

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv zpracování půdy na infiltrační procesy**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Libor Fáber  
Obor studia: Rostlinná produkce**

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

**© 2024 ČZU v Praze**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Vliv zpracování půdy na infiltrační procesy“ 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 .....

\_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D., za vedení této bakalářské práce, za jeho profesionální přístup, řadu odborných poznatků v zemědělství a diskuse nejen při vypracování této bakalářské práce. Dále bych také rád poděkoval doc. Ing. Milanu Kroulíkovi, Ph.D., za zpracování dat z pokusů a za odborné rady.

# Vliv zpracování půdy na infiltrační procesy

## Souhrn

Tématem této práce je vliv zpracování půdy na infiltrační procesy. Tímto tématem se tato bakalářská práce zabývá především z důvodu stále aktuálnějších a častějších výkyvů v počasí, a to jak teplotních, tak srážkových. I když srážky v průběhu roku zůstávají v průměru pořád stejné, mění se však jejich intenzita a rozložení v měsících. Cílem práce bylo zejména zjistit, jaký je rozdíl mezi jednotlivými druhy zpracování půdy a jejich vlivem na půdu, jaká je rychlost infiltrace vody do půdy, jaká jsou erozní rizika a celkový stav porostu v průběhu měření.

Tato problematika byla zpracována formou polního pokusu, kde byly založeny tři pokusné varianty jarní pšenice. Jednalo se o mělké zpracování půdy, hluboké kypření a orbu. Všechny pokusné bloky byly zaseté ve stejnou dobu na stejném poli, vedle sebe, se shodným výsevkem, následně byly stejně hnojeny a chemicky ošetřovány. Pokusy byly uskutečněny ve stejný den pro co nejpřesnější výsledky. Pokusné bloky jarní pšenice byly sety po cibuli.

V pokusu bylo hodnoceno, jak je voda schopná infiltrovat po různém druhu zpracování půdy, jaký je časový rozdíl infiltrace různých variant, který má zásadní vliv na množství vody v půdě, a nadále také její splav při stále častějších přívalových srážkách. Nejlépe na rychlost infiltrace dopadla orba, poté hluboké kypření, nakonec mělké zpracování. Nejmarkantnější rozdíl byl zaznamenán u mělkého zpracování půdy, které prokázalo nejhorší časové výsledky. Oproti orbě zde byl rozdíl až o 52 sekund. V případě pokusu s modrou infiltrací dopadlo měření hloubky následovně: orba dosáhla hloubky 0,37 m, následovalo mělké zpracování půdy, kde hloubka infiltrace dosáhla 0,27 m, a poslední bylo hluboké kypření, které se dostalo do hloubky 0,2 m.

**Klíčová slova:** infiltrace, půda, zpracování, voda, rozdíl

# **Influence of tillage on infiltration processes**

## **Summary**

The topic of this paper is the influence of soil treatment on infiltration processes. This topic is the main focus of this bachelor thesis because of the increasingly frequent and actual fluctuations in weather, both in temperature and precipitation. Although precipitation remains the same on average throughout the year, its intensity and distribution changes from month to month. In particular, the aim of the work was to determine the difference between the different types of tillage and their effect on the soil, the rate of water infiltration into the soil, erosion risks and the overall condition of the stand during the measurement period.

This issue was treated in the form of a field experiment where three experimental variants of spring wheat were established. These were shallow tillage, deep cultivation and ploughing. All experimental blocks were sown at the same time in the same field side by side with the same seeding rate and then fertilized and chemically treated in the same way. The experiments were conducted on the same day for the most accurate results. The experimental blocks of spring wheat were sown one onion at a time.

The experiment evaluated how water is able to infiltrate after different soil treatments, the time difference of infiltration of the different treatments, which has a major effect on the amount of water in the soil and continues to be runoff under increasingly frequent rainfall. The best effect on infiltration rate was achieved by ploughing followed by deep cultivation, and finally shallow cultivation. The most significant difference was observed for shallow tillage, which showed the worst time results, with a difference of up to 52 seconds compared to ploughing. In the case of the blue infiltration experiment, the depth measurements were as follows, ploughing reached a depth of 0.37 m, followed by shallow tillage where the infiltration depth reached 0.27 m and last was deep cultivation which reached a depth of 0.2 m.

**Keywords:** infiltration, soil, processing, water, difference

# Obsah

1	Úvod .....	8
2	Cíl práce.....	9
3	Literární rešerše .....	10
3.1	Infiltrace .....	10
3.1.1	Infiltrace srážek .....	10
3.1.2	Vliv půdní struktury na infiltraci .....	11
3.2	Zpracování půdy.....	11
3.2.1	No-till .....	11
3.2.2	Ridge-till.....	12
3.2.3	Strip-till .....	13
3.2.4	Mulch-till.....	14
3.2.5	Orba .....	15
3.2.6	Hluboké kypření .....	15
3.2.7	Mělké zpracování půdy .....	16
3.3	Měření infiltrace.....	18
3.3.1	Jednoválcová výtopová metoda.....	18
3.3.2	Modrá infiltrace .....	18
3.4	Erozní rizika .....	18
4	Materiál a metodika .....	20
4.1	Charakteristika pokusné lokality .....	20
4.2	Geografická poloha .....	21
4.3	Zhodnocení dle BPEJ .....	21
5	Terénní měření.....	22
5.1	Jednoválcová výtopová metoda .....	22
5.1.1	Materiál .....	22
5.1.2	Příprava práce.....	22
5.1.3	Vlastní měření .....	23
5.2	Infiltrace s modrým barvivem .....	24
5.2.1	Materiál .....	24
5.2.2	Příprava práce.....	24
5.2.3	Vlastní měření .....	24
5.3	Orba.....	25

5.3.1	Hluboké kypření .....	26
5.3.2	Mělké zpracování půdy .....	26
6	Výsledky .....	27
6.1	Infiltrace jednoválcové výtopové metody .....	27
6.1.1	Orba .....	27
6.1.2	Hluboké kypření .....	28
6.1.3	Mělké zpracování půdy .....	28
6.2	Infiltrace s modrým barvivem .....	28
6.2.1	Orba .....	29
6.2.2	Hluboké kypření .....	30
6.2.3	Mělké zpracování půdy .....	31
7	Diskuse .....	32
8	Závěr .....	34
9	Literatura.....	35

# 1 Úvod

Voda a její přítomnost v půdě je životně důležitá jak pro rostliny, tak pro makrobiální a mikrobiální život půdy ve spojení s teplem, vzduchem a živinami je hlavním tvůrcem půdní úrodnosti a má zásadní vliv na zpracování půdy, ale také na projev a přístupnost živin v půdě. Při špatném hospodaření a zacházení s půdou může být voda také velmi nebezpečná. Jedním z problémů je odplavení živin do vodních toků. Prudké deště a velké množství srážek může snadno způsobit vodní erozi a být tak hlavním činitelem v degradaci zemědělských půd. Z tohoto důvodu je potřeba zaměřit se na infiltraci, protože je to děj, kterým se srážková voda dostává do půdy. Rychlou infiltrací tak lze snadno omezit odnos živin a odtok půdy.

Na rychlost infiltrace má vliv hned několik faktorů. Jedním z hlavních je zpracování půdy. Tento faktor se může lišit podle půd a svažitosti pozemků, na jakých farma hospodaří, avšak jsou způsoby, kterých lze snadno docílit a dokážou výrazně pomoci, jako je například ponechání hrudovitější struktury půdy, které dokáže roztříštit padající vodu a zamezit vytvoření půdního škraloupu. Velmi významným faktorem je i množství organické hmoty v půdě. Organicky bohatá půda je schopná zadržet výrazně větší množství vody než na organiku chudé půdy.

V této práci se věnuji různým druhům zpracování půdy a jejich souvislosti s infiltrací vody do půdy. Terénní měření probíhalo na naší farmě a byly zvoleny 3 nejpoužívanější metody zpracování půdy z okolí a došlo k jejich porovnání.



## **2 Cíl práce**

V rámci hlavního cíle jsou stanoveny dva dílčí cíle práce:

- 1) Zpracování literární rešerše popisující problematiku vlivu zpracování půdy na infiltraci vody.
- 2) Stanovit vliv rozdílných způsobů zpracování půdy pro pšenici jarní na infiltraci.

Hypotéza: Základní zpracování půdy vykazuje odlišný vliv na infiltraci.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Infiltrace

Infiltrace je klíčovým procesem v koloběhu vody, který určuje pohyb srážek do půdy. Infiltrace hraje významnou roli při doplňování zdrojů podzemních vod a udržování vodní bilance v ekosystémech (Barron et al., 1989). Přesné odhady míry infiltrace jsou navíc nezbytné pro různé aplikace, jako je navrhování účinných zavlažovacích systémů, odhad míry evapotranspirace, hodnocení potenciálu doplňování podzemních vod a předpověď povrchového odtoku a efektivních srážek (Tanaka et al., 1996).

#### 3.1.1 Infiltrace srážek

Infiltrace může pojmout celou dávku vody nebo jen její část. „Infiltrační kapacita“ neboli potenciální míra infiltrace půdy, je maximální rychlost, s jakou může povrch půdy absorbovat vodu. Pokud tedy zásoba vody překročí infiltrační kapacitu, infiltuje se pouze její část a zbývající část se podle místní topografie zadržuje na povrchu půdy nebo odtéká. Funkci infiltrační kapacity lze tedy považovat za půdní charakteristiku se závislostí na počátečním profilu obsahu vody v půdě. Pokud je infiltrace nižší než její kapacita, bude infiltrační funkce záviset také na časovém průběhu aplikační dávky (Assouline et al., 2013).

Mezi faktory ovlivňující infiltraci vody do půdy je v první řadě zhutnění půdního profilu, vodoodpudivost, smršťování a bobtnání v jílovitých půdách, vliv uzavřeného vzduchu, preferenční proudění, časoprostorové variability hydraulických vlastností půdy, kamenitosti a tyto vlastnosti do značné míry určují průběh infiltrace (Dohnal, 2014).

Změna půdní struktury po zpracování půdy přináší změnu vodivosti a propustnosti pro vodu, teplo a vzduch. Výsledek ve změně transportních vlastností souvisí s výskytem makropórů. Homogenní vrstva s horizontální strukturou vzniká při klasickém zpracování půdy, vertikální struktura převažuje při uplatňování redukovaného zpracování půdy. Tyto stavy se přímo odráží v rychlosti infiltrace, vyplavování živin a erozi (Hůla et al., 2010).

Orbou se vytvoří ve zpracované vrstvě půdy makropóry, jímavost půdy pro vodu z intenzivních srážek může být krátkodobě vyšší než v případě redukovaného zpracování půdy bez orby. Po delší době po zpracování půdy se však, zejména na lehčích půdách, situace mění, povrchový odtok vody při intenzivních srážkách je po konvenčním zpracování půdy vyšší, než u variant s redukovaným zpracováním půdy, především tehdy, je-li redukované zpracování půdy kombinováno s využitím ochranné funkce odumřelé rostlinné biomasy, což je charakteristické pro půdoochranné zpracování půdy. Redukované zpracování půdy tedy nabízí zvýšení kapacity vodivosti a infiltrace a redukci povrchového odtoku a rizika eroze. Půdoochranná technologie může tedy zvýšit pohyb vody ve směru působení gravitace a její zadržení ve větších hloubkách. Na druhou stranu však vyvstává obava, že upřednostňování odtoku velkými póry způsobuje pohyb nitrátů a postřikových látek do hlubších částí půdního profilu (Hůla et al., 2010).

### 3.1.2 Vliv půdní struktury na infiltraci

Struktura půdy hraje zásadní roli při určování rychlosti a rozsahu infiltrace (Qing et al., 2020). Schopnost půdy fungovat jako houba a absorbovat vodu je navíc přímo ovlivněna její strukturou a infiltrační schopností (Li et al., 2015).

Změny ve struktuře půdy mohou vést ke snížení míry infiltrace, což ztěžuje pohyb vody v půdě a může mít za následek zvýšený povrchový odtok a erozi. Kromě toho může transport sedimentů s odtékající vodou dále ovlivňovat vývoj půdní krusty a nadále ovlivnit propustnost půdy. Závěrem lze říci, že studium struktury půdy a jejího vlivu na infiltraci má zásadní význam pro pochopení pohybu vody v půdě, efektivní hospodaření s vodními zdroji a prevenci (Auzet et al., 2004).

## 3.2 Zpracování půdy

Pro označení postupů zpracování půdy, které zahrnují různou hloubku, intenzitu i odlišný způsob kypření půdy a zacházení s rostlinnými zbytky, se v nedávné minulosti používalo více termínů (Hůla et al., 2008).

Způsoby zpracování půdy, které zahrnují různou hloubku, intenzitu i odlišný způsob kypření půdy a zacházení s rostlinnými zbytky, se v nedávné minulosti velmi výrazně změnily, a díky technickému pokroku se také rozšířily. Důvodem jsou nejen očekávané přínosy z hlediska ekonomiky pěstování, ale i zachování a zvyšování půdní úrodnosti. Minimalizační technologie jsou známy již desítky let, ale jejich největší rozvoj a uplatnění byly zaznamenány od přelomu tisíciletí, kdy snižování výrobních nákladů, výkonná technika a účinné herbicidy byly hlavními důvody pro jejich rozšíření. V současné době jsou považovány za významnou alternativu konvenčních technologií s orbou. Minimalizační technologie zpracování půdy mohou být přínosem k efektivnímu hospodaření na půdě, ale současně je třeba si uvědomovat i rizika spojená s využíváním těchto technologií v různorodých podmínkách hospodaření. Ty prochází změnou tak, jak se mění technologie pěstování, odrůdová skladba či počasí v jednotlivých letech (Váňová et al., 2012).

### 3.2.1 No-till

No-till neboli setí do nezpracované půdy je kultivační technika, při níž se půda narušuje minimálně, a to pouze podél výsevní rýhy nebo v jamce, do níž se následně seje osivo (obr. č. 1). V této technologii organické zbytky předchozích plodin pokrývají a chrání seťové lůžko. Tato praxe je jednou z několika takzvaných „primitivních zemědělských“ metod, které byly ve 20. století oživeny jako opatření na ochranu přírody. Na rozdíl od konvenčního obdělávání půdy, které reguluje růst plevelů orbou a kultivací, se při konvenčním bezorebném zemědělství často používá velké množství selektivních herbicidů k hubení plevelů a zbytků předchozí plodiny. Tato metoda obdělávání má za cíl udržet půdu ve stálém vegetačním krytu, zabránit větrné a vodní erozi, degradovat ji, a v neposlední řadě snížit finanční náklady na zpracování půdy a setí. Metoda zlepšuje tvorbu půdních agregátů, mikrobiální a bezobratlých živočichů v půdě, infiltraci a zadržování vody, a zároveň umožňuje obdělávání půdy na svazích se sklonem až 15 % (Britannica 2023).



Obr. 1 – Stroj pro setí v technologii no-till (zdroj: AFDJ, 2023)

### 3.2.2 Ridge-till

Hrůbkové obdělávání půdy (obr. č. 2) je forma konzervačního obdělávání půdy, kdy zemědělec vytváří hrůbky nebo vyvýšené záhony. Výsev se provádí na hrůbky a obvykle zahrnuje shrnutí horní části hrůbku. Hrůbkové obdělávání půdy může zlepšit stav půdy, snížit erozi a odtok vody. Tento systém konzervačního obdělávání půdy je vhodnější pro studené a vlhké půdy, protože vyvýšené záhony poskytují lepší odvodnění a teplejší prostředí. V systémech hřebenového zpracování půdy je snazší boj s plevelem, protože zde lze použít mechanické hubení plevelu. Široké hrůbky jsou možností pro konvenční a ekologické pěstitele zeleniny, kteří mají zájem o snížení objemu obdělávání půdy. Jednou z možností je také použití krycích plodin v systémech hrůbkového zpracování půdy (Schonbeck & Morse, 2007).



Obr. 2 – Stroj pro kultivaci v technologii ridge-till (zdroj: Nooralvandi, 2016)

### 3.2.3 Strip-till

Brant a kol. (2016) definuje metodou strip-till jako „půdu zpracovávanou v pruzích (obr. č. 3), ve směru řádků následně vysévané plodiny“. Řádky se od sebe pohybují v rozmezí od 0,4 m až do 0,9 m, přičemž při použití rozteče 0,7 m a více by neměl podíl obdělané plochy přesáhnout jednu čtvrtinu pozemku. Podíl obdělané půdy závisí na rozteči a šířce samotného obdělávaného řádku, který může být široký v rozmezí od 0,15 m do 0,4 m podle orničního profilu, stavu půdy, pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky, jejich množství a velikostí.

Klasické pásové zpracování půdy, nebo také nazýváno konvenční strip-till, je u nás nejvíce rozšířený u širokořádkových plodin, ale je možné se setkat i s jinými plodinami, jako je například řepka. V rámci evropského intenzivního zemědělství se systém pásového zpracování upřednostňuje před setím do nezpracované půdy a vznikají systémy označované jako intenzivní strip-till. Z důvodu modifikací pásového zpracování půdy se můžeme setkat s plodinami vysévanými do užších řádků, jako je výše zmíněná řepka. Vznikají tak nové systémy označované též jako metoda strip-till (Brant et al., 2016).



Obr. 3 – Stroj pro pásové zpracování Bednar STRIP-MASTER EN (zdroj: Bednar FMT)

### 3.2.4 Mulch-till

Jedná se o typ obdělávání půdy, který zahrnuje formu celoplošného obdělávání půdy, při němž po výsadbě nebo po vysetí zůstane více než 30 % rostlinných zbytků (obr. č. 4). Podíl rostlinných zbytků se také odvíjí od oblasti, ve které hospodaříme. Běžnými nástroji pro zpracování půdy používanými v tomto systému jsou dlátové pluhy, diskové brány a polní kultivátory. Protierozní ochrana je mnohem lepší než při orbě radlicí díky vyššímu půdnímu krytu, ale není tak velká jako při čistě bezorebném zpracování půdy. Obsah organické hmoty v půdě je obvykle vyšší než při orbě pluhem, ale nižší než při bezorebném zpracování půdy (Cornell University, 2010).



Obr. 4 – Porost kukuřice v technologii mulch-till (Cornell University 2010)

### 3.2.5 Orba

Orba je tradiční zemědělský postup, který spočívá v mechanickém obracení půdy (obr. č. 5) za účelem její přípravy pro následnou plodinu (Morris at al., 2010). Je důležitým krokem v zemědělském procesu, protože pomáhá rozbít ztuhlou půdu, odstranit mechanicky vytrvalý plevel a usnadnit klíčení semen (Key et al., 2016). Kromě toho může orba zlepšit provzdušnění půdy, zvýšit infiltraci vody a zlepšit dostupnost živin pro rostliny, zapravení rostlinných zbytků, zeleného hnojení a hnoje do hlubších půdních horizontů. Prostřednictvím orby navíc pomáhá obohatit půdu o organickou hmotu a zlepšit její úrodnost a celkový zdravotní stav (Ludwig et al., 2010). Přestože je orba historicky spjatá s obděláváním půdy, je důležité si uvědomit, že nadměrné a nesprávné používání orby může mít i negativní důsledky (Chamen et al., 2003). Mezi tyto důsledky patří eroze půdy, ztráta půdní struktury a zhoršení zdravotního stavu půdy (Cannell & Hawes, 1994).

Pro zmírnění těchto negativních dopadů se stále častěji používají alternativní postupy, které podporují udržitelné hospodaření s půdou, jako je snížené obdělávání půdy. Zemědělci by proto měli zvážit výhody a nevýhody orby a vyhodnotit alternativní postupy hospodaření s půdou, aby zajistili dlouhodobou udržitelnost zemědělství a zdraví půdy (Kuhwald et al., 2020).



Obr. 5 – Osmiradličný pluh Lemken vari-diamnt (zdroj: Lemken)

### 3.2.6 Hluboké kypření

Hluboké kypření se v dnešní době stává velkým fenoménem, a to z několika důvodů. Mezi hlavní důvody patří úspora času a financí. Za další lze považovat ochranu proti vodní erozi a úsporu vláhy. Mnoho zemědělců, kteří využívají nebo využívali minimalizaci, zjistili, že se potýkají s půdním utužením. Půdní utužení se však může objevit i u těch, kteří

zpracovávají půdu konvenčně – orbou. Při orbě se půdní utužení tvoří pouze v hlubší vrstvě půdy (Koukolíček a Pulkrábek, 2015).

Kypřiče nejdříve půdu mělce zpracují a následně dláta prokypří půdu na požadovanou hloubku (obvykle 0,2 m až 0,3 m) (Koukolíček a Pulkrábek, 2015).

Významným faktorem z hlediska zasakování vody do půdy a růstu kořenů je umístění zhutnělé vrstvy, a tedy potřebná hloubka zpracování půdy pro její rozrušení. Mnohem rychleji se projevuje zlepšení fyzikálních vlastností půd rozrušením zhutnělé vrstvy půdy po hlubokém kypření (obr. č. 6). Hluboká orba, ale i hluboké kypření je vhodným zásahem přispívajícím k zasakování vody do půdy. Tento způsob zpracování půdy podporují především vyšší retenční schopnost půdy a nižší ztrátu půdy v podzimním a časném jarním období (Pulkrábek et al., 2015).

K obdobným závěrům dospěl i Hůla a kol. (2010), jejichž výsledky měření infiltrace vody do půdy, povrchového odtoku vody a smyvu zeminy při využití simulátoru deště ukázaly významný vliv podzimního prokypření půdy dlátovým kypřičem do hloubky 0,35 m na charakteristiky, které jsou významné z hlediska vodní eroze půdy.



Obr. 6 – Stroj pro hluboké kypření Horsch Terrano fx s radličkami MulchMix (zdroj: Horsch)

### 3.2.7 Mělké zpracování půdy

Jedná se o zpracování horní vrstvy půdy až do hloubky 0,2 m, které na rozdíl od podmítky zajišťuje vytvoření optimálních půdních vlastností pro následný vývoj kulturních rostlin. V zemědělské praxi se však mělké kypření provádí spíše do hloubky 0,1 m. Tato skutečnost je dána primárním vývojem technologie (obr. č. 7), kdy se obecně vycházelo z dodržení mělkého zpracování půdy za účelem hospodaření s vodou, k omezení spotřeby pohonných hmot a ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy. V posledních letech se z důvodu rovnoměrnějšího zapravení hnojiv, podpoře kořenového systému, ale i na základě rizika vzniku zhutnění půdy na přechodu mezi zpracovanou a nezpracovanou vrstvou ornice přechází ke zvýšení pracovní hloubky, tedy až do zmiňované hloubky 0,2 m (Brant, 2021).



Mělké zpracování půdy volíme po plodinách, které neuvolňují pole včas, jako např. po okopaninách (pozdní brambory, cukrovka), ale i po silážní kukuřici (Škoda a Cholenský, 1993).

Z hlediska omezení negativního vlivu na půdu a životní prostředí a ve vztahu k jeho využití v rámci půdoochranných technologií zpracování půdy přispívá mělké zpracování půdy k omezování rizika působení větrné a vodní eroze, zvýšení retence vody do půdy, zlepšení životních podmínek pro půdní faunu, snížení rizika zhutnění spodních vrstev půdy v důsledku vynechání orby, zvýšení retence vody do půdy atd (Leps, 1993).

Při použití technologií mělkého zpracování lze počítat s větším rozvojem plevelů oproti konvenčním technologiím zpracování půdy. Dlouhodobé uplatňování mělkého zpracování půdy přispívá ke zvýšenému výskytu jednoletých, ale především vytrvalých druhů plevelů na jednotku plochy oproti oraným plochám a k nárůstu celkové produkce nadzemní biomasy plevelů (Dieraurer, 1994).

Vliv mělkého zpracování půdy na rozvoj chorob je všeobecně ovlivněn změnou půdních vlastností, neboť mělké zpracování půdy může vést ke snížení teploty půdy a zvýšení její vlhkosti, ale také přispívá k vyššímu výskytu posklizňových zbytků na povrchu půdy (Douglas a kol., 2002). Köller a Linke (2001) uvádějí, že větší množství rostlinných zbytků a slámy na povrchu půdy a v její horní vrstvě zvyšuje potravní nabídku, což vede ke zvýšení mikrobiální aktivity půdy a k rozvoji antagonistických organismů, které omezují rozvoj škodlivých organismů v důsledku vzájemné konkurence.



Obr. 7 – Stroj pro mělké zpracování půdy od firmy Horsch, Cruiser 7 XL (zdroj: Horsch)

### **3.3 Měření infiltrace**

#### **3.3.1 Jednoválcová výtopová metoda**

Jednoválcový infiltrometr je široce používaná metoda měření rychlosti infiltrace vody do půdy (Schiff, 1955). Skládá se z válcového kovového prstence o známé ploše, který se umístí na povrch půdy (Sidiras & Roth, 1987). Do prstence se pomalu přidává voda a měří se doba, za kterou voda infiltruje do půdy (Araya & Guo, 2002).

Tato metoda je vhodná pro studium propustnosti a vodní kapacity různých typů půdy, dále tyto informace mohou pomoci pochopit vodní bilanci oblasti, identifikovat oblasti náchylné k erozi nebo odtoku a přijímat informovaná rozhodnutí o ochraně půdy a vodních zdrojů (Santos et al., 2020).

#### **3.3.2 Modrá infiltrace**

K posouzení infiltrace do půdy lze použít jednu z metod, a to použití modrého barviva. Tato metoda spočívá v zavedení modrého barviva do půdy a sledování jeho pohybu a rozptýlu v průběhu času. Tato technika umožňuje výzkumníkům vizuálně pozorovat a sledovat cesty, kterými se voda v půdě pohybuje. Celkově lze říci, že pokusy s použitím modrého barviva představují cenný nástroj pro studium infiltrace do půdy a pochopení pohybu vody v půdě (Weiler & Flühler, 2004).

### **3.4 Erozní rizika**

Dopad eroze na zemědělskou půdu nelze ignorovat, protože vede ke snížení produktivity a k potenciální ztrátě úrodné svrchní vrstvy půdy. Eroze navíc urychluje úbytek půdních živin, což zhoršuje dlouhodobou úrodnost půdy. Pro zmírnění negativních dopadů eroze na zemědělskou půdu je zásadní zavádění správných postupů hospodaření s půdou (Biggelaar et al., 2003). Eroze půdy je postupný proces, ke kterému dochází, když voda nebo vítr oddělují a odstraňují půdní částice, což způsobuje poškození půdy. Zhoršování stavu půdy a nízká kvalita vody v důsledku eroze a povrchového odtoku se staly vážnými problémy na celém světě. Problém může být natolik závažný, že půdu již nadále nelze obdělávat a musí být opuštěna. Mnoho zemědělských civilizací zaniklo v důsledku špatného hospodaření s půdou a přírodními zdroji a historie těchto civilizací je dobrou připomínkou, že je třeba naše přírodní zdroje chránit (Kaisi, 2023).

Vodní eroze působí škody zejména na území, kde vzniká, kde se projevuje především smyvem půdy. Z počátku je odnos málo nápadný a teprve později se mohou objevovat erozní rýžky, rýhy a stružky soustředující povrchový odtok. Na půdu působí nepříznivě tím, že způsobuje snižování mocnosti ornice, její ochuzování o živiny a zhoršuje její vodní jímavost. Opakovaným působením erozních procesů se stupňují ztráty půdních částic z povrchové vrstvy půdy a dochází k degradaci půdního fondu. Jde především o snížení úrodnosti půdy, zhoršení jejich fyzikálních vlastností, snižuje se její retenční schopnost a zhoršuje se zároveň jakost vody v povodí (Kvítek a Tippl, 2003).

Jednou z možností, jak snížit riziko vodní i větrné eroze, je půdoochranné obdělávání půdy se zanecháním většího množství rostlinné hmoty na povrchu nebo jen mělce zapravených do povrchové vrstvy půdy. Lze také využít pěstování meziplodin a jejich mulč využít k pokrytí povrchu a jeho ochraně před působením vodní eroze. Jinou možností je pěstování rostlin zcela bez zpracování půdy se zakládáním porostů přímým setím či zakládání porostu především širokořádkových plodin (slunečnice, kukuřice, cukrová řepa) do porostů vymrzajících meziplodin. Tento systém ochrany půdy chrání povrch půdy před působením eroze zapojeným porostem pěstovaných plodin nebo ponecháním posklizňových zbytků na jejím povrchu. Místo orby je půda pouze kypřena kypřiči ať už radličkovými, či talířovými. Z výsledků experimentů prováděných ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půd (VÚMOP) vyplývá, že narušení povrchu půdy kypřením má významný vliv na zvýšení infiltrační schopnosti půdy, což vede ke snížení povrchového odtoku (Tippl et al., 2001).

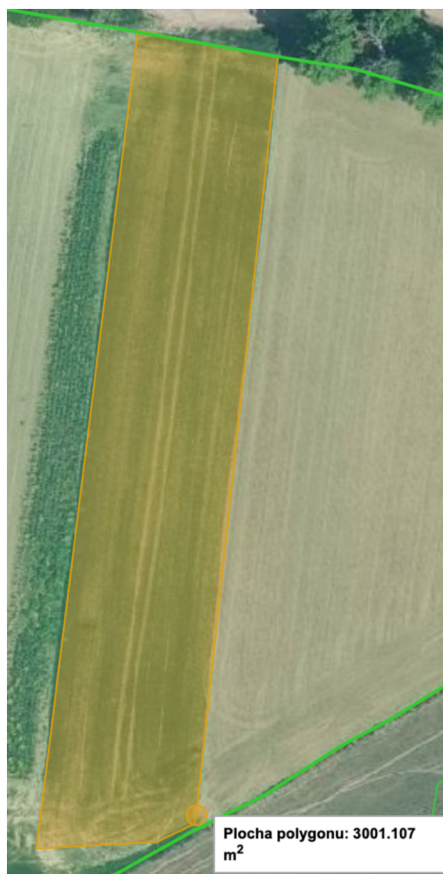
## 4 Materiál a metodika

### 4.1 Charakteristika pokusné lokality

Zemědělský podnik hospodaří v okrese Písek, na jihu Čech. Sídlo farmy se nachází ve Dvoře Levči. Farma obhospodařuje cca 300 vlastních hektarů, z čehož 250 hektarů tvoří orná půda.

V podniku pěstujeme plodiny, jako jsou: řepka, pšenice, triticales, oves, konzumní a škrobové brambory, ozimý mák, cibule jarní, zelí, a nakonec pór zahradní. Každoročně dochází ke kombinaci metod jednotlivého zpracování půdy: strip-till, mělké, hluboké zpracování půdy a orba. Na farmě se nadále zabýváme chovem skotu bez tržní produkce mléka.

Pokus byl realizován na pozemku 8403/7 v katastru obce Bilinka, GPS souřadnice: (49.3464881N, 14.3571167E). Pozemek má celkovou výměru 12,06 hektaru, přičemž je rozdělen na několik částí podle plodiny. Pokus byl realizován na celkové ploše 3000 m<sup>2</sup> (obr. č. 8), která byla rozdělena na tři 6metrové pruhy. Celková šířka tedy činila 24 metrů. Předplodinou pro jarní pšenici byla jarní cibule.



Obr. 8 – Plocha experimentální plochy (zdroj: vygenerované a upravené v aplikaci LPIS)

## **4.2 Geografická poloha**

Pozemek, na kterém bylo prováděno měření, se nachází přímo vedle Dvora Levče. Pozemek leží v nadmořské výšce 463 m, v Česko-moravské subprovincii v geomorfologické oblasti Středočeská pahorkatina a v geomorfologickém celku Táborská pahorkatina, pod celku Písecká pahorkatina (Blažek, 2020).

## **4.3 Zhodnocení dle BPEJ**

Hodnota bonitované půdně ekologické jednotky na tomto půdním bloku činí 74410, klimatický region 7, hlavní půdní jednotka 44, sklonitost a expozice 1, skeletovitost a hloubka půdy 0. Bodová výnosnost je 35, což spadá do podskupiny velmi málo produkční (eKatalog BPEJ, 2023).

## 5 Terénní měření

Terénní měření probíhalo ve dnech 13. 6. 2023 a 5. 7. 2023. Při měření byly použity dvě metody měření infiltrace: jednoválcová výtopová metoda a metoda s modrou infiltrací. Při měření infiltrace jednoválcovou výtopovou metodou bylo provedeno třicet pokusů (deset na každém typu zpracování půdy) a u infiltrace s modrým barvivem tři pokusné plochy. Experimentální plochy pro měření byly vždy v jedné řadě pro lepší reprezentativnost výsledků měření jak u jednoválcové metody, tak u infiltrace s modrým barvivem.

### 5.1 Jednoválcová výtopová metoda

U této metody bylo provedeno třicet pokusů. Bylo zde dbáno na to, aby nedocházelo k měření v prostoru, kde docházelo k přejetí traktoru při setí, přípravě, a měření zde nebylo ovlivněno rozdílným utužením půdy.

#### 5.1.1 Materiál

Při měření jednoválcovou výtopovou metodou byly použity dva válcové infiltrometry o průměru 0,15 m. Dále byl použit dřevěný trámek, který sloužil pro rovnoměrné zatlučení infiltrometru do půdy, s minimálním poškozením okolního povrchu. Mezi další nezbytné pomůcky patřila palice, odměrka na vodu, která sloužila pro odlití přesného množství vody potřebného ke každému pokusu, nůžky na sestřihání porostu, vodováha, zápisník, psací potřeby, a v neposlední řadě stopky.

#### 5.1.2 Příprava práce

Nejprve bylo odlito z barelu s vodou 0,5 l vody. Poté bylo vybráno místo pro umístění jednoválcového infiltrometru. Byl zde kladen důraz na to, aby k měření nedocházelo v místech přejezdu traktoru při zpracování půdy a následném setí. Ve vybraném místě byl sestřihán porost jarní pšenice (obr. č. 9). Poté byl na již připravenou plochu umístěn válec, následně byl zatlučen do hloubky 0,1–0,2 m pomocí palice a dřevěného trámku. Následně byla ověřena rovina zatlučeného válce vodováhou.



Obr. 9 – Foto experimentální plochy (foto Fáber)

### 5.1.3 Vlastní měření

Po přípravě stanoviště se jednalo o sledování času, po kterém se 0,5 l vody plně zasákne do půdy. Čas se začal měřit v okamžik, kdy se voda začala vlévat. U nalévání byl kladen důraz na co nejmenší možné rozvívání povrchu půdy, a proto byla voda lita z co nejmenší výšky (obr. č. 10). V moment, kdy byla veškerá voda zasáknuta, bylo měření času ukončeno. Poté byl válec z půdy ručně vytažen a očištěn pro další měření.

Místa pro měření v jednotlivých pásech zpracování byla od sebe vzdálena přibližně 3 metry. Po ukončení měření a zapsání výsledků všech pokusů do zápisníku byly výsledky zaneseny do programu Microsoft Excel.



Obr. 10 – Vlévání vody do válce (foto Fáber)

## 5.2 Infiltrace s modrým barvivem

U této metody byly provedeny 3 pokusy. Oproti jednoválcové výtopové metodě byl tento pokus výrazně časově i fyzicky náročnější. Pokusy byly provedeny mimo koleje při přípravě a setí, aby grafické znázornění pokusů po vertikálním odkopání zeminy nebyly zkreslené.

### 5.2.1 Materiál

Při měření infiltrace s modrým barvivem bylo potřeba si připravit modré barvivo, váhu, nůžky, kolíky na vyznačení plochy (obr. č. 11), konev, barel s vodou, lopatu a rýč.



Obr. 11 – Vyznačená pokusná plocha při infiltraci s modrým barvivem (foto Fáber)

### 5.2.2 Příprava práce

Stejně jako u jednoválcové infiltrace bylo potřeba dostat k poli vodou, která byla napuštěna do barelu a přivezena k poli autem. Po dopravení vody na místo bylo odlito do konve 10 l a přimícháno modré barvivo v koncentraci 0,3 %, tj. 3 g barviva na 10 l vody. Po přípravě vody s barvivem bylo pečlivě vybráno místo mimo místa měření z předchozího pokusu a bez přejezdu traktoru při přípravě a setí. Místo bylo zbaveno vegetace jarní pšenice nůžkami, poté bylo místo přesně vyměřeno metrem a byly zde zatlučeny kolíky pro vyznačení.

### 5.2.3 Vlastní měření

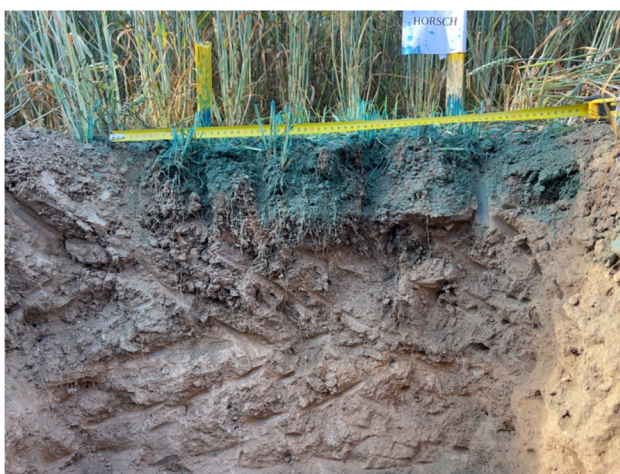
Měření pokusu s modrým barvivem začalo nalitím již obarvené vody v požadované koncentraci na již připravenou pokusnou plochu. Při lití bylo dbáno na to, aby nebyl silným proudem rozrušen povrch půdy. Proto bylo na konev přidáno kropítko (obr. č. 12). Voda musela být lita rovnoměrně po celém vyznačeném povrchu bez toho, aniž by vytékala mimo. Po vylití celého obsahu konve byl pokus na 24 hodin přerušen. Druhý den následovalo odkopání vertikálního profilu půdy do hloubky 0,5 m. Při tomto úkonu byla snaha o co nejvíce rovnou stěnu výkopu, aby byla výsledná fotografie vhodná pro grafické znázornění průsaku vody



do půdy (obr. č. 13). Pokus byl ukončen vyfocení stěny výkopu. Následně byly fotografie pořízené při pokusu zpracovány v programu pro grafické znázornění průsaku vody.



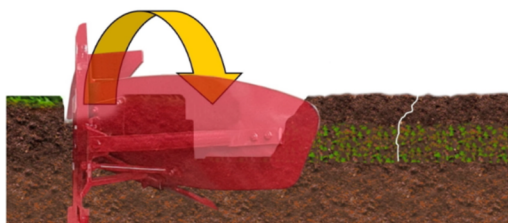
Obr. 12 – Pozvolné lití modrého barviva na připravenou plochu (foto Fáber)



Obr. 13 – Vertikální profil půdy, při provádění pokusu u pokusu s mělkým kypřením (foto Fáber)

### 5.3 Orba

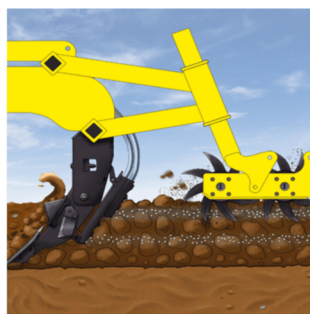
Orba je jednou ze základních operací konvenčního zpracování půdy. Během orby (obr. č. 14) dochází k nakypření půdy, čímž se zvyšuje pórovitost orničního profilu, zejména podíl nekapilárních pórů nepravidelných tvarů. Orba za optimální půdní vlhkosti přispívá k drobení půdy na menší půdní agregáty a ovlivňování agregátového uspořádání půdy. Orba jako jediná ze zkoumaných metod zpracování půdy obrací (Brant, 2021).



Obr. 14 – Radlice pluhu (zdroj: Charrues Demblon)

### 5.3.1 Hluboké kypření

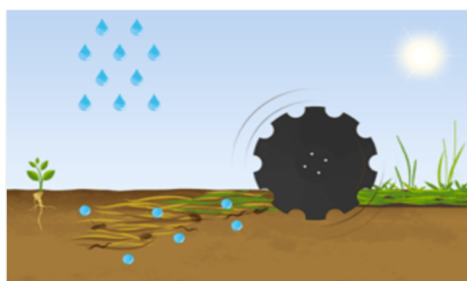
Primární účinnost kypření půdy spočívá v mechanickém narušení kompaktních zón zhutněné půdy, a to většinou do hloubky 20 až 30 cm. Působením kypřiče (obr. č. 15) vznikají hrubé meziprostory, jimiž se mohou vyvíjet kořeny pěstovaných rostlin, může docházet k výměně plynů a ke vzlínání půdní vlhkosti. Měřitelné je zlepšení půdní struktury prostřednictvím zlepšení vodního režimu i retenční schopnosti půdy a jejího provzdušnění (Koukolíček & Pulkrábek, 2015)



Obr. 15 – Radlice hloubkového kypřiče (zdroj: Bednar)

### 5.3.2 Mělké zpracování půdy

Cílem mělkého zpracování je nakypření horní vrstvy půdy, urovnění povrchu pozemku, větší či menší zapravení posklizňových zbytků (dle požadavků dané technologie zpracování půdy) a potlačení vzešlých plevelných druhů, případně zapravení minerálních hnojiv a zeleného hnojení. Mělké zpracování půdy (obr. č. 16) se provádí po všech plodinách, a to jak pro ozimé plodiny, tak pro plodiny vysévané na jaře (Brant, 2021).

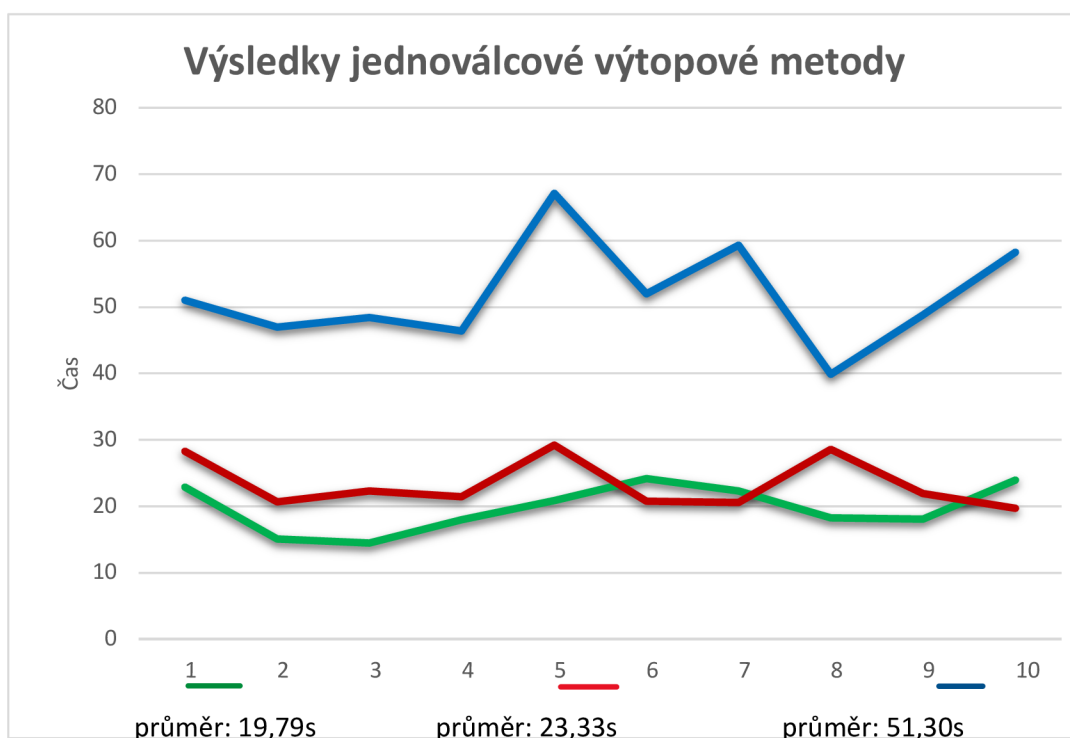


Obr. 16 – Diskové zpracování půdy (zdroj: Grégoire besson)

## 6 Výsledky

### 6.1 Infiltrace jednoválcové výtopové metody

Celkem bylo provedeno 30 infiltračních pokusů na třech pokusných plochách jarní pšenice s různým zpracováním půdy. První zkoušková plocha byla orba, nadále hluboké kypření, a naposled mělké zpracování půdy. Na všech pokusných plochách bylo dbáno na to, aby měření probíhalo mimo místa, která byla utužená od kol traktoru z předchozí přípravy půdy a setí. Na rychlost infiltrace na tom byla nejlépe orba, kdy průměrná doba vsakování dosáhla 19,79 sekundy. Druhý nejlepší výsledek byl zaznamenán u hlubokého kypření, kde průměrná doba vsakování činila 23,33 sekundy. U třetí zkoumané varianty byl markantní rozdíl oproti předchozím dvěma variantám. U mělkého zpracování půdy jsme se dostali s průměrným výsledkem na 51,30 sekundy.



Obr. 17 – Časové porovnání výsledků zpracování půdy při pokusu s jednoválcovou výtopovou metodou (Fáber)

#### 6.1.1 Orba

U měření pokusů s orbou jsme se dostali na průměrný výsledek infiltrace 19,79 sekundy. U orby záleží především na jejím provedení na podzim a na následné jarní přípravě. Na podzim byla provedena za vhodných podmínek, a to do hloubky 0,25 m. Pro orbu byl zvolen šestiradličný pluh s odhrnovačkami. Jarní příprava byla provedena jedním přejezdem kompaktoru tak, aby na povrchu půdy zůstala jemnější hrudovitá struktura, a nedocházelo tak ke splavu půdy v průběhu vegetace nebo k následnému vytvoření půdního škraloupu, což patří

mezi hlavní nevýhody orby. Proto je potřeba zaměřit se na přípravu před setím a nezhutnit pozemek orbou za mokra na podzim.

### **6.1.2 Hluboké kypření**

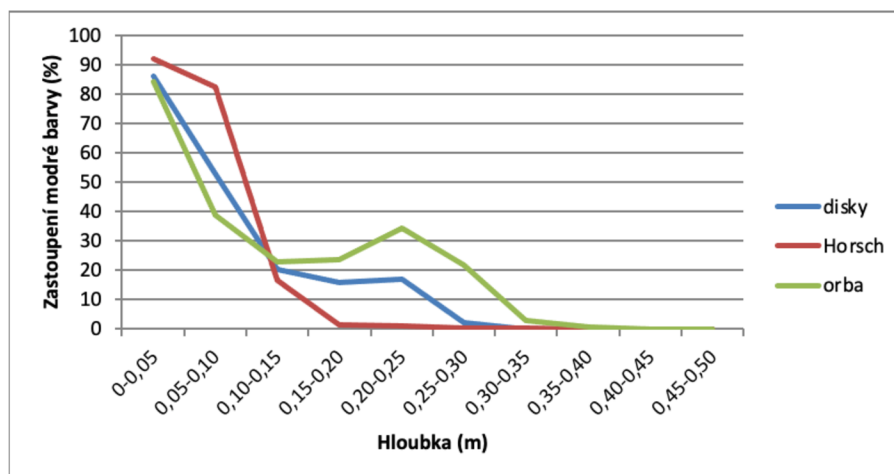
U měření pokusů s hlubokým kypřením jsme se dostali na průměrný výsledek infiltrace 23,33 sekundy, což nevykazuje výrazně horší výsledek než u orby. Příprava půdy proběhla na jaře do hloubky 0,25 m. Tato metoda zpracování půdy má oproti orbě hned několik výhod. Na poli je menší počet přejezdů, ekonomicky vychází lépe než orba a v suchých letech nám i po zpracování zůstane v půdním profilu více vody, což může být užitečné například u setí řepky v srpnu. Za velkou výhodu lze považovat i ponechání části posklizňových zbytků jako protierozní ochranu na svažitých pozemcích. V případě, že se nebude měnit hloubka ani trajektorie jízdy po pozemku v průběhu let, se nám může vytvořit podobně jako u orby zhutněné podorničí.

### **6.1.3 Mělké zpracování půdy**

U měření pokusů s mělkým zpracování půdy jsme zaznamenali nejhorší průměrný výsledek vsakování, a to 51,30 sekundy. Mezi výhody tohoto zpracování patří úspory na opotřebením strojů, nafta a odpracované hodiny – vysoká plošná výkonost. Příprava půdy proběhla na jaře, a to do hloubky 0,1 m disky. Na výsledcích měření je vidět, že již po jednom roce takto zpracované půdy došlo k výraznému propadu infiltrace vody oproti dvěma předchozím variantám. U takového zpracování můžeme do pár let očekávat výrazné zhutnění, propad ve výnosech v důsledku únavy půdy ve zpracovaném profilu půdy.

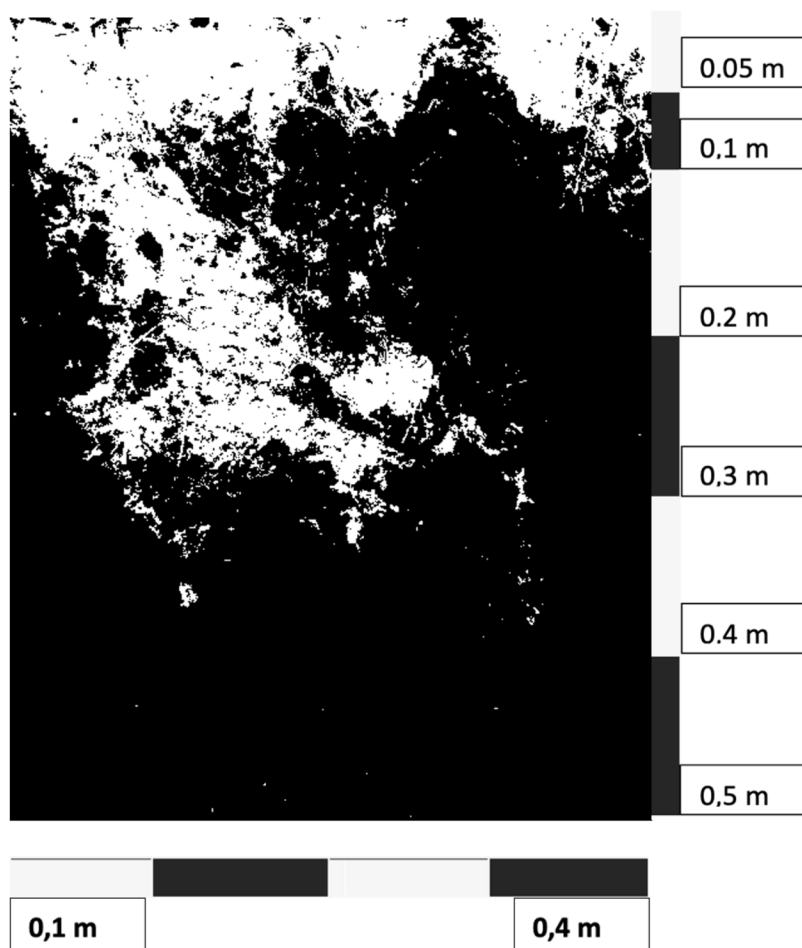
## **6.2 Infiltrace s modrým barvivem**

Celkem byly provedeny tři pokusy s modrým barvivem, na každém druhu zpracování půdy byl proveden jeden pokus. Na obrázcích je zcela reprezentativně vidět rozdílné hýbání s půdou. U orby je viditelný pozůstatek skývy z podzimní orby, u hlubokého kypření je patrné, že největší množství vody bylo vsáknuto ke kořenovému systému do cca 0,13 m. Oproti orbě byla infiltrace rovnoměrněji rozložena, ale s menším množstvím vody, která byla vsáknuta do hlubších vrstev půdy. U mělkého zpracování půdy byla voda zasáknutá do hloubky cca 0,27 m, avšak nerovnoměrně. Z pokusů je možné si také všimnout, které zpracování půdy bude mít pravděpodobně lepší vlastnosti pro vztlínání vody ke kořenům rostlin. K pokusu byl zpracovaný graf (obr. č. 18), která nám ukazuje, jaké je procentuální zastoupení modré barvy v různém hloubkovém profilu půdy.



Obr. 18 – % podíl zastoupení modré barvy v určitém profilu půdy (Kroulík)

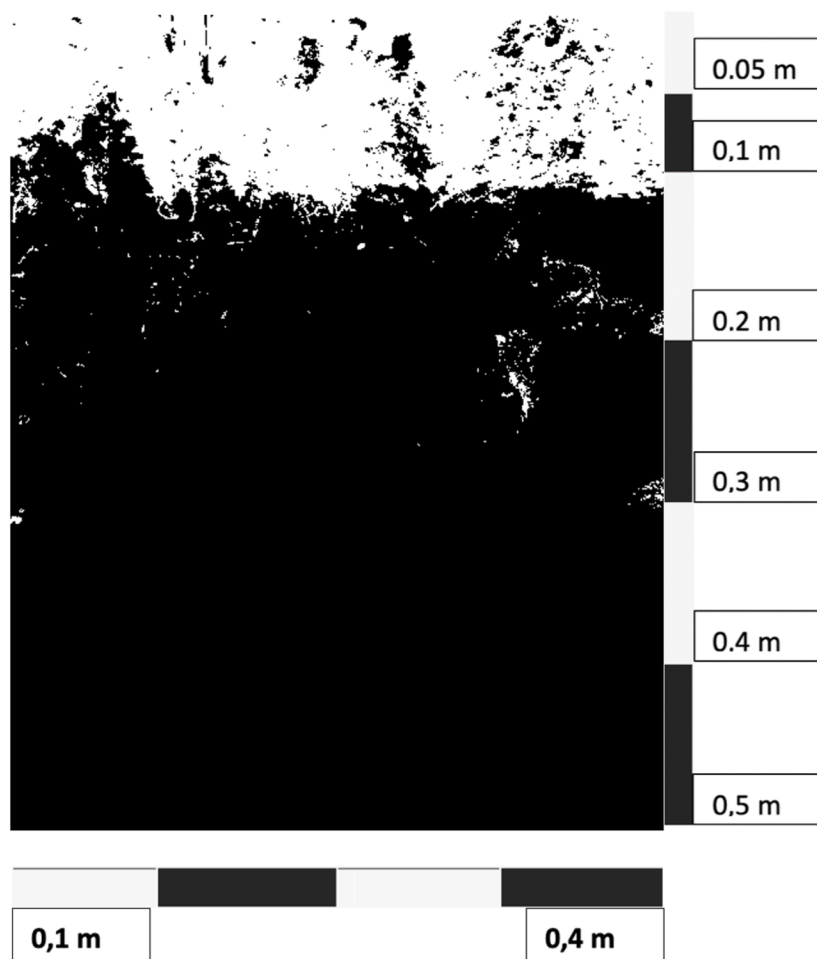
### 6.2.1 Orba



Obr. 19 – Vertikální profil půdy (orba) s grafickým znázorněním průsaku vody do půdy metodou modré infiltrace. Bílá barva reprezentuje obarvenou plochu. Postranní stupnice udává hloubku půdy v metrech (foto Fáber, grafické znázornění Kroulík)

V případě měření na pokusu s orbou (obr. č. 19) je velice patrný pozůstatek skývy, díky němuž tento pokus dosáhl nejhlubší infiltrace vody, a to až do hloubky 0,37 m. Díky hluboké a rychlé infiltraci je tento způsob přípravy půdy ideální pro následnou dlouhodobější evaporaci. Kromě hlubší infiltrace byla voda rovnoměrně zachycena i u kořenového systému.

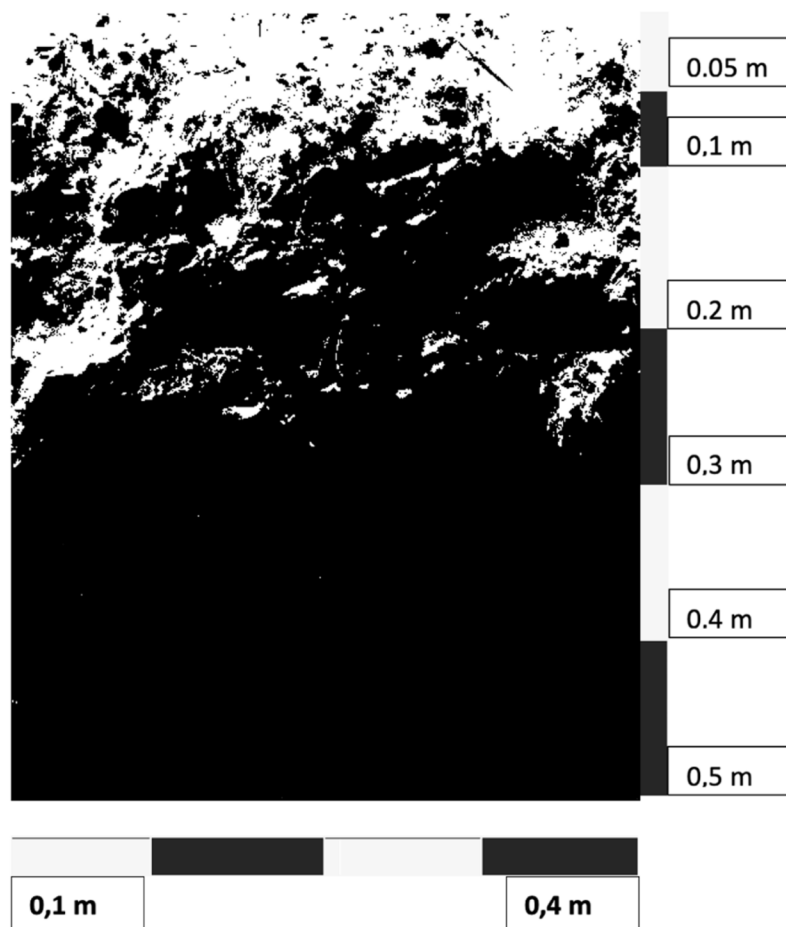
### 6.2.2 Hluboké kypření



Obr. 20 – Vertikální profil půdy (hluboké kypření) s grafickým znázorněním průsaku vody do půdy metodou modré infiltrace. Bílá barva reprezentuje obarvenou plochu. Postranní stupnice udává hloubku půdy v metrech (foto Fáber, grafické znázornění Kroulík)

V případě měření na pokusu s hlubokým kypřením půdy (obr. č. 20) si lze povšimnout velice rovnoměrné úrovně infiltrace do úrovně 0,13m, což je velice vhodné pro kořenový systém, kde největší množství vody zůstane.

### 6.2.3 Mělké zpracování půdy



Obr. 21 – Vertikální profil půdy (mělké zpracování půdy) s grafickým znázorněním průsaku vody do půdy metodou modré infiltrace. Bílá barva reprezentuje obarvenou plochu. Postranní stupnice udává hloubku půdy v metrech (foto Fáber, grafické znázornění Kroulík)

V případě měření na pokusu s mělkým zpracováním půdy (obr. č. 21) si lze všimnout nerovnoměrné infiltrace vody. V hloubce zasáknutí byl tento pokus po orbě druhý nejlepší. Kromě infiltrace bude mít poměrně dobré vzlínání vody díky výraznějšímu utužení půdy v prostoru do 0,1 m.

## 7 Diskuse

Díky půdní různorodosti nelze plně usoudit, který druh zpracování půdy je ten nejlepší. I když se o toto téma výrobci strojů přou, každá metoda zpracování půdy má své výhody i nevýhody. Z jednoletého pokusu si nelze odnést dlouhodobý pohled na věc, při kterém se některé věci mohou pozměnit. Je však možné si všimnout signálů, které jsou viditelné z obou měření již po jednom roce a ukazují nám na bolestivá i silná místa jednotlivých variant zpracování půdy. Infiltraci vody do půdy ovlivňuje několik faktorů, jako jsou půdní agregáty, rostlinný pokryv a hrudovitost povrchu. Tyto faktory ovlivňují infiltraci, následně i erozi. Hontoria et al. (2016) zkoumali vliv zpracování půdy na velikosti půdních agregátů a došli k závěru, že podíl větších půdních agregátů se nacházel v systémech bez obdělávání půdy oproti konvenčním způsobům obdělávání půdy. Ke stejnému závěru došli Mbagwu & Bazzoffi, (1989), kteří také zkoumali rozdíly intenzivního zpracování a minimálního zpracování na pórovitost půdy. Pokusy byly prováděny na parcelách po dobu sedmi let, obdělávány byly konvenčním zpracováním, minimalizačním zpracováním a bez zpracování. Agregáty na parcelách s konvenčním zpracováním půdy byly mírně hustší a méně porézní než agregáty na pozemcích bez zpracování půdy, nebo s minimálním zpracováním půdy. Půda na intenzivně obdělávaných pozemcích obsahovala ve všech velikostních frakcích agregátů méně uhlíku a dusíku než půda na neoraných pozemcích. Carlesso et al. (2011) zmiňuje, že zpracování půdy výrazně ovlivňuje infiltraci, čehož jsme si mohli povšimnout jednak na obr. 19, 20, 21, ale i na výsledcích z pokusů s jednoválcovým infiltrometrem. Carlesso et al. (2011) nadále uvádí, že rozdíly v půdním pokryvu mají významný vliv na rozbití dešťových kapek. Tím lze snížit odtok při přívalových deštích. Mezi rozdílným zpracováním půdy můžeme najít jiné problémy než jenom infiltraci vody, například půdní zásoba semen, se kterou souvisí následné zaplevelení a půdní život. Winkler a kol. (2022) došli k závěru, že u bezorebné varianty zpracování půdy se na stanovišti vyskytl průměrně největší počet plevelů na m<sup>2</sup> a to třináct, u minimalizace to bylo jedenáct plevelů na m<sup>2</sup> a u orby v průměru necelých osm plevelů na m<sup>2</sup>. Kovaříček et al. (2020), kteří zkoumali vliv zpracování půdy na povrchový odtok vody a ztrátu půdy erozí, došli k závětu, že nejhůře dopadla orba a nejlépe přímé setí do vymrzající plodiny. Výsledky skončily shodně, a to jak na pokusu s vyschlou půdou, tak na pokusu s již mokrou půdou. Van Capelle et al. (2012) ve studiích provedených v Německu dospěli k závěru, že snížená intenzita obdělávání půdy zvyšuje početnost a druhovou rozmanitost žížal. Na druhé straně může orba pozitivně ovlivnit podpovrchové druhy tím, že pro ně zvyšuje dostupnost organické hmoty Ernst a Emmerling, (2009), zatímco na hlubinné druhy to má opačný vliv (Capowiez et al., 2009). Mnoho studií se zaměřilo na žížaly v systémech bez orby oproti orbě a většinou nekvalifikovaly ani druhy žížal, ani jejich funkční role. Pommeresche et al. (2007) došli k závěru, že na žížaly má přímou návaznost také dostatečná půdní vlhkost, jelikož 70–95 % váhy těla žížaly tvoří voda. Pokud tedy vezmeme v potaz pokusy v této práci, můžeme vyvodit, že když orbou budeme zpracovávat dostatek organické hmoty a bude provedena ve vhodném čase, kdy nám kompletní profil zpracované půdy nevyschne, mohla by orba mít výborný vliv na žížaly, a to jednak díky intenzivnějšímu rozkladu organické hmoty v kratším čase, a nadále díky infiltraci vody, která je oproti dvěma zkoumaným variantám zpracování půdy rychlejší a hlubší (obr. 16). Miller et al. (2009) zkoumali vliv rozdílného zpracování půdy na množství infikované pšenice fuzáriemi. Údaje naznačují, že fuzária přetrvává na zbytcích



jak v podmínkách orby, tak bez orby, tudíž k infekci může dojít v následujícím roce v obou typech zpracování. Zdá se však, že zaorání zbytků na podzim mělo okamžitý vliv na snížení výskytu fuzárií na pozemcích. Pokud srovnáme výsledky a obrázky (obr. 19. 20. 21) z našeho pokusu s modrým barvivem, zjistíme, že tvar a zóna grafického znázornění infiltrace jsou velice podobné jako v pokusech, které prováděl Brant (2016). U orby (obr. 19) je jasně patrná skýva. U hloubkového zpracování je významné množství infiltrované vody v profilu kořenového vlášení. Zajímavostí u mělkého zpracování půdy je hlubší infiltrace, ale pouze delší časový horizont, který by při běžných podmínkách přivalových srážek jen stěží mohl nastat, obzvláště na svažitéjším pozemku. Novák (2021), jenž provedl pokus, který byl zaměřen na hodnocení metod zpracování půdy v návaznosti na infiltraci vody, byl koncipován stejným způsobem jako v této práci, tedy kruhovou vsakovací nádobou/infiltrometrem. Pokusy provedené Novákem (2021) byly však na rozdíl od těch v této práci provedeny až na konci září a po sklizni kukuřice. Aspekt sklizně a přejezdů tak mohl výrazně ovlivnit následné výsledky díky nepravidelným přejezdům techniky při sklizni. U pokusů v této práci došlo k rozdílným výsledkům oproti Novákovi (2021), a to jak v případě s orbou, která v této práci vyšla z časového hlediska nejlépe, tak u minimalizačních technologií. U pokusů v této práci bylo dbáno na to, aby pokus nebyl ovlivněn přejezdem traktoru a byl proveden až po určitém časovém odstupu po zpracování. Novák & Mašek (2020) došli u orby ke stejnému závěru jako v našem pokusu, a to že u orby záleží na tom, jakým způsobem je provedena. Pokud je provedena za dobrých podmínek a následnou úpravou, není povrch rozdroben na velmi malé půdní agregáty, čímž by mohlo dojít k vytvoření půdního škraloupu a následně ke špatné propustnosti svrchní části půdy pro vodu. Hloubku u orby bychom měli podřídít především okolním podmínkám, jako je hloubka ornice, hnojení hnojem, následná plodina a termín provedení. Pokud bychom se zdrželi těchto zásad, velice snadno se nám vytvoří podorniční podlaha, a to především díky stále stejné hloubce orby. Pulkrábek & Urban (2016), kteří prováděli pokus se zpracováním půdy pod cukrovou řepu, došli k závěru, že u cukrové řepy došlo ke zlepšení růstu, příjmu živin a menšímu zamokření. Jak jsme si mohli u našeho pokusu všimnout, velice nakypřená horní část půdy vytváří ideální podmínky pro intenzivní infiltraci vody, a díky výsledkům z prvního pokusu víme, že hluboké kypření zasakuje poměrně rychle. Proto by pro nárazové srážky neměl být problém zasakovat obzvláště v případě, kdy jsou na povrchu organické zbytky nebo vegetační kryt a nedojde tak snadno k smyvu půdy. Díky rovnoměrně utužené půdě bude mít tento druh zpracování dobré podmínky pro vzcházení i menších semen, jako je již zmíněná cukrová řepa, a to také díky intenzivnější evaporaci vody. Problémem u tohoto zpracování může spočívat v jeho stále hloubce, a proto je dobré ji společně se směrem jízdy střídát a minimalizovat tím riziko vytvoření zhuštěné podlahy. Brant (2021) uvádí, že mělké zpracování půdy nám zajistí optimální půdní vlastnosti v horizontu 0,1–0,2 m. V tomto případě se shodujeme, ale pokud bychom se zaměřili na infiltraci vody a vzali v potaz výsledky z jednoválcové výtopové metody v této práci, lze si snadno odvodit, že k zasáknutí většího množství vody by při přivalových srážkách nemohlo dojít, jelikož by povrchový odtok vody byl větší než množství vody, které je schopné se v krátkém časovém intervalu zasáknout. Pokud by však byly srážky rovnoměrné, tak i takto zpracovaná půda bude mít dobrý potenciál k infiltraci vody, jak jsme si mohli všimnout na obr. 21, kde nebyl kladen důraz na rychlost, ale na zasáknutí.

## 8 Závěr

Pokud porovnáme všechny tři varianty, vyjde nám, že naše hypotéza „základní zpracování půdy vykazuje odlišný vliv na infiltraci“ je oproti zbylým dvěma zkoumaným variantám potvrzena:

orba vykazovala nejhlubší a nejrychlejší infiltraci;

hluboké zpracování půdy, které by skončilo na druhém místě, má oproti orbě nižší procento vody zasáknuté do hlubších vrstev, zato při rychlosti infiltrace nebyl zaznamenán diametrální rozdíl;

na posledním místě by skončilo mělké zpracování půdy v rychlosti infiltrace, při měření hloubky infiltrace by tato metoda skončila na druhém místě.

Udržení vody v půdě je problém především v posledních letech, kdy dochází ke stále častějším letním přísuškům i přivalovým dešťům. Proto je důležité, jakým způsobem na pozemcích hospodaříme.

Řídit bychom se měli především podle podmínek, na kterých hospodaříme, nadále je třeba se zaměřit na volbu správné technologie zpracování půdy, trajektorie jízd po pozemku a snažit se maximalizovat množství organické hmoty v půdě. Proto by měla být i nadále věnována pozornost všem aspektům, které souvisí s infiltrací vody do půdy a s jejím následným udržením v půdě.

Z jednoletého pokusu jsme získali cenné výsledky. Nejlépe dopadla orba, která má nezpochybnitelné výhody, ale je potřeba dát si pozor na známé nevýhody. Hluboké zpracování půdy nám vykazuje výborné výsledky ve výrazné infiltraci v okolí kořenového systému, bohužel s ním nelze zpracovat půdu pod veškeré plodiny. Mělké zpracování půdy je nejlevnější způsob zpracování půdy, ale jak nám ukázaly výsledky, není to nejlepší zpracování půdy z hlediska infiltrace.

Podnik se tedy i nadále bude věnovat kombinovanému zpracování půdy, tedy kombinaci variant strip-till, orba a hluboké zpracování půdy. Vždy je totiž nejdůležitější přizpůsobit se roku, poloze a plodině, pro kterou pozemek připravujeme.

## 9 Literatura

- Araya K, Guo G. 2002. SW—Soil and Water: Construction of an Artificial Perched Watertable, Part 1: Air Permeability of Soils and Aspects of Soil Failure. *Biosystems engineering*, **81**: 333-345.
- Assouline S. 2013. Infiltration into Soils: Conceptual Approaches and Solutions. *Water Resources Research*, **49**:1755-1772.
- Auzet AV, Poesen J, Valentin CH. 2004. soil surface characteristics: dynamics and impacts on soil erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*, **29**:1063-1169.
- Barron JE, Hay WW, Thompson S. 1989. The hydrologic cycle: A major variable during earth history. The Pennsylvania State University, Pennsylvania.
- Biggelaar CH, Lal R, Wiebe K, Eswaran H, Breneman V, Reich P. 2003. The global impact of soil erosion on productivity. II. Effects on crop yields and production over time. *Advances in Agronomy*, **81**: 49-95.
- Blažek V. 2020. GIS Map, Geomorfologické členění České republiky. Available from <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=25813686a8564b0bbcdc951a5573cfa4> (accessed 2 April 2024).
- Brant V, et al., 2016. Pásové zpracování půdy (strip tillage): klasické, intenzivní a modifikované. Profi Press, Praha.
- Brant V. 2021. Základní zpracování půdy (3): Mělké zpracování půdy, Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-3-melke-zpracovani-pudy> (accessed 2 April 2024).
- Brant V. 2021. Základní zpracování půdy (5): Orba (I.). Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/zaklady-zpracovani-pudy-5-orba-i> (accessed 2 April 2024).
- Britannica, The Editors of Encyclopaedia. 2023. no-till agriculture. *Encyclopedia Britannica*, Chicago. Available from <https://www.britannica.com/topic/till-less-agriculture> (accessed 2 April 2024).
- Cannell RQ, Hawes JD. 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil and Tillage Research*, **30**: 245-282.
- Capelle CH, Schrader S, Brunotte J. 2012. Tillage-induced changes in the functional diversity of soil biota—A review with a focus on German data. *European Journal of Soil Biology*, **50**: 165-181.
- Capowiez Y, Bottinelli N, Jouquet P. 2014. Quantitative estimates of burrow construction and destruction, by anecic and endogeic earthworms in repacked soil cores. *Applied Soil Ecology*, **74**: 46-50.

- Carlesso R, Spohr RB, Eltz FLF, Flores CH. 2011. Runoff estimation in southern Brazil based on Smith's modified model and the Curve Number method. *Agricultural Water Management*, **98**: 1020-1026.
- Cornell University, The Editors of Cornell University. 2010. Describe the basic components and workings of tillage systems, and understand their agronomic and environmental benefits, New York. Available from <https://nrcca.cals.cornell.edu/soil/CA5/CA0549.3-5.php> (accessed 2 April 2024).
- Dierauer HU, Stöppler-Zimmer, H. 1994. Unkrautregulierung ohne Chemie. Ulmer, Stuttgart.
- Dohnal M. 2014. Vyhodnocení infiltračních vlastností půdního povrchu. České vysoké učení technické v Praze, Praha.
- Douglas J, McMullen MP, Sweets LE, Kaufman HE. 2002. Conservation Tillage Systems and Management. MidWest Plan Service, Iowa.
- Ekatalog BPEJ. 2022. Obecné informace o 7.44.10, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Available from <https://bpej.vumop.cz/74410> (accessed 2 April 2024).
- Ernst G, Emmerling CH. 2009. Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a ten year period. *European Journal of Soil Biology*, **45**: 247-251.
- Hontoria CH, Paccard CG, Sancho IM, Benito M, Pérez J, Espejo R. 2016. Aggregate size distribution and associated organic C and N under different tillage systems and Ca-amendment in a degraded Ultisol. *Soil and Tillage Research*, **160**: 42-52.
- 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.
- Hůla J, Procházková B. 2008. Minimalizace zpracování půdy. Profi Press, Praha.
- Chamen T, Alakukku L, Pires S, Sommer C, Spoor G, Tijink F, Weisskopf P. 2003. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review: Part 2. Equipment and field practices. *Soil and tillage research*, **73**: 161-174.
- Kaisi M. 2023. Soil erosion: An agricultural production challenge, Iowa State University. Available from <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/soil-erosion-agricultural-production-challenge> (accessed 2 April 2024).
- Key G, Whitfield MG, Cooper J, De Vries FT, Collison M, Dedousis T, Heathcote R, Roth B, Mohammed S, Molyneux A, Van der Putten WH, Dicks LV, Sutherland WJ, Bardgett RD. 2016. Knowledge needs, available practices, and future challenges in agricultural soils, *SOIL*, **2**:511–521.
- Köller K, Linke CH. 2001. Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. Verlags Union Agrar. Frankfurt am Main.

- Koukolíček J, Pulkrábek J. 2015. Praktické zkušenosti s hlubokým kypřením půdy, Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/prakticke-zkusenosti-s-hlubokym-kyprenim-pudy> (accessed 2 April 2024).
- Kovaříček P, Hůla J, Vlašková M. 2020. Technologické možnosti omezování vodní eroze. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/technologicke-moznosti-omezovani-vodni-eroze> (accessed 2 April 2024).
- Kuhwald M, Hamer WB, Brunotte J, Duttmann R. 2020. Soil penetration resistance after one-time inversion tillage: a spatio-temporal analysis at the field scale. *Land*, 9: 1-17
- Kvítek T, Tippl M. 2003. Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.
- Leps H. 1999. Internationale Erfahrungen des Unternehmens Monsanto zur konservierenden Bodenbearbeitung. Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Münchenberg.
- Li J, Chang D, Yang X. 2015. Impact and simulation of soil organic carbon on soil water infiltration process. *African Journal of Agricultural Research*, 10:1434-1441.
- Ludwig B, Geisseler D, Michel K, Joergensen RG, Schulz E, Merbach I, Raupp J, Rauber R, Hu K, Niu L, Liu X. 2011. Effects of fertilization and soil management on crop yields and carbon stabilization in soils. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31:361–372.
- Mašek J, Novák P, Cholecký J. 2015. Vliv technologie zpracování půdy na její vlastnosti, *Agrojournal.cz*. Available from <https://www.agrojournal.cz/clanky/vliv-technologie-zpracovani-pudy-na-jeji-vlastnosti-43> (accessed 2 April 2024).
- Mbagwu JSC, Bazzoffi P. 1989. Properties of soil aggregates as influenced by tillage practices. *Soil use and Management*, 5: 180-188.
- Miller D, Culley J, Fraser K, Hubbard S, Meloche F, Ouellet T, Seaman WL, Seifert KA, Turkington K, Voldeng H. 2009. Effect of tillage practice on fusarium head blight of wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 20: 95-103.
- Morris NL, Miller PCH, Orson JH, Froud-Williams RJ. 2010. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment—A review. *Soil and Tillage Research*, 108:1-15.
- Novák P, Mašek J. 2020. Technologie zpracování půdy s ohledem na erozní ohrožení. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/technologie-zpracovani-pudy-s-ohledem-na-erozni-ohrozeni> (accessed 2 April 2024).

- Novák P, Mašek J. 2021. Propustnost půdy pro vodu v období po sklizni polních plodin. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/propustnost-pudy-pro-vodu-v-obdobi-po-sklizni-polnich-plodin> (accessed 2 April 2024).
- Pommeresche R, Hansen S, Løes AK, Sveistrup T. 2007. Earthworms and their importance for improving soil quality. Bioforsk Organic, Tingvoll.
- Pulkrábek J, Urban J, Kadlec V, Růžek P, Šedek A, Srbek J, Bečková L, Dvořák P, Kobzová D, Kincl D. 2015. Začlenění podzimního hlubokého kypření půdy a kypření za vegetace do půdoochranné technologie pěstování cukrové řepy: certifikovaná metodika. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Pulkrábek J, Urban J. 2016. Vliv hlubokého kypření půdy s hnojením do depa na produkci cukrové řepy. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vliv-hlubokeho-kypreni-pudy-s-hnojenim-do-depa-na-produkci-cukrove-repy> (accessed 2 April 2024).
- Qing X, Haojie H, Jinran X, Caixia Z, Zhiliang Z, Huiqiang H, Qin Z. 2020. Research Progress of Soil Water Infiltration. E3S Web of Conferences, **189**:1-6
- Santos ILN, Filho RRG, Pedrotti A, Faccioli GG, Filho RNA, Carvalho CM, Assunção. 2020. Use of different infiltrometers to assess environmental damage caused by different land uses. Revista Caminhos de Geografia, **21**: 180-41.
- Schiff L. 1955. Report of the Committee on Infiltration, 1953–1954. Eos, Transactions American Geophysical Union, **36**: 709-712.
- Schonbeck M, Morse R. 2007. Reduced Tillage and Cover Cropping Systems for Organic Vegetable, Virginia Association for Biological Farming Information Sheet, **9**: 1-7.
- Sidiras N, Roth CH. 1987. Infiltration measurements with double-ring infiltrometers and a rainfall simulator under different surface conditions on an Oxisol. Soil and tillage research, **9**: 161-168.
- Škoda V, Cholenský J, Procházka O. 1993. Konvenční a perspektivní způsoby zpracování a kultivace půdy. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, Praha.
- Tanaka T, Taniguchi M, Tsujimura M. 1996. Significance of stemflow in groundwater recharge. 2: A cylindrical infiltration model for evaluating the stemflow contribution to groundwater recharge. Hydrological Process, **10**:81-88.
- Tippl M, Janeček M, Bohuslávka J. 2001. Protierozní agrotechnika zlepšuje půdní vlastnosti a chrání půdu před erozí. Úroda.cz. Available from <https://uroda.cz/protierozni-agrotechnika-zlepsuje-pudni-vlastnosti-a-chrani-pudu-pred-erozi/> (accessed 2 April 2024).
- Váňová M, Matušinský P, Javůrek M, Vach M. 2012. Vliv způsobu zpracování půdy na výskyt vybraných chorob obilnin. Obilnářské listy, **20**:40-45.

Weiler M; Flühler H. 2004. Inferring flow types from dye patterns in macroporous soils. *Geoderma*, **120**: 137-153.

Winkler J, Hosa J, Děkanovský I. 2022. Zpracování půdy a zaplevelení polních plodin. *Agromanual.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/zpracovani-pudy-a-zapleveleni-polnich-plodin> (accessed 2 April 2024).