 s.

Petrová, L. 1961. Zvyšování úrodnosti půdy. SZN. Praha. 182 s.

Pikul, J. L., Aase, J. K. 2003. Water infiltration and storage affected by subsoiling and subsequent tillage. Soil Science Society of America Journal. 67 (3). 859 – 866 s.

Pulkrábek, J., Urban, J., Jedličková, M. Vliv podzimního zpracování půdy na zhutnění půdy v počátcích vegetace cukrové řepy. Listy cukrovarnické a řepařské. 131 (9 – 10). 272 – 278 s.

Rasaily, R. G., Li, H., He, J., Wang, Q., Lu, C. 2012. Influence of no tillage controlled traffic system on soil physical properties in double cropping area of North China plain. *African Journal of Biotechnology*. 11 (4). 856 – 864 s.

Rasmussen, K. J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil and Tillage Research*. 53 (1). 3 -14 s.

Ruqin, F., Xiaoping, Z., Xueming, Y., Aizhen, L., Shuxia, J., Xuwen, Ch. 2013. Effects of tillage management on infiltration and preferential flow in a black soil, Northeast China. *Chinese Geographical Science*. 23 (3). 312 – 320 s.

Sarkar, S., Paramanick, M., Goswami, S. B. 2007. Soil temperature, water use and yield of yellow sarson (*Brassica napus* L. var. *glauca*) in relation to tillage intensity and mulch management under rainfed lowland ecosystem in eastern India. *Soil and Tillage Research*. 93 (1). 94 – 101 s.

Schjønning, P., Rasmussen, K. J. 2000. Soil strength and soil pore characteristics for direct drilled and ploughed soils. *Soil and Tillage Research*. 57 (1). 69 – 82 s.

Siddoway, F. H., Chepil, W. S., Armbrust, D. W. 1965. Effect of Kind, Amount, and Placement of Residue on Wind Erosion Control. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. 8 (3). 327 – 331 s.

Singer, J. W., Chase, C. A., Kohler, K. A. 2010. Profitability of cropping systems featuring tillage and compost. *Agronomy Journal*. 102 (2). 450 – 456 s.

Šimon, J., Lhotský, J., Bambásek, Z. 1989. *Zpracování a zúrodnování půd*. SZN. Praha. 317 s. ISBN: 80-209-0048-9.

Tebrügge, F., Düring, R. A. 1999. Reducing tillage intensity - a review of results to the soil tillage intensity. *Soil and Water Research*. 2 (1). 15 – 24 s.

Unger, P. W. 1979. Effects of deep tillage and profile modification on soil properties, root growth, and crop yields in the United States and Canada. *Geoderma*. 22 (4). 275 – 295 s.

Vach, M., Javůrek, M. 2011. Efektivní technologie obdělávání půdy a zakládání porostů polních plodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 26 s. ISBN 978-80-7427-079-6.

Van Oost, K., Govers, G., De Alba, S., Quine, T. A. 2006. Tillage erosion: a review of controlling factors and implications for soil quality. *Progress in Physical Geography*. 30 (4). 443 – 466.

Varsa, E. C., Chong, S. K., Abolaji, J. O., Farquhar, D. A., Olsen, F. J. 1997. Effect of deep tillage on soil physical characteristics and corn (*Zea mays* L.) root growth and production. *Soil and Tillage Research*. 43 (3 – 4). 219 – 228 s.

Vetsch, J. A., Randall, G. W., Lamb, J. A. 2007. Corn and soybean production as affected by tillage systems. *Agronomy Journal*. 99 (4). 952 – 959 s.

Winkler, J., Chovancová, S., Neudert, L. 2015. Vliv technologií zpracování půdy na aktuální zaplevelení cukrovky. *Listy cukrovarnické a řepařské*. 4. 128 – 132 s.

Wrucke, M. A., Arnold, W. E. 1985. Weed species distribution as influenced by tillage and herbicides. *Weed Science*. 33. 853 – 856 s.