

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů



**Orebné a bezorebné zpracování půdy
a jejich vliv na půdu**

Bakalářská práce

Autor práce: Martin Bárta

Vedoucí práce: Ing. Jan Chyba, Ph.D.

Praha 2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Bárta

Zemědělské inženýrství

Zemědělská technika

Název práce

Orebné a bezorebné zpracování půdy a jejich vliv na půdu

Název anglicky

Comparison of plowing and no-till technology and their impact on soil

Cíle práce

Na základě literární rešerše týkající se orebné a bezorebné technologie zpracování půdy provést porovnání vlivu technologií na půdu.

Metodika

Zpracovat literární rešerši a posoudit stávající technologie pro orebné a bezorebné zpracování půdy a uvést vhodné aplikace těchto technologií. Dále, posoudit vliv orebných a bezorebných technologií na stav půdy.

Předpokládaná osnova práce:

1. Úvod
 2. Literární rešerše
 3. Diskuse
 4. Závěr
- Seznam literatury
- Přílohy

Doporučený rozsah práce

30

Klíčová slova

bezorebné zpracování půdy, fyzikální vlastnosti půdy, orba

Doporučené zdroje informací

- BAKER, C. J. *No-tillage seeding in conservation agriculture*. Rome: CABI, 2007. ISBN 978-1-84593-116-2.
- HUANG, P. M. – LI, Y. – SAMNER, M. E. *Handbook of soil sciences : Properties and processes*. Boca Raton: CRC Press, 2012. ISBN 978-1-4398-0305-9.
- MCKYES, E. *Soil cutting and tillage*. Amsterdam: Elsevier, 1985. ISBN 0-444-42548-9.
- VALLA, M. *Pedologické praktikum*. Praha: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, 2002. ISBN 80-213-0914-8.
- WHITE, R. E. *Principles and practice of soil science : the soil as a natural resource*. Oxford ; Malden: Blackwell Science, 2006. ISBN 0-632-06455-2.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Jan Chyba, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 12. 2. 2020

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2020

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 20. 10. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma: Orebné a bezorebné zpracování půdy a jejich vliv na půdu vypracoval samostatně a použil jen zdrojů a pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

dne:

.....

podpis:

.....

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Janu Chybovi Ph.D. za odborné rady a dohled nad vypracováním této práce. Dále bych rád poděkoval Farmě Brtnice pánů Jaroslava a Václava Vorlových za odbornou praxi a seznámení s danými technologiemi a problematikou. V neposlední řadě bych rád poděkoval rodině za podporu ve studiu.

Abstrakt: Cílem této bakalářské práce je vytvoření literární rešerše, která se zabývá problematikou orebného a bezorebného zpracování půdy a vlivu těchto technologií na půdu. Práce nejprve obecně pojednává o půdě, zpracování půdy a jeho historii, vývoji a trendech. Dále je představeno zpracování půdy orbou a všechny metody které s tímto druhem zpracování souvisí jako: podmítka, samotná orba a následující předseťová příprava. V další části jsou představeny bezorebné, nebo též minimalizační technologie zpracování půdy jako: mělké kypření, hluboké kypření, pásové zpracování půdy a přímé setí. V každé části jsou též uvedeny stroje užívané pro jednotlivé polní operace a jsou popsány vlivy jednotlivých strojů a technologií na půdu. V závěru práce jsou shrnuty výhody a nevýhody jednotlivých technologií a jsou uvedeny vhodné aplikace jejich použití.

Klíčová slova: bezorebné zpracování půdy, fyzikální vlastnosti půdy, orba

Comparison of plowing and no-till technology and their impact of soil

Summary: The aim of this bachelor thesis is description of fact that deals with the issue of plowing and no-till tillage and the impact of these technologies on soil. The thesis first generally deals with soil and tillage and its history, development, trends. Further is presented tillage and all methods, relate to this type of tillage as: subsoil, plowing and pre-sowing preparation. In next part are introduced no-till or also minimization technologies of tillage as: cultivation, strip-tillage and no-tillage. In each section are listed the machines used for individual field operation and the affect individual machines and technologies on the soil. At the end of thesis are summarized benefits and disadvantages of individual technologies and are listed suitable applications for their use.

Key words: no-till technologies, physical properties of soil, tillage

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce	2
2.1. Postup zpracování.....	2
3. Půda.....	3
3.1. Definice, význam a funkce půdy	3
3.2. Složení půdy.....	4
3.3. Půdní typy	6
3.4. Půdní profil.....	7
3.5. Fyzikální vlastnosti půdy	8
4. Historie zpracování půdy	9
5. Orebné technologie zpracování půdy	11
5.1. Podmítka	11
5.1.1. Stroje používané k podmítce	12
5.2. Orba	14
5.2.1. Rozdělení orby podle doby provedení	15
5.2.2. Hloubka a způsob orby	15
5.2.3. Orební poměr	16
5.2.4. Stroje používané k orbě.....	17
5.3. Předseťová příprava.....	18
5.3.1. Stroje používané k předseťové přípravě	19
5.4. Fyzikální vlastnosti půdy při orebném zpracování půdy.....	21
6. Bezorebné technologie zpracování půdy	22
6.1. Minimalizace s kypřením půdy	22
6.1.1. Stroje používané ke kypření	23
6.2. Pásové zpracování půdy.....	25

6.2.1.	Formy provedení pásového zpracování půdy	25
6.2.2.	Stroje používané k pásovému zpracování půdy	26
6.3.	Přímé setí do nezpracované půdy	27
6.3.1.	Technologický postup provedení metody přímého setí.....	28
6.3.2.	Stroje používané k přímému setí do nezpracované půdy	28
6.4.	Fyzikální vlastnosti půdy při bezorebném zpracování půdy.....	29
7.	Diskuze.....	30
7.1.	Porovnání z hlediska fyzikálních vlastností půdy.....	30
7.2.	Porovnání z hlediska ekonomické náročnosti	30
7.3.	Porovnání z hlediska hektarových výnosů.....	31
7.4.	Porovnání z hlediska odolnosti půdy vůči vodní erozi.....	31
8.	Doporučení	32
9.	Závěr	33
	Použitá literatura a zdroje	34
	Seznam obrázků.....	38
	Seznam tabulek	38

1. Úvod

Obdobně jako většina odvětví světového hospodářství, prošlo i zemědělství v posledních desítkách let výraznou proměnou z hlediska intenzifikace a vlivu nově aplikovaných technologií. Žádný z oborů lidské činnosti není v současné době více ohrožen změnami klimatu a podnebí než zemědělství. Je proto nutné půdu, jakožto základní přírodní zdroj, který se utváří stovky let, považovat za nenahraditelnou a podle toho s ní musí být zacházeno. Vlivem nevhodně zvoleného zpracování půdy dochází k negativním dopadům a zvyšování rizik jako: půdní eroze, zhutnění půdy, ztráta půdní vláhy, snížení biologické aktivity v půdě.

Orba a pluh, jakožto jeden ze symbolů zemědělství jsou v posledních letech vytlačovány systémy minimálního zpracování půdy, a to nejčastěji z ekonomických, časových, provozních a ekologických důvodů. Orba je však nenahraditelný způsob zpracování půdy, a to například v dokonalém zapravení rostlinných zbytků, slámy a tuhých organických hnojiv do půdy.

V budoucnu se dá předpokládat rostoucí trend vytlačování konvenčního zpracování půdy systémem minimálního zpracování půdy a půdoochrannými technologiemi. Konvenční způsob však nadále zůstane zachován, a to především v malých podnicích a v případech, kdy bude zpracování půdy bezorebnými technologiemi nedostatečné.

Tato práce se zabývá orebnými a bezorebnými technologiemi zpracování půdy. V práci jsou uvedeny vhodné aplikace použití jednotlivých technologií a jejich vliv na půdu.

2. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je na základě literární rešerše vypracovat porovnání orebné a bezorebné technologie zpracování půdy a jejich vlivu na půdu.

2.1. Postup zpracování

- Zpracováním literární rešerše je nejprve obecně pojednáno o půdě, orebných a bezorebných technologiích.
- Dále jsou detailně posouzeny stávající technologie pro orebné a bezorebné zpracování půdy.
- Následuje uvedení vlivu těchto technologií na půdu s uvedením jejich vhodné aplikace.
- Na závěr je shrnuto užití jednotlivých technologií a je diskutováno o jejich vlivu na půdu a o dalším využití v budoucnosti.
- Práce byla sepsána s využitím poznatků, které byly čerpány z odborných publikací, skript, vlastní praxe a z dat pocházejících od výrobců zemědělských strojů pro zpracování půdy.

3. Půda

Půda, jakožto přírodní zdroj, který je jen těžko obnovitelný, je v současné době velmi ohrožen změnami klimatu a lidskou činností. I tyto vlivy lze však minimalizovat, a to například vhodně zvolenými systémy zpracování půdy.

3.1. Definice, význam a funkce půdy

Půdu lze definovat jako samostatný přírodní útvar vzniklý z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků za působení půdotvorných procesů. Je životním prostředím půdních organismů, biotopem planě rostoucí vegetace, slouží k pěstování užitkových rostlin. Je regulátorem koloběhu látek, může fungovat jako úložiště, ale i zdroj potenciálně rizikových látek. Půda je dynamický, stále se vyvíjející živý systém. Přežití a prosperita všech suchozemských biologických společenstev, přirozených i umělých, závisí na tenké vrchní vrstvě Země. Půda je proto jednoznačně nejcennější přírodní bohatství. Je přirozenou součástí národního bohatství každého státu. Půdu je proto nutné chránit nejen pro současnost, ale i z důvodu zachování pro budoucí generace [1].

Význam a funkce půdy [1]:

- Půda je základním článkem potravního řetězce a současně substrátem pro růst rostlin.
- Půda je životně důležitou zásobárnou vody pro suchozemské rostliny a organismy a je filtračním čistícím prostředím, přes které voda prochází.
- Mikroorganismy žijící v půdě jsou obrovskou zásobárnou genetické informace a umožňují průběh důležitých procesů v ekosystémech. Cyklus vody, uhlíku, dusíku, fosforu, a síry probíhá v půdě skrze interakce mikrobiální složky s fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Půdní organická hmota je hlavní suchozemskou zásobárnou uhlíku, dusíku, fosforu a síry a bilance a přístupnost těchto prvků je neustále ovlivňována mikrobiální mineralizací a imobilizací.
- Půda hraje zcela zásadní a nezastupitelnou roli v rovnovážnosti ekosystémů a v ovlivňování bilancí látek a energií. Působí jako environmentální tlumící medium, jež mimo jiné zadržuje, degraduje, ale za určitých podmínek i uvolňuje potenciálně nebezpečné látky.
- Z půdy pochází mnoho základních složek stavebních materiálů a surovin, současně půda poskytuje prostor pro realizaci staveb, pro rekreační činnost a další aktivity člověka.

3.2. Složení půdy

Složení půdy je jedním z významných faktorů ovlivňujících půdní vlastnosti, živný režim půd a volbu soustavy hnojení. U půd rozlišujeme v zásadě tři druhy složení a to [2]:

- fázové,
- zrnitostní,
- chemické.

Fázové složení půdy

Fázové složení půdy je takové, ve kterém rozlišujeme jednotlivá skupenství a to: tuhou fází, kapalnou fází a plynnou fází.

- Tuhá fáze je tvořena souborem pevných částic půdy nejrozmanitějšího složení a velikostí. Sestává z minerálního podílu, na který připadá u většiny našich půd 95-98 % hmotnosti sušiny všech tuhých částic půdy. Podstatně menší část (2-5 %) tvoří organický podíl půdy [2].
- Kapalnou fází půdy rozumíme půdní vodu, která podmiňuje existenci koloběhu látek jako nenahraditelného faktoru pro edafon (půdní organismy) a vegetaci. Z hlediska výživy je důležitý nejen přenos látek z půdního roztoku do živých buněk kořenového systému rostlin, ale i vertikální transport půdním profilem. Ten je příčinou ztrát živin splavením do nižších vrstev. Splaveny nejsou pouze živiny dodané hnojivy, ale také živiny půdní zásoby a živiny uvolněné mineralizací půdní organické hmoty i půdotvornými procesy z minerálního matečného substrátu [2].
- Plynná fáze půdy je tvořena půdním vzduchem. Vyplňuje póry bez vody a oproti atmosférickému vzduchu obsahuje zpravidla více CO₂, méně O₂ a zvýšené množství vodních par. I když mezi půdou a ovzduším dochází neustále k výměně plyných složek, nedochází k plynulému vyrovnávání rozdílů [2].

Zrnitostní složení půdy

Půdní zrnitost neboli textura je jednou ze základních fyzikálních vlastností půdy. Tuhá fáze půdy je tvořena částicemi o různých velikostech. Částice se dle definovaných rozsahů velikostí seskupují do skupin, které označujeme jako zrnitostní frakce. Základní dělení frakcí je na skelet (>2 mm) a jemnozlem (<2 mm). Jemnozlem je podstatnou složkou půdy a ovlivňuje všechny základní půdní vlastnosti. Jedná se např. o poměr vody a vzduchu v půdě, pórovitost, obsah i složení edafonu, velikost povrchové plochy a energie, přilnavost (adheze), soudržnost (koheze), chemické, fyzikálně-chemické a biochemické procesy v půdě. Existuje různé členění částic do zrnitostních frakcí. V České republice se nejčastěji ke klasifikaci půdního druhu používá metoda dle Nováka (tab. 1), která vychází z procentuálního zastoupení částic ve vzorku (<0,01 mm) [3].

Tabulka 1. Klasifikace půdního druhu dle Nováka

Obsah částic <0,01 mm (%)	Označení druhu půdy	Zkratka	Klasifikace půdy
0-10	písčítá	P	lehká
10-20	hlinitopísčítá	HP	
20-30	písčitohlinitá	PH	středně těžká
30-45	hlinitá	H	
45-60	jílovitohlinitá	JH	těžká
60-75	jílovitá	JV	
>75	jíl	J	

Zdroj: [20], upravil autor

Chemické složení půdy

Chemické vlastnosti půdy zahrnují chemické složení půd a chemické procesy probíhající v půdě. Složky půdy se z pohledu chemického dělí na minerální a organické látky. Zdrojem minerálních látek je horní část litosféry, která podléhá zvětrávání a ve které pomocí půdotvorných procesů vzniká půda. Organickou složku půdy tvoří edafon. Mezi základní chemické vlastnosti půd patří obsah humusu, půdní reakce tedy kyselost nebo zásaditost půdy a obsah prvků v půdě [4].

3.3. Půdní typy

Půdní typ je základní taxonomickou jednotkou klasifikace půd. Je to přírodní útvar, vytvořený působením půdotvorných činitelů na mateční horninu či půdotvorný substrát. V ČR jsou zastoupeny tyto půdní typy [8]:

- **Černozem** se nachází většinou v sušších oblastech, převážně na spraších a zaujímá 11 % zemědělské půdy v ČR. Má vysokou přirozenou úrodnost.
- **Hnědozem** je vyvinutá též na spraších v oblastech se středními úhrny srážek a poskytuje stabilizované výnosy. V ČR zaujímá 13 % plochy zemědělské půdy.
- **Luvizem** je charakteristická v důsledku srážek posunem koloidů do spodních vrstev. Ornice trpí horším fyzikálním stavem a za sucha přesychá. Je zastoupena na 5 % zemědělské půdy v ČR.
- **Hnědá půda (Kambizem)** je nejrozšířenějším typem v ČR na ploše 45 % zemědělské půdy, převážně v bramborářských oblastech s dostatečným úhrnem srážek a s nízkým obsahem prachových částic. Bývá hůře zpracovatelná.
- **Podzol** vznikl podzolizačním procesem, má nízké pH a kyselý humus. Podzolové půdy nejsou vhodné pro zemědělské plodiny, efektivněji jsou využity lesními kulturami. Zaujímá 1 % z celkové plochy zemědělské půdy v ČR.
- **Oglejená půda** je zastoupena v oblastech s intenzivním převlhčením s redukčními procesy s negativními degradačními vlivy. Je rozšířena na 7 % zemědělských půd ČR.
- **Glejová půda** je rozšířena na 4 % zemědělské půdy v ČR a pro využití v zemědělství je málo vhodná.
- **Rendzina** se vytváří na matečních horninách bohatých na uhličitany a nasycený humus, je však značně vysušena. Při dostatku srážek poskytuje vysoké výnosy a zaujímá 4 % z celkové plochy zemědělských půd ČR.
- **Lužní půda (Černice)** je rozšířena v povodí dolních toků řek. Zaujímá 2 % z celkové výměry zemědělských půd ČR. Jde o sedimenty, které jsou v kontaktu s hladinou podzemní vody díky kapilárnímu vzestupu vody. Má vysokou přirozenou úrodnost a dobrou autoregulační schopnost.
- **Nivní půda (Fluvizem)** je rozšířena v říčních nivách. Zaujímá 6 % z celkové plochy zemědělských půd ČR. Je značně heterogenní a značná část jsou louky v inundačních oblastech. Geneticky jde o nejmladší půdy.

- **Drnová půda (Regozem)** se vyskytuje též v povodí řek cca na 1 % zemědělských půd v ČR v ranobramborářských oblastech jako zelinářské hony.
- **Antropogenní půda (Antrozem)** a **nevyvinutá půda (Litozem)** představuje cca 1 % z celkové plochy zemědělské půdy ČR.

3.4. Půdní profil

Půdní profil je svislý řez půdou (obr. 1) až po půdotvorný substrát, případně matečnou horninu, při kterém rozeznáváme tzv. půdní horizonty a to [9]:

- **Humusový horizont** je horizont, kde nastává intenzivní vyluhování. Svrchní část horizontu obsahuje množství organických látek a je silně vyluhována prosakující vodou, spodní část horizontu obsahuje již méně organických látek, je však postižena nejsilnějším vyluhováním, jehož výsledkem je rozklad minerálních látek.
- **Vyluhovaný horizont** je horizont složený hlavně z jílových a siltových částic, v němž se hromadí látky vyluhované z humusového horizontu.
- **Obohacovaný horizont**, tj. rozpadlá, avšak málo pozměněná mateční hornina.
- **Mateční hornina** se nachází pod obohacovaným horizontem a není ovlivněna zvětrávacími procesy. Je to hornina, která dala vzniknout dané půdě.

Obrázek 1. Půdní profil hnědozemě (vlevo) a černozemě (vpravo)



Zdroj: [10]

3.5. Fyzikální vlastnosti půdy

Fyzikální vlastnosti půdy je soustava dynamicky se rozvíjejících prvků, kdy změna jednoho činitele se okamžitě projevuje na změnách ostatních. Dobrá znalost fyzikálního stavu půdy v konkrétních podmínkách umožňuje volbu vhodné technologie zpracování půdy. Fyzikální vlastnosti půdy mohou vyhovovat růstovým požadavkům pěstovaných plodin, nebo vyžadují změnu, když jsou půdní podmínky pro pěstování rostlin nepříznivé. S fyzikálními vlastnostmi půdy úzce souvisí hospodaření s vodou v půdě a zásobování rostlin vodou a živinami, vývin kořenového systému rostlin, fyzikálně-chemické procesy a biologická činnost půdy [12].

V praxi je zjišťování fyzikálních vlastností půdy většinou založeno na odběru neporušených půdních vzorků a jejich následném laboratorním rozboru. Vzorky půdy pro hodnocení fyzikálních vlastností jsou odebírány do tzv. Kopeckého fyzikálních válečků (obr. 2). V laboratoři je možné z těchto vzorků stanovit objemovou a měrnou hmotnost půdy, pórovitost, maximální kapilární kapacitu a další parametry (především vodní a vzdušné poměry). Změny vyvolané zpracováním půdy se nejvýrazněji dotýkají objemové hmotnosti (redukované i neredukované), která ovlivňuje celý komplex fyzikálních vlastností [12].

Pro polní plodiny je doporučená hodnota objemové hmotnosti redukované 1,2-1,5 g/cm³ a ve spodních vrstvách půdy 1,6-1,8 g/cm³. Dlouhodobé polní pokusy přinesly poznatky, že vlivem nevhodně zvolených technologií zpracování půdy, dochází k jejímu nadměrnému zhutnění, a to zejména v podorničních vrstvách [12].

Obrázek 2. Kopeckého metoda odběru vzorků (vlevo), půdní vzorek (vpravo)



Zdroj: [13]

4. Historie zpracování půdy

Vývoj způsobů zpracování půdy souvisí s vývojem zemědělství a celkově s vývojem společnosti. Počátky zemědělství se datují do doby 10. tisíc let př. n. l, kdy člověk začal opouštět sběrový systém obživy a začal se věnovat primitivnímu pěstování plodin. Toto primitivní pěstování spočívalo nejčastěji ve vypalování porostů lesa a travin, na nichž byla rozhazována semena a pomocí dobytka, nebo větvemi byla zahrnována [5].

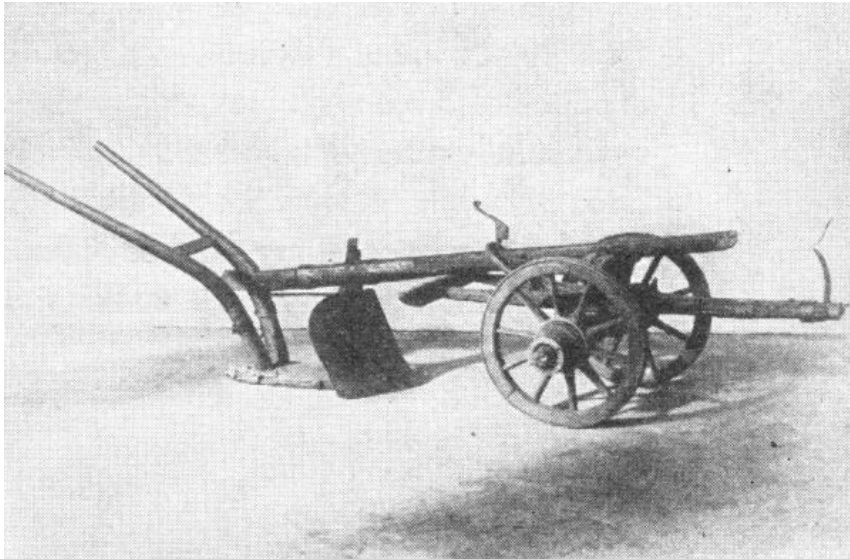
V pozdějších dobách okolo 4. tisíciletí př. n. l začal být v okolí záplavových oblastí velkých řek uplatňován systém náplavový, kdy úrodná naplavená zemina byla obdělávána jednoduchými dřevěnými rádly a nářadím z pálené hlíny [5].

V období 5.-4. století př. n. l se na území starověkých vyspělých států začalo užívat jednoduchých dřevěných oradel již okutých železem [5].

Postupnou úpravou částečně železných, později až celokovových oradel mohla být půda nejen rozrývána, ale částečně i obrácena. V jižní Evropě se začaly používat jednoduché pluh, zprvu bez plazu, později s opěrnými plazy (asi 6.–7. století n. l). Rozrytá a částečně odsunutá část půdy byla rozkopávána motykami a urovnávána dřevěnými branami s železnými hřebíky nebo vlečenými deskami. Tento způsob obdělávání půdy se v různých obměnách udržel v evropských podmínkách až do 18. století [5].

V 18.–19. století bylo zemědělství ovlivňováno výraznějším rozvojem produkce jako: zavádění nových druhů plodin, šlechtitelství, aj. Nářadí na zpracování půdy se orientovalo na vývoj různých kypřičů, kultivátorů, podrýváků a bran. Hlavní racionalizace však spočívala ve zdokonalení práce pluhů, především za účelem kvalitního obracení skýv. Nejvýznamnější posun znamenal vynález ruchadla (obr. 3) bratřenci Veverkovými. Ruchadlo bylo nové tím, že mělo zesílenou slupici, upravenou délku plazu a místo tradiční radlice s dřevěnou odhrnovačkou mělo kovovou desku v dolní části mírně válcovitě vydutou s vertikální rovinou svírající úhel mírně větší než 45° a se dnem brázdy úhel 60–70°. Toto postavení radlice šikmo proti směru jízdy umožnilo, že rozoraná půda byla obrácena jen na jednu stranu. Ruchadlová, tj. válcová radlice se stala mezníkem ve vývoji pluhů u nás i ve světě. Byl rozvinut způsob orby do záhonů nebo hřebenů, která měla i funkci meliorační. Na konci 19. století se projevil i prvky racionalizace, např. jednoduchá spojování nářadí [5].

Obrázek 3. Ruchadlo bratranců Veverkových



Zdroj: [6]

Počátky 20. století byly ve vývoji strojů pro zpracování půdy, velmi dynamické. Kromě vývoje plužních typů jsou zaváděny železné brány, různé typy kultivátorů a secí stroje. Na velkostatkách se začíná používat parní stroj při parní orbě, lanová orba apod. V období třicátých let 20. století se na území dnešních Spojených států z důvodu velkých erozivních dopadů začalo používat systému minimálního zpracování půdy. Na evropském kontinentu je druhá polovina 20. století spojena s rozvojem hospodářského a rolnického družstevnictví, to mělo za následek pořizování a využívání větších pracovních strojů. Traktorová orba a další širokozáběrová výkonná technika zcela vytlačila potažní polní práce. Víceradličné pluhy a podmítače, kombinované stoje pro přípravu půdy, secí stroje, stroje pro kultivaci půdy v porostech plodin i další stroje vytvořily základ pro velkoprodukční systém zemědělské výroby. V předchozích desetiletích byly záměry konstruktérů orientovány hlavně na výkonnost strojů bez ohledu na možné negativní důsledky jako: destrukce a zhutnění půdy. Současné trendy vývoje strojů pro zpracování půdy sledují nejen jejich výkonnost, ale i dopady ekologické a ekonomické. Z toho důvodu jsou využívány trendy nových půdoochranných technologií minimálního zpracování půdy, pásového zpracování půdy a přímého setí [5].

5. Orebné technologie zpracování půdy

Orebné, téže konvenční nebo tradiční zpracování půdy jsou technologie, kdy dochází ke každoročnímu opakovanému kypření a obracení ornice radličným pluhem. Jedná se o tradiční postupy založené na využívání časového odstavu mezi operacemi základního a předseťového zpracování půdy (potlačování plevelů, dostatečné přirozené slehávání půdy v době mezi orbou a setím). V dnešním pojetí však zahrnujeme do konvenčního zpracování půdy i v současné době běžné spojování pracovních operací, například spojení orby s drcením hrud nebo podpovrchovým utužením půdy, spojení operací předseťové přípravy půdy či spojení předseťové přípravy půdy se setím. Konvenční zpracování půdy s orbou, jako stěžejní operace, je dlouhodobě ověřeno a jeho využívání je motivováno snahou o výnosovou jistotu i při méně příznivém počasí [7].

Operace orebného zpracování půdy můžeme rozdělit na:

- Podmítka
- Orba
- Předseťová příprava

5.1. Podmítka

Podmítka je základní mělké zpracování půdy, které následuje bezprostředně po sklizni plodiny. Hloubka podmítky se pohybuje v rozmezí od 8 do 15 cm. Mezi důležité aspekty pro provedení kvalitní podmítky patří: Dodržovat stálou pracovní hloubku nástrojů, a to například z důvodu rovnoměrného zapravení rostlinných zbytků (obr. 4), dále je důležité včasné provedení podmítky ihned po sklizni plodiny, nebo odvozu slámy z pole [11], a to zejména v případě sledu plodin s krátkým časovým odstavem sklizeň-setí (např. u plodin: sklizeň ozimého ječmene-setí řepky olejné). Mezi hlavní cíle podmítky patří [11]:

- Šetřit půdní vláhu přerušением kapilárních cest vody v půdě.
- Prokypřit zhutnělou půdu po sklizni a zlepšit tak její fyzikální stav.
- Odplevelit půdu a zlepšit vzcházení výdrolu.
- Zapravit do půdy rostlinné zbytky a umožnit tak jejich rychlejší mikrobiální rozklad.

Obrázek 4. Podmítka strniště po kukuřici na zrno je charakteristická velkým množstvím posklizňových zbytků, je tedy nutné jejich rovnoměrné zapravení



Zdroj: [14]

5.1.1. Stroje používané k podmítce

Talířové kypřiče

U talířových kypřičů je jako pracovní nástroj užíváno tzv. vypouklých talířů. Tyto talíře mohou být konstrukčně umístěny v řadách na společné hřídeli, kdy spolu tyto hřídele svírají tvar X, nebo jsou talíře umístěny v řadách za sebou (obr. 5), kdy je každý talíř individuálně upevněn k odpružené slupici. Tento druhý případ konstrukčního řešení je výhodnější z pohledu zajištění rovnoměrné pracovní hloubky, kdy se jednotlivé talíře lépe přizpůsobují nerovnostem na povrchu půdy. Velikost talířů se liší podle hloubky požadovaného zpracování půdy, nejčastěji však v rozmezí od 0,4 do 0,75 m. K utužení nakypřené půdy bývá za talířovou kypřicí sekci umístěn nejčastěji segmentový nebo u-ring válec, z důvodu lepšího rozdrobení hrud válec prutový. Z hlediska možnosti připojení stroje k tažnému prostředku bývají k dispozici provedení ve formě nesené a přívěsné [12], [17].

Při porovnání s radličkovými kypřiči bývá výhodou talířových kypřičů zpravidla vyšší pracovní rychlost (10-15 km/h), nižší nárok na tahový výkon traktoru, lepší schopnost zaklápět rostlinné zbytky do půdy a větší rovnací efekt (za předpokladu dodržení pravidla jezdit šikmo ke směru kolejových řádků).

Obrázek 5. Talířový kypřič Farmet Diskomat s konstrukčním uspořádáním talířů v řadě



Zdroj: [15]

Radličkové kypřiče

U radličkových kypřičů je jako pracovní nástroj používáno tzv. radliček. Tyto radličky bývají konstrukčně umístěny na slupicích ve dvou a více řadách (obr. 6), tím je docíleno větších rozestupů mezi jednotlivými radličkami a zlepšuje se tak průchodnost materiálu. Pro práci v kamenitých půdách jsou slupice vybaveny mechanickými, nebo hydraulickými pojistkami proti přetížení. Samotné radličky jsou konstrukčně řešeny ve formě šípové a dlátové. Šípové radličky jsou po stranách osazeny křídélky, které lépe podřezávají půdu a zlepšují její promíchávání s posklizňovými zbytky a plevele. Radličky v dlátové formě jsou používány v případech, kdy je zapotřebí provést podmítku do větší hloubky, a tedy rozrušit lépe zhutněnou půdu, to má ovšem za následek větší požadavek na tahový výkon traktoru. Za radličkovou pracovní sekci následuje sekce s talíři, které lépe promísí půdu s rostlinnými zbytky a urovnají povrch půdy. K utužení nakypřené půdy bývá za talířovou sekci umístěn utužovací válec, obdobný jako u talířových kypřičů. Z hlediska možnosti připojení stroje k tažnému prostředku bývají k dispozici shodná provedení jako u talířových kypřičů [12], [17].

Výhodou radličkových kypřičů bývá možnost volby větší pracovní hloubky, zejména u dlátové formy radliček. Nevýhodou je nižší pojezdová rychlost 10-12 km/h. Dále větší požadavky na tahový výkon tažného prostředku. Po zpracování půdy radličkovými kypřiči zůstává na povrchu půdy zpravidla více rostlinných zbytků, což je pozitivní z důvodu vodní eroze, ovšem negativní z pohledu výsledné horší kvality pro následující druh zpracování.

Obrázek 6. Radličkový kypřič AMAZONE Cenius se třemi řadami slupic



Zdroj: [16]

5.2. Orba

Orba je základní opatření konvenčního zpracování půdy, které má celkový vliv na stav půdy. I za předpokladu, že jsou skývy klopeny pod určitým úhlem je orba považována za horizontální způsob zpracování půdy. Má-li orba splňovat veškeré základní požadavky, musí být prováděna při vhodné vlhkosti půdy. Vhodná vlhkost půdy se u těžkých půd pohybuje v rozmezí 14-18 %, u středních 18-20 %, a u lehkých není již tak rozhodující [11]. Souhrnně lze říci, že správně provedená orba má tyto hlavní cíle [11]:

- **Obrátit skývy** – tedy zapravit rostlinné zbytky se slámou a plevelem hluboko do půdy a vynést splavené živiny a koloidní částice ze spodních vrstev ornice.
- **Mísit ornici** – tedy promísit zaorávaný materiál s hnojem, zeleným hnojením, nebo s průmyslovými hnojivy. Při hlubší orbě dochází z velké části téže ke zničení vytrvalých plevelů.
- **Kypřit půdu** – tedy zvýšit pórovitost a provzdušnění půdy.
- **Drobit půdu** – tedy zajistit co nejlepší povrch půdy pro jeho následné zpracování a urovnání. Při drobení se výrazně zvyšuje pórovitost u středních půd až o 30 %, u těžkých půd o 50-70 %. Tím se zvyšuje provzdušnění půdy, které je důležité pro rozvoj aerobní mikroflóry, nutné pro mineralizaci hmoty v půdě a rozklad škodlivých reziduí po používaných pesticidech.

5.2.1. Rozdělení orby podle doby provedení

- **Jarní orba** – Jarní orba by měla probíhat pouze v nejnnutnějších případech, neboť má řadu negativních důsledků jako: zhoršené pronikání podzemních vod, obtížnější vsakování srážek, nadměrné vysychání vlivem nepříznivých struktur [11].
- **Letní orba** – Letní orba je prováděna z důvodu zapravení velkého množství rostlinných zbytků, a to za účelem připravení půdy pro letní mezipločinu, nebo z důvodu krátkého časového deficitu pro výsev některých plodin, například řepky olejné.
- **Podzimní orba** – Podzimní orba má řadu předností. Vlivem vytvoření hřebenovitého povrchu ornice dochází k usnadnění vsakování podzimní a zimních srážek. Hroudy, nebo souvislé skývy jsou vystaveny účinkům vody a mrazu, čímž jsou následně snáze rozrušeny [11].
- **Zimní orba** – Zimní orba se provádí pouze v případě, že nebylo možné provést podzimní orbu, například z důvodu nadměrné vlhkosti půdy, vlivem pozdní sklizně, při předčasném nástupu mrazů, aj. [11].

5.2.2. Hloubka a způsob orby

Hloubka orby

Hloubka orby se řídí především výběrem následné plodiny v osevním postupu (tab. 2), pohybuje se v rozmezí 15-35 cm a můžeme jí rozdělit na: mělkou (do 20 cm), střední (20-25 cm), hlubokou (25-30 cm) a velmi hlubokou (nad 30 cm). Zvláštním případem je orba rigolovací, která se provádí pro zakládání trvalých kultur jako: vinice, ovocné sady a chmelnice. Hloubka se pohybuje od 40 do 70 cm [11].

Tabulka 2. Požadovaná hloubka orby pro některé plodiny

Předplodina	Plodina ke které se orá	Hloubka orby v cm
Okopanina	Jarní obilnina	20-25
Okopanina	Ozimá obilnina	16-20
Obilnina	Jarní obilnina	20-25
Obilnina	Cukrová řepa	25-30
Olejnina	Ozimá obilnina	16-20
Luskovina	Ozimá obilnina	20-25
Pícnina	Obilnina	25-30

Zdroj: [17], upravil autor

Způsob orby

Způsob orby je vhodné zvolit podle druhu terénu, tvaru a velikosti pozemku. Snahou je využít optimální tažné síly traktoru a minimalizovat počet jízd po pozemku. Mezi základní způsoby orby patří [17]:

- **Orba do skladu** – Provádí se od středu a pokračuje k okrajům pozemku. Při prvních dvou jízdách vznikne sklad.
- **Orba do rozoru** – Provádí se od krajů pozemku a pokračuje do jeho středu. Posledními dvěma jízdami vznikne rozor.
- **Orba do roviny** – Jedná se o moderní druh orby, kdy jsou používány oboustranné otočné pluhy. Pokračuje se od jedné strany pozemku ke druhé. Pozemek není nutné dělit na více záhonů. Při otáčení se souvratě nadměrně nepřejíždí, čímž se šetří palivo i čas a půda se méně zhutňuje.
- **Orba dokola (do figury)** – Odpadají nepracovní jízdy a nevznikají sklady ani rozory. Orba postupuje sice rychleji, ale nesplňuje agrotechnické požadavky. V rozích vznikají nedooraná místa.
- **Orba do svahu** – Je prováděna s cílem tlumit vodní erozi. Orba je prováděna po vrstevnicích a proti svahu (půda je házena tzv. proti kopci). Vodní erozí jsou zásadně ohroženy pozemky se spádem větším než 5°.

5.2.3. Orební poměr

Orební poměr je poměr šířky záběru orebního tělesa ku hloubce orby a charakterizuje schopnost překlápět skývy (obr. 7). Jako minimální mezní hodnota platí:

$$K = \frac{b}{a} \geq 1,27$$

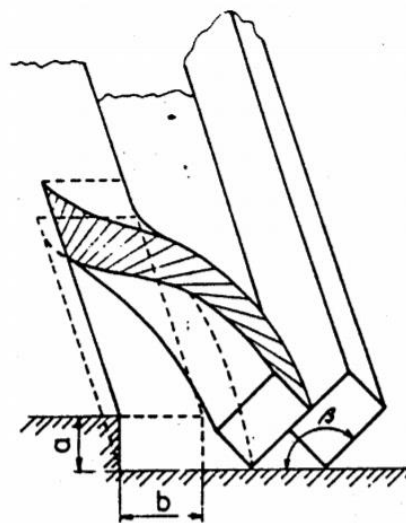
kde:

K = orební poměr

b = šířka záběru orebního tělesa

a = hloubka orby

Obrázek 7. Obracení skývy při orbě



Zdroj: [17]

5.2.4. Stroje používané k orbě

V současnosti jsou pro orbu používány radličné pluhu (obr. 8). V minulosti bylo využíváno i tzv. talířového a výkyvného pluhu, ty jsou ovšem v současné době používány již výjimečně a nenachází se ani v nabídkách výrobců zemědělských strojů.

Obrázek 8. Orba oboustranným pěti-radličným pluhem Kuhn Varimaster



Zdroj: autor

Radličný pluh

U radličného pluhu je jako pracovní nástroj používáno radlice, která je umístěna na slupici. Radlice spolu se slupicí tvoří orební těleso. Samotná radlice je tvořena: ostřím, dlátem, odhrnovačkou a plazem. V případě potřeby může být před jednotlivá orební tělesa umístěna předradlička, nebo krojidlo. Předradlička upravuje orební poměr a v případě jejího použití může být tedy orba provedena hlouběji. Jištění orebního tělesa proti přetížení je řešeno hydraulicky, nebo mechanicky, a to pomocí pružin, nebo střížným šroubem. Hlavní částí radlice je složitě tvarovaná odhrnovací deska. Odhrnovacích desek rozlišujeme několik typů: válcová, šroubovitá, pološroubovitá a kulturní, kdy každá je vhodná pro jiný druh půdy [5].

Pluhu můžeme z hlediska pracovního záběru rozdělit na pluhu s pevným záběrem a měnitelným záběrem. Z hlediska konstrukčního řešení rozlišujeme pluhu jednostranné a oboustranné. Z hlediska připojení k tažnému prostředku rozlišujeme pluhu návěsné a nesené. K pluhu může být připojeno i přidavné nářadí, a to například v podobě půdního pěchu, který nám může v případě vhodného použití usnadnit další polní práce, a to například vynechat

stroje předseťové přípravy. Pracovní rychlost pluhu se pohybuje v rozmezí 6-9 km/h, nejčastěji však 7-8 km/h v závislosti na polních podmínkách.

Za nevýhody používání radličného pluhu můžeme považovat zpracování půdy tzv. na jednu hloubku, kdy dochází vlivem zhutnění k oddělování podorničních vrstev. Dále je za nevýhody považováno: malá plošná výkonnost vlivem malé pracovní rychlosti a pracovního záběru, vysoké riziko vodní eroze a neekologičnost z pohledu velkého množství spotřebované nafty (cca 20 l/ha). Za výhody lze považovat dokonalé zapravení rostlinných zbytků a plevelů hluboko do půdy, čímž je zajištěn tzv. „čistý stůl“ a je usnadněno následné zpracování půdy. Orbu je možné též použít za horších klimatických a polních podmínek například v místech kde není možné použít minimalizační technologie (nadměrně kamenitý pozemek, nadměrná vlhkost půdy). Nenahraditelná je orba i v případě zapravení tuhých statkových hnojiv do půdy, kdy v mnohých situacích k tomu nelze použít jiné druhy technologií [5].

5.3. Předseťová příprava

Předseťová příprava umožňuje včasné a kvalitní provedení zasetí, nebo sázení plodin a vytváří příznivé podmínky pro vzcházení rostlin a jejich další růst a vývoj v prvních fázích vegetace [11]. Příprava půdy má splňovat tyto požadavky:

- Urovnat pole po předchozí orbě a zmenšit plochu povrchu půdy [11]. Urychlit proces přirozeného slehnutí půdy po orbě.
- Vytvořit na povrchu půdy vrstvu k ochraně půdní vláhy [11].
- Dokončit úpravu půdní struktury vhodné pro rychlé vyklíčení osiva nebo sadby [11]. Dostatečné rozdrobení půdy je podmínkou úspěšného vzcházení i zapojení porostu. Požadovaná velikost rozdrobení je závislá na druhu plodiny [17].
- Připravit vhodné seťové lůžko. Ideální seťové lůžko by mělo mít tužší, slehlou spodní vrstvu a měkčí, kypřejší vrchní vrstvu [17].
- Odplevelovat půdu. Na mechanické hubení plevelů je v posledních letech kladen velký tlak z ekologického hlediska. Ovšem chemická regulace plevelů u některých plodin je nezbytná [17].

Z agrotechnického hlediska můžeme předseťovou přípravu rozdělit na: smykování, vláčení, válení a kypření.

5.3.1. Stroje používané k předseťové přípravě

V současnosti jsou pro předseťovou přípravu používány stroje s pasivními pracovními nástroji a stroje s aktivně poháněnými pracovními nástroji.

U strojů s pasivními pracovními nástroji není používán vývodový hřídel traktoru. Jejich činnost je založena především na vysoké pracovní rychlosti. Jako strojů je nejčastěji užíváno kombinátorů, dále ve velmi malé míře smyků a bran. Jako zvláštní případ lze uvést i polní válce.

K pohonu strojů s aktivními pracovními nástroji je používán vývodový hřídel traktoru. Jako strojů je nejčastěji užíváno vířivého kypřiče, rotačního kypřiče a v malé míře kývavých bran.

Kombinátory

Kombinátor (obr. 9) je stroj, kde je jako pracovního nástroje používáno v kombinaci rovnacího smyku, radliček, utužovacích a drobících válců. Konstrukční řešení kombinátoru bývá velmi podobné radličkovým kypřičům. Rovnací smyk slouží k urovnání povrchu po orbě a k rozbití velkých hrud. Radličková sekce slouží k nakypření půdy a rozbití drobných hrud. Utužovací válce slouží ke zpevnění povrchu půdy a k jejímu rozdrobení. Z tohoto důvodu bývají používány válce typu crosskill, které mají dobrý drobící efekt.

Výhodou kombinátorů je velká plošná výkonnost vlivem vysoké pracovní rychlosti až 14 km/h. Dále vysoká kvalita zpracovaného povrchu půdy. Nevýhodou je omezenost použití z důvodu nadměrně vlhké nebo vyschlé půdy.

Obrázek 9. Kombinátor Farnet kompaktomat s rovnací, drobící, kypřící a utužovací sekci



Zdroj: [18]

Vířivé kypřiče

U vířivého kypřiče (obr. 10) je jako pracovního nástroje užíváno vertikálně umístěných rotujících nožů. Ty jsou poháněny od vývodového hřídele traktoru. Tyto rotující nože mají drobicí, kypřicí a mísící efekt. Za sekci rotujících nožů bývá umístěn rovnací smyk, jehož cílem je urovnat povrch půdy. Jako poslední bývá umístěn utužovací válec, který utužuje povrch půdy. Vířivé kypřiče bývají často spojovány se secím strojem a vytvářejí tzv. secí kombinaci, která šetří čas a spojením více operací zmenšuje počet přejezdů po pozemku.

Za výhodu vířivých kypřičů je považováno dokonalé připravení povrchu půdy pro následné setí, díky čemuž je možno vytvořit kvalitní seťové lůžko. Za nevýhodu je považována nízká pracovní rychlost 6-9 km/h a následně malá plošná výkonnost. Dále vysoký požadavek na výkon traktoru.

Obrázek 10. Vířivý kypřič Kuhn HR



Zdroj: [19]

Rotační kypřiče

Rotační kypřič, nebo také rotavátor využívá jako pracovního nástroje horizontálně rotujících nožů nebo hřebů. Ty jsou poháněny od vývodové hřídele traktoru. Za sekci rotujících hřebů může být umístěn obdobně jako v případě vířivého kypřiče utužovací válec. I z rotačního kypřiče lze spojením se secím strojem vytvořit secí kombinaci, nebývá to však běžné. Dříve se předpokládalo, že rotační kypřič nahradí funkci radličného pluhu, avšak od této myšlenky se upustilo, například z důvodu velmi malé plošné výkonnosti.

Výhodou rotačního kypřiče je možnost použití i v předem nezpracované půdě, například přímo do strniště. Dále velmi kvalitní příprava povrchu půdy. Nevýhodou je malá pojezdová rychlost (4,5-6 km/h) a tedy malá plošná výkonnost. Nachází proto spíše uplatnění v zahradnictví a v předsadbové přípravě pro brambory a zeleninu. Nevýhodou je také nemožnost použití v půdách s vysokým podílem kamenů.

5.4. Fyzikální vlastnosti půdy při orebném zpracování půdy

- **Infiltrační schopnost půdy** – Při orebném zpracování půdy je půda kyprá a na povrchu se nachází minimum rostlinných zbytků, to má za následek, že v zimních obdobích srážková voda lépe proniká půdním profilem do spodních vod. V letních měsících dochází k opačné situaci, kdy z důvodu malého pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky dochází k nadměrným výparům půdní vláhly [28].
- **Teplota půdy** – Vlivem hlubšího prokypření půdy při orbě a z důvodu výrazně menšího zastoupení rostlinných zbytků na povrchu půdy, dochází v jarních měsících k jejímu lepšímu prohřívání. Dle Branta et al. [22] snižuje každá tuna rostlinných zbytků na povrchu půdy její teplotu o 0,4 °C. Toto tvrzení potvrdil i polním pokusem, při kterém byla sledována vyšší teplota půdy v případě provedení klasické orby.
- **Chemické a mikrobiální procesy v půdě** – Z pohledu množství přemístěné zeminy (tisíce tun na 1 ha) je orba nejvýkonnější způsob zpracování půdy, proto se dřívější studie domnívaly, že má orba neblahý dopad na půdní edafon. Touto myšlenkou se zabýval Cooper et al. [28], který při polním pokusu za období 2013-2018 sledoval početnost žížal v půdě při různých technologiích jejího zpracování. Dle zjištěných výsledků nebyly naměřené hodnoty početnosti žížal statisticky významné a jejich výskyt je dán především druhem půdy. Taktéž mezi chemickými procesy v půdě při jednotlivých typech zpracování, nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly.
- **Objemová hmotnost půdy** – Vlivem dlouhodobého zpracovávání půdy tzv. na jednu hloubku při orbě může docházet k oddělování podorničních vrstev a k jejich následnému zhutnění. V horních vrstvách půdy však dochází k žádoucímu promíchání půdy s rostlinnými zbytky a organickou hmotou, což má za následek, že objemová hmotnost půdy po orbě je významně menší, než při použití bezorebných technologií [28].

6. Bezorebné technologie zpracování půdy

Bezorebné zpracování půdy je soubor technologií, při nichž je půda zpracovávána bez orby, a tedy nedochází ke každoročnímu obracení ornice. Z toho důvodu můžeme bezorebné technologie považovat za vertikální způsob zpracování půdy. Hlavními důvody pro užívání bezorebných technologií jsou ekologická, ekonomická a technická hlediska jejichž cílem je [5]:

- Omezit intenzitu zpracování půdy spojením několika pracovních operací a tím snížit počet přejezdů po pozemcích.
- Zlepšit strukturní a fyzikální stav půdy a zabránit zhutnění půdy v podorničních vrstvách.
- Zvýšit plošnou výkonnost a minimalizovat náklady na provedení operace.
- Minimalizovat půdní a větrnou erozi.
- Zlepšit hospodaření se srážkovou vodou, půdní vláhou a organickou hmotou.

Technologie zpracování půdy bez orby můžeme rozdělit na [12]:

- Minimalizace s kypřením půdy
- Pásové zpracování půdy (strip-tillage)
- Přímé setí do nezpracované půdy (no-tillage)

6.1. Minimalizace s kypřením půdy

Minimalizace s kypřením půdy bývá prováděna nejčastěji ve formě mělkého kypření do hloubky 15 cm, ale v případě potřeby může být půda prokypřena i hlouběji 45-60 cm. Při tomto způsobu zpracování půdy je žádoucí, aby půda byla prokypřena bez obracení a na povrchu zůstávalo do 30 % rostlinných zbytků [5], [12].

V případě minimalizace s mělkým kypřením bývá jako prvotní zpracování půdy po sklizni provedena podmínka, jejíž cíle jsou shodné s podmínkou prováděnou před orbou. Pro další zpracování půdy bývají používány radličkové kypřiče, které prokypří půdu hlouběji za optimálního promíchání s rostlinnými zbytky.

V případě minimalizace s hlubokým kypřením bývá po podmítce provedeno další zpracování půdy pomocí dlátových kypřičů, dlátových pluhů, nebo podrýváků, které zpracovávají půdu hlouběji (až 60 cm) a v jistém smyslu tak nahrazují tradiční orbu radličným

pluhem. A to například při vytváření vhodných podmínek pro plodiny, které disponují hlubším kořenovým systémem.

6.1.1. Stroje používané ke kypření

Radličkové kypřiče

Radličkové kypřiče jsou v minimalizační technologii používány k mělkému kypření. Tyto kypřiče jsou svým konstrukčním řešením shodné s radličkovými kypřiči používaných k podmětce a jako pracovního nástroje je používáno radliček. Oproti podmětce je však při mělkém kypření používání šípových radliček s křídélky minimální. Pro hlubší zpracování půdy jsou používány radličky bez křidélek, nebo radličky ve tvaru dlát, tím je docíleno vnikání nástroje do větší pracovní hloubky (obr. 11). Je-li požadováno intenzivnější promíchání půdy s rostlinnými zbytky jsou horní konce dlát radliček bez svislého úhlu naklopení, nebo jsou tyto dláta klopeny pod malými úhly.

Obrázek 11. Různá hloubka a intenzita zpracování půdy radličkovým kypřičem HORSCH Terrano v závislosti na tvaru radliček



Zdroj: [23]

Výhodou radličkových kypřičů je univerzálnost použití, kdy můžeme stroj využít i k podmětce v konvenčním systému zpracování půdy. Dále je výhodou vysoká plošná výkonnost vlivem poměrně vysoké pracovní rychlosti 10-12 km/h. Radličkové kypřiče je také možné použít v případech, kdy nelze provést hlubší kypření vlivem nevhodných klimatických podmínek. Za nevýhody lze považovat nedostatečné zpracování půdy v hlubších vrstvách ornice, a to zejména budou-li pěstovány plodiny s hlubším kořenovým systémem.

Hloubkové kypřiče

Hloubkové kypřiče kypří půdu do hloubky až 60 cm, bez jejího vynášení z hlubších vrstev k povrchu. Proto jsou tyto kypřiče používány především pro nápravné kypření zhutněné půdy v podorničních vrstvách, které vzniká v důsledku opakovaného víceletého zpracování půdy tzv. na jednu hloubku (obr. 12). Při uplatnění hlubšího kypření je žádoucí využít optimální vlhkost půdy, aby byla zajištěna její dobrá drobivost. Konstruktivně jsou hloubkové kypřiče vybaveny zpravidla jednou, nebo dvěma řadami masivních slupic, které jsou osazeny dláty. K utužení povrchu půdy a k rozbití velkých hrud vznikajících zejména na těžších půdách, je za pracovní sekci umístěn běžně těžký hrotový válec [23].

Za výhody hloubkových kypřičů lze považovat možnou velkou hloubku zpracování půdy, čímž lze částečně považovat jako náhradu za klasickou orbu radličným pluhem. Nesporná výhoda spočívá taktéž v možnosti použití pro nápravné kypření zhutněné půdy. Nevýhodou použití hloubkových kypřičů je jejich vysoký požadavek na tahový výkon traktoru. Dále malá plošná výkonnost a náchylnost na použití při optimálních vlhkostních podmínkách půdy.

Obrázek 12. Práce hloubkového kypřiče Bednar Terraland při nápravném kypření zhutněné půdy



Zdroj: [24]

6.2. Pásové zpracování půdy

Pásové zpracování půdy (strip-tillage) je jednou z půdoochranných technologií bezorebného zpracování půdy, přičemž se zpracovává půda v pásech ve směru řádku plodiny, která se následně vysévá. Množství rostlinných zbytků na povrchu půdy při této technologii by mělo být minimálně 30 %. Rozteč pásů se pohybuje nejčastěji v rozmezí 0,4–0,9 m a šířka kypřeného pásu půdy bývá v závislosti na pěstované plodině 0,15–0,25 m. Dle standardu by plošné zastoupení pásů nemělo přesáhnout 25 % plochy pozemku. Hloubka zpracování půdy není limitována a je prováděna do optimální hloubky pro následné ideální podmínky kořenového systému rostliny. Samotná technologie pásového zpracování půdy se nejčastěji používá pro širokořádkové plodiny (kukuřice, bavlna, slunečnice, sója, čirok, aj.) a to v případech, kdy požadujeme z dlouhodobého hlediska minimalizovat erozi půdy [22].

V technologii pásového zpracování půdy bývá také využíváno možnosti spojení několika pracovních operací. Tato možnost je používána nejčastěji ve formách (kypření – přihnojování), nebo (kypření – přihnojování – setí), čímž se minimalizuje počet přejezdů po pozemku. Z technologického hlediska je pásové zpracování půdy poměrně náročná technologie na dodržování přesnosti při pracovních jízdách, a to zejména v případech kdy jsou polní operace prováděny ve více krocích a je tedy nutné dodržet navazování zpracovávaných pásů půdy. Proto bývá nutné tuto technologii vykonávat s moderními systémy přesných GPS navigací a řídicích systémů.

6.2.1. Formy provedení pásového zpracování půdy

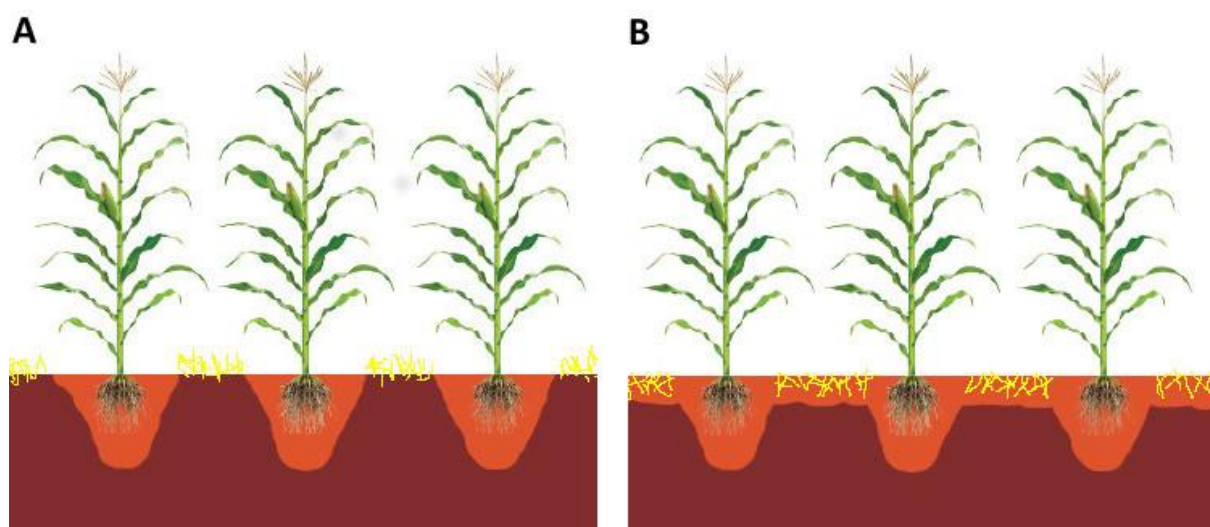
Klasické pásové zpracování půdy

Klasické pásové zpracování půdy spočívá v provedení kypření předem nezpracované půdy, a to zpravidla přímo ve strništi vzniklém po sklizni předplodiny (obr. 13 A). V tomto systému je využíváno větší rozteče řádků, čímž vzniká větší prostor pro rostlinné zbytky předplodiny. Tato varianta je proto výhodnější pro plodiny se značným množstvím posklizňových zbytků jako například kukuřice pěstovaná na zrno. Klasická metoda pásového zpracování půdy je vhodnější pro případy, kdy je vyžadována intenzivnější protierozní ochrana, například na svažitéch pozemcích nebo v oblastech kde je větší výskyt větrné eroze [22].

Intenzivní pásové zpracování půdy

Intenzivní pásové zpracování půdy je kombinace celoplošného mělkého kypření s kombinací pásového kypření půdy (obr. 13 B). Z protierozního hlediska je tato metoda méně výhodná, avšak prvotní celoplošné kypření umožňuje snadnější výsev meziplodin a kvalitnější přípravu povrchu půdy pro pěstovanou plodinu. Tento druh pásového zpracování je taktéž vhodnější pro případy, je-li plánováno metodu strip-tillage používat jednou za několik let v závislosti na pěstovaných plodinách v osevním postupu [22].

Obrázek 13. Půdní profily při provedení metody strip-tillage (A)-klasická metoda, (B)-intenzivní metoda



Zdroj: Autor

6.2.2. Stroje používané k pásovému zpracování půdy

Stroje používané pro pásové zpracování půdy se liší zejména robustností konstrukce a druhem nástroje zpracovávajícího pás půdy. V podmínkách, kdy je uplatňována metoda pásového zpracování půdy jednou za několik let, nebo v kombinaci s metodou přímého setí kdy je předpokládán větší odpor půdy vůči pracovnímu nástroji, jsou používány stroje robustnějších konstrukcí, což zpravidla neumožňuje využívat menší rozteče řádků (45 cm, 50 cm). Naopak v případech, kdy je metoda pásového zpracování půdy používána pravidelně, nebo je kombinována s celoplošným kypřením půdy jsou používány stroje lehčích konstrukcí.

Konstrukčně se stroje pro pásové zpracování půdy skládají zpravidla ze sekce s prořezávacím diskem, který může sloužit i jako disk opěrný, nebo je tento disk doplněn opěrnými koly. Následuje sekce tvořená odhrnovači rostlinných zbytků. Dále následuje sekce s kypřící radlicí, kdy je masivní slupice osezena různými druhy dlát, v závislosti na

požadovaném promísení a zpracování půdy. Poslední sekcí je sekce s utužovacími nebo drobicími válci. V metodě strip-tillage je také hojně využíváno možnosti spojit více pracovních strojů a snížit tak počet pracovních operací (běžně spojení stroje pro zpracování půdy se secím strojem, nebo se strojem pro přihnojování, viz obr. 14). Konstrukční rozdíly strojů pro pásové zpracování půdy se liší zpravidla v již zmíněné robustnosti konstrukce, dále v uspořádání pracovních sekcí a jejich uchycení k hlavnímu nosnému rámu, proto se výhody a nevýhody jednotlivých typů strojů z důvodu jejich velké podobnosti liší jen zanedbatelně [22].

Obrázek 14. Bednar STRIP MASTER Spojení stroje pro pásové zpracování půdy se secím strojem



Zdroj: [24]

6.3. Přímé setí do nezpracované půdy

Přímé setí do nezpracované půdy (no-tillage) je půdoochranná technologie, která spočívá v přímém výsevu semen plodiny do nezpracované půdy, nejčastěji do strniště vzniklého po předplodině, přičemž musí po zasetí zůstat na povrchu půdy nejméně 80 % rostlinných zbytků [29].

Mezi hlavní cíle metody přímého setí patří [29]:

- Vytvořit kvalitní seťové lůžko i za předpokladu že půda není dříve zpracovávána a je pokryta velkým množstvím rostlinných zbytků.
- Získat srovnatelný výnos jako při použití jiných metod zpracování půdy.
- Udržovat půdu v dobrém strukturním stavu a zabraňovat vodní a větrné erozi.
- Minimalizovat náklady na pěstování rostlin.

6.3.1. Technologický postup provedení metody přímého setí

Provedení samotné metody přímého setí spočívá v kvalitní přípravě pozemku, na které bude metoda použita, a to ve formě rovnoměrně provedené sklizně předplodiny. Ta musí být provedena tak, aby výška strniště byla konstantní na celé ploše pozemku. Obdobně musí být rovnoměrně rozmetena i sláma po pozemku. Pro optimální rozmístění rostlinných zbytků je možno použít prutových bran o velkých pracovních záběrech. Poté se ponechá pole tzv. zazelenat, tedy vzejít výdrol a plevel. Následně se provede chemické ošetření vzešlé vegetace totálními herbicidy. V posledním kroku se provede setí, které je ve většině případů spojeno s přihnojováním granulovanými hnojivy. V případech, kdy je zjištěna nadměrně zhutněná půda je možné provést před metodou přímého setí hloubkové kypření dlátovými kypřiči bez obracení a promíchávání půdy [30].

6.3.2. Stroje používané k přímému setí do nezpracované půdy

Pro setí do nezpracované půdy jsou používány speciální stroje, které umožňují vytvoření dostatečně hlubokého seťového lůžka v předem nezpracované půdě. V minulosti se k tomuto účelu ve větší míře používaly tzv. secí exaktory, které pracovaly na principu rotačního frézování povrchové vrstvy půdy. V současné době se v drtivé většině případů používají secí stroje s kotoučovými secími botkami (obr. 15), které umožňují variabilnější způsoby použití. Ty se skládají zpravidla ze sekce prořezávacích kotoučů, které předřezávají utuženou vrstvu půdy. Následuje sekce s kotoučovými secími botkami. Jako poslední následuje sekce s přítlačnými kolečky, které pomáhají zlepšit kontakt osiva s půdou [12], [30].

Obrázek 15. Přímé setí do nezpracované půdy secím strojem HROSCH Avatar s kotoučovými botkami



Zdroj: [25]

6.4. Fyzikální vlastnosti půdy při bezorebném zpracování půdy

Fyzikální vlastnosti půdy jsou při použití bezorebných technologií ovlivněny na celé ploše zpracovávaného povrchu, a to i v případě pásového zpracování, kdy jsou půdní vlastnosti ovlivněny jak ve zpracovávaném pásu půdy, tak v nezpracovávaném meziřádku [22].

- **Infiltrační schopnost půdy** – Dle Branta et al. [22] je při pásového zpracování půdy, vlivem velkého množství rostlinných zbytků v prostoru meziřádku, snížena ztráta vody v půdě výparem. Taktéž je vlivem rostlinných zbytků v meziřádku nebo pomocí vyseté meziplodiny při intenzivních srážkách zadržována srážková voda a je značně snížen její odtok zejména na svažitéch pozemcích. To potvrzuje i Cooper et al. [28], který říká, že používáním bezorebných technologií se snižuje vyluhování živin v horních vrstvách půdy, a z důvodu značného množství rostlinných zbytků ponechaných na povrchu půdy, se snižuje i jejich povrchový odtok.
- **Teplota půdy** – Dle Branta et al. [22] snižuje každá tona rostlinných zbytků teplotu půdy o 0,4 °C. Nevhodné použití bezorebné technologie tak může mít negativní dopad na vývoj rostlin a následný výnos. Tento problém částečně řeší metoda pásového zpracování půdy, kdy oproti ostatním bezorebným technologiím dochází vlivem hlubšího prokypření a odstraněním rostlinných zbytků v pásech k lepšímu ohřevu horních vrstev ornice a následně i spodních vrstev, díky tomu je zajištěn potenciál pro vznik kvalitního kořenového systému rostliny, a to zejména v jarních obdobích.
- **Chemické a mikrobiální procesy v půdě** – Prokypření zpracovávaného pásu půdy v metodě strip-tillage přispívá dle Branta et al. [22] ke zvýšení mikrobiální aktivity v půdě a k většímu počtu žíhal v prostoru meziřádku. Chemické procesy a hodnoty pH při dlouhodobém používání bezorebných technologií nevykazují při porovnání s orebnými technologiemi výraznější rozdíly [22], [28].
- **Objemová hmotnost půdy** – Cooper et al. [28] uvádí, že objemová hmotnost půdy zjištěná při polním pokusu, byla menší v případě minimalizačního zpracování půdy, ve srovnání s metodou přímého setí. Dle Fernández et al. [31] byla při víceletém používání metod přímého setí a pásového zpracování zjištěna nižší objemová hmotnost půdy v systému pásového zpracování.

7. Diskuze

7.1. Porovnání z hlediska fyzikálních vlastností půdy

Z hlediska infiltrační schopnosti půdy je výhodnější použít bezorebné technologie, při nichž je povrch půdy alespoň částečně pokryt rostlinnými zbytky, které minimalizují vodní erozi a snižují ztrátu vody výparem, a to i za předpokladu že po orbě je schopna srážková voda lépe pronikat půdním profilem [22], [28].

Při porovnání teplot půdy v orebném a bezorebném systému, vychází lépe klasická orba, při níž dochází k lepšímu prohřívání ornice. Z bezorebných technologií vychází nejlépe metoda strip-tillage, která je schopna z důvodu hlubokého prokypření a odstranění rostlinných zbytků v řádku v tomto ohledu orbě konkurovat [22].

Při sledování chemických a mikrobiálních procesů v půdě nejsou mezi orebnými a bezorebnými technologiemi zaznamenávány výraznější rozdíly. Zjištěný počet žížal se odvíjí především od druhu půdy a lokálních klimatických podmínek [22], [28].

Z pohledu porovnání objemových hmotností půd, vychází nejlépe orebné zpracování, po kterém je půda kyprá s nízkou objemovou hmotností (za předpokladu že bude orba provedena při optimálních vlhkostních podmínkách a bude tak udržován dobrý strukturní stav půdy a nebude docházet k oddělování podorničních vrstev). Z bezorebných metod zpracování půdy vychází v tomto ohledu nejhůře metoda přímého setí, při které není půda ve větší míře kypřena, a může tak snadno docházet k jejímu zhutnění [28], [31].

7.2. Porovnání z hlediska ekonomické náročnosti

Jedním z hlavních příčin rozšiřování minimalizačních technologií bývá snaha o zlepšení ekonomie rostlinné výroby. Jak uvádí Hůla et al. [12] hodnocení technologií zpracování půdy z ekonomického hlediska je v řadě publikací rozdílné, obecně se však shodují, že použití bezorebných technologií je z ekonomického hlediska výhodnější, a to z důvodu nižších variabilních nákladů (pracovní čas, náklady na založení porostu). Dle Branta et al. [22] hraje zásadní roli při úspoře nákladů snížení počtu pracovních operací, které jednoznačně vychází ve prospěch bezorebných technologií. Zásadním ekonomickým ukazatelem by měl být zisk, tedy rozdíl mezi výnosy a náklady, a ne pouze dosažená hodnota výnosů.

7.3. Porovnání z hlediska hektarových výnosů

Hektarové výnosy jsou závislé především na úrodnosti půdy, klimatických podmínkách v daném roce, pěstované plodině a množství použitého hnojiva. Rozdíly ve výnosech při jednotlivých způsobech zpracování půdy jsou pro některé plodiny zanedbatelné, pro jiné výraznější. Například dle Branta et al. [22] bylo při polním pokusu zjištěno že při provedení klasické orby dochází k lepšímu vzcházení rostlin porostu kukuřice a díky tomu vzniká dobrý předpoklad pro kvalitnější výnos než při provedení pásového zpracování půdy. Hlavním důvodem je vytvoření kvalitnějšího seťového lůžka ve fázi předseťové přípravy po orbě, čímž je při následném setí zajištěn lepší kontakt osiva s půdou. Paradoxně však bylo vlivem suchého počasí při polním pokusu dosaženo v průměru vyšších výnosů kukuřice na siláž při provedení pásového zpracování půdy. Dá se však předpokládat, že v případě normálního průběhu počasí by se výnos projevil odlišně. Problematikou výnosů při různých metodách zpracování půdy se zabývala i Badalíková et al. [21], která sledovala při polním pokusu výnos pšenice ozimé v systémech minimálního zpracování půdy a orebného zpracování půdy. Vyšších výnosů bylo dle výsledků dosaženo v případě použití minimalizačních technologií než v případě klasické orby.

7.4. Porovnání z hlediska odolnosti půdy vůči vodní erozi

Podle druhu zvolené technologie zpracování půdy je možné v závislosti na půdních podmínkách minimalizovat vodní erozi. Ta je způsobena nejčastěji smyvem zeminy a koloidních částic z povrchových vrstev ornice vlivem značné svažitosti pozemku, za působení intenzivních dešťových srážek. Dle Janečka et al. [32] je mezní hodnota smyvu zeminy z pohledu trvale udržitelného hospodaření, pro hluboké a středně hluboké půdy 4 t/ha za rok a pro mělké půdy 1 t/ha za rok. Množství rostlinných zbytků ponechaných na pozemku při zvolené technologii zpracování půdy, má na omezení tohoto jevu zásadní vliv. Jak uvádí Novák et al. [33] pokrytí povrchu půdy z 20-30 % rostlinnými zbytky, sníží vodní erozi o 50-90 %, ve srovnání s holým povrchem. Je patrné, že bezorebné technologie, a zejména ty půdoochranné, je vhodné použít v oblastech, kde hrozí z dlouhodobého hlediska vysoké riziko vodní eroze.

8. Doporučení

Mé individuální doporučení na použití orebných nebo bezorebných technologií mohu uvést na následujícím příkladu. Na pozemku o rozloze 12 ha, který se nachází u obce Kašovice a je obděláván soukromým zemědělcem byla zaseta ozimá pšenice odrůdy Viki. Bezprostředně před sklizní roku 2020 došlo vlivem silného větru před bouřkou k polehání porostu na cirka 90 % plochy pozemku. Aby bylo zrno sklizeno v maximální míře, byly pojezdy sklízecích mlátiček voleny proti směru polehání porostu, a tedy kolmo ke směru kolejových řádků. I tak zůstalo na povrchu pozemku značné množství nesklizeného zrna a extrémní množství nerozdrcené slámy. Z toho důvodu bylo rozhodnuto, že bude použita konvenční technologie. Nejprve byla provedena podmítka talířovým kypřičem tak, aby byla sláma alespoň částečně nařezána. Následně byla provedena hluboká orba radličným pluhem do hloubky 30–35 cm, díky čemuž bylo nadměrné množství posklizňových zbytků zapraveno hluboko do půdy a byl tak zajištěn čistý stůl pro budoucí plodinu. V tomto případě dle mého názoru byla zcela správně použita orba, neboť stav pozemku neumožňoval použití jiné technologie, kterou podnik disponuje a umožnila by alespoň podobně kvalitní zpracování půdy.

Použití zvoleného druhu zpracování půdy je tedy velice individuální a odvíjí se především od lokálních podmínek. Z tohoto důvodu je nutné mezi zemědělci na toto téma diskutovat a vytvářet povědomí o problémech, které vznikají v důsledku nevhodně zvoleného způsobu zpracování půdy. Orba jakožto symbol zemědělství ustupuje modernějším a ekonomičtějším způsobům minimálního zpracování půdy. Pro menší podniky je však orba vhodná z důvodu menší technologické náročnosti na její provedení. Ve velkých podnicích, které zpravidla hospodaří na velkých celcích je vhodné uvažovat o technologii, která je k půdě z dlouhodobého hlediska šetrnější a minimalizuje erozi. I pro ně však orba zůstane nenahraditelná právě v případech, kdy je potřeba se zbavit velkého množství posklizňových zbytků a v situacích, kdy budou na poli aplikována organická hnojiva, jejichž neprodlené zapravení do půdy nařizuje vyhláška č. 274/1998 Sb., o způsobu používání hnojiv „*Po aplikaci tekutých statkových hnojiv nebo kapalných organických hnojiv na povrch orné půdy se hnojiva zapracovávají do půdy nejpozději do 24 hodin. Po aplikaci tuhých statkových hnojiv nebo tuhých organických hnojiv na povrch orné půdy se zapracovávají hnojiva do půdy nejpozději do 48 hodin; to neplatí pro vedlejší či hlavní produkty vzniklé při pěstování kulturních rostlin.*“ [27]

9. Závěr

V úvodní části práce bylo nejprve obecně pojednáno o půdě a jejích základních fyzikálních vlastnostech. V další části byla ve stručnosti shrnuta historie zpracování půdy. V následujících kapitolách se práce věnovala charakteristice orebných a bezorebných technologií, jejich vhodnému provedení a vlivu na půdu. V každé kapitole bylo též pojednáno o strojích, které se pro realizaci dané technologie používají. V závěru práce bylo provedeno porovnání jednotlivých technologií.

Použitím orebných technologií získáme možnost vytvoření čistého stolu pro plodinu uvažovanou v osevním postupu, čímž bude zajištěn dobrý předpoklad pro její zdravý vývoj a následný dobrý výnos. Orba klade na provedení menší technologické požadavky, ovšem je to vykompenzováno vyšší spotřebou paliva, malou plošnou výkonností a minimálními protierozními účinky.

Bezorebné technologie a zejména ty půdoochranné zajišťují z dlouhodobého hlediska při jejich správném provedení šetrnější přístup k půdě a minimalizují erozivní dopady, které mohou vzniknout v případě použití technologií s orbou. Použití bezorebných technologií je z technologického hlediska náročnější, avšak z ekonomického hlediska, a to zejména z důvodu vyšší plošné výkonnosti při nižší spotřebě paliva výhodnější, a to i za předpokladu vyšších nákladů na chemickou ochranu rostlin. Z ekologického hlediska můžeme bezorebné technologie považovat za vhodnější z pohledu vodní eroze, ovšem z pohledu četnějšího použití herbicidů používaných při těchto technologiích za méně vhodné (Z důvodu většího množství nezpracovaných rostlinných zbytků a plevelů, kterých bychom se při orbě naopak zbavily zaoráním do půdy a nutnost použití herbicidních prostředků by se tak značně minimalizovala.).

Cílem této práce bylo shromáždit poznatky o používání technologií orebného a bezorebného zpracování půdy a získat tak ucelený obraz o těchto technologiích a o problémech, které mohou vzniknout v důsledku jejich nevhodné volby pro zpracování půdy. Zejména potom získat představu o půdoochranných technologiích, se kterými jsem se na území České republiky setkal jen minimálně a jejichž využívání bude do budoucna stále aktuálnější, zejména v sušších oblastech, kde je nutné změnit přístup ke zpracování půdy tak, aby byla zajištěna dlouhodobá životadárná schopnost půdy i pro další generace.

Použitá literatura a zdroje

- [1] Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright © [cit. 05.01.2021]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/\\$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf)
- [2] RICHTER, Rostislav, 2004. University information system MENDELU [online]. Copyright © [cit. 05.01.2021]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=71346;fit_window=1
- [3] ŠIMEČKOVÁ, Jana, c 2021. Zrnitostní složení půdy [online]. Copyright © [cit. 05.01.2021]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/19/19-zrnitost.pdf
- [4] ŠARAPATKA, Bořivoj. *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-3736-1.
- [5] KŘEN, Jan – NEUDERT, Lubomír – PROCHÁZKOVÁ, Blanka – SMUTNÝ, Vladimír – HŮLA, Josef. *Obecná produkce rostlinná*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-327-1.
- [6] Ruchadlo – Wikipedie. [online]. Copyright © [cit. 05.01.2021]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ruchadlo>
- [7] MAŠEK, Jiří – NOVÁK, Petr – CHOLENSKÝ, Jan, 2015. Vliv technologie zpracování půdy na její vlastnosti | AGROjournal.cz. Časopis o strojích, mechanizaci a nářadí pro zemědělství | AGROjournal.cz [online]. Copyright © 2011 [cit. 05.01.2021]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/vliv-technologie-zpracovani-pudy-na-jeji-vlastnosti-43>
- [8] ŠNOBL, Josef – PULKRÁBEK, Josef. *Základy rostlinné produkce*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2005. ISBN 978-80-213-1340-8.
- [9] PETRÁNEK, Jan – SYNEK, Jaroslav, c 2021. Půda. Geology [online]. Copyright © [cit. 06.01.2021]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?puda>
- [10] SÁŇKA, Milan. Fotky půdních typů. Pedologický průzkum [online]. Copyright © [cit. 06.01.2021]. Dostupné z: <http://www.pedologicky-pruzkum.cz/2017/01/fotky-pudnich-typu/>

- [11] VOSTAL, Josef – ZITTA, Miloslav. *Obecná fytotechnika*. Vyd. 2. upr. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1999. ISBN 80-213-0524-x.
- [12] HŮLA, Josef – PROCHÁZKOVÁ, Blanka. *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-28-1.
- [13] MIHÁLIKOVÁ, Markéta – BAŤKOVÁ, Markéta – MATULA, Svatopluk. *hydropedologie. agrobiologie*. [online]. Copyright © [cit. 06.01.2021]. Dostupné z: <http://hydropedologie.agrobiologie.cz/neporuseny.html>
- [14] HORSCH | Detail view. [online]. Copyright © Všechna práva vyhrazena [cit. 08.01.2021]. Dostupné z: <https://www.horsch.com/cs/news-1/news/detail-view/zpracovani-pudy-po-zrnove-kukurici>
- [15] Farmet | Zemědělská technika, Oil & Feed Tech [online]. Copyright © [cit. 08.01.2021]. Dostupné z: <https://www.farmet.cz/cs/diskovy-podmitac-diskomat-ps#tab-Photogallery>
- [16] Cenius mounted cultivator. [online]. Copyright © 2021 AMAZONEN [cit. 10.01.2021]. Dostupné z: <https://amazone.net/en/products-digital-solutions/agricultural-technology/cultivation/cultivators>
- [17] ŠKODA, Vítězslav. *Obecná produkce rostlinná*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1998. ISBN 80-213-0450-2.
- [18] Farmet | Zemědělská technika, Oil & Feed Tech [online]. Copyright © [cit. 10.01.2021]. Dostupné z: <https://www.farmet.cz/cs/predsetovy-kombinator-kompaktomat-ps#tab-Photogallery>
- [19] KUHN HR 1030 Series Power Harrows | Kuhn. Kuhn North America Inc. | Agricultural Machinery Manufacturer [online]. Copyright © [cit. 10.01.2021]. Dostupné z: <https://www.kuhn-usa.com/crop/tillage-tools/secondary-tillage/power-harrows/hr-1030-series>
- [20] NOVÁK, Václav. *Jak se tvoří a mění půda*. Praha: Orbis, 1953. 1. vyd. 26. s.
- [21] BADALÍKOVÁ, B., BARTLOVÁ, J. (2011): *Tvorba výnosů pšenice ozimé a silážní kukuřice při různém zpracování půdy*. Úroda 10, vědecká příloha, s. 1–5, ISSN 0139–6013.

- [22] BRANT, Václav, David BEČKA, Pavel CIHLÁŘ, et al. *Pásové zpracování půdy (strip tillage): klasické, intenzivní a modifikované*. Praha: Profi Press, 2016. ISBN 978-80-86726-76-2.
- [23] HORSCH | Terrano FX. [online]. Copyright © Všechna práva vyhrazena [cit. 31.01.2021]. Dostupné z: <https://www.horsch.com/cs/produkty/zpracovani-pudy/kultivator/terrano-fx>
- [23] TERRALAND TN dlátový pluh | BEDNAR FMT. Úvod | BEDNAR FMT [online]. Copyright © [cit. 08.02.2021]. Dostupné z: <https://www.bednar.com/terraland-tn/>
- [24] STRIP MASTER Strip-Till / Řádkový kypřič | BEDNAR FMT. Úvod | BEDNAR FMT [online]. Copyright © 1997 [cit. 14.02.2021]. Dostupné z: <https://www.bednar.com/strip-master/>
- [25] HORSCH | Avatar SD. [online]. Copyright © Všechna práva vyhrazena [cit. 15.02.2021]. Dostupné z: <https://www.horsch.com/cs/produkty/seti/diskove-seci-stroje/avatar-sd>
- [26] HŮLA, Josef. *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010. ISBN 978-80-86884-53-0.
- [27] 274/1998 Sb. Vyhláška o skladování a způsobu používání hnojiv. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 23.02.2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1998-274>
- [28] Richard J. Cooper, Zanist Q. Hama-Aziz, Kevin M. Hiscock, Andrew A. Lovett, Emilie Vrain, Stephen J. Dugdale, Gisela Sünnerberg, Trudie Dockerty, Poul Hovesen, Lister Noble, Conservation tillage and soil health: Lessons from a 5-year UK farm trial (2013–2018), Soil and Tillage Research, Volume 202, 2020, 104648, ISSN 0167-1987, <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104648>
- [29] Direct drilling - methods and machinery explained - Väderstad. Highly efficient farm machinery - Vaderstad [online]. Copyright © Všechna práva vyhrazena [cit. 01.03.2021]. Dostupné z: <https://www.vaderstad.com/en/know-how/tillage-practices/direct-drilling/>
- [30] Tillage and No-Till Systems | CropWatch. CropWatch | University of Nebraska–Lincoln [online]. Copyright © Všechna práva vyhrazena [cit. 01.03.2021]. Dostupné z: <https://cropwatch.unl.edu/tillage>

- [31] Fernández, F. G., B. A. Sorensen, and M. B. Villamil. 2015. A Comparison of Soil Properties after Five Years of No-Till and Strip-Till. *Agron. J.* 107:1339-1346. [online]. Copyright © Všechna práva vyhrazena [cit. 01.03.2021]. Dostupné z: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj14.0549>
- [32] JANEČEK, Miloslav, Tomáš DOSTÁL, Jana KOZLOVSKY DUFKOVÁ, et al. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- [33] NOVÁK, P. – MAŠEK, J. – HŮLA, J. METHODS OF CROP STAND ESTABLISHMENT IN TERMS OF RESISTANCE TO WATER EROSION. In *11th international scientific conference engineering for rural development 24.05.2012, Jelgava*. Jelgava: LLU Jelgava, 2012. s. 179-183.

Seznam obrázků

Obrázek 1. Půdní profil hnědozemě (vlevo) a černozemě (vpravo).....	7
Obrázek 2. Kopecského metoda odběru vzorků (vlevo), půdní vzorek (vpravo).....	8
Obrázek 3. Ruchadlo bratranců Veverkových	10
Obrázek 4. Podmítka strniště po kukuřici na zrno je charakteristická velkým množstvím posklizňových zbytků, je tedy nutné jejich rovnoměrné zapravení	12
Obrázek 5. Talířový kypřič Farnet Diskomat s konstrukčním uspořádáním talířů v řadě	13
Obrázek 6. Radličkový kypřič AMAZONE Genius se třemi řadami slupic.....	14
Obrázek 7. Obracení skýv při orbě	16
Obrázek 8. Orba oboustranným pěti-radličným pluhem Kuhn Varimaster	17
Obrázek 9. Kombinátor Farnet kompaktoamat s rovnací, drobicí, kypřicí a utužovací sekci ...	19
Obrázek 10. Vířivý kypřič Kuhn HR	20
Obrázek 11. Různá hloubka a intenzita zpracování půdy radličkovým kypřičem HORSCH Terrano v závislosti na tvaru radliček	23
Obrázek 12. Práce hloubkového kypřiče Bednar Terraland při nápravném kypření zhuštěné půdy	24
Obrázek 13. Půdní profily při provedení metody strip-tillage (A)-klasická metoda, (B)-intenzivní metoda.....	26
Obrázek 14. Bednar STRIP MASTER Spojení stroje pro pásové zpracování půdy se secím strojem.....	27
Obrázek 15. Přímé setí do nezpracované půdy secím strojem HROSCH Avatar s kotoučovými botkami.....	28

Seznam tabulek

Tabulka 1. Klasifikace půdního druhu dle Nováka.....	5
Tabulka 2. Požadovaná hloubka orby pro některé plodiny.....	15