

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a biometeorologie**



**Vliv hlubokého kypření na výnos silážní kukuřice**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Vít Řehák**

**Obor studia: ABR**

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

© 2017 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

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

V Praze dne: 20.4.2017

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D. za vedení práce a pomoc při jejím psaní. Dále bych chtěl poděkovat doc. Ing. Milanu Kroulíkovi, Ph.D. za pomoc při zpracování naměřených dat půdních charakteristik. V neposlední řadě děkuji Zemědělské farmě Bílek Budihostice, s.r.o. za poskytnutí pokusných ploch a agrotechnického servisu.

# Vliv hlubokého kypření na výnos silážní kukuřice

## Souhrn

Cílem práce bylo stanovit vliv orby a hlubokého kypření půdy na vybrané půdní charakteristiky (penetrační odpor a vsakování vody do půdního profilu), vývoj rostlin a výnos biomasy silážní kukuřice prostřednictvím porovnání konvenční technologie (orba) s technologií hlubokého kypření. Předpokladem bylo, že hlubší prokypření půdy má pozitivní vliv na vývoj a výnos silážní kukuřice.

Pokusy byly založeny na podzim roku 2015 u obce Velvary. Na pokusném pozemku byly použity různé způsoby základního zpracování půdy pro pěstování silážní kukuřice: orba do hloubky 0,3 m (kontrolní varianta) a hluboké kypření strojem Bednar FMT Terraland do hloubky 0,2 m; 0,3 m a 0,5 m. Po částečném slehnutí zpracované půdy proběhlo měření penetračního odporu půdy a vsakování vody do půdního profilu metodou tzv. „modré infiltrace“. Na jaře roku 2016 byla na kontrolní variantě provedena předseťová příprava půdy, na kypřených variantách byl z důvodu likvidace výdrolu pšenice aplikován totální herbicid. Po zasetí byl opět měřen penetrační odpor a také vlhkost půdy. V průběhu vegetace byl sledován vývoj rostlin a jejich kořenů. Při sklizni se hodnotila hmotnost jednotlivých částí rostlin a jejich sušina.

Z pokusů vyplývá, že hluboké kypření má pozitivní vliv na sledované půdní charakteristiky. Největší vliv zpracování půdy na vývoj rostlin kukuřice byl zaznamenán v průběhu měsíce června. V tomto období vykazovaly rostliny na kontrolní variantě statisticky průkazně vyšší hodnoty průměrné suché hmotnosti ve srovnání s rostlinami na kypřených variantách, a to z důvodu nedostatku přístupné vody pro rostliny počátkem vegetace. Během sklizně (začátek září) už nebyly rozdíly statisticky významné.

Rozdíly ve výnosu suché hmoty byly mezi jednotlivými variantami statisticky nevýznamné, z toho vyplývá, že jednotlivé technologie jsou z pohledu výnosu srovnatelné. Výhodou technologií hlubokého kypření je menší časová i finanční náročnost.

**Klíčová slova:** kypření, orba, strip tillage, kukuřice

# The influence of deep loosening on the yield of silage maize

## Summary

The purpose of this thesis was to determine the influence of ploughing and deep loosening on selected soil characteristics (penetration resistance and water infiltration into the soil), the plant growth and the biomass yield of silage maize through a comparison of a conventional technology (ploughing) with the technology of deep loosening. The assumption was that deep loosening has a positive influence on plant growth and its yield.

Tests were set up in autumn near the town Velvary. Different ways of a basic tillage for silage maize cultivation were used on an experimental plot: ploughing to 0,3 m (a control variant) and deep loosening by the machine Bednar FMT Terraland to a depth 0,2 m; 0,3 m and 0,5 m. After partial recompaction of the soil there was a measurement of the penetration resistance and the water infiltration into the soil by so. "blue infiltration". A seedbed preparation was done on the control variant in spring 2016, a total herbicide was used on loosening variants because of an annihilation of a wheat second growth. The penetration resistance and the soil humidity were measured after the sowing. There was a focus on plants and roots growth during vegetation. The weight of plant's parts and their dry matter were evaluated at harvest.

The results show that deep loosening has a positive influence on observed soil characteristics. The biggest influence of the tillage on the plant growth was registered in June. Plants cultivated on the control variant showed statistically significantly higher values of an average dry weight in comparison with plants cultivated on loosening variants due to lack of accessible water in early vegetation. Differences were not statistically significant at harvest (in September).

Differences in the yield of dry matter were statistically insignificant between individual variants. It means that given technologies are comparable in terms of the yield. Advantages of deep loosening are lower time and financial demands.

**Keywords:** ploughing, deep tillage, strip-tillage, maize

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>2 Cíl práce a hypotézy .....</b>	<b>8</b>
<b>3 Přehled literatury .....</b>	<b>9</b>
3.1 Kukuřice setá.....	9
3.2 Využití kukuřice.....	9
3.3 Vývoj ploch silážní kukuřice v ČR .....	9
3.4 Technologie pěstování kukuřice .....	10
3.4.1 Nároky kukuřice na vodu.....	10
3.4.2 Nároky kukuřice na živiny.....	11
3.4.3 Nároky kukuřice na teplotu.....	12
3.4.4 Nároky kukuřice na půdu.....	12
3.4.5 Škůdci a choroby kukuřice .....	13
3.5 Zpracování půdy.....	13
3.5.1 Technologie s celoplošným zpracování půdy.....	14
3.5.2 Technologie s částečným zpracováním povrchu půdy (strip tillage) .....	17
3.5.3 Setí do nezpracované půdy .....	17
<b>4 Materiál a metody .....</b>	<b>19</b>
<b>5 Výsledky .....</b>	<b>23</b>
5.1 Vybrané půdní charakteristiky .....	23
5.1.1 Penetrační odpor .....	23
5.1.2 Infiltrace vody.....	25
5.2 Vývoj rostlin během vegetace .....	26
5.3 Hodnocení při sklizni .....	29
<b>6 Diskuze .....</b>	<b>32</b>
<b>7 Závěr.....</b>	<b>34</b>
<b>8 Seznam použité literatury.....</b>	<b>35</b>

# 1 Úvod

Technologie zpracování půdy má významný vliv na kvalitu založení porostu a jeho následný vývoj. Kvalitní zpracování půdy má za úkol rostlinám zajistit optimální podmínky pro jejich růst. To znamená zajistit rostlinám dostatek půdní vláhy, vzduchu a živin pro vzházení a následný růst. Dále je důležité, aby v půdním profilu nevznikaly příliš utužené vrstvy, které by kořenům rostlin zabraňovaly v růstu do hloubky. Hluboký kořenový systém je základem příjmu vody i při nedostatku srážek. Dále je důležitý pro čerpání živin z hlubších vrstev půdního profilu. Mělký kořenový systém může také způsobit polehnutí porostu a znemožnit jeho sklizeň. Do dnešní doby se porosty zakládaly většinou konvenční technologií s orbou, která je pro naši republiku tradiční. Jinak je tomu například v Americe, kde je typická technologie Strip-tillage s částečným zpracováním povrchu půdy. V posledních letech se do popředí dostávají hloubkové kypřiče, které by měly nahradit orbu. Jejich výhodou je zpracování půdy do větších hloubek a tím rozrušení utužené vrstvy podorničí. Na rozdíl od pluhu se zpracovávaná vrstva půdy neobrací, ale je pouze prokypřena a promíchána. To způsobuje, že na povrchu půdy zůstává část posklizňových zbytků po předplodině. Hluboké kypření by mělo zlepšit sledované půdní charakteristiky, zmenšit riziko vodní eroze a mělo by být finančně i časově výhodnější. Ještě v nedávné době se kladl důraz na to jak nejrychleji a nejlevněji půdu zpracovat. Nyní se situace mění a stále více podniků si uvědomuje vzrůstající cenu půdy a chce o půdu co nejlépe pečovat. Jedním z dalších důvodů ověřování nových technologií zpracování půdy je eliminace erozních procesů, které jsou velkým problémem při pěstování kukuřice.

Z výše uvedených důvodů se práce zaměřuje na stanovení vlivu hlubšího kypření na vybrané půdní charakteristiky a na stanovení vývoje porostů silážní kukuřice ve srovnání s orbou.

## 2 Cíl práce a hypotézy

Hlavním cílem předkládané bakalářské práce bylo stanovit vliv rozdílného zpracování půdy u porostů silážní kukuřice na její výnos. V rámci hlavního cíle byly sledovány následující dílčí cíle:

- 1) Stanovit vliv různých metod zpracování půdy na hodnoty penetračního odporu a infiltrace
- 2) Posoudit vliv zpracování půdy na vývoj porostu silážní kukuřice
- 3) Určit vliv základního zpracování půdy na výnos silážní kukuřice

Výše uvedené dílčí cíle vycházejí z následujících vědeckých hypotéz:

Hypotéza č. 1: Hluboké kypření vykazuje obdobný vliv na hodnoty penetračního odporu a infiltrace jako orba

Hypotéza č. 2: Hluboké kypření vykazuje pozitivní vliv na vývoj silážní kukuřice během vegetace z důvodu hlubšího prokypření půdy

Hypotéza č. 3: Hlubší prokypření půdy má pozitivní vliv na výnos silážní kukuřice



## 3 Přehled literatury

### 3.1 Kukuřice setá

Taxonomicky řadíme kukuřici setou (*Zea mays L.*) do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a rodu kukuřice (*Zea*). Kukuřice setá je statná až 5 m vysoká rostlina, řadíme ji společně s rýží a pšenicí k nejdůležitějším obilninám. Jedná se o travu s terminální latou samčích květů a s úžlabní palicí květů samičích, které jsou zahaleny listeny, z kterých na vrcholu vyčnívají dlouhé nitkovité blizny. Plodem jsou obilky žluté, bělavé nebo načervenalé barvy. Původ tohoto druhu není do dnešní doby doložen, předpokládá se, že pochází z území dnešního Mexika, nejspíše se na jeho vzniku podílel příbuzný druh *Zea mexicana*. Obilky obsahují kromě škrobu bílkoviny, karotenoidy, vitamíny aj. (Novák a Skalický, 2012).

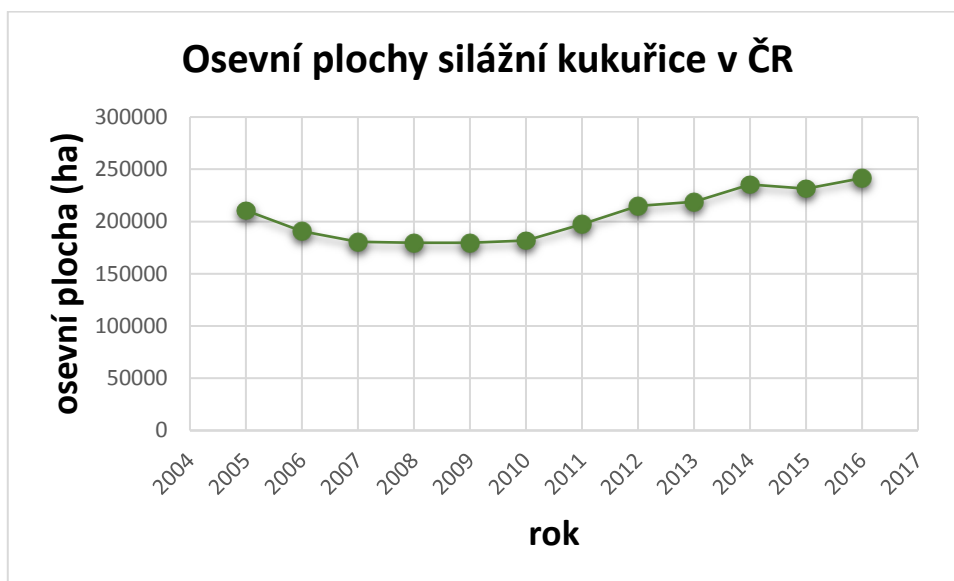
### 3.2 Využití kukuřice

Dosud u nás převládají dva směry pěstování kukuřice, a to na zrno a na siláž. Kromě těchto hlavních užitkových směrů se i u nás rozvíjí další, alternativní formy zpracování kukuřice. Jedná se především o využití zrna v potravinářském průmyslu na výrobu škrobu, izoglukózy, tuku a olejů. Pro průmyslové zpracování slouží kukuřice jako surovina pro výrobu stavebních hmot, papíru, lepenky, lepidel a bioplastů. Nejnověji se kukuřice využívá pro výrobu obnovitelných zdrojů energie (bioetanol, bioplyn, biomasa) (Zimolka a kol., 2008). Kukuřice je plodina, která optimálně splňuje požadavky pro výrobu bioplynu v bioplynových stanicích. Kukuřičná siláž je nejpoužívanějším substrátem pro výrobu bioplynu v zemědělských bioplynových stanicích (Diviš a Kajan, 2011).

### 3.3 Vývoj ploch silážní kukuřice v ČR

Kukuřice se na území ČR začala pěstovat poměrně nedávno, a to teprve v 60. letech 20. století a od té doby její význam stále narůstá (Strnadová 2012). Největší plochy silážní kukuřice byly v ČR v letech 1985-1990, kdy se kukuřice pěstovala převážně na siláž při nízké sušině (do 27 %) a zelené krmění, které v dnešní době téměř neexistuje (Šantrůček a kol., 2008). Po poklesu pěstebních ploch z důvodu úpadku živočišné produkce nastal opět nárůst ploch z důvodu zajištění hmoty pro bioplynové stanice. V roce 2012 bylo u nás zhruba 320 těchto stanic, což byl nárůst od roku 2011 přibližně o sto bioplynových stanic. V roce 2020 by mělo u nás být podle odhadu 720 bioplynových stanic. Ty budou potřebovat silážní kukuřici z výměry

asi 130–150 tis. hektarů (Honsová, 2013). Vývoj osevních ploch silážní kukuřice v ČR (graf 1).



Graf 1: Osevní plochy silážní kukuřice v ČR (Český statistický úřad, 2016)

### 3.4 Technologie pěstování kukuřice

Pro pěstování kukuřice je v současné době velký výběr různých technologických postupů zakládání porostů. Systém zpracování půdy a zakládání porostů je jednou z nejdůležitějších složek pěstebních technologií kukuřice (Houšť a kol., 2014). Podle Zimolky a kol. (2008) je důležité přizpůsobit volbu technologie založení porostu kukuřice podmínkám daného stanoviště, zařazení kukuřice do osevního postupu včetně managementu posklizňových zbytků, stavu půdy po sklizni předplodiny a dalším faktorům.

#### 3.4.1 Nároky kukuřice na vodu

Transpirační koeficient u kukuřice dosahuje hodnot v rozmezí od 230 do 380. Toto číslo nám udává, kolik gramů vody je potřeba na tvorbu jednoho gramu sušiny. Kukuřice dosahuje jedné z nejnižších hodnot mezi polními plodinami, např. u pšenice dosahuje transpirační koeficient hodnoty 400 a u ječmene 520 (Hnilička a Hniličková 2012).

Brant a kol. (2015b) měřili v letech 2008 až 2012 tzv. crop koeficient dokumentující vztah mezi referenční a aktuální (skutečnou) evapotranspirací porostu. Měření probíhalo v oblasti srážkového stínu okolí Slánska. Naměřené průměrné hodnoty crop koeficientu dosahují během vegetace hodnot 0,7. To poukazuje na skutečnost, že porosty kukuřice vykazují nižší vláhové nároky na vodu. Výsledky na základě měření evapotranspirace porostů kukuřice

v oblastech trpících nedostatkem srážek jednoznačně poukazuje na nutnou změnu pěstebních technologií. Jde primárně o využití technologií zpracování půdy, které omezí ztráty vody z půdy.

Kritická vláhová období pro silážní i zrnovou kukuřici jsou podle Baňocha a Raszky (1985) druhá polovina června, celý červenec a první polovina srpna. Podle Branta a kol. (2015b) lze zabezpečit dostatek vody pro rostliny kypřením do větších hloubek, čímž dojde k lepšímu rozvoji kořenového systému.

### **3.4.2 Nároky kukuřice na živiny**

Kukuřice vytváří mohutný kořenový systém a vzhledem k délce vegetační doby dobře využívá živiny z půdy. Řadíme ji mezi rostliny C-4, tudíž velmi dobře využívá sluneční energii. Z toho vyplývá velmi dobrý poměr spotřebovaných živin a výnosu hmoty (Vaněk a kol. 2007).

Ke kukuřici je vhodné použít statková hnojiva, i když dnes jejich produkce klesá a je jich nedostatek. Nejčastěji je používán hnůj, na který reaguje kukuřice kladně především na méně úrodných půdách. Problém může být v sušších ročnících, kdy jeho účinnost klesá. Optimální dávka hnoje je 30 – 40 t/ha. Dále je velice vhodným hnojivem kejda, kterou lze aplikovat jak před setím, tak i během vegetace pomocí speciálních aplikátorů (Zimolka a kol. 2008).

Z celkově vysokých nároků kukuřice na dusík (tab. 1) je zřejmé, že potřebná dávka dusíku v minerálních hnojivech je podle předpokládaného výnosu a organického hnojení 80 až 200 kg N na hektar. Většinu dusíku je vhodné aplikovat před setím. Vhodný je především síran amonný, lze použít i DAM nebo močovinu. Při přihnojení během vegetace hrozí popálení paždí listů. V úvahu připadá aplikace pouze speciální technikou, která aplikuje hnojivo přímo na povrch půdy a nehrozí popálení listů.

Dávky fosforu, draslíku a hořčíku určujeme podle množství jejich přijatelných forem v půdě. Již od počátku vegetace vyžaduje kukuřice vysoké nároky na příjem fosforu, proto se aplikují fosforečná hnojiva již před setím – nejčastěji společně s dusíkem, vhodné je například hnojivo Amofos. Pro splnění nároků na fosfor v časných fázích růstu je vhodné tzv. hnojení pod patu. Při setí kukuřice je aplikováno hnojivo společně s osivem. Hnojivo je ukládáno poblíž osiva (4 – 5 cm pod úroveň a do stran) hnojivo, např. Amofos nebo NPK. Dodržení vzdálenosti je důležité z hlediska neovlivnění vzházivosti zrna se současným maximálním využitím poskytnutých živin (Vaněk a kol. 2007).

**Tab. 1: Střední odběr živin kukuřicí v kg na tunu siláže a zelené hmoty (Vaněk a kol. 2007)**

živina	N	P	K	Ca	Mg
kg/ha	3,5- 4,0	0,7- 0,9	2,9- 3,7	0,9- 1,3	0,3- 0,6

### 3.4.3 Nároky kukuřice na teplotu

Kukuřice má vysoké nároky na teplo, jisté výnosy proto poskytuje v teplých oblastech. V méně příznivých oblastech se osvědčují hybridy s kratší vegetační dobou. Podle Šuka a kol. (1998) potřebuje součet tepelné sumy od 1700 do 3120 °C (tepelnou sumou rozumíme součet všech průměrných denních teplot za vegetační období, tedy za duben až září). Pro kukuřici je důležitá výše teplot, ale i jejich průběh během vegetace. Kukuřice má nejen vysoké požadavky na teplotu půdy a vzduchu, ale je citlivá i na kolísání teplot.

Teplota je dále velmi důležitá podle Zimolky a kol. (2008) k určení správného termínu setí, při kterém by měla teplota půdy dosahovat 8- 10 °C. Tato teplota je potřebná ke klíčení kukuřice.

### 3.4.4 Nároky kukuřice na půdu

Nároky kukuřice na půdu vzrůstají tím, čím méně jsou příznivé podmínky, ve kterých je kukuřice pěstována. V bramborářské a chladnější řepařské výrobní oblasti se vybírají půdy výhřevné, hlinité a hluboké s dostatečnou zásobou živin a organické hmoty. Lehké půdy jsou vhodné pouze při zvýšeném hnojení a zajištění dostatku vláhy. Expozici pozemku volíme nejlépe jižní nebo k této světové straně přiléhající (Vrzal, 1997).

Nejvhodnější hodnoty pH pro kukuřici jsou v rozmezí 6,0 – 6,5. Citlivost kukuřice k dodržení optimálního pH není taková jako například u slunečnice. Podle Vaňka a kol. 2007 je odpovídající pH půdy důležité pro udržení struktury půdy a zajištění dobrých fyzikálních vlastností půdy.

Vrzal a kol. (1997) uvádí, že kukuřice je velice náročná na hloubku zpracování půdy, aby se její mohutný kořenový systém plně rozvinul a vytvořil tím dobré podmínky pro příjem vody a živin. Podle Zimolky a kol. (2008) mohou kořeny kukuřice podle stanovištních podmínek pronikat do hloubky 1,5 až 3 i více metrů a zajišťují zásobování vodou z velké hloubky. Ji et al.(2013) srovnávali hustotu kořenů kukuřice v písčité a jílovité půdě zpracované

do hloubky 0,2 m a 0,3 m. Větší hustota kořenů byla zjištěna u hlubšího zpracování a to jak na písčité, tak jílovité půdě v hloubce 0 – 0,4 m.

#### 3.4.5 Škůdci a choroby kukuřice

Největším škůdcem je zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*). Škodí larvy, které vyžirají stébla pod samčím květenstvím a často se prožirají do palic. Napadené rostliny se poznají podle dutin ve stéblech vyplněných trusem, často dochází k lámání stébel. Porost se dá ošetřit insekticidně v době maximálního letu dospělců. Lze použít i biologickou ochranu, kdy se provádí moření osiva kukuřice nebo aplikace bioagens do porostu (Kazda, 2003)

Kukuřice může být napadena od jejího zasetí až po sklizeň mnoha houbovými chorobami. Různá onemocnění způsobují rody *Fusarium* spp., *Diplodia* spp., *Pythium* spp. a *Helminthosporium* ssp. Kromě nepravidelného a mezerovitého vzcházení způsobeného napadením klíčících rostlin jsou dalšími příznaky různé degradace pletiv, které v konečném měřítku vedou nejčastěji k lámání stébel. Největším nebezpečím je rod *Fusarium*, který produkuje mykotoxiny, jež mohou znehodnotit zrno i silážní hmotu. Houby přezimují v rostlinných zbytcích i na osivu. Vedle preventivních opatření jako je výběr odrůdy, termín setí, vyvážené hnojení, nepěstování kukuřice opakovaně na stejných pozemcích a důkladné zapravování rostlinných zbytků, spočívá ochrana především v moření osiva (Tallich, 2013).

### 3.5 Zpracování půdy

Zpracování půdy je definováno jako mechanický zásah do půdy nebo promíchání půdy za účelem vytvoření co nejlepších podmínek pro vegetaci rostlin (Or a Ghezzehei 2002).

Titi (2002) uvádí, že zpracování půdy rozrušuje agregáty, kompaktnost, půdní strukturu a mění velikost, distribuci i strukturu pórů a tím tvoří žádoucí prostředí pro pohyb vzduchu a vody v půdě. Technologie zpracování půdy ovlivňuje i propustnost půdy pro vodu. Infiltrace půdy je přímo úměrná stabilitě půdní struktury (Tisdall and Adem, 1986).

Dále má vliv podle Šnobla (2007) na rozvoj půdních mikroorganismů, humifikační pochody a rozvoj chorob a škůdců. Zpracování půdy je významné agrotechnické opatření regulující rozvoj plevelů. Také se zpracováním zapravují do půdy průmyslová a především organická hnojiva, zelené hnojení, posklizňové zbytky a některé pesticidy. Ruší se jím staré porosty a připravuje se půda pro setí nebo sázení nových plodin (založení nových porostů).

Do zpracování půdy zařazujeme: základní zpracování půdy, přípravu půdy pro setí a sázení, kultivace půdy během vegetace, minimalizované zpracování půdy a půdoochranné systémy.

Zpracování půdy se také dá rozdělit na tradiční (konvenční) zpracování půdy a redukované (minimalizační) zpracování půdy (Šnobl, 2007). Podle Estlera (1996) lze dále rozdělit technologie zpracování půdy podle způsobu kypření na systémy s obracením půdy (orba) a systémy, které půdu neobrací, ale pouze kypří a částečně míchají (ostatní technologie nevyužívající pluh).

### **3.5.1 Technologie s celoplošným zpracování půdy**

#### **3.5.1.1 Technologie s obracením půdy (orbou)**

Pro konvenční zpracování půdy je v našich podmínkách typické každoroční opakované kypření a obracení ornice radličným pluhem. Konvenční zpracování půdy s orbou jako stěžejní operací je dlouhodobě ověřeno a jeho využívání je mimo jiné motivováno snahou o výnosovou jistotu i při méně příznivých podmínkách (Hůla a kol., 1997). Vrzal (1995) uvádí jako vhodnou pro kukuřici střední orbu (0,2-0,25 m střední a lehčí půdy) nebo hlubokou orbu (0,3-0,35 m těžší půdy). Orbu je vhodné provést na podzim, nejlépe spolu s aplikací organických hnojiv. Jarní orba vede ke snížení výnosu.

Jarní přípravu zahajujeme ihned, jak to podmínky dovolí. Vhodná je dělená příprava, která v první fázi zajistí urovnání a nakypření pozemku, ve druhé fázi se připraví seťové lůžko (Zimolka a kol., 2008). Podle Vrzala (1995) jsou vhodné těžké nebo rotační brány. Na ulehých půdách použijeme kypřiče s pevnými šipovými radličkami pro vytvoření kypré vrstvy seťového lůžka. Současné mechanizační prostředky umožňují minimalizaci zásahů pomocí kombinátorů, které jsou schopné při minimálním počtu přejezdů půdu připravit k seti.

Jako výhodu technologie s orbou uvádí Kazda (2003) zaklopení posklizňových zbytků, kde přezimuje mnoho druhů houbových patogenů do větší hloubky. Půdní organizmy následně znemožní jejich úspěšné přezimování. Rovněž vývojová stádia živočišných škůdců jsou hubeny přímo pohybem půdy při orbě nebo zaklopením do větší hloubky. Naopak nevýhodou je podle Houšťě a kol. (2014) vysoká pracovní a energetická náročnost. Dále Rasmusen (1999) upozorňuje na riziko vzniku podorniční podlahy, kterou může způsobit opakovaná orba na stejnou hloubku.

Dle výzkumu, kterým Marques da Silva et al. (2004) měřili koeficient přemístování půdních částic na svažitém pozemku při zpracování půdy orbou do hloubky 0,3 m a minimálního zpracování půdy talířovým kypřičem do hloubky 0,2 m. Z provedených pokusů zjistili 2 – 3 krát větší erozivní účinek pluhu ( $770 \text{ kg m}^{-2}$ ) oproti talířovému kypřiči ( $9 - 333 \text{ kg m}^{-2}$ ). Z toho vyplývá problém při zpracování svažitých pozemků orbou.

### 3.5.1.2 Mělké kypření

V posledním období jsme svědky rozšiřování minimalizačních technologií i u kukuřice. Problémem při využívání minimalizačních technologií u kukuřice je nedostatečné prohřívání půdy v jarním období (v době setí a počátečního růstu). To se odráží ve zpomalení klíčení, vzcházení a počátečním růstu. Vlhkostní podmínky půdy jsou naopak lepší než při klasickém zpracování půdy s orbou. Problémy poklesu výnosu lze do určité míry řešit hlubším prokypřením půdy do hloubky 0,2 m, případně hřebenovitou technologií, kdy se půda díky větší ploše na jaře rychleji prohřeje (Hůla a kol., 2004).

Podle Houšťa a kol. (2014) je z hlediska ochrany půdního a životního prostředí používání minimalizačních technologií zpracování půdy ke kukuřici žádoucí. Významné je především omezení eroze půdy a ztrát pohyblivých forem dusíku z půdního prostředí do podzemních vod. V metodice uvádějí Vach a Javůrek (2011) příznivý vliv minimalizačních technologií zpracování půdy na její strukturu, hospodaření půdy s vodou 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. Aby rostlinné zbytky na povrchu zajistili funkci mulče je důležité jim věnovat velkou pozornost již při sklizni předplodiny a dbát na jejich rovnoměrné rozprostření na povrchu půdy. Při nerovnoměrném rozprostření posklizňových zbytků po povrchu pozemku hrozí riziko nevyrovnaného vzcházení porostu (Mašek, 2017).

Zpracování půdy disky nebo radličkami do malé hloubky, při kterém se půdy nepřevrací, umožňuje rozvoj mnoha škodlivých druhů – původců chorob kořenů, slimáků, hmyzu, hrabošů apod. Opakované používání bezorebných technologií vede k výraznému rozšíření škodlivých organismů, tím i ke zvýšení nákladů na jiné metody ochrany (Kazda a kol., 2003). Podobné je to i s plevely, kde po zavedení minimalizačního zpracování půdy dochází zpravidla již ve druhém roce a dalších letech k velkému nárůstu zaplevelení (Mikulka, 2014).

Podle Maška (2017) je výhodou, že se dají pro mělké zpracování použít stroje, které lze uplatnit i v konvenčním zpracování půdy s orbou, kde se tyto stroje používají k podmítce nebo předset'ové přípravě. Jedná se většinou o talířové kypřiče, radličkové kypřiče a stroje s poháněným pracovním ústrojím.

### 3.5.1.3 Hluboké kypření

Hluboké kypření bylo dříve využíváno jako agromeliorační zásah do hloubky 0,3 – 0,7 m při nápravě těžkých a ztuhnutých půd. Vedle kypřicího účinku jde hlavně o rozrušení utužených vrstev v podorničí a lepšímu vsakování vody do půdy (Škoda a kol., 1998). Vliv hlubokého kypření na rozvoj kořenového systému potvrzuje Varsa et al.(1997), kteří uvádějí hodnotu 2 MPa.cm<sup>-2</sup> jako limitní pro růst kořenů do délky. Podrývání do hloubky 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. Nezpracovaná půda sloužící jako kontrola dosáhla této hodnoty v hloubce 0,1 m.

Podle Koukolíčka a Pulkrábka (2015) se v dnešní době dostávají do popředí takzvané dlátové kypřiče. V současné době je na trhu nabízí téměř všechny firmy zabývající se výrobou strojů na zpracování půdy. Předností dlátových pluhů je velká variabilita při nastavení pracovní hloubky až do 0,6 m. Spoor and Godwin (1978) uvádí, že výkon celé řady pevných hloubkových kypřičů se porovnává v různých pracovních hloubkách. Každé nářadí má maximální užitečnou pracovní hloubku; pod touto hloubkou dochází spíše ke ztuhnutí půdy, než k jejímu nakypření. Tato hloubka je závislá na geometrii nářadí a půdních podmínkách. Zvýšení prokypření zeminy, s nižším specifickým odporem může být dosaženo připojením křídel. Vliv geometrie křídel a jejich postavení spolu s roztečí dlát má vliv na kypření v hloubce a na urovnání povrchu půdy. Slupice s dlátem obvykle vytváří 3 úhly zpracování půdy (obr. 1). Ve spodní části vstupuje dláto do půdy a narušuje tzv. plužní pánev. Půda z těchto vrstev by neměla být vynášena na povrch. Druhý úhel má docílit promíchání organických zbytků nebo hnoje s půdou. Třetím úhlem by mělo být docíleno koncového zaklopení (Koukolíček a Pulkrábek, 2015).



**Obr. 1: Schéma slupice hlubkového kypřiče (Bednar farm machinery, 2016)**



Hůla a kol. (2010) a Mašek (2017) uvádí jako důležitou podmínkou úspěšného hlubokého prokypření a rozrušení utužených vrstev vhodnou vlhkost půdy, dále zemina nesmí podléhat plastickým deformacím a musí být v době zásahu drobivá. Při nadměrné vlhkosti půdy může dojít místo prokypření půdy k nežádoucím účinkům (narušení struktury půdy, zhutnění).

Podle měření Hůly a kol. (2010) vychází spotřeba nafty při kypření dlátovými kypřiči nižší než u orby do srovnatelné hloubky.

### **3.5.2 Technologie s částečným zpracováním povrchu půdy (strip tillage)**

Strip-tillage (pásové zpracování půdy) je technologie která představuje zpracování půdy v pásech ve směru řádků později vyseté plodiny. Plošný podíl zpracování půdy při využití širší rozteče řádků (0.7 m a více) nepředstavuje z pravidla více než jednu čtvrtinu zpracovávaného povrchu pozemku. Principem pásového zpracování je kombinace výhod celoplošného zpracování půdy a setí do nezpracované půdy (no-tillage). Technologie strip-tillage byla poprvé aplikována v Severní Americe, kde je také dnes nejvíce využívána. (Brant a kol., 2015a).

Využití pásového zpracování půdy bude zřejmě nabírat na významu, protože finanční náklady jsou o cca 54 % nižší než při celoplošném konvenčním zpracování půdy (Houšť a kol., 2014).

Principem technologie je zpracování půdy v místě výsevu plodiny s případnou aplikací hnojiv do spodních vrstev nakypřené půdy v pásu. Nakypřený pás půdy poskytuje optimální podmínky pro vývoj kořenového systému v důsledku kyprosti půdy a jejímu ohřevu. Nenakypřený meziřádek umožňuje vztlínání vody do vyšších vrstev půdy (Brant a kol., 2011). Meziřádek je pokryt rostlinnými zbytky (mulčem), který podle Maška (2017) příznivě ovlivňuje půdní vlastnosti. Hlavní úkolem mulče je ochrana drobtovité struktury, zabránění slití a kornatění půdy a snížení výparu půdní vody. Mulč snižuje kolísání teploty v půdě a podporuje mikrobiální aktivitu v povrchové vrstvě ornice. Dále ochrání půdu před větrnou a vodní erozí.

### **3.5.3 Setí do nezpracované půdy**

Setí do nezpracované půdy (no-tillage) představuje narušení půdy před setím v úzkém pásu 25 – 75 mm, ve kterém se vytvoří seťové lůžko pro následný výsev. Posklizňové zbytky předplodiny jsou ponechány na povrchu půdy z 50 – 100% (Morgan, 2005).

Podle Hůly a kol. (2004) je možné uplatnit přímé setí na úrodných půdách nezaplevelených vytrvalými plevele, na stanovištích s nadmořskou výškou do 350 m. n. m., ročním úhrnem do 600 mm a průměrnou roční teplotou vzduchu nad 8 °C. Z hlediska spotřeby motorové nafty a potřeby práce se jedná o velmi výhodnou technologii. Při přímém setí hustě

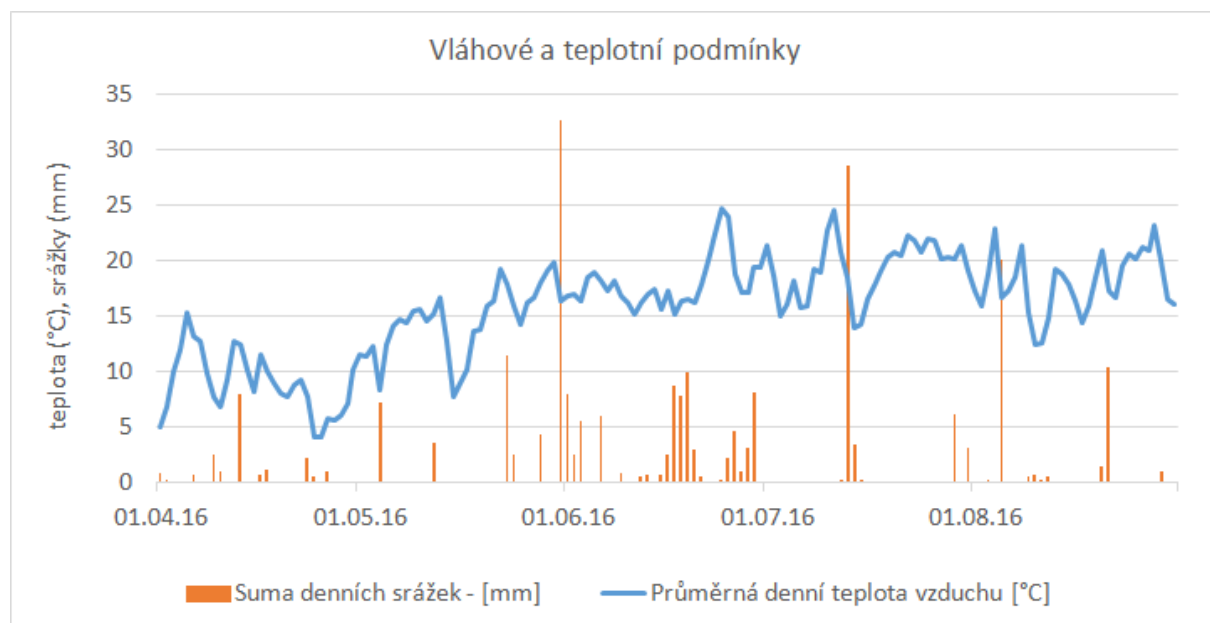
vysévaných plodin zůstává většina povrchu půdy nezasazena. Podle použité meziřádkové vzdálenosti a řešení výsevních btek se narušuje pouze 10 až 20% povrchu půdy.

Podle výzkumu Procházkové a kol. (2011) byl u varianty přímého setí do nezpracované půdy naměřen pozvolný nárůst penetrometrického odporu se zvyšující se hloubkou půdy. Ve vrchní vrstvě půdy byl penetrometrický odpor vyšší než na variantě s orbou a mělkým zpracováním půdy. Od hloubky 0,24 m do 0,52 m byl naopak penetrometrický odpor nižší.

Jako výhodu setí do zpracované půdy uvádí Drury et al.(2003) vyšší obsahy vody v půdě, který je u setí do nezpracované půdy v hloubkách 0,05 a 0,3 m vyšší než u orby a technologie strip-till.

## 4 Materiál a metody

Na podzim roku 2015 byly na lokalitě Budihostice (50°17'48.34"N, 14°14'44.24"E) ve středních Čechách založeny pokusné plochy s rozdílným zpracováním půdy. Pokusné plochy se nacházely v nadmořské výšce 216 m n. m. Experimentální pozemek se nacházel na půdním bloku, kde hlavní půdní typ tvoří černozem. Průběh vláhových a teplotních podmínek během vegetačního období v roce 2016 dokumentuje graf 2.



**Graf 2: Průběh teplot a srážek na pokusných plochách v lokalitě Budihostice v období vegetace** ([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))

Pokusné varianty byly zpracovány 10.11.2015 pomocí kypřiče Teralland Bednar FMT (obr. 2) s parabolickými slupicemi osazeným pěchovacím hřebovým válcem. Zpracovány byly tři varianty do různých hloubek a to 0,2 m, 0,3 m a 0,5 m. Kontrolní variantou byla plocha představující konvenční systém založení porostů, tedy orba do hloubky 0,3 m se současným urovnáním povrchu orby nožovým drtičem hrud. Plocha se nacházela na shodném pozemku jako hluboce kypřená varianta.



**Obr. 2: Hlubkový kypřič Bednar FMT Terraland (Bednar farm machinery, 2016)**

Samotnému zpracování výše popsanými postupy předcházelo provedení podmínky talířovým kypřičem do hloubky 0,12 m s cílem zapravení posklizňových zbytků předplodiny, kterou byla pšenice.

Dne 24.11.2015 bylo provedeno zalití půdního profilu roztokem vody a brilantní modře E133 v koncentraci 0,3% odpovídající dávce 8 l roztoku na plochu 0,4 x 0,6 m. Na orané ploše a na ploše zpracované kypřičem s parabolickými slupicemi činila plocha zalitého povrchu půdy 1,8 x 0,4 m. Třetí den po aplikaci 27.11. 2015 byl proveden výkop půdních sond kolmo na směr pracovních jízd. Šíře půdní sondy odpovídala šířce zalité plochy (1,8 m) a hloubka sondy činila 0,8 m. Po odkrytí půdní sondy následovalo vyfotografování půdní sondy pomocí běžného digitálního fotoaparátu. Fotografie byly zpracovány v programu BMP tools. Dále byly na hodnocených plochách stanoveny hodnoty penetračního odporu. Penetrační odpor byl měřen pomocí penetrometru PN - 10 (ČZU, CZ). Hodnoty byly zaznamenány v transektu kolmém na směr pracovní jízdy o délce 1,5 m, vzdálenost vpichů penetrometru ve vertikálním směru činila 0,05m. Záznam hodnot penetračního odporu v horizontálním směru činil 0,02 m. Penetrační odpor se měřil dle možností do hloubky 0,72 m. Naměřené hodnoty byly zpracovány v programu Surfer 7.0 (Golden Software, Golden, USA).

V rámci založení porostů bylo na jaře před výsevem porostů provedeno dvojí zpracování půdy na oraných plochách. Dne 21.3.2016 bylo provedeno urovnání povrchu pozemku a 18.4. 2016 proběhla předset'ová příprava. Hloubka zpracování půdy při předset'ové přípravě činila 80 mm. Předset'ová příprava byla provedena pomocí radličkového kypřiče (kombinátor).

Na pokusných parcelách zpracovaných hloubkovým kypřičem byl aplikován z důvodu likvidace výdrolu 29.3.2016 totální herbicid (účinná látka *glyphosate*) v dávce 3 l. ha<sup>-1</sup>.

Výsev porostů (hybrid P 9074) byl proveden 21.4.2016 na oraných plochách s provedenou předseťovou přípravou konvenčním secím strojem pro výsev kukuřice Optima HD (firma Kverneland), výsevek byl nastaven na 95 000 semen na hektar. Na kypřených plochách byl pro výsev použit secí stroj firmy Farmet (obr. 3) umožňující vytvoření nakypřeného pásu v místě výsevu kukuřice pomocí dvou talířů ke kterým je ukládáno hnojivo, před výsevní sekčí. Výsev byl proveden do půdy zpracované pouze kypřičem, neprováděla se žádná předseťová příprava. Výsevek byl nastaven na 94 000 semen na hektar. Pro přihnojení pod patu bylo u obou výsevů použito hnojivo UREA<sup>stabil</sup>® (dávka 100 kg.ha<sup>-1</sup>).



**Obr. 3: Založení porostů pomocí secího stroje firmy Farmet (foto: autor)**

U varianty kypřené do 0,3 m a kontrolní varianty bylo měření penetračního odporu provedeno opět na jaře 2016 po výsevu kukuřice z důvodu zaznamenání vlivu předseťové přípravy. Penetrační odpor byl měřen pomocí penetrometru PN - 10 (ČZU, CZ). Hodnoty byly zaznamenány v transektu kolmém na směr pracovní jízdy o délce 1,5 m, vzdálenost vpichů penetrometru ve vertikálním směru činila 0,05m. Záznam hodnot penetračního odporu v horizontálním směru činil 0,02 m. Penetrační odpor se měřil dle možností do hloubky 0,72 m. Naměřené hodnoty byly zpracovány v programu Surfer 7.0 (Golden Software, Golden, USA). Dále byla zaznamenána vlhkost půdy pomocí datalogeru HH2 v kombinaci s čidlem půdní vlhkosti ML3 ThetaProbe Soil (Delta-T Devices Ltd, UK).

Dne 19.5.2016 byla na hodnocených variantách provedena analýza tvaru kořenového systému rostlin kukuřice. Na hodnocených variantách (orba a kypření do 0,3 m) byly odebrány rostliny i s kořenovým systémem. Kořenový systém byl proplaven vodou a následně byla provedena fotografie celé rostliny pomocí metody infrasnímku.

Dne 17.6.2016 bylo z každé varianty odebráno v transektu umístěném uhlopříčně na pokusné parcele 10 rostlin, u který se hodnotila hmotnost suché nadzemní biomasy. Rostliny se sušily při 105°C po dobu 48 h.

Sklizeň proběhla 2.9. 2016. Pro stanovení sklizně bylo vždy v transektu umístěném uhlopříčně na pokusné parcele odebráno 10 rostlin. U každé rostliny byla změřena délka, stanoven počet listů a počet plně vyvinutých a nevyvinutých palic. Dále byla každá rostlina rozdělena na listy stonků a palice s listy. U jednotlivých částí se stanovila čerstvá hmotnost a hmotnost po vysušení. Rostliny se sušily při 105°C po dobu 48 h. Výnos byl proveden přepočtem na počet rostlin na ha.

Statistické vyhodnocení bylo zpracováno pomocí programu Statgraphics®Plus, jednoduchou analýzou rozptylu (ANOVA), Tukey,  $\alpha = 0,05$ .

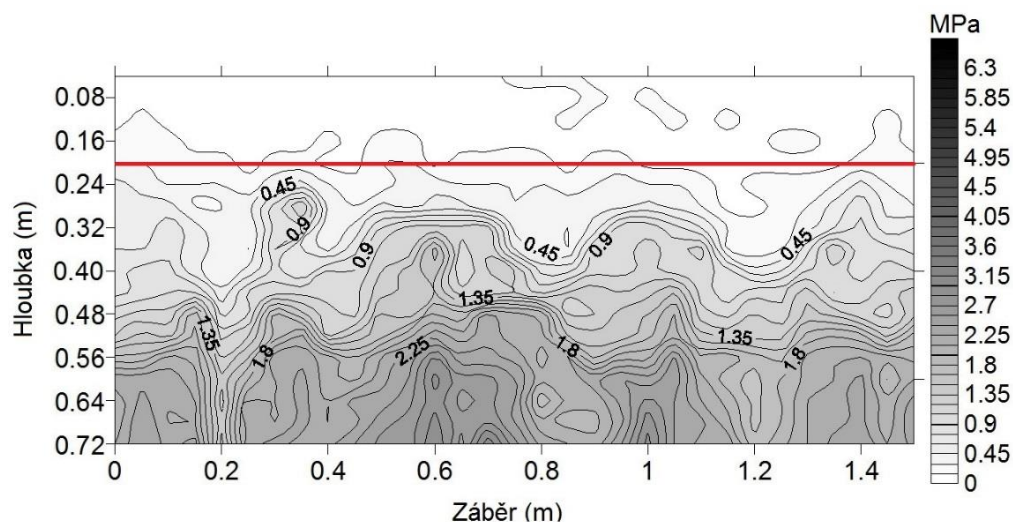
## 5 Výsledky

### 5.1 Vybrané půdní charakteristiky

#### 5.1.1 Penetrační odpor

Z naměřených hodnot penetračního odporu byly vytvořeny mapy penetračního odporu, které znázorňují penetrační odpor v různých hloubkách. Na obrázcích je červenou čarou vyznačena hloubka, na kterou byla půda zpracována.

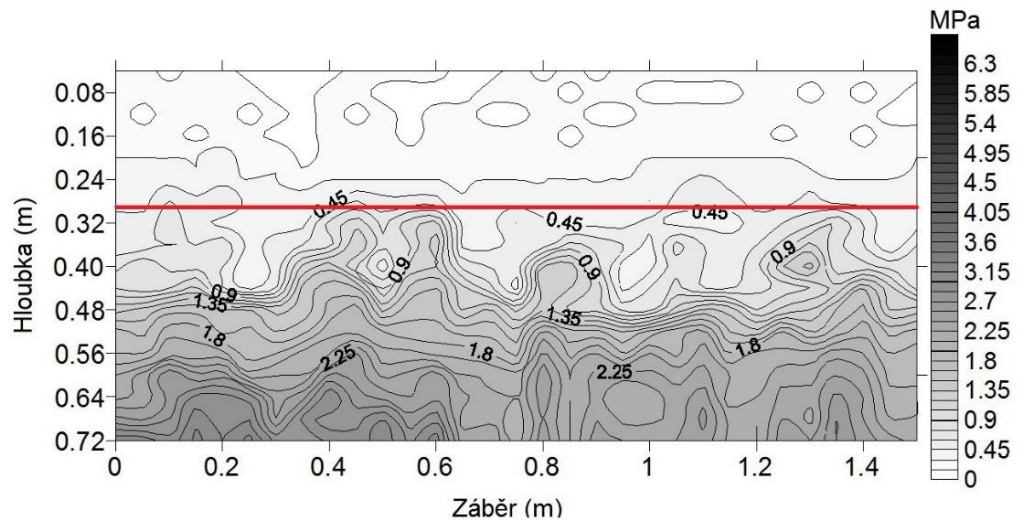
Při kypření do 0,2 m (obr. 4) je vidět kvalitní celoplošné zpracování půdy v celém profilu zpracovávané vrstvy půdy. V místě, kde procházejí slupice je vidět prokypření do větší hloubky, kdy dochází k trhání půdy. Po dlátech není patrná žádná utužená vrstva.



**Obr 4: Mapa penetračního odporu u varianty hluboké kypření do 0,2 m. Červená čára znázorňuje hloubky zpracování půdy.**

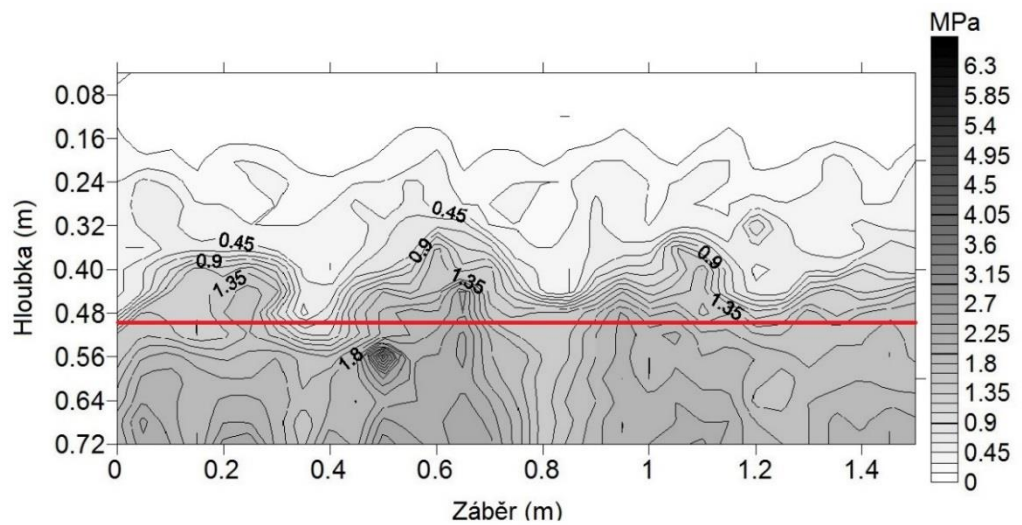
Obr. 5 znázorňuje výsledky kypření do hloubky 0,3 m, které jsou podobné jako u předchozí varianty. Profil je rovnoměrně nakypřen do pracovní hloubky stroje. Slupice procházející půdou kypří i pod pracovní hloubku.





**Obr 5: Mapa penetračního odporu u varianty hluboké kypření do 0,3 m. Červená čára znázorňuje hloubky zpracování půdy.**

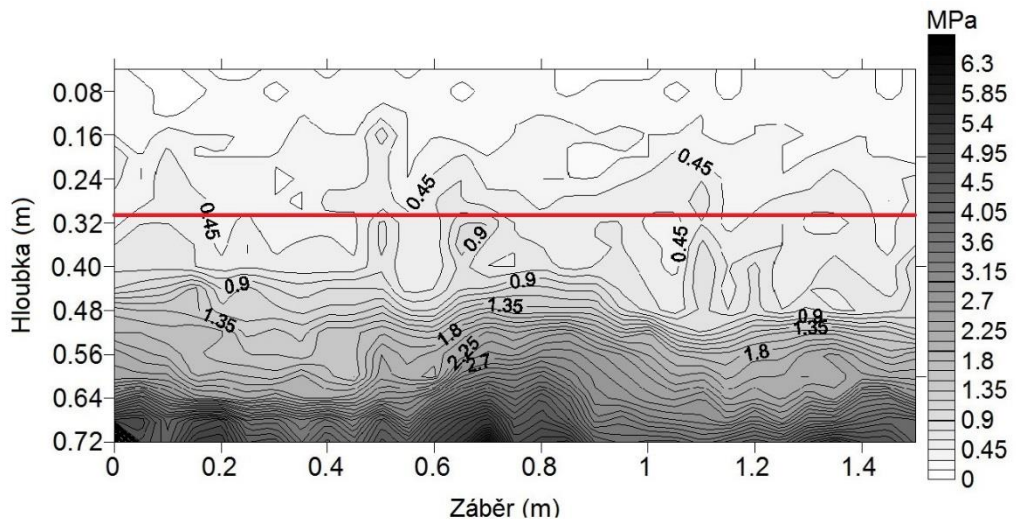
Penetrační odpor na nejhlouběji kypřené variantě (0,5 m) znázorňuje obr 6, z kterého je patrné, že k celoplošnému prokypření dochází jen do hloubky cca 0,35 m. Ve větší hloubce je půda nakypřena pouze v místech, kterými procházejí dláta.



**Obr 6: Mapa penetračního odporu u varianty hluboké kypření do 0,5 m. Červená čára znázorňuje hloubky zpracování půdy.**



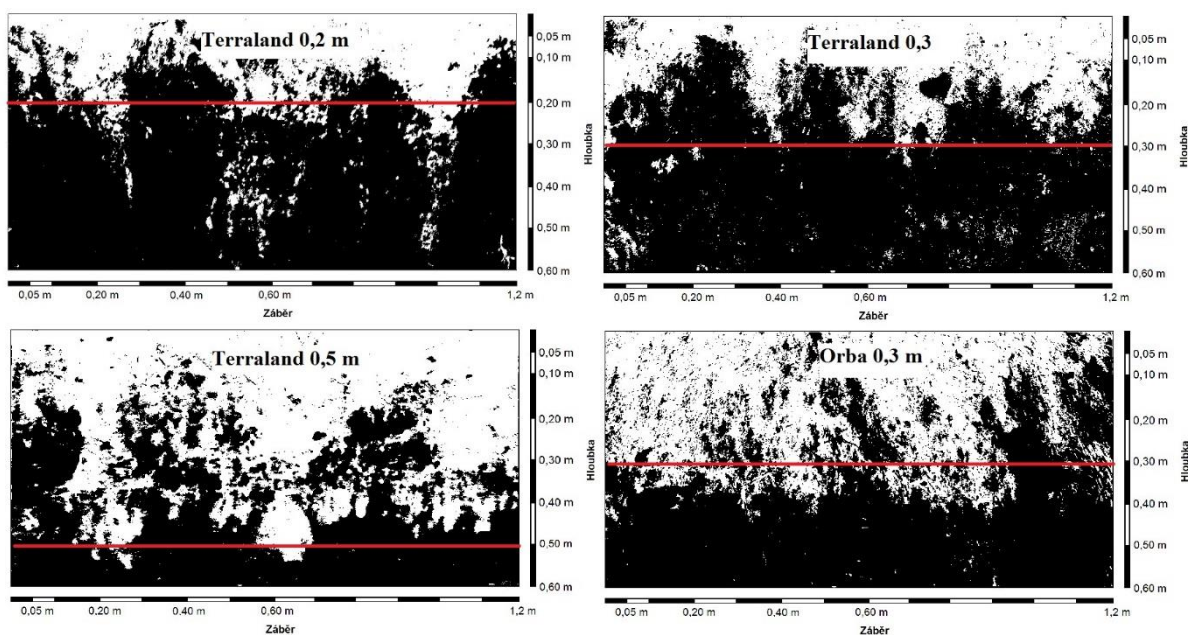
Naměřené hodnoty penetračního odporu u kontrolní varianty znázorňuje obr. 7. Z obrázku je patrné, že penetrační odpor ve zpracované vrstvě 0 – 0,3 m je větší než u kypřených variant. Na obrázku není patrný žádný výrazný přechod mezi zpracovanou a nezpracovanou půdou, což značí kvalitně provedenou orbu bez vzniku takzvané plužní podlahy.



**Obr 7: Mapa penetračního odporu u varianty s orbou 0,3 m. Červená čára znázorňuje hloubky zpracování půdy.**

### 5.1.2 Infiltrace vody

Stav prokypření půdního profilu po provedení základního zpracování půdy, na základě infiltrace modré barvy do půdy dokládá obr. 8. Bílá barva dokumentuje místa infiltrace vody 24 h po zalití, znázorňuje tedy preferenční toky vody při infiltraci. Nejlepších hodnot infiltrace vody do půdního profilu bylo dosaženo u varianty kypřené do 0,5 m, kde došlo k částečnému rozrušení utužené vrstvy v hloubce okolo 0,4 m. Na variantách z pracovaných kypřičem je dobře patrný vliv jednotlivých pracovních nástrojů, jejichž trajektorie zajišťovaly vhodné podmínky pro infiltraci. Na oraných plochách docházelo k rovnoměrné infiltraci vody do půdy v celém orničním profilu.

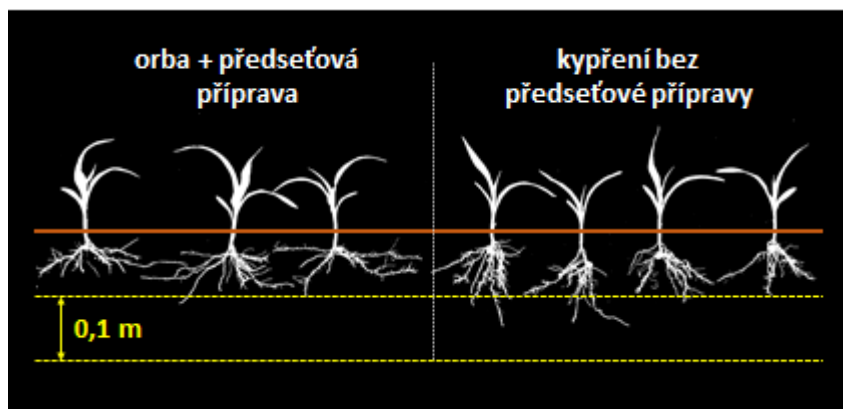


**Obr. 8.: Infiltrace vody do půdy u jednotlivých variant. Bílá barva dokumentuje místa infiltrace vody 24 h po zalití. Červená čára znázorňuje hloubky zpracování půdy.**

## 5.2 Vývoj rostlin během vegetace

Na oraných plochách s předseťovou přípravou byl zaznamenán omezený růst kořenů do spodních vrstev půdy ve srovnání s kypřenou plochou bez předseťové přípravy (obr. 9). Na

plochách s utužením půdy v horní vrstvě ornice se kořeny rozvíjely převážně v hloubce, na kterou byla provedena předseťová příprava (80 mm). Vliv předseťové přípravy na utužení půdního profilu dokumentuje obr. 10. Na pozemku, kde byla provedena předseťová příprava, jsou hodnoty penetračního odporu v hloubce 0,04 – 0,16 nižší, což přispívá k rozvoji kořenového systému do hloubky (obr. 9). Efekt utužení půdy zde může být navýšen utužením dna výsevní rýhy, jeli přítlak na výsevné sekce příliš vysoký.



**Obr. 9: Tvar kořenového systému rostlin kukuřice odebraných 10.5.2016**

### Hodnoty penetračního odporu půdy (MPa)

orba + předset'ová příprava														kypření bez předset'ové přípravy																	
vzdálenost od středu řádku (m), 0 = střed řádku														vzdálenost od středu řádku (m), 0 = střed řádku																	
hloubka půdy (m)	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	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	0,10	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	0,3	
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	0,4	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	2,7	2,8	3,0	2,9	3,1	3,2	2,9	2,6	3,3	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

modrá barva představuje nejnižší hodnoty, červená nejvyšší

Obr. 10: Hodnoty penetračního odporu půdy při provedení předset'ové přípravy půdy u orby a bez předset'ové přípravy půdy u hlubokého kypření.

Obr. 11 dokumentuje objemovou vlhkost půdy v závislosti na zpracování půdy. Vyšší vlhkost lze pozorovat v hloubce 0 – 0,1 m u orby, kde byla provedena předset'ová příprava.

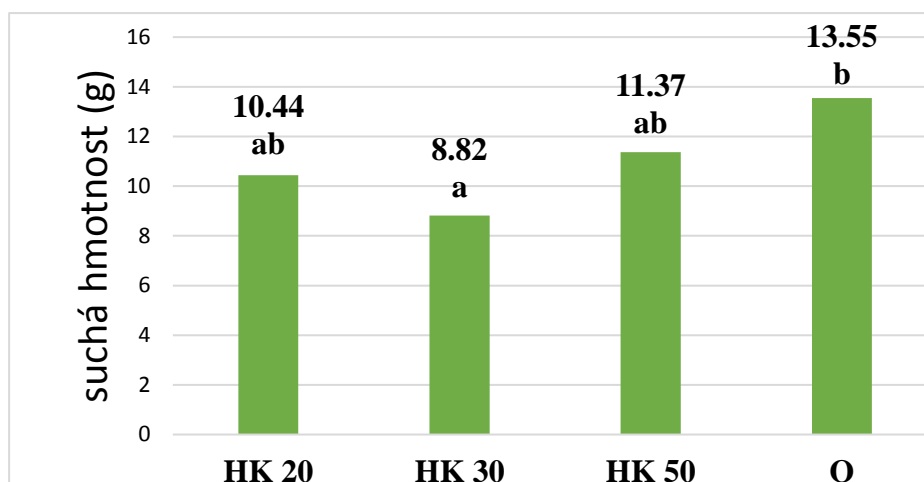
hluboké kypření bez předset'ové přípravy															
vzdálenost od středu řádku (m), 0 = střed řádku															
	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
0 - 0,1	30,9	31,1	28,1	26,8	18,3	16,6	16,0	15,1	13,0	16,2	16,0	14,4	17,8	16,6	17,1
0,1 - 0,2	32,1	30,8	33,6	37,7	39,1	40,1	37,9	30,6	26,9	23,2	24,1	21,4	23,8	24,6	22,9
0,2 - 0,3	36,2	37,4	36,8	40,2	38,9	39,6	39,9	37,3	36,3	30,0	30,2	30,6	29,9	29,7	27,3

orba + předset'ová příprava															
vzdálenost od středu řádku (m), 0 = střed řádku															
	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
0 - 0,1	22,5	25,3	28,8	25,0	23,3	28,5	25,9	27,8	26,4	25,0	28,4	32,8	30,4	30,0	31,4
0,1 - 0,2	28,1	30,8	32,6	32,4	25,7	27,6	32,2	33,1	28,5	34,3	35,0	31,9	28,3	29,9	36,3
0,2 - 0,3	27,9	29,0	30,6	29,0	23,4	31,0	28,8	27,8	33,6	36,9	26,8	28,4	32,2	32,0	35,7

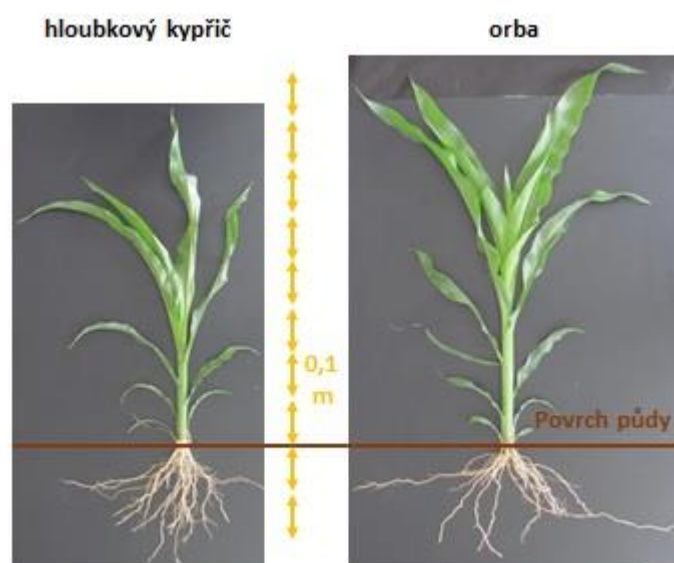
Obr. 11: Hodnoty objemové vlhkosti půdy (%). Červená barva značí nejvyšší hodnoty, zelená nejnižší.

Na grafu 2 je zaznamenána rozdílná hmotnost sušiny nadzemní části rostlin v době prodlužovacího růstu (17.6.2016). Na kontrolní variantě s konvenčním zpracováním půdy byla stanovena nejvyšší průměrná suché hmotnost rostliny. Statisticky průkazně nižší průměrné hmotnost rostliny byla stanovena vůči orbě na variantě kypřené do 0,3 m. U variant kypřených do 0,2 m a 0,5 m je hmotnost suché rostliny rovněž nižší než na orbě, ale rozdíly mezi průměry nejsou statisticky průkazné.



**Graf 2: Hmotnost suché nadzemní části ze 17.6.2016** Rozdílné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha= 0.05$  (ANOVA, Tukey). HK 20 – hloubkové kypření do 0,2 m, HK 30 – hloubkové kypření do 0,3 m, HK 50 – hloubkové kypření do 0,5 m, O – orba.

Byl pozorován rozdíl ve vývoji rostlin na variantách zpracování půdy s provedením orby a hlubokého kypření. Rostliny na orané variantě byly mohutnější a měli více vyvinutých listů. Naopak rostliny na ploše bez předseťové přípravy měli rozvinutější kořenový systém zasahující do větší hloubky (obr. 12).



**Obr. 12: Habitus rostlin odebraných 17.6.2016 na kontrolní variantě (orba) a na variantě s kypřením do hloubky 0,3 m**

### 5.3 Hodnocení při sklizni

Tabulka 2 znázorňuje biometrické parametry rostlin hodnocené 2. 9. 2016 (období sklizně kukuřice seté). Při hodnocení počtu vyvinutých palic na rostlině nebyl prokázán vliv zpracování půdy na tento parametr. Počet nevyvinutých palic byl statisticky průkazně vyšší proti ostatním variantám u varianty hluboce kypřené do 0,3 m. U počtu listů na rostlinu nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl mezi variantami. Počet rostlin na hektar byl nejnižší u varianty hlubokého kypření do 0,3 m a to 86667 rostlin na hektar naopak nejvyšší počet byl zjištěný u orby, kde bylo 96120 rostlin na hektar.

**Tab. 2: Stanovené hodnoty při sklizni 2.9.2016. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha= 0.05$  (ANOVA, Tukey). HK 20 – hloubkové kypření do 0,2 m, HK 30 – hloubkové kypření do 0,3 m, HK 50 – hloubkové kypření do 0,5 m, O – orba.**

varianta	počet vyvinutých palic (ks)	počet nevyvinutých palic (ks)	počet listů (ks)	počet rostlin na ha (ks)
<b>HK 20</b>	1,1 a	0,3 a	13,3 a	89333
<b>HK 30</b>	1,0 a	0,8 b	13,4 a	86667
<b>HK 50</b>	1,0 a	0,1 a	13,6 a	90667
<b>O</b>	1,0 a	0,1 a	13,2 a	96120

Při sklizni se hodnotily jednotlivé části rostlin v čerstvém stavu a po vysušení (tab. 3). Čerstvá hmotnost u všech částí rostliny byla nejvyšší u varianty HK 30. U hmotnosti sušiny rostliny nebyly prokázány statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Největší délky dosáhly rostliny u varianty O, nejmenší u varianty HK 50, rozdíly mezi variantami u tohoto parametru však nebyly statisticky průkazné.

**Tab. 3: Naměřené hodnoty rostlin při sklizni 2.9.2016. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha= 0.05$  (ANOVA, Tukey). HK 20 – hloubkové kypření do 0,2 m, HK 30 – hloubkové kypření do 0,3 m, HK 50 – hloubkové kypření do 0,5 m, O – orba.**

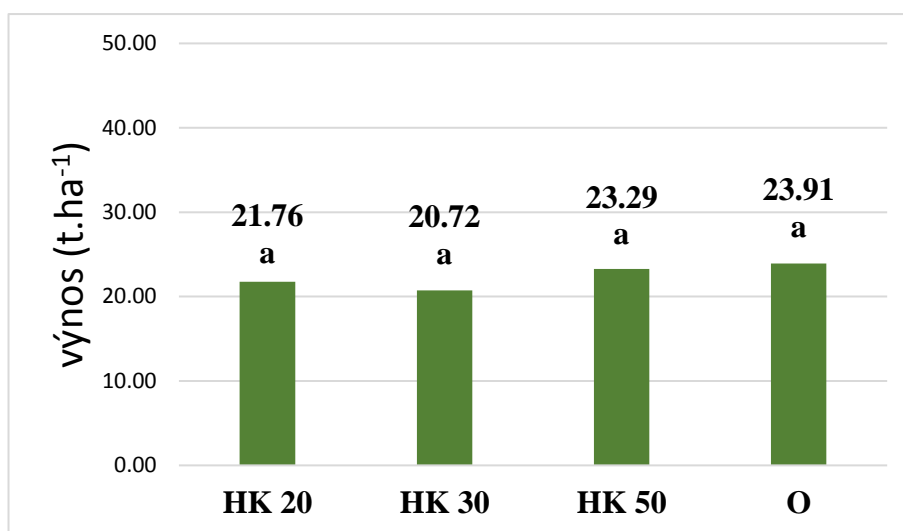
varianta	palice		stéblo		listy		čerstvá rostlina (g)	suchá rostlina (g)	délka (m)
	čerstvá hmotnost (g)	suchá hmotnost (g)	čerstvá hmotnost (g)	suchá hmotnost (g)	čerstvá hmotnost (g)	suchá hmotnost (g)			
<b>HK 20</b>	322,6 ab	142,5 a	310,7 ab	67,6 a	105,5 bc	33,6 a	738,8 ab	243,6 a	2,889 a
<b>HK 30</b>	366,3 b	158,0 a	368,9 b	75,0 a	125,5 c	35,7 a	860,7 b	268,7 a	2,902 a
<b>HK 50</b>	284,7 a	130,0 a	290,6 a	64,9 a	96,3 ab	33,7 a	671,6 a	228,6 a	2,834 a
<b>O</b>	281,0 a	139,2 a	317,2 ab	76,3 a	78,7 a	33,3 a	676,9 a	248,8 a	2,903 a

Tabulka 4 dokumentuje procentuální zastoupení sušiny v celé rostlině a jejich částech. Statisticky prokazatelně nejvyšších hodnot sušiny v celé rostlině i jejich částech dosahovala kontrolní varianta O. Naopak nejnižších hodnot sušiny v rostlině dosáhla varianta HK 30.

**Tab. 4: Stanovené hodnoty sušiny jednotlivých částí rostlin a hmotnostní podíl palic na rostlině v době sklizně 2.9.2016. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha= 0.05$  (ANOVA, Tukey). HK 20 – hloubkové kypření do 0,2 m, HK 30 – hloubkové kypření do 0,3 m, HK 50 – hloubkové kypření do 0,5 m, O – orba.**

varianta	sušina rostliny (%)	sušina palice (%)	sušina stébla (%)	sušina listů (%)	hmotnostní podíl palic na rostlině (%)
<b>HK 20</b>	33,3 ab	44,5 a	22,1 ab	32,3 ab	58,4 a
<b>HK 30</b>	31,2 a	43,1 a	20,3 a	28,6 a	58,8 a
<b>HK 50</b>	34,1 b	45,7 ab	22,5 ab	35,4 b	56,5 a
<b>O</b>	36,7 c	48,6 b	24,1 b	42,6 c	55,0 a

Graf 3 zobrazuje hodnotu výnosu sušiny na jednotlivých plochách. Výnos byl vypočten z průměrné suché hmotnosti rostliny a počtu jedinců na ploše 1 ha. Nejvyšší výnos sušiny ( $23,91 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) byl na variantě O a druhý nejvyšší výnos ( $23,29 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) u varianty HK 50. Nejnižší výnos sušiny byl ( $20,72 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) na variantě HK 30. Prokázané rozdíly mezi průměrnými výnosy hodnocených variant nejsou statisticky průkazné.



**Graf 3: Vypočtený výnos sušiny na ha v době sklizně 2.9.2016. Rozdílné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti  $\alpha=0.05$  (ANOVA, Tukey). HK 20 – hloubkové kypření do 0,2 m, HK 30 – hloubkové kypření do 0,3 m, HK 50 – hloubkové kypření do 0,5 m, O – orba.**



## 6 Diskuze

Orba patří k časově i finančně nejnáročnějším pracovním úkonům (Hůla a kol. 2004) a Montgomery (2007) uvádí, že na konvenčně zpracovaných půdách je riziko eroze 1 – 2x vyšší než na půdách zpracovaných pomocí půdoochranných technologií. Z těchto faktů vychází snaha nalézt a používat technologie zpracování půdy, které omezí energetické vstupy a riziko vzniku eroze, ale současně nedojde k výraznému snížení výnosu.

Hluboké kypření je autory doporučováno jako obecné nápravné opatření k odstranění zhutnění podorniči a zajištění lepšího vsakování vody do půdního profilu (Javůrek a Vach, 2008; Šnobl a Pulkrábek., 2007). To potvrzují i stanovené výsledky, kdy u varianty kypřené do 0,5 m byly naměřeny nižší hodnoty penetračního odporu a sledovány lepší hodnoty infiltrace vody do půdního profilu.

Během vegetace byly zaznamenány velké rozdíly ve vývoji rostlin na jednotlivých variantách s odlišným zpracováním půdy. Důvodem vyšší suché hmotnosti nadzemní části rostlin kukuřice v období poloviny června na oraných plochách vůči hlubokému kypření bylo vyšší utužení půdy v horní vrstvě vzniklé při předseťové přípravě. Toto zhutnění pravděpodobně přispělo k podpoře vzlínání vody ze spodnějších vrstev v období nedostatku srážek a zároveň zpomalilo vsakování vody do spodních vrstev oproti plochám, kde nebyla provedena předseťová příprava. Tuto skutečnost potvrzuje Brant a kol. (2016), který uvádí, že vynechání předseťové přípravy může mít negativní vliv na dostupnost vody pro rostliny během vegetace. Hypotéza pozitivního vlivu hlubokého kypření na vývoj porostu silážní kukuřice nebyla za těchto podmínek potvrzena.

Naopak v období sklizně byla pozorována menší sušina u variant s hlubokým kypřením bez předseťové přípravy. To mohlo být způsobeno lepší dostupností vody pro rostliny kukuřice v druhé polovině vegetace v porovnání s orbou z důvodu hlubšího a rozvinutějšího kořenového systému. Nejvyšší hmotnost palic na rostlinu byla pozorována u varianty kypřené do 0,3 m. Na tuto skutečnost mohl mít vliv počet rostlin na 1 hektar, který byl u této varianty nejnižší. Na toto poukazují Gajri et al. (1994) a Arora et al. (1991), kteří ve svých pokusech stanovili vyšší výnos zrna kukuřice až o 88 % u varianty hlubokého kypření v porovnání s mělkým kypřením v období nedostatku srážek.

Brant a kol. (2015c) uvádějí, že dlátové kypřiče mohou být z hlediska hloubky zpracování a nakypření půdy využity jako náhrada orby. Dále zmiňují jejich využití k hlubšímu kypření za účelem rozrušení utužených vrstev ve větších hloubkách. Tyto údaje korespondují s výsledky práce, které potvrdily dobré infiltrační podmínky na půdách zpracovaných



hloubkovým kypřičem, ale i dosažení srovnatelných výnosů biomasy silážní kukuřice na oraných a kypřených plochách, což potvrzuje hypotézu, že hluboké kypření vykazuje obdobný vliv na sledované půdní charakteristiky jako orba. Hypotéza, která předpokládala vyšší výnos při hlubokém kypření, se za těchto podmínek nenaplnila. Nejvyšší výnos sušiny byl v době sklizně u orané varianty.

Zavádění nových technologií v zemědělství často naráží na značnou konzervativnost oboru, způsobenou vysokou pořizovací cenou moderních strojů a obecnou nedůvěrou uživatelů v nové technologie. Finanční náročnost zavádění nových technologií může být velmi vysoká (Javůrek a Vach, 2008; Kovaříček a kol., 2014).

Vývoj porostů se bude vždy odvíjet od půdních a povětrnostních podmínek během vegetace panujících v dané lokalitě. Proto je namístě doporučit opakování pokusů v dalších letech a rozdílných půdních a povětrnostních podmínkách.

## 7 Závěr

Z dosažených výsledků lze vyvodit tyto závěry:

1. Hluboké kypření mělo příznivý vliv na infiltraci vody do půdního profilu.
2. Rozdílné technologie základního zpracování půdy mají vliv na vývoj porostu silážní kukuřice.
3. U technologie hlubokého kypření bez předseťové přípravy může dojít v období nedostatku srážek ke stresu rostlin suchem z důvodu horších podmínek pro vztlínání vody z hlubších vrstev půdního profilu.
4. Výnos biomasy u technologie hlubokého kypření je srovnatelný s konvenční technologií pěstování silážní kukuřice.
5. Hluboké kypření lze využít jako alternativu ke konvenčnímu zpracování půdy.

Doporučení pro praxi:

Na základě předkládaného pokusu lze technologii hlubokého kypření jako základní zpracování půdy doporučit. Hluboké kypření je vhodné zařadit i na plochách dlouhodobě oraných k rozrušení utužené vrstvy ve větších hloubkách půdního profilu. Zjištěný rozdíl sušiny u jednotlivých variant v době sklizně by se dal využít k rozložení sklizně zvláště u podniků s velkou výměrou silážní kukuřice.

## 8 Seznam použité literatury

- Arora, V. K., Gajri, P. R., Prihar, S. S. 1991. Till effects on corn in sandy soils in relation to water retentivity, nutrient and water management, and seasonal evaporativity. *Soil and Till Research*. 21 (1 – 2). 1 – 21 s.
- Baňoch, Z., Raszka, P. 1985. Návrh organizace rostlinné výroby s využitím závlah. Metodiky pro zavádění výsledku výzkumu do zemědělské praxe. Praha. ÚVTIZ Praha. 63 s.
- Bednar farm machinery. 2016. Teralland TN, TN\_PROFI, TN\_RT. 6. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z <http://www.bednar-machinery.com/upload/products/prospects/92120f393f6f63a5e9c858d4313b9e66.pdf>
- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P., Škeříková, M. 2016. Minimalizace předseťové přípravy a seťového lože při setí kukuřice. *Úroda*. 64(3): 14 – 20.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P. 2015a. Pásové zpracování půdy – strip tillage. *Úroda*. 63(5). 98–103.
- Brant, V., Pivec, J., Zábranský, P., Škeříková, M., Kroulík, M. 2015b. Vláhové nároky kukuřice v oblastech s nedostatkem srážek. *Agromanuál*. 10(4): 108 – 111.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P., Škeříková, M. 2015c. Vliv orby a hlubokého kypření na variabilitu půdního profilu. *Agromanuál*. 10(9 – 10): 56 – 60.
- Brant, V., Kroulík, M., Pivec, J., Holec, J., Cihlář, P., Fuksa, P., Procházka, L. 2011. Pásové zpracování půdy v porostech silážní kukuřice [online]. Česká zemědělská univerzita v Praze. *Agromanuál*. 10-3-2011. [cit. 11-4-2016]. dostupné z <<http://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pasove-zpracovani-pudy-v-porostech-silazni-kukurice>>.

- Český statistický úřad. Veřejná databáze. 2016-05-31 [cit. 2017-02-06]. Dostupné z <  
[https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&typExp=pdf&z=T&f=TABULKA&ds=&pvo=ZEM02&katalog=30840&&c=v3~8\\_RP2016&u=v46\\_VUZEMI\\_97\\_19&str=v45&kodjaz=203&page=vystup-objekt#w=>](https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&typExp=pdf&z=T&f=TABULKA&ds=&pvo=ZEM02&katalog=30840&&c=v3~8_RP2016&u=v46_VUZEMI_97_19&str=v45&kodjaz=203&page=vystup-objekt#w=>)>.
- Diviš, J., Kajan, M. 2011. Bioplyn a kukuřice. Agromanuál. 6(2). 64-65.
- 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 till and red clover on corn performance and soil physical quality. Soil Science Society of America Journal. 67 (3). 867 – 877 s.
- Estler, M. 1996. Praktische Bodenbearbeitung. DLG-Verlags-GmbH. Frankfurt am Main. p. 264. ISBN: 3-7690-0529-5.
- Gajri, P. R., Arora, V. K., Chaudhary, M. R. 1994. Maize growth responses to deep till, straw mulching and farmyard manure in coarse textured soils of N.W. India. Soil use and management. 10 (1). 15 – 19 s.
- Hnilička, F., Hniličková, H. 2012. Vodní režim polních plodin. Úroda. 60 (8). 36-37.
- Honsová, H. 2013. Pěstování kukuřice na výrobu bioplynu [online]. Biom. 2013-09-16 [cit. 2017-02-01]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-kukurice-na-vyrodu-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
- Houšť, M., Smutný, V., Procházková, B., Neubert, L., Lukas, V. 2014. Vliv agrotechnických zásahů na udržení půdní úrodnosti. In: Prokeš, K. (ed.). Kukuřice v praxi 2014. Mendelova univerzita v Brně a KWS Osiva, s.r.o.. Brno. s. 12-22. ISBN: 978-80-7375-937-7.
- Hůla, J., Procházková, B., Badalíková, B., Dryšlová, T., Horáček, J., Javůrek, M., Kovaříček, P., Kroulík, M., Kumhála, F., Smutný, V., Tippl, M., Winkler, J. 2010. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. 58 s. ISBN: 978-80-86884-53-0.

- Hůla, J., Procházková, B., Kovaříček, P., Dovrtěl, J., Abrham, Z., Neudert, L., Hartman, I., Mayer, V., Vlášková, M. 2004. Minimalizační a půdoochranné technologie. Výzkumný ústav zemědělské techniky Praha. Praha. 58 s. ISBN 80-86884-01-5.
- Hůla, J., Abrham, Z., Bauer, F. 1997. Zpracování půdy. Brázda. Praha. p. 140. ISBN: 80-209-0265-1.
- Javůrek, M., Vach, M. 2008. Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. 25 s. ISBN 978-80-87011-57-7.
- Kazda, J. 2003. Choroby a škůdci polních plodin, ovoce a zeleniny. 3., dopl. vyd. Zemědělec. Praha. ISBN: 80-867-2603-7.
- Koulíček, J., Pulkrábek, J. Praktické zkušenosti s hlubokým kypřením půdy [online]. Agromanual. 28. 07. 2015 [cit. 11-12-2016]. Dostupné z <http://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/prakticke-zkusenosti-s-hlubokym-kyprenim-pudy>.
- Kovaříček, P., Hůla, J., Abrham, Z., Vlášková, M. 2014. Systém hospodaření s cílem omezit nežádoucí zhutnění půdy a zvýšit propustnost půdy pro vodu. Uplatněná certifikovaná metodika. Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. 40 s. ISBN 978-80-86884-78-3.
- 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.
- Mašek, J. 2017. Zpracování půdy v praxi. Mechanizace. 67 (2). 64-69. ISBN: 0373-6776.
- Mikulka, J. 2014. Plevelle polních plodin. Profi Press. Praha. 179 s. ISBN 978-80-86726-60-1.
- Montgomery, D. R. 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. Proceedings of the national Academy of Sciences of the United States of America. 104 (33). 13268-13272.

- Morgan, R. P. C. 200. Soil erosion and conservation. Blackwell Publishing. Oxford. 304 pp. ISBN: 1-4051-1781-8.
- Novák, J., Skalický, M. 2012. Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika. Powerprint. Praha. 336 s. ISBN: 978-80-87415-53-5.
- Or, D., Ghezzehei, T.A. 2002. Modelling post-tillage soil structural dynamics: a review. Soil & Tillage Research .64 : 41 - 59.
- Procházková, B., Dovrtěl, J., Dryšlová, T., Křen, J., Lukas, V., Neubert, L., Smutný, L., Winkler, J. 2011. Minimalizační technologie zpracování půdy a možnosti jejich využití při ochraně půdy a krajiny. Mendelova univerzita v Brně. Brno. 40 s. ISBN: 978-80-7375-524-9.
- 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.
- Spoor, G., Godwin, R. J. 1978 An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. Journal of Agricultural Engineering. Bedford. 243-258.
- Šantrůček, J., Fuksa, P., Hakl, J., Kocourková, D., Mrkvička, J., Svobodová, M., Veselá, M. 2008. Enciklopedie pícninářství. PowerPrint. Praha. 157 s. ISBN: 978-80-213-1605-8
- Škoda, V., Kohout, V., Soukup, J., Vrkoč, F., Zitta, M. 1998. Obecná produkce rostlinná. Powerprint. Praha. 190 s. ISBN 80-213-0450-2.
- Šnobl, J., Pulkrábek, J. 2007. Základy rostlinné produkce. PowerPrint. Praha. 24s.
- Strnadová, D. 2012. Z historie zemědělství. Národní zemědělské muzeum. Praha. p. 147. ISBN: 978-80-86874-40-1.
- Šuk, J., Balík, J., Jambor, V., Kohout, V., Loučka, R., Táborský, V., Vrzal, J., Jacobe, P. 1998. Kukuřice. VP AGRO, Kněžves. p. 131. ISBN: 80-86153-99-1.

- Talich, P., Řehák, V., Kocourek, F., Ackermann, P. 2013. Metodická příručka integrované ochrany rostlin proti chorobám, škůdcům a plevelům: Polní plodiny. Česká společnost rostlinolékařská. Praha. 360 s. ISBN: 978-8-02-02480-4.
- Tisdall, J. M., Adem, H. H. 1986. Effect of water content of soil and tillage on size distribution of aggregates and infiltration. Aust. J. Exp. Agric. 195 p.
- Titi, E.A. 2002. Soil tillage in agroecosystems. CRC press. U.S.A. 367 p. ISBN: 0-8493-1228-0.
- Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press. Praha. p. 176. ISBN: 976-80-86726-25-0
- 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.
- Varsa, E. C., Chong, S. K., Abolaji, J. O., Farquhar, D. A., Olsen, F. J. 1997. Effect of deep till on soil physical characteristics and corn (*Zea mays* L.) root growth and production. Soil and Till Research. 43 (3 – 4). 219 – 228 s.
- Vrzal, J., Kohout, V., Novák, D., Štráfelda, J. 1995. Pěstování kukuřice a jednoletých pícnin. Institut výchovy a vzdělání MZe ČR v Praze. Praha. 32 s. ISBN 80-7105-097-0.
- Zimolky, J., Balounová, M., Cerkal, R., Červinka, J., Doležal, P., Dvořák, J., Fajman, M., Hrstková, P., Jánský, J., Křen, J., Palík, S., Poláčková, J., Polišínská, I., Povolný, M., Procházková, B., Prokop, M., Richter, R., Ryant, P., Říha, K., Smutný, V., Tichý, F., Vaculová, K., Winkler, J., Zeman, L. 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. ProfiPress. Praha. 200 s. ISBN: 978-80-86726-31-1.