

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vývoj způsobů hospodaření a zemědělské techniky a jejich
vliv na půdní vlastnosti**

Bakalářská práce

Jindřich Hájek

**Zemědělství a rozvoj venkova
Faremní hospodaření**

Ing. Pavel Hamouz, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vývoj způsobů hospodaření a zemědělské techniky a jejich vliv na půdní vlastnosti" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20. 4. 2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Pavlu Hamouzovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce a cenné rady, které mi vstřícně poskytl kdykoli v průběhu vypracování této bakalářské práce.

Vývoj způsobů hospodaření a zemědělské techniky a jejich vliv na půdní vlastnosti

Souhrn

Bakalářská práce, vycházející z odborné literatury a dalších relevantních zdrojů, se zabývá problematikou konvenčního a minimalizačního zpracování půdy a posuzuje jejich vliv na půdu a půdní vlastnosti.

První část bakalářské práce je zaměřena na definici zemědělské půdy, složení půdy, půdní druhy, strukturu půdy, její zhutňování a půdní vlastnosti. Dále bakalářská práce popisuje historický vývoj zemědělské techniky v České republice s počátkem v mladší době kamenné, kdy byly používány jednoduché ruční nástroje například v podobě rycích tyčí či motyk přes postupný vývoj jednoduchých oradel ručních nebo později tažených dobyt看em. Novodobá historie zemědělské techniky byla započata vynálezem bratřanců Veverkových v podobě prvního známého pluhu s názvem ruchadlo nebo též veverče. Významné období pro zemědělství a zemědělskou techniku nastává koncem 19. století, kdy dochází k vývoji pohonných jednotek a paliv, což vede ke vzniku prvních traktorů. Nedílnou součástí historie je také meziválečné období, kde vznikají významné firmy například Laurin & Klement nebo Zetor Brno. K největším změnám v zemědělství dochází po druhé světové válce za doby socialistické kolektivizace, která vede k likvidaci soukromého hospodaření na zemědělské půdě, ale také vede k rozmachu průmyslu a vývoji zemědělské techniky a traktorů Zetor. Převrat po roce 1989 je symbolem transformace družstev a následné obnovy soukromého hospodaření.

Hlavní část práce se zabývá popisem současného konvenčního způsobu hospodaření s popisem jednotlivých technologií zpracování půdy například orbou, předseťovou přípravou a kultivací během vegetace, popisuje jednotlivé používané nástroje k přípravě a zpracování půdy například v podobě pluhů nebo diskových a radličkových podmiřáčů. Následně jsou popsány technologie a způsoby hospodaření minimalizačními a půdoochrannými technologiemi v současnosti v podobě bezorebného zpracování půdy s využitím kypřičů anebo speciálních systémů hospodaření, vedoucích k ochraně půd před erozními vlivy (Strip-tillage, No-tillage, Ridge-tillage, Mulch-tillage, Reduced-tillage). Práce se dále zabývá posouzením vlivu orebných a minimalizačních technologií na půdní vlastnosti a snižování rizika utužování půd metodou Controll traffic farming. Nedílnou součástí práce je využití osevních postupů a jejich vznik od primitivních systémů hospodaření, přes úhorové systémy, vedoucí až po využívání norfolkského a kentského osevního postupu a jejich modifikací používaných v dnešní době za účelem ochrany a minimalizaci zpracování půd. Následně je posouzen vliv střídání plodin a využívání osevních postupů na půdní vlastnosti s rozdělením na zlepšující a zhoršující plodiny, délky zakořeňování rostlin nebo jejich pokryvnosti půdní plochy z hlediska nadzemní biomasy. V poslední části práce je porovnání mezi konvenčním (orebným) a minimalizačním (půdoochranným) zpracováním půdy zaměřeným na výhody a nevýhody jednotlivých technologií a legislativa EU ve snižování emisí skleníkových plynů v podobě CO₂.

Klíčová slova: zpracování půdy, orba, minimalizační technologie, osevní postupy, kvalita půdy

Historical development of farming and soil tillage systems and their effect on soil properties

Summary

The bachelor's thesis, based on professional literature and other relevant sources, deals with the issue of conventional and minimalizing soil processing and assesses their impact on soil and soil properties.

The first part of the bachelor's thesis focuses on the definition of agricultural land, soil composition, soil species, soil structure, compaction and soil characteristics. The soil composition, its classification and soil characteristics are described below. Furthermore, the bachelor's thesis describes the historical development of agricultural technology in the Czech Republic with its beginning in the younger Stone Age, when simple hand tools were used, for example in the form of digging rods or hoes, through the gradual development of simple hand or later towed livestock. The modern history of agricultural technology was started by the invention in the form of the first known plow. Significant periods for agriculture and agricultural machinery occur in the late 19th century, when power units and fuels are developed, leading to the emergence of the first tractors. An integral part of history is also the interwar period, where major companies such as Laurin & Klement and Zetor Brno are formed. The biggest changes in agriculture occur after The Second World War during the socialist collectivization era, which leads to the destruction of private farming on agricultural land, but also leads to the expansion of the industry and the development of agricultural machinery and Zetor tractors. The post-1989 coup is emblematic of the transformation of cooperatives and the subsequent restoration of private management.

The main part of the work deals with the description of the current conventional way of management with the description of individual soil processing technologies, for example ploughing, pre-sowing and cultivation during vegetation, describing the individual tools used to prepare and process the soil, for example in the form of ploughs or disc and plough mongers. Subsequently, technologies and management methods are described by minimization and soil protection technologies currently in the form of zero-tillage land processing using sourcing or special management systems leading to soil protection from erosion effects (Strip-tillage, No-tillage, Ridge-tillage, Mulch-tillage, Reduced-tillage). The work goes on to assess the impact of ploughing and minimisation technologies on soil properties and to reduce the risk of soil tightening by the Controll traffic farming method. An integral part of the work is the use of cropping practices and their emergence from primitive farming systems to eel systems leading up to the use of Norfolk and Kent cropping practices and their modifications used nowadays to protect and minimise soil processing. The effect of crop rotation and the use of cropping practices on soil characteristics is then assessed, with a breakdown into improving and deteriorating crops, length of rooting or cover of the soil area in terms of above-ground biomass. The last part of the paper compares conventional (ploughing) and reduced tillage (conservation tillage) soil processing, focusing on the advantages and disadvantages of individual technologies and EU legislation in reducing greenhouse gas emissions in the form of CO₂.

Keywords: soil processing, ploughing, minimisation technologies, cropping practices, soil quality

Obsah

1 Úvod	10
2 Cíl práce	11
3 Literární rešerše	12
3.1 Zemědělská půda	12
3.1.1 Půdotvorné faktory	13
3.1.2 Složení půdy	13
3.1.2.1 Anorganická půdní složka	14
3.1.2.2 Organická půdní složka	14
3.1.2.3 Voda.....	14
3.1.2.4 Vzduch.....	15
3.1.3 Půdní druhy.....	15
3.1.4 Půdní struktura.....	16
3.1.5 Fyzikální vlastnosti půdy	16
3.1.6 Chemické vlastnosti půdy.....	18
3.1.7 Biologické vlastnosti půdy	18
3.1.8 Utužování půdy.....	19
3.2 Historický vývoj zemědělské techniky v České republice	20
3.3 Zpracování půdy	23
3.3.1 Konvenční způsob zpracování půdy	23
3.3.1.1 Základní zpracování půdy – Podmítka	23
3.3.1.2 Základní zpracování půdy – Orba.....	25
3.3.1.3 Předseťové zpracování půdy.....	28
3.3.1.4 Zpracování půdy během vegetace.....	30
3.3.2 Minimalizační způsoby zpracování půdy	30
3.3.2.1 Ekologické důvody uplatňování minimalizačních technologií.....	31
3.3.2.2 Technické důvody uplatňování minimalizačních technologií	31
3.3.2.3 Ekonomické důvody uplatňování minimalizačních technologií.....	32
3.3.3 Minimalizace s kypřením půdy	32
3.3.4 Půdoochranné zpracování půdy	32
3.3.5 Přímé setí do nezpracované půdy (No-tillage)	33
3.3.5.1 Conservation-tillage.....	33
3.3.5.2 Mulch-tillage.....	34
3.3.5.3 Ridge-tillage	34
3.3.5.4 Strip-tillage	35
3.4 Porovnání konvenčních a minimalizačních způsobů zpracování půdy	36

3.4.1	Vliv orebných a minimalizačních technologií na půdní vlastnosti.....	36
3.4.2	Výhody a nevýhody konvenčního způsobu zpracování půdy	38
3.4.3	Výhody a nevýhody minimalizačního způsobu zpracování půdy	40
3.5	Snižování rizika utužování půdy technologií Controll traffic farming	41
3.6	Osevní postupy a jejich vliv na půdní vlastnosti	41
3.6.1	Vznik osevních postupů.....	42
3.6.2	Primitivní systémy hospodaření.....	42
3.6.3	Úhorové systémy hospodaření.....	42
3.6.4	Systémy hospodaření se střídáním plodin	43
3.6.5	Vliv osevních postupů na půdní vlastnosti	44
3.7	Vliv Evropské unie na zpracování půdy snižováním emisí CO₂.....	46
4	Závěr	48
5	Literatura.....	50

1 Úvod

Již od pradávna je lidská populace závislá z hlediska obživy na produktech vzešlých ze zemědělské výroby a hospodaření na zemědělské půdě. Stoupajícím nárůstem populace rostou i požadavky na potřebné množství produktů pocházejících ze zemědělské výroby.

Po dlouhou dobu byla hlavním způsobem obdělávání zemědělské půdy orba a s ní další související zpracování půdy. S přicházejícími klimatickými změnami a rostoucími náklady na zemědělskou výrobu vlivem hospodářské politiky, byly vyvinuty nové technologie zpracování půd, které cílí na šetrnost k půdě a snižování vstupních nákladů do rostlinné výroby. V dnešní době se zemědělství potýká s velkým úbytkem zemědělské půdy k čemuž přispívá její degradace vlivem působení vodních a větrných erozí, zhutňováním orníční vrstvy a podorníčí, snižování hloubky půdního profilu, pokles zastoupení humusové složky půd nebo pokles půdního edafonu. Tyto aspekty nutí zemědělce dodržovat opatření která cílí na snižování rizik výskytu těchto půdních degradací v podobě využívání minimalizačních nebo půdoochranných technologií. Minimalizačními technologiemi je kladen důraz na snižování počtu pracovních operací, jejich spojováním do jedné víceúčelové pracovní operace, při které dochází ke snižování nákladů a přejezdů po daných pozemcích. Minimalizační technologie cílí především na nahrazení orebných technologií, při kterých je půda obracena. Technologie kypření bez obracení půdy mají za cíl zamezení vodnímu výparu z půdy, menšímu rozrušení kapilárních pórů v půdě a vlivem nedostatečného zapravování posklizňových zbytků do půdy i částečnou protierozní ochranu ponecháním části rostlinných zbytků na povrchu ornice.

Podkategorií minimalizačního zpracování půdy, která cílí na ochranu půd proti již zmíněným škodlivým aspektům, jsou tzv. technologie půdoochranné, které narozdíl od technologií konvenčních a minimalizačních cílí na zpracování půdy lokální nebo žádné, v rámci několika používaných technologií, jimiž jsou technologie Strip-tillage, No-tillage, Mulch-tillage, Ridge-tillage. Každá z uvedených technologií využívá podobný systém hospodaření, a kromě minimálního zpracování půdy v pásech u technologie Strip-tillage, anebo zpracováním půdy pouze při seti u technologie No-tillage, se tyto technologie liší hospodařením s množstvím rostlinných zbytků a ponecháváním jich jako pokryvu na povrchu ornice.

Žádná z uvedených technologií však není schopna účinně zakročit proti všem zmiňovaným aspektům, naopak s úskalím ve vytváření aspektů nových v podobě například podpory šíření víceletých plevelů, okyselování povrchu půd nebo vytvářením vhodných podmínek pro škůdce. Nejhorším řešeným aspektem dnešní doby je závislost minimalizačních a půdoochranných technologií na chemických přípravcích na ochranu rostlin, které jsou škodlivé zejména pro spodní vody nebo organismy žijící v souladu s pěstovanými plodinami ve stejném prostředí.

Rostoucím tlakem Evropské Unie na potlačování konvenčního zpracování půdy a zároveň potlačování využívání chemických přípravků na ochranu rostlin, je dnešní společnost postavena do nepříznivé bezvýhodné situace. Pro lepší budoucnost zemědělství je potřebné hledání kompromisů a vyvíjení nových technologií hospodaření, které sníží náklady a zároveň potlačí všechny aspekty způsobující degradaci a úbytek zemědělské půdy, včetně používání chemických prostředků na ochranu rostlin.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo porovnání dříve a dnes používaných technologií hospodaření, zemědělské techniky a posouzení jejich vlivu na půdní vlastnosti. Práce byla zaměřena zejména na porovnání klasické orebné technologie s minimalizačními způsoby zpracování půdy. Rovněž byl posouzen vliv pěstovaných plodin a jejich sledů na půdní vlastnosti.

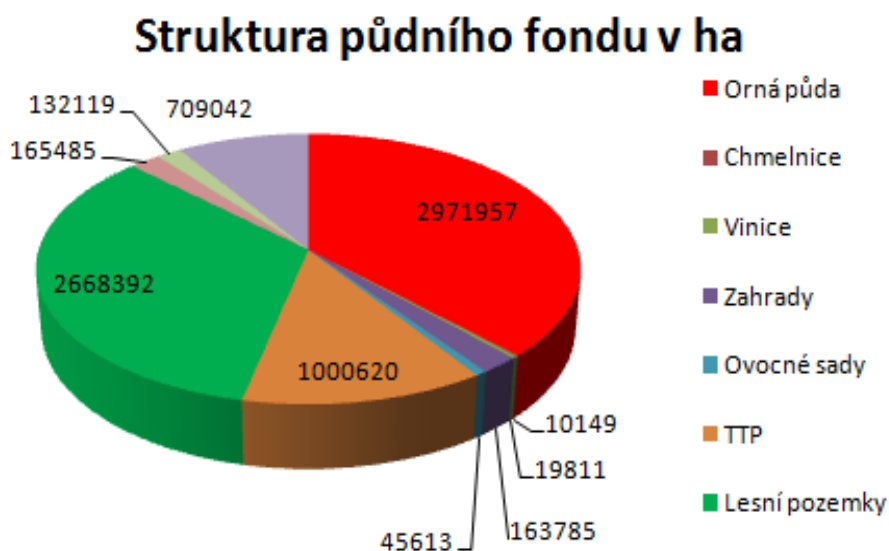
3 Literární rešerše

3.1 Zemědělská půda

„Půda je definována jako přírodní útvar, který se vyvinul z povrchových zvětralin kůry zemské a ze zbytků organismů v půdě a na půdě žijících, a to působením půdotvorných faktorů.“ Půda je živý systém, který se neustále rozvíjí a je útočištěm mnoha společenstev, například půdních mikroorganismů a organismů. Zemědělská půda je definována jako část země (půdy), která je využívána k zemědělství nebo pastvě pro hospodářská zvířata, rozumíme ji tedy jako pole, louky, vinice, sady s ovocnými stromy či keři nebo pastvinami (Martinec 2017).

Půda jako taková je největší bohatství každého státu a její hodnota a potřeba s přibývajícím populací neustále roste, protože zajišťuje potravu pro všechny obyvatele Země. Již z historického hlediska byla zemědělská půda považována za významnou a hrála důležitou roli v uživení lidstva, avšak s přibýtkem obyvatelstva se práce dřívějších rolníků musela zefektivnit a muselo dojít k vývoji a modernizaci samotné techniky. Půda slouží nejen člověku, ale je zdrojem živin, které jsou potřebné pro růst rostlin a výživy živočichů žijících v půdě i na zemi (Martinec 2017).

V České republice k roku 2021 spadá 4.199 tis. hektarů zemědělské půdy, což zhruba činí polovinu rozlohy státu, která je stanovena na 7.888 tis. hektarů. Zemědělskou půdu v České republice nejvíce zaujímá orná půda a trvalé travní porosty, dále to jsou chmelnice, vinice či zahrady. Zbytek tzv. nezemědělské půdy, kam spadají lesní pozemky a vodní plochy, činí 3.689 tis. hektarů. Celková plocha zemědělské půdy s přibývajícím roky ubývá (ČSÚ 2021).



Obrázek 1 Struktura půdního fondu 2016 (zdroj: Agropress.cz)

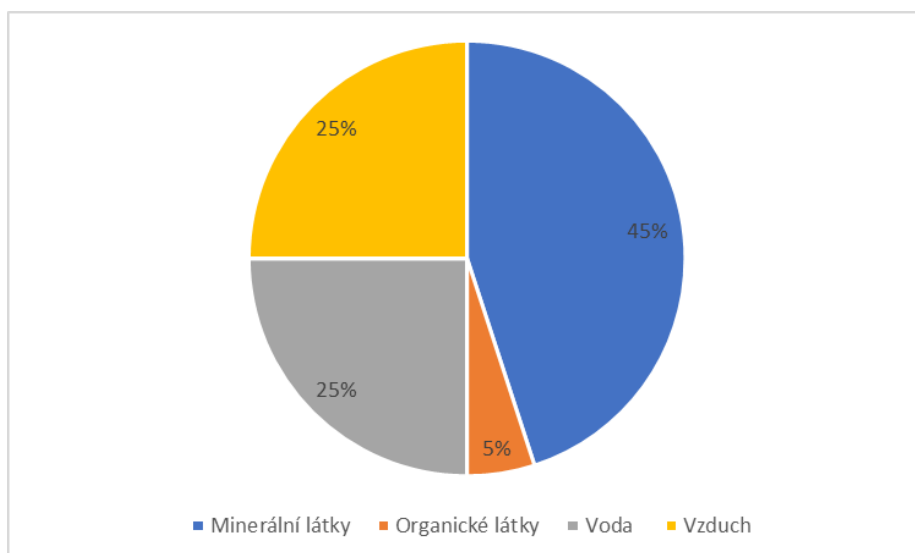
3.1.1 Půdotvorné faktory

Mezi základní půdotvorné faktory patří substrát, klima, organismy, podzemní voda, člověk a čas. Všechny tyto faktory se navzájem propojují, ovlivňují a zapříčiňují tak vznik půdy neboli pedogenezi. Půda vzniká jako produkt metabolismu různých organismů, zbytků jejich mrtvých těl a následného rozkladu, společně se zvětráváním svrchní části zemské kůry. Všechny půdotvorné faktory na půdu působí přímo oproti půdotvorným procesům, které působí nepřímo (Metlík 2016). U matečné horniny, jakožto jednoho z nejdůležitějších půdotvorných činitelů, závisí na složení, kdy z každé horniny vzniká jiný typ půdy. Například z žuly nebo ruly vzniká půda více kyselá a lehká. Naopak nejtěžší půdy vznikají ze slíny a slinitých jíílů. Dalším důležitým činitelem je podnebí, kdy se vytváří různé půdní typy v závislosti na podnebných pásech, v nich specifickému klimatu a nadmořské výšce (Lhotský 2006). Největší vliv na vznik půd má klima, které ovlivňuje tvorbu půdních typů zhruba z 63 %, substrát ovlivňuje z 19 % a zbytek jen z 1 % (Bockheim et. al 2014).

3.1.2 Složení půdy

Mezi základní složky půdy se řadí anorganické minerální látky, organická hmota, voda a vzduch. Procentuální složení se u typické půdy pohybuje okolo 45 % minerálních látek, 5 % organické hmoty, 25 % vody a 25 % vzduchu, avšak hodnoty se mohou výrazně lišit, protože veškeré procesy jsou v půdě složité a dynamické, složení půdy se liší v závislosti na typu půdy (LibreTexts 2021). Dále lze půdní složky rozdělit podle třech skupenství, ve kterých se nachází. První z nich je **fáze tuhá** neboli **pevná**, do které spadá minerální (anorganický) podíl a organický podíl. Do druhé, **kapalné fáze** se řadí sloučeniny, které jsou tvořeny vodou, v nichž jsou rozpuštěny minerální a organické látky, příkladem mohou být dusitany nebo fulvokyseliny. Třetí poslední fází je **fáze plynná**, která představuje půdní vzduch (Krátká 2014).

Následující graf ukazuje, jak se jednotlivé složky podílí na celkovém složení půdy.



Graf 1 Základní složky půdy (upraveno dle LibreTexts 2021)

3.1.2.1 Anorganická půdní složka

Anorganická neboli neživá složka půdy představuje chemické prvky, které v přírodě neexistují samostatně, ale ve formě sloučenin. Vytvářejí minerály, které následně vytvářejí horniny, které podléhají různým procesům jako je zvětvávání apod. Mezi chemické prvky, které tvoří dané sloučeniny, patří: kyslík, křemík, hliník, železo, vápník, sodík, draslík a hořčík. Vytvořenými sloučeninami jsou například uhličitany, sírany, chloridy a dusičnany. Některé půdy také obsahují hydratované křemičitany železa a hliníku (jílový minerál), který na sebe vážou kationty, které nejsou následně vyplavovány vodou a jsou pro rostliny ve formě živin (Dane 2016).

3.1.2.2 Organická půdní složka

Organická půdní složka se skládá z odumřelých rostlinných a živočišných látek, které se nacházejí již v rozkladu, tyto látky označujeme jako humusotvorné a podléhají procesu jako je mineralizace nebo humifikace a díky svým vlastnostem tato půdní složka ovlivňuje celkové vlastnosti půdy. "Půda spolu s organickou hmotou potom slouží jako tzv. výkonná biologická továrna, protože v půdě látky vznikají, jsou rozkládány i transformovány." Organické látky se považují za největší zdroj uhlíku, například uhlík tvoří humus z 58 %. V České republice se obsah uhlíku pohybuje od 1,5 – 7 %. Humus se v podmínkách české republiky, pohybuje od 50 do 800 t. ha⁻¹. Humus pozitivně ovlivňuje růst rostlin, a to díky tomu, že na sebe vysoce poutá veškeré živiny, které rostlina potřebuje. Organickou půdní složku však netvoří pouze humusové látky, ale také polysacharidy, organické kyseliny a látky na principu bílkovin. K procesu, který se označuje jako dehumifikace, dochází v případě úbytku organické půdní složky. "Hlavním problémem vedoucí k dehumifikaci českých polí, je nedostatečný přísun klasického hnojiva ve formě hnoje a kejdy, nebo digestátu či kompostu, který je způsoben především poklesem chovu hospodářských zvířat po roce 1989." Mezi další způsoby, jak negativně ovlivnit podíl organické půdní složky v půdě je odvodnění, vodní a větrná eroze, veškeré tyto procesy podporují zhoršení půdní struktury a půda je tak více utužená a omezena na jakékoliv biologickém životu v ní. K optimalizaci organické hmoty vedou tři hlavní procesy, patří mezi ně organické hnojení prováděné v pravidelných časových úsecích, zaorávání rostlinných zbytků a v neposlední řadě také pěstování meziplodin (Jeřábková 2019).

3.1.2.3 Voda

Voda je životně důležitá pro rostliny i pro půdní mikroorganismy. Voda se zadržuje v tzv. mikropórech a makropórech v případě, že se jedná o zadržení vody v krátkém intervalu. V zemědělství je důležitý podíl mezi těmito póry, který by měl činit od 3:2 do 1:1. Mezi faktory ovlivňující množství vody v půdě se řadí celková pórovitost, který by měla být v rozmezí od 50 do 65 %, poměr, textura, struktura půdy a obsah organické hmoty. Například jílovité půdy zadrží více vody díky většímu množství pórů než půdy písčité. Existuje mnoho druhů půdní vody, rozlišuje se voda chemická, hygroskopická, membránová a kapilární. K pohybu vody je potřeba energie, která rozpohybuje vodu z vlhčí oblasti do oblasti sušší, existují tři základní pohyby vody v půdě, první z nich je pohyb vody kapilární, kdy dochází k přemístění z vlhčí části půdy do méně vlhčích částí. U infiltrace dochází zejména působením kapilárních sil,

gravitačních sil a osmotických sil k nerovnoměrnému vstřebávání, posledním pohybem je filtrace, kdy přebytečná voda prosakuje v důsledku nasycené půdy a gravitační síly do hlubších vrstev půdy (Krevh).

3.1.2.4 Vzduch

Půdní vzduch se zadržuje v makropórech, které nejsou naplněny vodou a je velmi důležitý jak pro rostliny, tak pro půdní mikroorganismy, které produkují oxid uhličitý. Půdní vzduch se skládá z 79 % dusíku, méně než 20,6 % kyslíku a více než 0,2 % oxidu uhličitého. Jako voda v půdě tak i vzduch se neustále pohybuje a dochází k výměně mezi půdou a atmosférou, objem a rychlost výměny závisí na struktuře půdy, objemu pórů a také na rostlinách a živočiších, obecně však došlo ke zrychlení respirace půdy k nárůstu emisí skleníkových plynů z půdy, hlavně metanu a oxidu dusného, které mají tendenci zadržovat více tepla v atmosféře (Soilsportal).

3.1.3 Půdní druhy

Půdní druhy jsou klasifikovány podle zrnitostního složení půdy, tedy podle velikosti zrn, rozlišují se půdní druhy – jíl, prach a písek (Karki 2022). Klasifikaci lze provést pomocí zrnitostního trojúhelníku viz obrázek (Chmi.cz 2010).



Obrázek 2 Zrnitostní trojúhelník (zdroj: Chmi.cz 2010)

Ze zrnitostního trojúhelníku vychází **jíl**, jako druh půdy s nejmenší velikostí zrn, kdy průměr částice je menší než 0,002 mm. Druh půdy, který má velikost částic v intervalu od 0,002 do 0,05 mm se nazývá **prach**. Půda s největšími zrny je **písek** a průměr částice se pohybuje od 0,05 do 2 mm (Britannica 2023).

Jílovité půdy mají vysokou hustotu, díky které zadržují vodu a vlhkost v půdě. Jejich negativa spočívají především v pomalém ohřevu v jarních měsících, snadném zhutnění a mají tendenci k zásaditému pH (Vanderlinden 2022). Písčité půdy jsou půdy lehké a suché, které se snadno zahřívají a méně zadržují vodu a vlhkost. Oproti jílu mají tendenci ke kyselějšímu prostředí. Mezi jílovitou a písčitou půdou se nachází tzv. prach neboli prašné půdy, které jsou

charakteristické zejména špatným odvodem vody v důsledku zhutnění půdy. Pokud je prach nasycen vodou je velmi kluzký, v případě suchého prachu jde o nadýchanou a měkkou půdu (Daniels 2022).

3.1.4 Půdní struktura

Půdní struktura představuje seskupování nejjednodušších a primárních půdních částic v agregáty neboli útvary, které mají různou velikost. Na tomto procesu se podílí minerální frakce, organická hmota a biologická činnost. Struktura půdy, která představuje také tvar, velikost a uspořádání částic v půdě, má výrazný vliv na úrodnost půdy či pórovitost (Bronick & Lal 2004). Agregáty, které seskupováním vznikají, se dělí na dvě základní skupiny – **mikroagregáty** do 250 μm a **makroagregáty** nad 250 μm (Rillig & Mummey 2006).

Podle tvaru se struktura rozlišuje na strukturu kulovitou, polyedrickou, hranolovitou (prismatickou), sloupkovitou a deskovitou (Šarapatka 2021). Kulovitá půdní struktura se vyznačuje seskupením částic do malých kulovitých agregátů, touto strukturou velmi dobře koluje voda. Polyedrická struktura půdy představuje spojení částic v agregáty, které mají tvar hranatých bloků s ostrými hranami, půda s touto strukturou je odolná proti pronikání a pohybu vody. V případě, že dojde k seskupení částic ve svislé sloupce, které jsou většinou odděleny trhlinami, jde o strukturu sloupkovitou nebo prismatickou, pohyb vody a odvodnění je zde obtížný. Desková struktura je charakteristická svou skladbou do tenkých desek, které leží na sobě, v některých případech dochází k překrývání, což má za následek zhoršení cirkulace vody (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2022).



Obrázek 3 Typy půdní struktury (zdroj: Šarapatka 2021)

3.1.5 Fyzikální vlastnosti půdy

Fyzikální vlastnosti půdy jsou takové vlastnosti, které jsou závislé na činnosti půdního edafonu. Fyzikální vlastnosti půdy, které se řadí mezi základní, patří půdní pórovitost, objemová hmotnost, vodní a vzdušná kapacita, vzlínavost, výpar.

Objemová hmotnost půdy je fyzikální vlastností, která je velice závislá na půdní pórovitosti, vodě a vzduchu v půdním horizontu, proto se řadí do velmi proměnlivých vlastností. Tato veličina představuje stupeň ulehlosti půdy a mění se v závislosti na zpracování půdy, změny mají pouze krátkodobý charakter. Například kypřící procesy půdy zvyšují objemovou hmotnost půdy, která se zpravidla do roka vrátí do původního stavu (hodnoty).

Dlouhodobý charakter na objemovou hmotnost půdy má hnojení převážně organickými hnojivy či vápnění. Existují dvě objemové hmotnosti:

- “ a) neredukovaná, odpovídající momentnímu stavu vody a vzduchu v zemině,
- b) redukováná, tj. zemina vysušená při 105 °C do konstantní hmotnosti.” (Šimon & Lhotský 1989)

Tabulka 1 Hodnoty redukové objemové hmotnosti v závislosti na půdním složení (upraveno dle Šimon & Lhotský 1989)

<i>Půdní složení</i>	<i>Hodnota redukové objemové hmotnosti</i>
Jednotlivé půdní částice	1,8 - 2,0 g.cm ⁻³
Mikroagregáty	1,5 - 1,8 g.cm ⁻³
Makroagregáty	1,1 - 1,5 g.cm ⁻³

Pórovitost půdy lze charakterizovat jako procentický podíl dutin či pórů v půdě a celkového objemu půdy. Póry mají rozdílný tvar, velikost, objem a jsou vzájemně propojeny, to vede k proudění vody a vzduchu v těchto pórech. Tyto prostory dělíme na póry kapilární a póry nekapilární. Kapilární póry mají průměr menší než 0,2 mm, nekapilární póry se vyznačují průměrem větším než 0,2 mm, kdy dochází k přesouvání vody do spodních částí a vzduchu do vrchní části půdy, především vlivem přitažlivosti. Pórovitost v oblasti orníc se pohybuje od 40 do 50 %, v případě podorničí hodnota klesá na 30 až 40 % (Pokorný et. al 2007).

Vodní kapacita půdy vyjadřuje schopnost půdy, která dokáže vodu přijmout a uchovat ji v sobě. Množství vody, které je půda schopna udržet při nasycení všech pórů se nazývá plná vodní kapacita, pokud se jedná o maximální množství vody, které je půda schopna zadržet v kapilárních pórech za určitý čas jde o maximální kapilární vodní kapacitu (Pokorný et. al 2007).

Tabulka 2 Příznivé vlhkosti půdy v závislosti na typu půdy (upraveno dle Šimon & Lhotský 1989)

<i>Typ půdy</i>	<i>Příznivá vlhkost</i>
Jílovité půdy	20–30 %
Hlinité půdy	15–22 %
Písčité půdy	5–10 %

Vzdušná kapacita půdy vyjadřuje schopnost půdy, při které vzduch přechází do pórů půdy. Okamžitý obsah vzduchu v půdě se nazývá provzdušněnost a jde o velice proměnlivou hodnotu, která se mění závisle na obsahu vody v půdě. Maximální vzdušná kapacita je procentické množství vyplněných pórů vzduchem při maximální kapilární vodní kapacitě. Retenční vzdušná kapacita je procentické množství pórů vyplněných vzduchem při retenční vodní kapacitě (Schneiderová 2017).

Tepelná vodivost vyjadřuje schopnost půdy, která absorbované teplo vede do hlubších vrstev půdy a závisí především na pórovitosti a vlhkosti dané půdy. “Čím je půda kypřejší, tím je její vodivost menší, protože obsahuje větší množství vzduchu, který je velmi špatným vodičem tepla” (Hora 2011).

3.1.6 Chemické vlastnosti půdy

K chemickým vlastnostem půdy se řadí především reakce půdy a obsah živin v půdě. Reakce půdy výrazně ovlivňuje samotnou úrodnost dané půdy, a to díky tomu, že působí přímo na růst rostlin. Příkladem může být vyšší kyselost (acidita) či zásaditost (alkalita), kterou lze řešit vápněním či hnojením organickými hnojivy, jakými je například chlévský hnůj (Šimon & Lhotský 1989). Proces vápnění se používá při překyselení půdy, kdy má půda sníženou úrodnost, a napomáhá k vyrovnání pH, díky procesu neutralizace volných vodíkových iontů způsobující kyselost půdy (Michalíková 2020).

Tabulka 3 pH půdy (upraveno dle Michalíková 2020)

<i>Půdní reakce</i>	<i>pH</i>
Kyselá	< 5,6
Neutrální	6,6 - 7,1
Zásaditá	> 7,2

K základním živinám v půdě se řadí draslík, dusík, fosfor, hořčík, síra a vápník, tyto živiny se označují jako makronutrienty neboli hlavní živiny, které je potřeba v případě nedostatku doplnit ve formě hnojiv, pokud se tak neučiní, lze očekávat změny v úrodnosti a výnosnosti pěstovaných plodin. V případě nedostatku dusíku, draslíku a fosforu se doporučuje použít například minerální hnojiva (NPK). Vizualně se nedostatek projevuje zejména změnou barvy zelených částí rostliny, tvaru či značnou hnilobou části rostliny (Krčmáriková 2021).

3.1.7 Biologické vlastnosti půdy

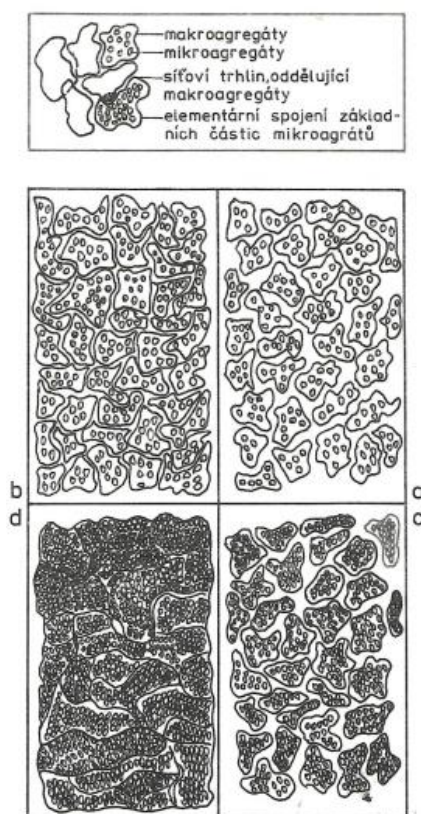
Pod biologickými vlastnostmi půdy se rozumí živá část půdy neboli podzemní části rostlin a edafon, který vyvolává svou biologickou činností neustále biochemické a biofyzikální procesy. Živá část půdy má výrazný podíl na půdní úrodnosti a výnosnosti. Edafonem se rozumějí živé organismy v půdě, rostlinného charakteru se nazývají fytoedafon a živočišného charakteru zoedafon. Činností půdních organismů dochází k různým procesům, jakými je například uvolňování živin potřebných k růstu rostlin. Podzemní části rostlin mají na půdu jak mechanické, tak i chemické účinky, některé plodiny mohou pomaleji či rychleji zlepšit strukturu půdy a v případě odumření dochází ke zvýšení podílu organické hmoty v půdě. “Funkce posklizňových zbytků (veškeré zbytky rostlin na povrchu) a kořenové hmoty v půdě spočívá především:

- v poskytování životodárného zdroje pro mikroorganismy,
- v ovlivňování fyzikálně technologických vlastností půdy,

- v působení na tvorbu půdních drobtů a zpevňování struktury půdy,
- v podílu na vzniku sorpčního jílovitohumusového komplexu.” (Šimon & Lhotský 1989)

3.1.8 Utužování půdy

Procesem stlačování půdy opakovanými přejezdy těžkých technologií, jakými jsou například traktory či kombajny, dochází k utužování půdy, které vede ke změnám základních vlastností půdy – změny pórovitosti a objemové hmotnosti, s tím související změny propustnosti vody, vzduchu a především kyslíku. Každý druh půdy lze utužit, jílovité půdy jsou náchylnější a utužení se projevuje většinou velmi rychle (Berner et al. 2014).



Obrázek 4 Půdní struktura v různých stupních zhutnění (zdroj: Šimon & Lhotský 1989)

Zhutnění půdní struktury lze rozdělit na zhutnění strukturální a mikrostrukturální. Strukturální utužování je proces, při kterém se půdní agregáty přiblíží a důsledkem je snížení půdní pórovitosti, která je dále přerozdělována, a dochází i k nárůstu objemové hmotnosti půdy. Při strukturálním stupni zhutnění má půda schopnost návratných procesů, které vedou k její regeneraci. Mikrostrukturální zhutnění půdy je proces, při kterém se půdní agregáty přiblíží k sobě při jejich následné destrukci. Tímto procesem vzniká tzv. nestrukturní matrix a půda není schopna samoregenerace svojí struktury. Utužení půdy má za následek sníženou pórovitost zánikem velkého podílu nekapilárních pórů, což vede ke snižování minimální vzdušné kapacity. Stlačením půdní struktury nastává změna orientace pórů, která je zapříčiněna jejich deformací za působení tlaku. Deformacemi vzrůstá množství horizontálně orientovaných pórů, které jsou méně prostupné a znemožňují tak transport látek v půdě a zároveň snáze podléhají dalším deformacím (Šimon & Lhotský 1989). Výsledkem tohoto procesu je snížení difuzivity půdního

plynu a hydraulické vodivosti a zvýšení mechanické pevnosti půdy (Gasso et al. 2013). Dále má utužení půdy vliv na zvýšení půdního penetračního odporu, který je vysvětlován jako odpor, kterým půda působí proti vniknutí cizího tělesa (pluhu nebo kultivátoru) do půdy (Šimon & Lhotský 1989).

Tabulka 4 Účinek stupňovaného tlaku na půdní vlastnosti (zdroj: Šimon & Lhotský 1989)

Půdní vlastnost	Ornice (o) podorničí (p)	Stlačení kontaktním tlakem v kPa (stroj)				
		0	60	100	150	500
		-	ŠT-180 TERRA pneu	ŠT-180 dvojmontáž	ŠT-180	T-143 náklad. auto
Objemová hmotnost g.cm ⁻³	o	1,255	1,345	1,310	1,380	1,415
	p	1,415	1,455	1,410	1,455	1,475
Pórovitost % obj.	o	52,2	48,6	50,0	47,2	45,9
	p	46,0	44,6	46,1	44,5	43,7
Minimální vzdušná kapacita % obj.	o	27,5	21,8	25,0	18,5	18,3
	p	21,5	17,6	20,5	16,0	15,6
Maximální kapilární vodní kapacita % obj.	o	24,7	26,8	25,0	28,5	27,6
	p	24,5	27,0	25,6	28,5	28,1
Propustnost pro vodu mm.min ⁻¹	o	2,6	1,4	0,6	0,4	0,2
	p	0,8	0,4	0,4	0,1	0,04

3.2 Historický vývoj zemědělské techniky v České republice

Historie zemědělské techniky sahá až do mladší doby kamenné, kdy tamní zemědělci používali k obdělávání polí jednoduché ruční nástroje, jakými jsou například rycí tyče, rýče nebo motyky. Aby byl získán dostatek obilí, bylo zapotřebí osévat větší plochy na které síly vesničanů při obdělávání rýči či motykami nestačily. Z tohoto důvodu se začalo uplatňovat jednoduché orné nářadí v podobě dřevěného rádlu. S tímto rádlem lidé obdělávali pole i v pozdní době kamenné a následující době bronzové (Beranová & Kubačák 2010).

Oradlo tažené dobyt看em a první radlice – doba bronzová

S příchodem doby bronzové a potřebě zefektivnit práci na polích se objevuje oradlo tažené dobyt看em, „které umožňovalo připravit větší plochy rychleji a s menší námahou.“ (Láznička & Michálek 2012). Doba bronzová přináší také rozvoj jednotlivých řemesel a též zpracování bronzu a mědi. Vzniká zde bronzová nebo měděná radlice ve tvaru klínu, která byla připevňována na dřevěné oradlo a jejím cílem bylo lépe rozřezávat půdní strukturu (Beranová & Kubačák 2010). Měděné a bronzové radlice se používaly až do doby železné, neměly však dlouhou životnost z důvodu měkkosti materiálu a změnu přinesla až doba železná.

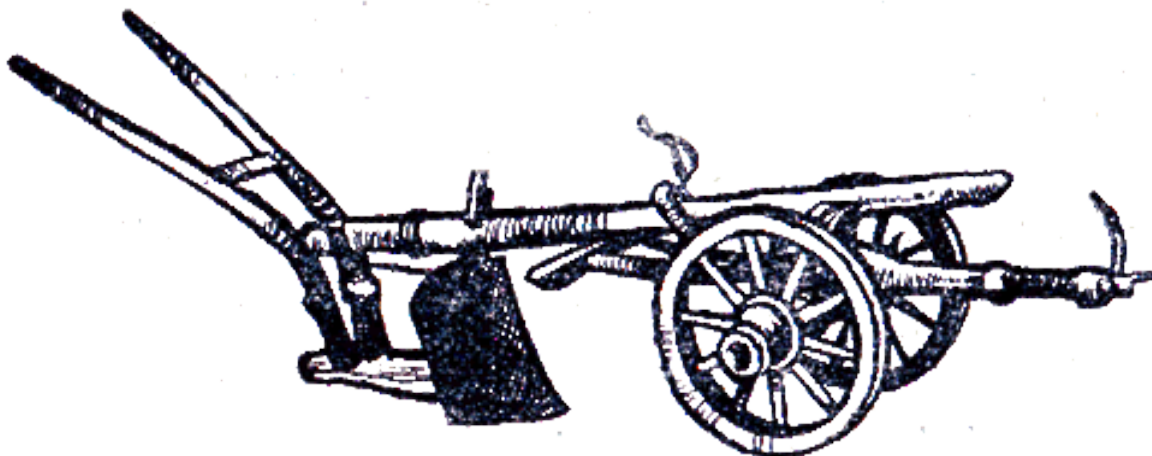
Oradla okutá železnými radlicemi a první pluh – doba železná

Zde se začínají objevovat oradla okutá železnými radlicemi. Příchod zpracování železné rudy výrazně prodloužil životnost nářadí a jednotlivých nástrojů (Láznička & Michálek 2012). „První železná radlice na našem území pochází z období Keltů.“ Postupnými úpravami částečně železných až pozdějších celokovových oradel za účelem nejen rozryvu, ale i obracení půdy postupně vznikly první jednoduché pluh. Tyto pluhy byly z počátku bez plazu ale v pozdější době se začaly využívat opěrné plazy. Příchod pluhů dal vzniknout také příchodu jednoduchých

bran v podobě vlečených trámů a desek, pobitých železnými hřebíky. Tyto nástroje se s malými obměnami udržely v Evropě do 18. stol. (Hůla & Procházková 2008).

18. století a vynález rouchadla bratranců Veverkových v 19. století

Na českém území v období 18. století se používaly k orbě například dřevěné záhonové pluhů nebo podle geografického místa různé druhy rádel. V druhé polovině 18. století došlo ke změně hospodaření v důsledku společensko-politického uspořádání. Přecházelo se ke střídavému způsobu hospodaření, kdy se dbalo na pravidelné osevní postupy a rozvíjelo se pěstování nových typů plodin, jakými jsou například pícniny (jeteloviny) a okopaniny (brambor a řepa). S rostoucí populací stoupala také spotřeba jídla, z tohoto důvodu byl chován velký počet kusů dobytka a tím pádem se zvyšuje produkce hnoje, která byla následně potřeba zaorat do polí. Díky těmto aspektům bylo zapotřebí vzniku dokonalejších a výkonnějších pluhů, které nejen lépe obracely a kypřily půdu, ale také oraly do větší hloubky a tím lépe zapravovaly hnůj do půdy (Agroportal 2021). Doposud známé a používané pluhů na českém území byly v letech 1824 až 1827 přetvořeny **bratřenci Veverkovými** v pluh nazývaný **rouchadlo** nebo též **veveřče** či **opočenský pluh**. „Odlišné bylo tím, že mělo upravenou délku plazu, zesílenou slupici a místo tradičně používané radlice s odhrnovačkou ze dřeva 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°“ (Formáček 2019).



Obrázek 5 Rouchadlo bratranců Veverkových (zdroj: pardubice.wrp.cz)

Rouchadlo umožňovalo obracení rozorané půdy jen na jednu stranu, díky šikmému postavení radlice proti směru jízdy. Revoluční řešení tohoto pluhu se rychle rozšířilo po celém světě a stalo se předlohou pro výrobu zahraničních pluhů. Konec 19. století sebou přináší prvky racionalizace v podobě jednoduchého spojování nářadí za účelem obdělání větší plochy ve stejném čase (Hůla & Procházková 2008).

Zemědělství v letech od 1900 do 1918

Industrializace na konci 19. století významně ovlivnila zemědělství a zapříčinila vznik samostatného zemědělského strojírenství. Bylo zapotřebí zmechanizovat zemědělské práce k vyšší produktivitě, aby bylo dosaženo zpracování větších ploch půd v kratším časovém

intervalu (Beranová & Kubačák 2010). Začátkem 20. století započal vývoj nových konstrukčních mechanismů a oproti doposud používaným potahovým technologiím v podobě strojů taženými zvířaty nastává vývoj pohonných jednotek a s nimi spjatých paliv. Pohonnými jednotkami strojů se stávají motory přizpůsobené zemědělským potřebám. Toto období je značeno nejen vývojem zemědělské techniky a motorů, ale také vznikem prvních traktorů, které významně ovlivnily budoucí pohled na zemědělskou výrobu (Láznička & Michálek 2012).

Zemědělství v letech od 1918 do 1938 – meziválečné období a první pozemková reforma

Rozvoj zemědělského strojírenství a vznik prvních traktorů daly vzniku potřeby rychlé reakce na tento nový trend a vznikají zde firmy Laurin & Klement, Wichterle-Kovařík, Svoboda, Škoda Plzeň a nejvýznamnější firma později udávající směr výroby a vývoje traktorů nejen pro nás, ale i pro celý svět – Zetor Brno. Pozemková reforma spočívala v odebrání majetků v podobě statků a půdy církví a šlechtickým rodům, kteří doposud většinu vlastnily. Následně byly tyto majetky rozděleny mezi malé zemědělce a rolníky (Brykharová 2013). Opětovný nástup výroby zemědělské techniky nastal v roce 1924 při čemž byla překonána úroveň předválečné výroby. Zdánlivě dobrý vývoj českého zemědělství byl nedobrovolně přerušen v roce 1938 Mnichovskou dohodou a následně druhou světovou válkou (Láznička & Michálek 2012).

Zemědělství v období 2. sv. války (1938–1945)

Ve válečném období byla velmi složitá situace v zemědělství vlivem nedostatku materiálů a zničených výrobních provozů. Okupanti vyvlastňovali českou půdu za účelem zakládání vojenských cvičišť a strategických pozic pro vedení války. Výroba a vývoj zemědělské techniky a mechanizace se rozvíjela velmi pomalu, protože většina strojírenských podniků vyrábějících pro zemědělskou výrobu se musela přeorientovat na výrobu válečných zbraní, tanků a letadel (Beranová & Kubačák 2010).

Zemědělství v letech od 1945 do 1989 – socialistické zemědělství

Po skončení druhé světové války bylo zapotřebí zajištění potravin pro vyhladovělé obyvatelstvo a znovuosídlení zabraných území (Toman et al. 2012). Za účelem znovunastartování českého zemědělství bylo zapotřebí druhé pozemkové reformy, která přinesla změny ve struktuře vlastnictví na území České republiky. Dne 1.1.1946 byl založen národní podnik Agrostroj, ve kterém byla prováděna základní výroba zemědělské techniky. Dále byl přijat zákon o Jednotných zemědělských družstvech. Tímto rozhodnutím začal proces tzv. kolektivizace, který vytvářel kolektivní způsob hospodaření a likvidoval dosavadní individuální a soukromý způsob obdělávání půdy. V rámci zemědělské techniky „bylo zákonem č. 27/1949 Sb., o mechanizaci zřízeno Ústředí pro mechanizaci zemědělské výroby s jednotlivými STS.“ Od roku 1950 se významně rozvíjela výroba traktorů Zetor v Brně. Poslední etapa kolektivizace, která trvala do roku 1989, je charakteristická koncentrací a specializací zemědělské výroby, veškeré procesy se více mechanizují a dochází k rozvoji chemických prostředků pro ošetřování plodin, dále se vyvíjí konstrukční řešení strojů a pokrok rychle postupuje (Láznička & Michálek 2012).

Zemědělství po roce 1989

Převrat a změna politického systému koncem roku 1989 sebou přinesly potřebu změnit státní hospodaření v oblasti agrárního sektoru. Důležitým krokem bylo přejít z kolektivního způsobu hospodaření k tržnímu způsobu hospodaření zemědělců a s tím spojené obnovování soukromého vlastnictví v oblasti zemědělské půdy, majetku, a především zemědělské techniky. Po vstupu České republiky do EU v roce 2004 se začali uplatňovat minimalizační a půdoochranné technologie. Technologie používané doposud začaly být z důvodu ochrany půd před hrozící erozí potlačovány, na tento problém bylo nutné vyvíjet novou odpovídající techniku na zpracování půd a traktory odpovídajících výkonů schopné tažení větších a těžších strojů (Toman et al. 2012)

3.3 Zpracování půdy

Veškeré způsoby zpracování půdy mají výrazný vliv na fyzikálně-chemické prostředí, kde žije mnoho mikroorganismů a organismů, v půdě se mění obsah vody, teplota a struktura půdy. Další změnou ve zpracovávané půdě je množství vzduchu, které se do půdy dostane po narušení její struktury. Nedílnou součástí je také zapravení rostlinných zbytků nebo hnojiv do půdního horizontu (Kladivko 2001).

3.3.1 Konvenční způsob zpracování půdy

3.3.1.1 Základní zpracování půdy – Podmítka

Podmítka je mělké zpracování půdy, které se využívá pro zapravení posklizňových zbytků do půdy. Při podmítce je půda zpracovávána do hloubky 7-14 cm. Hlavním významem podmítky je přerušování vztlakovosti půdní vody a následného výparu nebo také zvýšení kondenzace vodních par a zlepšení zasakování srážkové vody do půdy. Podmítka má za následek také další příznivé jevy, jakými jsou například rovnání povrchových vrstev půdy, regulace škodlivých plevelů, zlepšování vlastností půdy (mechanických, fyzikálních), podporování biologických složek a jejich činností v půdách a v neposlední řadě také podmítka snižuje spotřebu energie pro následné operace s půdou díky snadnějšímu zpracování půdy (Agromanual 2020).

Podmítkou je povrchová vrstva ornice nakypřena, provzdušněna a jsou přerušeny nekapilární póry. Na nepodmítnutém pozemku dochází denně ke ztrátám vody v řádu 20–30 metrů krychlových na jeden hektar. Rozrušení povrchové vrstvy půdy má za následek vznik nových nekapilárních pórů, které jsou vlivem provzdušnění půdy při podmítce naplněny vzduchem a tvoří tak nepropustnou vrstvu pro potenciální výpar vody z půdy. Voda je tímto v půdě zadržována a v půdě je docíleno ideálně vlhkého prostředí pro klíčení semen nově zasetých plodin nebo plevelů, které po vzejití můžeme snadno odstranit chemickým herbicidem nebo následným mechanickým zpracováním půdy (Křen et al. 2015). S postupně ubývajícemi orebnými technologiemi a přibývajícemi technologiemi založenými zejména na ochraně půd před erozí, podmítka stále více uplatňuje svoji důležitost v hospodaření s půdou, její ochranou a regulací škodlivých plevelů (Gruber & Claupein 2009).

Nástroje používané při podmítce rozdělujeme do tří základních kategorií. Jsou jimi dříve často používané podmítací pluhové nebo nástroje využívané v dnešní době, talířové

podmítače nebo radličkové kypřiče uplatňující se zejména v minimalizačním zpracování půdy. Podmítací pluhu stále udržují hloubku pracovní operace, dochází k lepšímu kopírování terénu a díky radlicím postaveným šikmo proti směru jízdy obrací svrchní vrstvu půdy a tím dochází k dokonalému zapravení posklizňových zbytků do půdního profilu. To vše platí pouze tehdy, kdy vlhkost půdy odpovídá požadovaným hodnotám. Na přesušené půdě dochází k tvorbě hrud, které musíme před setím pracně odstranit další pracovní operací například vláčením nebo smykáním, a tím dochází k navýšení nákladů na obdělání daného pozemku (Křen et al. 2015).

Další nevýhodou je vyšší energetická náročnost na danou pracovní operaci, při níž dochází k vyššímu opotřebení nářadí i stroje, který danou operaci provádí s vyšší spotřebou paliva. V dnešní době je také nevýhodný malý pracovní záběr podmítacího pluhu, čímž dochází k znásobení přejezdů po daném pozemku, a tím je půda více utužována než při méně častých pojezdových cyklech, například u diskových podmítačů nebo radličkových kypřičů. Z tohoto důvodu jsou podmítací pluhu dnes používány velmi málo (Agromanual 2020).



Obrázek 6 Podmítací pluh (zdroj: AGS Agro Sortiment)

Talířové podmítače jsou používány při mělkých nebo středně hlubokých podmítkách a v porovnání s podmítacími pluhu půdu mnohem lépe drolí na menší půdní částice. Jejich nevýhodou oproti podmítacími pluhům je neschopnost obracet půdu a tím efektivně zapravovat posklizňové zbytky do půdy a zanechávat je rozřezané za sebou na svrchní vrstvě ornice. Vzhledem k technickému řešení v podobě disků uložených na samostatné nebo pro všechny disky stejné středové hřídeli a schopnosti se na hřídeli otáčet, dochází při styku s půdou k mnohem menšímu odporu a tím dochází k menšímu opotřebení samotného podmítacího nářadí nebo stroje, jež nářadí táhne. Dále díky menšímu odporu dochází k výraznému snížení spotřeby paliva a zároveň možnosti využití vyšší pracovní pojezdové rychlosti než u podmítacího pluhu. Z charakteristiky diskových podmítačů bohužel vyplývá, že nedochází k dodržení rovnoměrné nastavené hloubky podmítky a při styku s utuženější orniční vrstvou podmítač tuto vrstvu nerozmělní, ale přejeđe po jejím vrcholu. Naopak výhodou z ekonomického hlediska hospodaření podniku může být širší záběr pracovního nářadí a vedle úspory paliva a menšího opotřebení také mnohem vyšší efektivita práce za stejnou pracovní dobu (Agrovenkov 2020).



Obrázek 7 Diskový podmítač (zdroj: CZ AGRO MACHINERY)

Radličkové kypřiče jsou nejčastěji používanými nástroji k podmítce nebo jiným pracovním operacím s půdou. Většinou se jedná o sloučení obou předchozích nástrojů a operací, které jsou schopny provést. Radličkové kypřiče jsou nástroje na jejichž rámu jsou v horizontální poloze umístěny radličky většinou se šípovým zakončením postaveným šikmo k půdě a za nimi jsou na rámu umístěné disky, které srovnávají povrch a drolí větší půdní částice. Radličkové kypřiče zapravují posklizňové zbytky těsně pod svrchní vrstvu ornice, urovnávají povrch půdy a umožňují vyšší jezdovou rychlost při nižší spotřebě paliva. Jsou schopné efektivně zapravovat minerální hnojiva do půdy a jejich výhodou je z ekonomického hlediska vysoká efektivita zpracování půdy při poměrně širokém záběru pracovní plochy na jeden přejezd daného pozemku a tím efektivně snižují utužení podorniční vrstvy a riziko vodní eroze (Bartušek 2012).



Obrázek 8 Radličkový podmítač (zdroj: ZE TE PA)

3.3.1.2 Základní zpracování půdy – Orba

Orba je nejstarším, nejznámějším a nejrozšířenějším způsobem zpracování půdy. Při procesu orání dochází k přerušení půdní struktury v určité hloubce a následnému vytažení a překlopení půdní hmoty. Dochází tak tedy k nakypření půdy v důsledku zvýšení pórovitosti půdního, orníčního profilu zejména v podílu nekapilárních pórů. Při optimální půdní vlhkosti orba napomáhá k drobení půdy na menší částice, a tak nepřímo ovlivňuje uspořádání půdní hmoty na daném pozemku (Brant 2021).

Podle hloubky zpracování rozdělujeme orbu následně: (14-18 cm) mělká orba, (18-24 cm) středně hluboká orba, (24-30 cm) hluboká orba, (nad 30 cm) velmi hluboká orba. Orba do podorniční vrstvy (až 60 cm) se nazývá rigolování. Orbu můžeme dále rozdělit podle období ve kterém ji provádíme na orbu: letní, seřovou, podzimní a zimní nebo podle způsobu provedení orby: do skladu, do rozoru, do roviny, do figury (TractorJunction 2021).

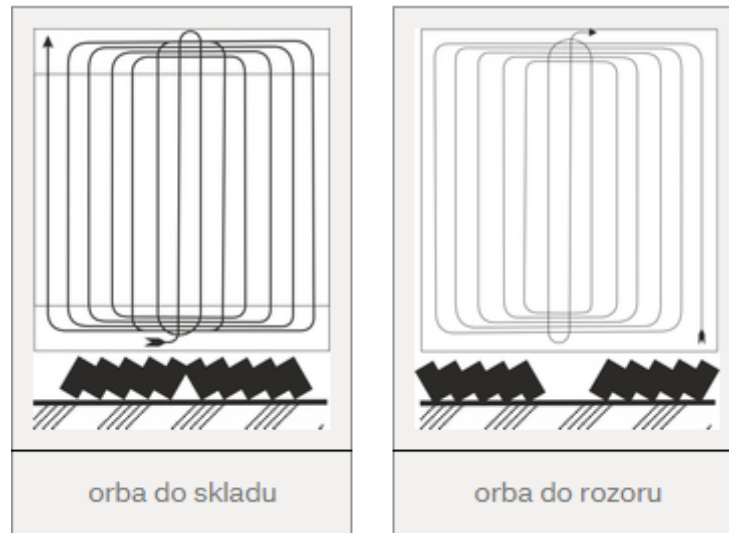
Mělká orba se provádí zejména ve vyšších nadmořských výškách, které jsou charakteristické pro malou výšku orníční vrstvy a převažuje zde velká svažitost a kamenitost. Středně hluboká orba je optimálním zpracováním půdy pro pěstování plodin, jejichž kořenový systém nezasahuje hlouběji než orníční vrstva. Jedná se tedy o plodiny se svazčítým typem

kořenového systému, jakými jsou například ozimé nebo jarní obilniny, některé okopaniny nebo luskoviny. V případě okopanin středně hluboká orba dostačuje pro pěstování ozimé řepy nebo brambor. Středně hluboká orba dále umožňuje zapravení organických složek do orniční vrstvy a využívá se proto k zapravování například chlěvského hnoje nebo rostlinných zbytků (Natsis et al. 1999). Hluboká orba je využívána za účelem prokypřit a provzdušnit celý orniční profil. Hlubokou orbou jsou zároveň vytvářeny optimální podmínky pro rozvoje kořenových systémů pěstovaných plodin a k potlačování rozvoje kořenových systémů škodlivých rostlin jakými jsou vytrvalé a víceleté plevele. Hluboká orba je využívána především jako příprava půdy pro rostliny s kulovitými kořeny, jakými jsou např. okopaniny (cukrová řepa, petržel, mrkev) nebo také k hluboce kořenicí kukuřici a bobu (Brant 2021). Velmi hluboká orba se využívá na hlubokých půdách za účelem prohloubení orniční vrstvy. Při provádění velmi hluboké orby je zapotřebí respektovat hloubku možné orniční vrstvy, aby nedocházelo k narušování podorničí a tím vyzdvihování podorniční biologicky neaktivní vrstvy půdy na povrch biologicky aktivní ornice a promísení obou vrstev (Mach 2019). Velmi hluboká orba, která zasahuje do hloubky podorniční vrstvy se nazývá **rigolování** a je používána k upravení půdních vlastností pro pěstování vytrvalých několikaletých plodin. Jedná se například o ovocné stromky pěstované v sadech, vinnou révu nebo chmel otáčivý (Klas 2015).

Jarní orba je z hlediska vlivů na přípravu půdy a zachycování půdní vody nejméně vhodná. Provedením jarní orby na pozimních vlhkých půdách vede ke vzniku jednolitých skýv nebo velkých hrud, které rostoucími teplotami rychle vysychají a působí velice negativně na další zpracování půd před setím (Agromanual 2021). Letní orba je prováděna po sklizni časně sklizené předplodiny za účelem rozdrobení skýv vedoucí k zamezení výparu vody z orniční vrstvy (Zemědělec 2011). Letní orba je také prováděna za účelem připravení půdy pro meziplošiny nebo hlavní plodiny. Jedná se o mělké zpracování půdy do hloubky 18 cm a podmínkou pro kvalitní předseťovou přípravu půdy je tzv. ošetření orničního povrchu, které lze provést při orbě za pomoci pěchů upevněných na orebné soupravě anebo následnými operacemi vedoucími k rozdrobení půdních částic na povrchu ornice za pomoci drobicích válců nebo kypřičů a podmítacích nástrojů (Křen et al. 2015). Seťová orba je operací prováděnou za účelem zpracování a připravení půdy pro ozimé obilniny. Provádí se do maximální hloubky 25 cm s podmínkou, že čím je čas mezi seťovou orbou a vlastním setím kratší, tím musí být hloubka seťové orby menší. Dalším kritériem, které musí předseťová orba plnit je zamezení tvorby hrud na povrchu ornice a jejich následné přesychání. Za tímto účelem je zpravidla využíváno půdních pěchů umístěných na orebné soustavě, ale taktéž je možno tohoto výsledku docílit zmenšením hloubky záběru orebného tělesa a zvýšením pojezdové rychlosti při prováděné operaci (Agromanual 2021). Podzimní orba je jedním z nejzákladnějších zpracování půdy prováděná v probíhajícím podzimním období před zamrznutím půdy. Zpracování půdy podzimní orbou je vhodné například pro následné pěstování jarních obilnin, okopanin, olejnin nebo luskovin. Při podzimní orbě je půda zpracovávána na hloubku celého profilu orniční vrstvy za účelem vytvoření hřebenovitého povrchu, tedy zvětšení plochy pro zachycování srážek vznikajících v podzimním a zimním období. Tímto zpracováním je cíleno na zvětšení zásobní vody v půdě, která je následně využívána při vzházení pěstovaných rostlin (Křen et al. 2015).

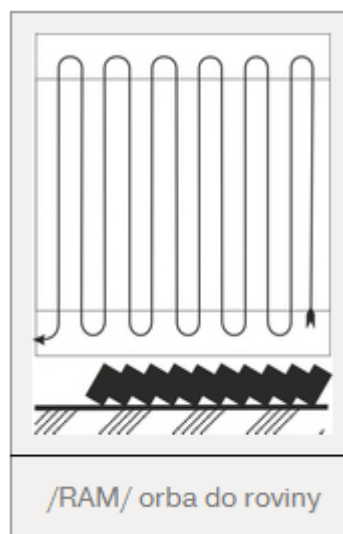
Záhonová orba je způsob orby prováděný jednostranným pluhem, při které se pozemek rozdělí na tzv. záhony, na nichž se střídá směr obrácení půdy. Tímto způsobem orby se

pravidelně střídá orba do rozoru a do skladu na jednotlivých záhonech při vzniku skladů a rozorů v místech jejich styku. Orba do skladu začíná uprostřed daného záhonu a postupně se posouvá k jeho okrajům. Následnými opačnými jízdami je půda skládána a vznikne tak sklad. Orba do rozoru začíná na jednotlivých stranách záhonu při obracení skývy směrem ven ze záhonu, čímž vzniká sklad a takto je postupováno až do středu záhonu, kde se sklady z obou stran záhonu setkají v opačném směru a zde vzniká rozor.



Obrázek 9 Orba do skladu a do rozoru (zdroj: Vari 2017)

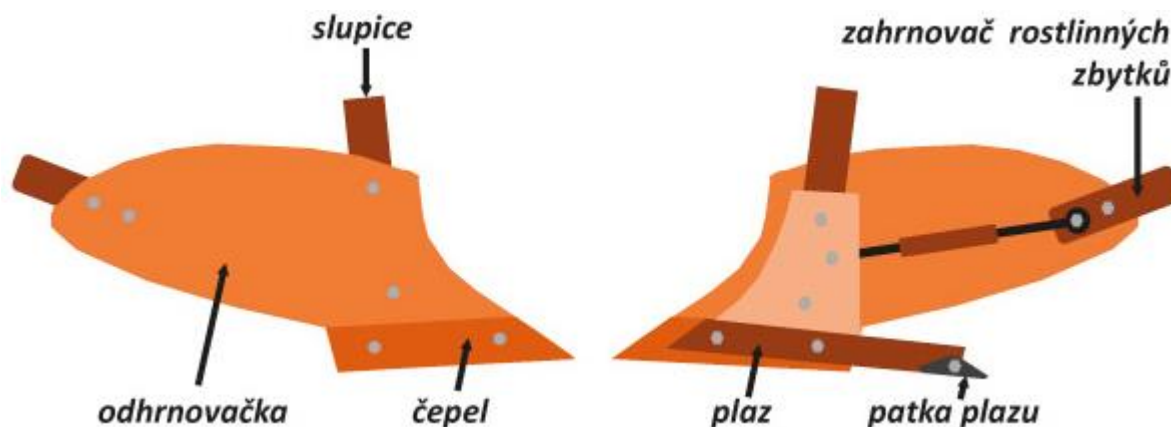
Orba do roviny je způsob orby, při kterém nevznikají sklady ani rozory a je prováděna oboustranným pluhem. Orba je započata na jedné straně daného pozemku se směrem jízdy tam a zpět v jedné brázdě. Na hranici pozemku je orebná soustava přetočena opačným směrem, aby při jízdě v opačném směru docházelo o obracení skýv ke stejné straně, jako při jízdě předchozí. Výsledkem je rovný povrch pozemku, který má pozitivní vliv na následné zpracování půdy (Vari 2017).



Obrázek 10 Orba do roviny (zdroj: Vari 2017)

Popis pluhu a orebního tělesa

K orbě se nejčastěji využívají pluhu radličné, které jsou taženy traktorem. Pluh je složen z pracovní a nepracovní části. Pracovní část pluhu je složena z orebního tělesa a dalších částí jakými jsou například předradlička, krojidlo, podrývák. Nepracovní část pluhu je složena z nosného rámu a případně pojezdového ústrojí, jedná-li se o nenesený pluh. Nejdůležitější částí pluhu je orební těleso, jež vykonává pracovní operaci. Skládá se z několika částí viz obrázek č. 9 (Mach 2019).



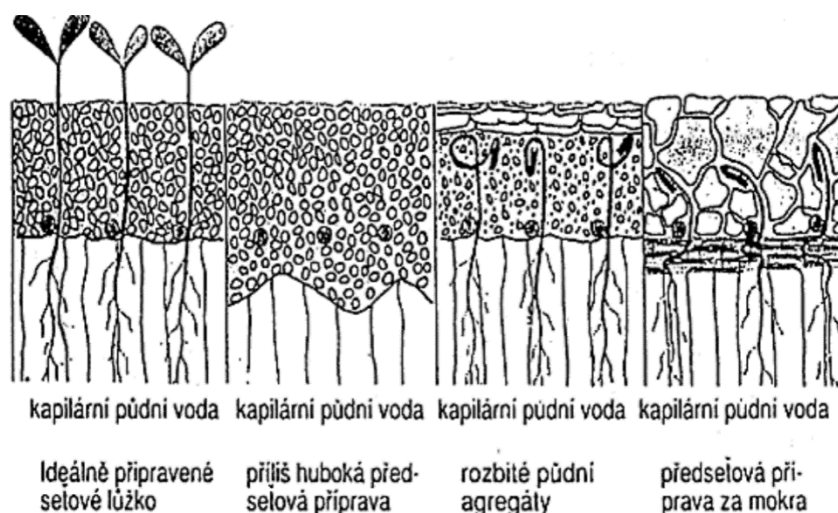
Obrázek 11 Popis pluhu a orebního tělesa (zdroj: Agromanual 2021)

Rozdělení pluhů

Pluhy nazýváme takové nástroje, které plní funkci využívání ke zpracování půdy nazývané orba. Pluhy se člení do několika kategorií podle různých kritérií. Dle pracovního nástroje se pluhy člení na radličné, talířové, rotační. Dle počtu orebních těles se pluhy člení například na tříradličný, pětiradličný. Dle umístění orebních těles se pluhy člení na záhonové pluhy (jednostranné), pluhy oboustranné. Dle způsobu připojení se pluhy člení na pluhy nesené a návěsné (Agromanual 2021).

3.3.1.3 Předseťové zpracování půdy

Cílem předseťového zpracování půdy je připravení správných podmínek pro ukládání osiv či sadeb. Dochází tak k urovnání povrchu ornice, zapravování hnojiv a pesticidů, případnému odplevelení pozemku a jemnému utužení k přípravě seťového lůžka. Předseťové zpracování půdy se provádí po základním zpracování půdy například po orbě. Příprava seťového lůžka má za cíl prokypření povrchové vrstvy ornice čímž vytváří kyprou vrstvu půdy nad osivem doprovázenou přístupem vzduchu k osivu. Dále také vytváří přístupnější kontakt kořenů s kapilární vodou vlivem rozrušení a následnou znovuoobnovou kapilárních pórů v orniční vrstvě půdy (Kopecký 2014).



Obrázek 12 Přípravenost setového lůžka (zdroj: Kopecký 2014)

Smykování je jedním z hlavních procesů prováděných v předsetové přípravě půdy, tento proces je prováděn v pracovním sledu po orbě. Cílem smykování je urovnání povrchu orníční vrstvy vlivem drobení větších půdních částic na částice menší a rozpadem hrud. Vlivem smykování na urovnání povrchu půdy je zvětšována plocha, kterou je půda schopna přijímat zásobní vodu a snížit její výpar. Dále dochází k prokypřování ornice do hloubky až 4 cm a likvidaci škodlivých činitelů jakými jsou časně jarní plevelé (Kvěch & Škoda 1985).

Kypření je proces, při kterém dochází k provzdušnění a prokypření a drobení ornice do hloubky 20 cm, aniž by docházelo k jejímu obracení. Hlavním cílem kypření je provzdušňování půdy a tím podpora biologické aktivity v půdě. Kypření má nemalý vliv na likvidaci škodlivých plevelů již při jejich klíčení a vzcházení. Používanými nástroji pro zpracování půdy kypřením jsou například: rotační kypřiče, diskové a radličkové kypřiče, kultivátory.

Vláčení má nejvýznamnější roli v předsetové přípravě půdy. Procesem vláčení dochází k urovnávání povrchu ornice, rozrušení povrchového škrálopu a provzdušnění vrchní části orníční vrstvy. Tím je cíleno na přípravu a vytváření vhodného setového lůžka pro následně ukládané osivo. Dalšími vlivy působícími vláčením jsou například likvidace již vzešlých plevelů a drcení hrud na menší částice. Vláčením lze také zapravovat průmyslová hnojiva anebo jej můžeme využít k tzv. zavláčení zasetého osiva a tím ho rovnoměrně rozprostít po daném pozemku. Vláčení se nejčastěji provádí branami, které mohou být prutové nebo hřebové síťové nebo radličné (Křen et al. 2015).

Válení je pracovní operací, při níž dochází k utužení setového lůžka což přímo ovlivňuje vzestup kapilární vody v profilu orníční vrstvy. Dále má válení za cíl snížit hrudovitost pozemku a částečně urovnat povrch ornice. Válením lze ovlivnit některé půdní vlastnosti v její vrchní vrstvě do hloubky 10 cm. K této pracovní operaci slouží pracovní nástroj zvaný půdní pěch neboli válec. Rozlišujeme několik typů válců: prstencové, hrudořezné, cambridgské, spirálové, crossskillské, hladké, rýhované, prutové, utužovací zubové a pneumatikové, pěchovací a hřebové (Brant 2022).

3.3.1.4 Zpracování půdy během vegetace

Vzhledem k narůstajícímu používání chemických a biologických prostředků je mechanické zpracování půdy během vegetace viditelné především v ekologickém zemědělství, kde je používání chemických prostředků zakázáno. Význam mechanické kultivace půdy během vegetace spočívá v úpravě stavu půdy, provzdušnění horní vrstvy ornice, ale nejvýznamnější je regulace škodlivých jednoletých plevelů v meziřadí porostu a zeslabení plevelů vytrvalých (Šnobl et al. 2005). Dle pěstované plodiny, stupně zaplevelení a potřebných zásahů, používáme tyto pracovní operace: Vláčení, válení, hrobkování, plečkování (Kvěch & Škoda 1985).

Vláčení v průběhu vegetace je prováděno za účelem prokypření povrchu ornice a zničení jednoletých vzešlých plevelů a tím prosvětlení porostu pěstované komodity. Provádí se především prutovými branami.

Válení v průběhu vegetace se provádí k obnově vodního vztlínání k rostlinným kořenům přitlačením pozimního porostu k půdě a tím snížením obsahu vzduchu v půdě. Jsou využívány především válce hladké a cambridgeské.

Hrobkování v průběhu vegetace neboli též oborávání nebo priorávání je pracovní operace při níž dochází k prokypření vrchní části orniční vrstvy a následnému přihrnutí této prokypřené ornice k některým plodinám, zejména tedy k jejich trsům. Hrobkování se využívá nejčastěji pro okopaniny (brambory).

Plečkování v průběhu vegetace Je pracovní operace prováděná k přímé likvidaci vzešlých plevelů v meziřadí plodin a také jako možnost zapravení některých průmyslových hnojiv k plodině. Cílem je udržovat meziřadí plodin prokypřené a nezaplevelené. K této pracovní operaci je využíváno několik typů plečho zařízení tedy (pleček) aktivně nebo pasivně poháněných (Křen et al. 2015).

3.3.2 Minimalizační způsoby zpracování půdy

Jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů na zemi je půda, jejíž negativní vlastností je velmi pomalá obnovitelnost. Působení různých vlivů, zejména zpracování půdy může mít za následek poškození půdy a jejího prostředí. Základními riziky poškození půdního prostředí jsou vodní, větrná eroze, omezená biologická aktivita půdy, ubývající organická hmota v půdě nebo utužování půdního profilu (Novák & Mašek 2020). Rizika poškození půdního prostředí dala vzniknout minimalizačním neboli půdoochranným technologiím za účelem snížení vzniku těchto rizik. Charakteristické pro půdoochranné technologie je pouze částečné zapravování rostlinných zbytků do půdy a jejich částečného ponechání na povrchu ornice, za účelem vytvoření krycí vrstvy, která chrání půdu zejména před erozními vlivy (Hůla & Majer 1999).

Po staletí byla znakem pokrokového systému hospodaření orba. V osmnáctém a devatenáctém století byly zaznamenány první pokusy o nahrazení pluhu zařízením podobným dnešním kultivátorům. Tyto pokusy byly prováděny v suchých oblastech Evropy, zejména jižní a východní. Následně byly v USA vyvinuty systémy zpracování půd, které půdu pouze povrchově kypřily a podrývaly. Tyto systémy byly stavěny na principu minimálního obracení půdy a tím zamezení vodnímu výparu z půd. Bylo vynalezeno několik systémů hospodaření, při nichž se využívalo různých technologií zpracování půd s cílením na stejný nebo podobný výsledek. Příklady těchto systémů jsou: systém dry farming nebo systém Stubble – mulch farming. Systém dry farming využíval mělkou až středně hlubokou orbu kroužkovými válci s

funkcemi pěchu. Systém Stubble – mulch farming využíval místo pluhu radličkový kypřič, který zanechával na povrchu ornice část rostlinných zbytků jako mulč neboli krycí vrstvu (Hůla & Procházková 2008).

V současnosti se vedle energeticky a pracovně náročných pracovních operací (orebných technologií) stupňuje využívání minimalizačních, půdoochranných technologií (Zemědělec 2009). V České republice minimalizační a půdoochranné technologie zaujímají zhruba 250 tisíc hektarů na orné půdě. Je tak cíleno na snížení hloubky zpracování půdy, snižování počtu mechanických zásahů, efektivní využívání organické hmoty v půdě a hlavním cílem je minimalizovat výpar vody z orniční vrstvy (Vach 2019). Postup volby vhodného zpracování půdy musí být prováděn odstupňovaně s ohledem na půdní a klimatické podmínky a nároky pěstovaných komodit na dané prostředí i půdní stav. Zvolený systém hospodaření na daném pozemku musí splňovat několik základních kritérií, které lze definovat jako omezení výskytu škodlivých plevelů nebo organismů, které ničí pěstované plodiny a snižují jejich výnosy, zabraňování vzniku půdní eroze a poškození půdní struktury, vytváření a podporování podmínek pro biologické činnosti a pochody v půdách, zadržování nebo navyšování organických složek v půdě (Zemědělec 2009).

Hlavní důvody rozvíjení a uplatňování minimalizačních technologií při zpracovávání půdy jsou ve třech hlavních oblastech. Oblasti ekologické, technické a ekonomické (Hůla et al. 2004). S ohledem na půdní a klimatické podmínky České republiky se minimalizační zpracování půdy v ČR rozděluje do několika kategorií. Minimalizace s kypřením půdy, půdoochranné zpracování půdy a přímé setí do nezpracované půdy (Křen et al. 2015). Minimalizační technologie používané v závislosti na klimatických a půdních podmínkách, které vznikly v USA vycházející z Americké společnosti půdních znalců – Soil Science Society of America lze dále rozčleňovat na několik skupin – Conservation-tillage, Reduced-tillage, Mulch-tillage, Ridge-tillage, Strip-tillage, a No-tillage (Novák 2019).

3.3.2.1 Ekologické důvody uplatňování minimalizačních technologií

Z minimalizačních technologií vyvstává očekávání, že budou přispívat ke zkvalitňování půdního prostředí. Každá ze změn způsobů zpracování půdy vede ke změnám v půdním prostředí (Hůla & Procházková 2008). Je tak cíleno na zlepšení struktury a stavu půdy, zlepšení hospodaření s půdní vodou, navyšování organické půdní složky, podporování biologických půdních procesů a v neposlední řadě eliminování vzniku erozí a zhutňování půd. Způsoby zpracování půd a následné hospodaření s posklizňovými zbytky má přímý vliv na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půd (Křen et al. 2015).

3.3.2.2 Technické důvody uplatňování minimalizačních technologií

Vývoj technologií zpracování půd klade požadavky na nové konstrukce strojů a pracovního nářadí, při rozšiřujících možnostech uplatňování minimalizačních technologií. Cílem je omezování počtu vstupů pracovních operací jejich vylučováním nebo spojováním. Nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím výběr strojů na zpracování půd je jejich efektivita v podobě plošné výkonnosti (Křen et al. 2015). Na současném trhu lze najít množství strojů přizpůsobených určitým pracím o rozdílném pracovním záběru a u traktorů v mnoha výkonnostních kategoriích. Mezi přední světové výrobce na trhu se zemědělskou technikou se

řadí například Claas, John Deere, Case IH, Kubota, Kuhn, Manitou, Agrisem, AGCO (Veacom, 2022).

3.3.2.3 Ekonomické důvody uplatňování minimalizačních technologií

Z celé škály agrotechniky a práce v zemědělství je zpracování půd energeticky nejvíce náročným. V rostlinné výrobě zaujímá zpracování půdy v závislostech na půdních vlastnostech a ročním období 35–50 % celkové nákladovosti (Křen et al. 2015). Minimalizační technologie mají za cíl uspořít energii a práci potřebnou k vykonávání zemědělských činností. Vlivem snižování četnosti nebo spojování pracovních operací snižují náročnost na počty zaměstnanců a přinášají lépe organizovanou práci (Hůla 2008).

3.3.3 Minimalizace s kypřením půdy

Narůstajícími potřebami na snížení nákladů, rozvojem minimalizačních technologií a půdoochranných systémů je stále více upouštěno od orebných technologií. Minimalizace s kypřením půdy je jedním ze základních systémů minimalizačních technologií. Půda se zpracovává kypřicími nástroji (radličkové a talířové kypřiče), které půdu mělce prokypřují, rozrušují kapilární systém, částečně zapravují rostlinné zbytky, ale nedochází zde k obracení půdy jako u orebných technologií (Úroda 2001). V případech potřeb hlubšího prokypření orní vrstvy se využívají hloubkové kypřiče dlátové nebo podrývaky, jimiž je možno rozrušit utužené podorničí (Křen et al. 2015). Kypřiči nazýváme takové stroje, jejichž funkce se odlišují od funkcí radličných pluhů. Vlivem kypření nedochází k obracení skýv ani k přenosu zpracovávané vrstvy půdy. Výhoda při mělkém kypření, při podmítce a opakovaně při mělkém kypření je velmi vysoký plošný výkon, který je dán pojezdovou rychlostí 10 km /h a více.

Kypřiče lze rozdělit do několika kategorií, podle různých koncepcí a způsobu provádění pracovních operací. Kypřiče rozdělujeme dle konstrukční hloubky zpracování půdy, dle intenzity míchání a zapravení rostlinných zbytků, dle profilu zpracování, dle způsobu kypření. Dle konstrukční hloubky zpracování půdy dělíme kypřiče na stroje pro mělké zpracování, pro středně hluboké zpracování, pro hluboké zpracování. Dle intenzity míchání a zapravení rostlinných zbytků na stroje bez intenzivního promíchávání a zapravování rostlinných zbytků, stroje s intenzivním promícháváním a zapravováním rostlinných zbytků, stroje pro kypření s kombinovanou intenzitou promíchávání a zapravování rostlinných zbytků. Dle profilu zpracování půdy dělíme kypřiče na stroje s celoplošným kypřením, stroje se zónovým kypřením. Dle způsobu kypření dělíme kypřiče na stroje s jednostupňovým kypřením a na stroje s postupným víceetapovým prohlubováním (Kovaříček et al. 2017).

3.3.4 Půdoochranné zpracování půdy

Rozdílem mezi minimalizačními a půdoochrannými technologiemi spočívá ve využívání posklizňových zbytků. Pokud je na povrchu daného pozemku ponecháno 30 % a více rostlinných zbytků, hovoříme o technologiích půdoochranných (Horák 2003). Významem a podstatou půdoochranného zpracování půdy je snižování hloubky pracovních operací nebo jejich vynechávání a spojování. Využívají se speciální stroje pro půdoochranné technologie na půdách, které nejsou zasažené vytrvalými plevely (Václavík 1996). V podmínkách České

republiky jsou uplatňovány různé varianty půdoochranného zpracování půd, které využívají mělké kypření půd a ponechávají rostlinné zbytky předplodin na povrchové vrstvě půdy. Zjednodušené postupy zpracování půd jsou však komplikovány požadavkem na zapravování organických hnojiv do půdy. U širokořádkových plodin například kukuřice je možno zvolit z více způsobů půdoochranného zpracování půdy například setí do mulče z vymrzající předplodiny nebo setí společně s ochrannou předplodinou (Hůla et al. 1997). Při půdoochranném zpracování půdy není sklízena sláma, ale je ponechána na pozemku jako zdroj živin a organických látek. Důležitým faktorem je dobré rozdrčení slámy a rovnoměrný rozptýl na povrchu ornice při sklizni. Při půdoochranných technologiích využívajících mělké kypření bez orby, mohou nastat komplikace z hlediska chybně rozptýlené slámy, která je koncentrována v hloubce setí a tím znemožňuje například technologii přímého setí do nezpracované půdy (Hůla & Mayer 1999).

3.3.5 Přímé setí do nezpracované půdy (No-tillage)

Technologie setí přímo do nezpracované půdy neboli No-tillage je způsob hospodaření při kterém půda není zpracována a na jejím povrchu je ponecháno 80–100 % rostlinných zbytků. Při technologii No-tillage jsou snižovány náklady na minimum, snížením počtu pracovních operací pouze na přímé setí (Mechanizace zemědělství 2020). Tato technologie je využívána primárně pro obilniny a lze ji provozovat na půdách do nadmořské výšky 350 mm, srážkovým úhrnem do 600 mm a průměrnou teplotou vzduchu pohybující se nad 8 stupni. Dle meziřádkových vzdáleností a konstrukce secích botek na secích strojích je povrch půd narušován pouze z 5–10 % (Hůla et al. 1997). Stroje pro přímý výsev jsou vybaveny kotoučovými botkami, které nejsou v průběhu setí zacpávány rostlinnými zbytky. Dále se využívají stroje s botkami radličkovými, kterými je povrch ornice více rozrušován (Hůla 1997). Technologie přímého setí významně ovlivňuje půdní prostředí a procesy v něm. Slouží jako maximální ochrana proti erozi ponecháním rostlinných zbytků na povrchu ornice. Neporušením půdní pórovitosti zabráňuje nechtěnému výparu vody z orniční vrstvy a minimalizuje riziko zhutnění půd snížením počtu přejezdů na minimum. Mezi hlavní nevýhody přímého setí patří zejména pomalé prohřívání povrchové vrstvy půdy na jaře, nutnost používání neselektivních herbicidů nebo zvýšené náklady na speciální secí stroje (KWS 2023).

Vlivem této technologie dochází k navyšování půdní mikrobioty a vzhledem k velkému podílu organické hmoty na povrchu půdy, zlepšení schopnosti zadržování vody v půdě. Hlavní předností je snížení rizikovitosti vzniku erozí na úplné minimum (Mechanizace zemědělství 2020).

3.3.5.1 Conservation-tillage

Conservation-tillage neboli konzervační zpracování půdy je systém, který má za cíl snižovat počty nebo intenzivnost zpracování půd, se snahou tímto způsobem podpořit ekologické a ekonomické aspekty. Mezi tyto aspekty patří snižování skleníkových plynů a emisí souvisejících se zemědělskou činností, snižování nákladů spojených se zemědělskou činností (náklady na palivo nebo pracovní sílu). Konzervačními metodami hospodaření lze docílit snížení vodních ztrát z půdy nebo omezování rozšiřování erozí (UC Sustainable Agriculture Research and Education Program 2017). Pod termínem Conservation-tillage je

zahrnuto mnoho způsobů zpracování půdy a přístupů k nim. Cílové hledisko konzervačního zpracování půdy je, aby po zasetí plodiny bylo na povrchu daného pozemku minimálně 30 % rostlinných zbytků z předchozí sklizně, které mají za úkol půdu zakonzervovat a tím jí chránit před erozními vlivy a většími ztrátami vody z orničních vrstev (Sare Outreach 2020).



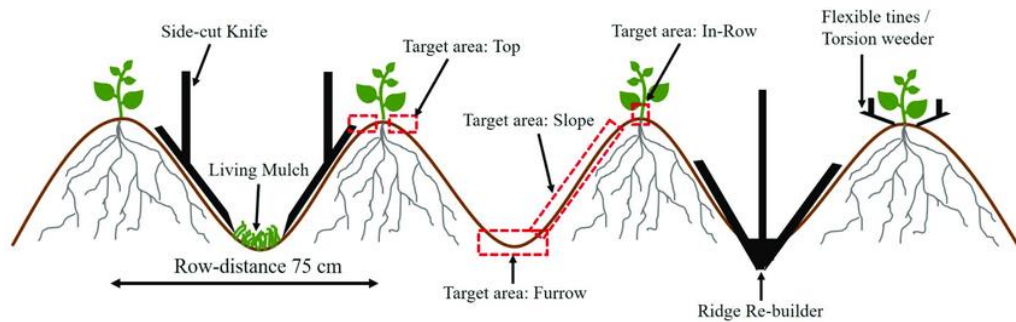
Obrázek 13 Kukuřice pěstovaná technologií conversation-tillage (zdroj: Researchgate 2020)

3.3.5.2 Mulch-tillage

Mulch-tillage neboli technologie zpracování půdy s využitím mulče je technologie hospodaření při které se využívá tzv mulč neboli rostlinné zbytky na povrchu ornice s následným setím do tohoto mulče. Půda je připravována podřezáváním strniště a nadzvednutím horní orniční vrstvy. Ponechání rostlinných zbytků na povrchu je zastoupeno ve 30–60 % (Křen 2015). Technologie s použitím mulče umožňuje zapravování povrchově nanášených hnojiv i pesticidů v rámci jedné pracovní operace s částečným zapravováním rostlinných zbytků do orniční vrstvy. Částečným zapravením rostlinných zbytků je docíleno rychlejšího rozkladu a tím dobrého přístupu živin pro pěstované plodiny. Zároveň rostlinné zbytky ponechané na povrchu ornice snižují riziko eroze (Johntson 2023).

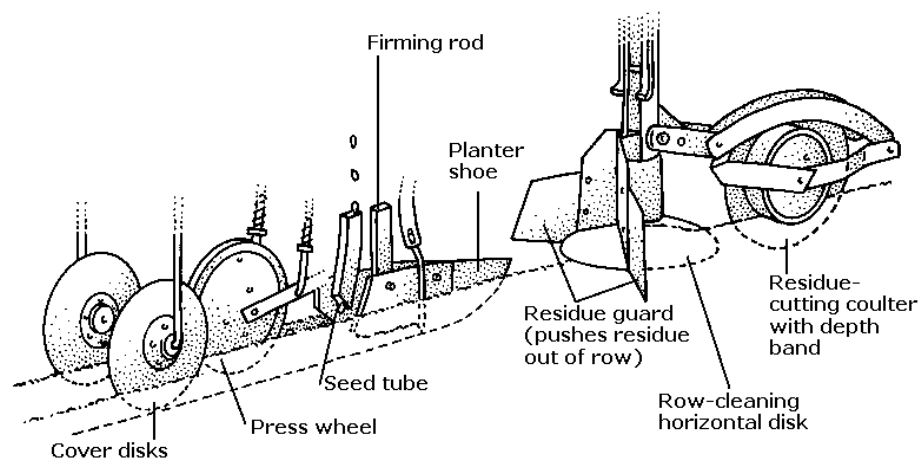
3.3.5.3 Ridge-tillage

Ridge tillage neboli hřebenové zpracování půdy je forma hospodaření v konzervačním zpracování půdy, při které dochází na pozemku k tvorbě vyvýšených hrůbek neboli hřebenů. Hrůbky jsou vytvářeny přímo při setí plodiny speciálním secím strojem. Systém ridge tillage je charakteristický pro pěstování širokořádkových plodin (brambory, cukrová řepa, kukuřice). Vytvořené hrůbky zůstávají na pozemku až několik let nebo mohou být každoročně vytvářeny znovu (Křen et al. 2015). V systému hřebenového zpracování půdy musí při setí na povrchu zůstat 40-70 % rostlinných zbytků z předchozí pěstované plodiny. Systém ridge tillage je vhodný pro vlhké a chladné půdy v nichž vyvýšené hrůbky poskytují rostlinám teplejší prostředí a napomáhají ke snížení rizika vzniku větrné nebo vodní eroze.



Obrázek 14 Schéma hospodaření s hrůbkou v systému ridge-tillage (zdroj: Researchgate)

Významným faktorem v systému ridge till je snadná regulace plevelů za pomoci mechanických meziřádkových pleček (Sare Outreach 2023). Vytváření hrůbků je prováděné speciálním secím strojem při seti plodiny, který je vybaven radlicí s hloubkovými koly nebo hloubkovým pásem pro řezání rostlinných zbytků, jeden horizontálně umístěný disk nebo dva vertikálně umístěné disky k přemístění půdy z řádkové plochy a následnému vytváření seřového lůžka, přítlačné kolo k přítlačování osiv, a krycí kotoučky nebo vlečné brány pro zakrytí řádku s uloženým osivem. Secí stroje v režimu ridge till sbírají svrchní vrstvu půdy naplněnou semeny plevelů a rostlinných zbytků z jednotlivých řádků v oblastech starých seřových lůžek a zasejí semena plodiny do vlhké a zpevněné části hrůbku a následně semena zakrývá prokypřenou sušší půdou. Zabráněním kontaktu plevelných semen s půdou zabraňuje růstu a rozšiřování plevelů.



Obrázek 15 Schéma secího ústrojí v systému ridge-tillage (zdroj: SARE)

3.3.5.4 Strip-tillage

Strip-tillage neboli pásové zpracování půdy je jedním z nejrozšířenějších minimalizačních způsobů zpracování půd. Principem pásového zpracování půdy je zpracovávání půdy v úzkých pásích, do kterých je následně ukládáno osivo. Systém Strip-tillage byl vyvinut pro seti širokořádkových plodin a ukládání osiva do pásů, ve kterých je půda zpracovaná středně nebo velmi mělce. V tomto systému lze využít cílenou aplikaci hnojiv do zpracovávaných pásů, během jedné pracovní operace. Meziřadí není mechanicky zasaženo a je zde sníženo riziko vzniku vodní nebo větrné eroze vlivem uložení posklizňových zbytků do meziřadí takto zpracovaného pozemku viz obrázek 14 (Brant 2016).

Technika strip-till je zaměřena na zpracování půdy ve směru řádků a narušení méně než čtvrtiny povrchové vrstvy takto obdělávané půdy. Cílem je vytvoření seťového lůžka v řádku tak, aby bylo srovnatelné s ohebným zpracováním půdy s rozdílem ponechání velkého množství rostlinných zbytků na povrchu ornice, a tak snížení rizika eroze (GeoPard Agriculture 2019).

Pro zpracování půdy v pásech se využívají kypřicí stroje skládající se z prožrávacího disku, odhrnovačů rostlinných zbytků, kypřicí radlice nebo dláta a na konci sekce jsou umístěny rovnací nebo pěchovací válce. Tvar spodních částí radlic nebo dlát má vliv na intenzitu a šířku prokypření daného zpracovávaného pásu. Stroje pro pásové zpracování půdy jsou mnohdy kombinované s přihnojovacím ústrojím a ústrojím secím, což umožňuje minimalizovat počet přejezdů po daném pozemku a tím snižovat riziko případného utužení orniční vrstvy (Brant 2016).



Obrázek 16 Kukuřice pěstovaná v systému strip-tillage (zdroj: BEDNAR)

3.4 Porovnání konvenčních a minimalizačních způsobů zpracování půdy

V následujících kapitolách je provedeno porovnání konvenčního neboli orebného a minimalizačního, půdoochranného způsobu zpracování půdy. Je popsán vliv technologií zpracování půdy na půdní vlastnosti. Dále jsou nastíněny výhody a nevýhody obou používaných technologií.

3.4.1 Vliv orebných a minimalizačních technologií na půdní vlastnosti.

Systém zpracování půdy zahrnuje orebné a minimalizační technologie zpracování půdy, které působí na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy (Younesi Alamouti & Navabzadeh 2007). Narušení půdní struktury orbou má za následek přerušování půdních pórů, což vede k obnově, rozvoji pórovitosti a snižování půdní objemové hmotnosti (Lipiec et al. 2006). Cílem minimalizačních technologií je ponechání rostlinných zbytků na povrchu orniční vrstvy. Takto ponechané rostlinné zbytky přispívají ke snižování objemové hmotnosti půdy a zvětšení celkového prostoru půdních pórů v její horní vrstvě. (Belén et al. 2018). Objemová hmotnost je půdní vlastnost, využívána pro stanovování kompaktnosti půdy a v závislosti na způsobu zpracování půdy je proměnlivá. Na nezpracovaných půdách se objemová hmotnost v horních vrstvách zvětšuje, což vede ke snižování množství hrubých pórů a snížení hydraulické vodivosti v porovnání s konvenčním zpracováním půdy (Khursheed et al. 2019).

V průběhu studie vlivu zpracování na objemovou hmotnost půdy, bylo zjištěno že zpracování půdy orbou v hloubce do 10 cm nezvyšuje objemovou hmotnost oproti minimalizačním způsobům zpracování půdy. Při zpracování půdy bez orby byla objemová hmotnost půdy zvýšena z 0,54 na 0,57 mg / m³. Při žádném zpracování půdy metodou No-till byla objemová hmotnost půdy zvýšena z 0,53 na 0,57 mg / m³. Při zpracování půdy orbou byla naměřena objemová hmotnost půdy menší a to 0,52 mg / m³ (Elder & Lal 2008). V hloubce půdy 15 cm byly naměřeny hodnoty objemové hmotnosti 0,96 - 1,52 g / cm³ u orby a 1,24 - 1,43 g / cm³ u minimalizačního zpracování půdy (Alletto & Coquet 2009). Pro hloubku zpracování do 25 cm byla objemová hmotnost naměřena 1,59 g / cm³ a pro minimalizační zpracování 1,81 g / cm³ (Amami et al. 2019). Studií vlivu zpracování půdy na půdní pórovitost bylo zjištěno že největší plošnou pórovitost vykazuje půda s orebným zpracováním. Při orebném zpracování půdy vykazovala půda ve vertikální rovině v hloubkovém rozmezí 0-8 cm, 9,62 % pórovitost z celkového měřeného objemu půdy a při hloubce 10-18 cm vykazovala půda 8,03 % z celkového měřeného objemu půdy. Při měření pórovitosti u minimalizačního zpracování půdy byla naměřena pórovitost v hloubce 0-8 cm 6,85 % z celkové měřené plochy a v hloubce 10-18 cm byla naměřena pórovitost 6,87 % z celkové měřené plochy (Kus et al. 2006). Porovnání systémů zpracování půdy orbou a bez orby ukázalo že v hloubce 5-10 cm byl obsah mezopórů při zpracování půdy bez orby o 2,90 % vyšší než u klasické orebné technologie. V hloubce 15-20 cm byl naměřen nejvyšší obsah makropórů (52,02 %) u klasické orebné technologie. Nejnižší obsah mikropórů byl naměřen u klasické orebné technologie, a to ve výši 15, 20 %. Nejvyšší obsah mikropórů byl naměřen ve všech studovaných vrstvách půdy u bezorebné technologie. Naopak Klasické orebné technologie vykazují vyšší zastoupení mezopórů a makropórů na všech studovaných pozemcích. Zadržování vody v půdě je důležitá půdní vlastnost pro zásobení rostlin vláhou během vegetace. Se změnou půdní pórovitosti vlivem jejího zpracování úzce souvisí i rychlost infiltrace vody do půdy. Nejvyšší infiltrace byla naměřena u klasické orebné technologie, kdy byla rychlost infiltrace vodou 69 cm / h. U minimalizačního zpracování půdy byla naměřena rychlost infiltrace o 58 % nižší než u orebné technologie (Lipiec et al. 2006). Infiltrací barevné vody bylo zjištěno že při orbě je vodní infiltrace nejvyšší a dosahuje průměrných hodnot 1,00 dm³/ min, zatímco minimalizační zpracování vykazovalo 0,18 dm³/ min. Půda zpracovávaná orbou vykazuje nasycení vodou ve vrchní vrstvě půdy oproti minimalizačním technologiím, kde půda vykazuje nasycení vertikálních makropórů a tedy odtok vody do nižších vrstev půdy (Kroulík et al. 2007). Výzkumem bylo zjištěno že na půdách s použitím minimalizačních technologií při ponechání posklizňových zbytků na povrchu ornice je obsah půdní vlhkosti v hloubce 5-10 cm až o 4,6 % vyšší než při klasickém orebném zpracování půdy. Při různých tlakových úrovních byl na plochách bez použití orebných technologií naměřen o 1,7 až 3,6 % vyšší obsah vlhkosti než na plochách s použitím technologií orebných. Ponecháním rostlinných zbytků na povrchu ornice dochází k zamezování výparu půdní vody a tím je v půdě voda zadržována. V půdě s rozprostřenými posklizňovými zbytky na povrchu ornice byl zjištěn o 1,6 % vyšší obsah půdní vlhkosti než na půdách bez rozprostření posklizňových zbytků. V hloubce 15-20 cm byl na půdách s rozprostřenými posklizňovými zbytky o 0,012 m³ vyšší než na půdách bez rozprostření rostlinných zbytků. V hloubce půdy 30-35 cm byl zjištěn obsah půdní vlhkosti o 3,6- 18 % vyšší na půdách obhospodařovaných bez orby (Steponavičienė et al. 2022). Minimální zpracování půdy vede na rozdíl od klasické orebné technologie k rozvoji mikrobiální

aktivity a podpoře půdního edafonu (Belén et al. 2018). Rozmanitost a složení půdních organismů například žížal je ovlivněna způsobem zpracování půdy. Výzkum průměrného výskytu jedinců žížal na plochách obdělávaných bezorebnými technologiemi vykazuje až o 50 % vyšší počet přítomných jedinců (Chan 2001). Mezi další půdní vlastnosti patří obsah živin v půdě nebo půdní chemická reakce. Půdní mikroorganismy rozkládají zbytky rostlin, těmito procesy dochází k uvolňování dusíku, fosforu, draslíku a dalších důležitých živin pro růst nových rostlin (University of Illinois College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences 2016). Studium vlivu zpracování půdy na půdní reakci pH prokázalo že půda obdělávaná orebnými technologiemi vykazuje konstantní pH ve všech měřených hloubkách na rozdíl od technologií bezorebného zpracování půdy, kde půda vykazuje silné vertikální změny pH. V hloubce 15–20 cm bylo naměřeno pH 6,5 společné pro technologie orebné i neorebné. U bezorebných technologií bylo naměřeno výrazně nižší pH v horní vrstvě studované půdy a to pH 5,58. V systému pěstování kukuřice bylo pro orebné zpracování půdy naměřeno v hloubce 5-10 cm pH 6,28 oproti bezorebnému systému, kde bylo naměřeno pH v řádku 5,78 a v meziřadí 5,21. Vlivem kumulace rostlinných zbytků do horní vrstvy půdy je docíleno rozkladu organické hmoty pouze v horní vrstvě, čímž je tato vrstva okyselována a vykazuje rozdílné pH v půdních vrstvách (Limousin & Tessier 2007). Půdy, které jsou zpracovány minimalizačními technologiemi obsahují větší množství uhlíku vázaného v půdě (Sokolowski 2020). Tyto půdy vykazují vyšší hodnoty dusíku a vyšší obsah organické hmoty v půdě než při konvenčním zpracování půdy, z toho vyplývá, že čím méně je půda narušována, tím více se v půdě hromadí obsah organické hmoty a dostupných živin (Szostek et al. 2022). Orbou se do ovzduší uvolňuje uhlík ve formě oxidu uhličitého, důvodem je narušení horní vrstvy půdy, která je bohatá na uhlík, následně dochází k oxidaci organické hmoty v půdě z důvodu provzdušnění půdy a vyššímu okysličení (Wreglesworth 2023). Zapravováním rostlinných zbytků hlouběji je zrychlován rozklad organické hmoty mineralizací (Hůla et al. 2008).

3.4.2 Výhody a nevýhody konvenčního způsobu zpracování půdy

Výhody konvenčního způsobu zpracování půdy

Hlavní výhodou konvenčního zpracování půdy je poskytování jistoty výnosů při méně příznivých klimatických podmínkách. Překlápěním ornice při orbě dochází k zapravování posklizňových zbytků, výdrolů a plevelů do orniční vrstvy (Mašek 2004). Významnou výhodou orebného zpracování půdy je kvalita práce v širokém spektru půdních druhů při rozdílných vlhkostech půd. Kvalitním zpracováním v podobě překlopení orniční vrstvy jsou potlačovány různé druhy chorob a škůdců (Mach 2019).

Nevýhody konvenčního způsobu zpracování půdy

Obracením orniční vrstvy a tím zapravování rostlinných zbytků je eliminována ochrana povrchu půdy rostlinným pokryvem a tím je zvyšováno erozní ohrožení půdy (Hůla et al. 2009). Při provádění orby je za vysoké půdní vlhkosti zhutňováno brázdové dno, což vede ke zhoršení fyzikálních vlastností podorniční vrstvy. Následně také při provádění orebných technologií za nepříznivých podmínek dochází k nárůstu nákladovosti těchto operací v podobě časové náročnosti a výraznější spotřebě motorové nafty (Mašek 2004). Hlubokým kypřením vytváříme nestabilní situaci, kdy je po sklizni utužená půda prokypřena orbou nebo hlubokým kypřením při vysoké spotřebě pracovní energie, což přímo vede při nedodržení zásad o minimalizaci

přejezdů po pozemku k rychlému návratu půdy do opětovného stavu utužení (Mašek et al. 2015). Důsledkem převrácení orniční vrstvy orbou může být přesun semen plevelů na povrch půdy kde mohou následně vzcházet a působit negativně vzhledem k pěstované plodině. Velký pracovní zásah do půdy orbou má přímý vliv na snižování počtu organismů v půdách a dále ničení půdního kapilárního systému který následně podléhá dlouhé obnově (Mach 2019).

V následující tabulce jsou shrnuty výhody a nevýhody konvenčního zpracování půd dle Neuderta, Procházkové 2009 a Hůly 1999.

Tabulka 5 Výhody a nevýhody konvenčního (orebného) způsobu zpracování půdy (upraveno dle Neudert & Procházková 2009, Hůla 1999)

<i>Výhody a nevýhody konvenčního (orebného) zpracování půdy</i>	
<i>Výhody</i>	<i>Nevýhody</i>
Likvidace vytrvalých plevelů	Ubývání humózní složky půd
Úplné zapravování posklizňových zbytků	Náchylnost půd na vodní a větrnou erozi
Úplné zapravování organických hnojiv	Podpora vodního výparu
Úplné zapravování meziplodin v podobě zeleného hnojení	Vysoká nákladovost a spotřeba energie
Podpurný proces mineralizace živin v půdě	Snižování počtu mikroorganismů vlivem velkých zásahů
Podpurný proces fyto-sanitárního efektu v půdách	Tvorba zásoby semen v půdách
Snížení nákladovosti na chemickou ochranu	Snižování hloubky půdního profilu
Snižování výskytu škůdců	Rozdílné fyzikální vlastnosti ve spodní a vrchní vrstvě půdy
Snižování výskytu chorob	Utužování orniční vrstvy a podorničí
Vlivem přemrznutí zorané půdy je docílena ideální struktura	Vyšší vznik bahna z povrchové vrstvy ornice
Rychlejší vysychání půdy a možnost dřívějšího vstupu	
Rovnoměrné rozdělení organické hmoty	
Možnost dřívějšího zpracování půdy na jaře	

3.4.3 Výhody a nevýhody minimalizačního způsobu zpracování půdy

Výhody minimalizačního způsobu zpracování půdy

Výhody minimalizačních (půdoochranných) technologií zpracování půdy vycházejí z pozitivního vlivu na půdní stav a strukturu. Bezorebné technologie zlepšují půdní vlastnosti jako například objemovou hmotnost nebo půdní pórovitost. Vlivem ponechání větší části posklizňových zbytků na povrchu orniční vrstvy je docíleno snížení rizika vzniku erozních ohrožení (Mach 2019). Velkými přednostmi minimalizačních technologií oproti konvenčním je snižování nákladovosti pracovních operací na zpracování půdy v podobě menší potřeby pracovních sil nebo menší spotřeby motorové nafty (Václavík 1996).

Nevýhody minimalizačního způsobu zpracování půdy

Jednou z hlavních nevýhod minimalizačního (půdoochranného zpracování půdy) je nízká mechanická účinnost na regulaci plevelů, a proto je třeba využívat k regulaci těchto plevelů chemické látky (Hůla et al. 1997). Mezi další nevýhody patří kumulování organické hmoty v horní vrstvě ornice. Vlivem velkého množství kumulovaných zbytků rostlin je možné problematické zakládání nových porostů a zajišťování podmínek pro následné rostliny. Minimalizační půdoochranné technologie vlivem minimálního zpracování půdy mohou přispívat k rozvoji chorob, škůdců a plevelných rostlin (Křen et al. 2015).

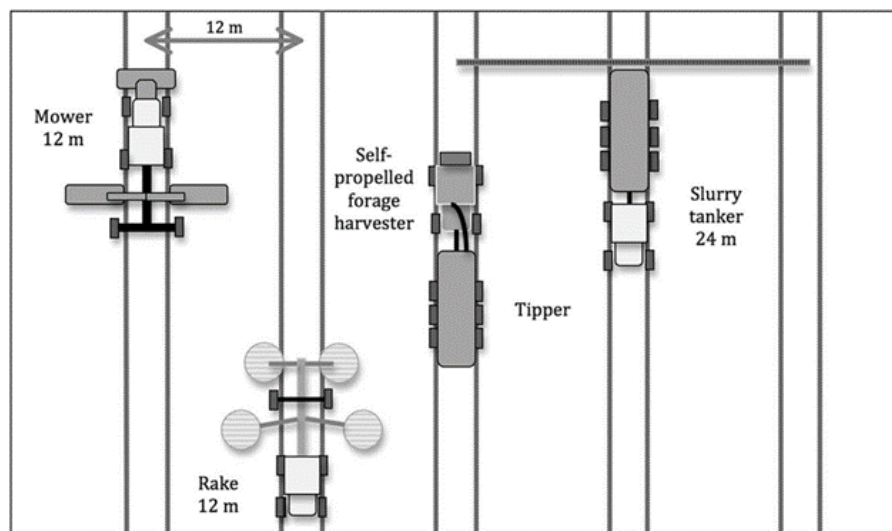
V následující tabulce jsou shrnuty výhody a nevýhody minimalizačního (půdoochranného) zpracování půd dle Neuderta, Procházkové 2009 a Hůly 1999.

Tabulka 6 Výhody a nevýhody minimalizačního (půdoochranného) způsobu zpracování půdy (upraveno dle Neudert & Procházková 2009, Hůla 1999)

<i>Výhody a nevýhody minimalizačního (půdoochranného) zpracování půdy</i>	
<i>Výhody</i>	<i>Nevýhody</i>
Snížení vzniku erozního ohrožení	Zvýšení nákladů na chemickou ochranu a průmyslová hnojiva
Obnovování půdní struktury	Podpora šíření víceletých plevelů
Dlouhodobá udržitelnost	vytváření vhodných podmínek pro škůdce
Stabilizace nebo navyšování humózní složky půd	Vyšší nároky na agrotechniku
Snižování nákladovosti na pracovní operace (času, práce)	Zhoršený vzdušný režim půd
Navyšování biologické složky půd vlivem minimálních zásahů	Okyselování povrchu půd vlivem pokryvu rostlinnými zbytky
Podpůrný proces zlepšování fyzikálních vlastností půd	Pomalý prohřev půdy
Eliminace rizika zhutnění, ochrana spodních vod	
Zlepšení vsakování vody do půdního profilu	

3.5 Snížení rizika utužování půdy technologií Controll traffic farming

Vlivem nárůstu velikosti a hmotnosti strojů pracujících v zemědělství dochází k nárůstu utužování zemědělských půd, což působí negativně na půdní fyzikální chemické a biologické vlastnosti půd. Utužování zemědělských půd je vyvoláno především častými přejezdy a otáčením zemědělských mobilních jednotek, při kterých dochází k přeskupování půdních částic a zvyšuje se objemová hmotnost půdy (Gasso et al. 2013). Systém zemědělství s řízením provozu Controll traffic farming (CTF) snižuje plošné zhutňování půdy formou omezení provozu po zemědělské půdě na provoz ve stálých kolejích (Tamirat et al. 2022). Controll traffic farming zabraňuje poškozování půd a nárůstu nákladů způsobených klasickými metodami hospodaření, a zároveň působí na zvyšování výnosů plodin vlivem jejich minimálního poškození přejezdy zemědělskou technikou (Controlled traffic farming 2015). Systém je založen na dodržování stejných jízdních pruhů v časovém horizontu několika let při každé pracovní operaci na daném pozemku (Starfos 2010). Funkce systému CTF je závislá na vybavení všech pracovních strojů navigačními systémy GPS, které jim umožní pohyb po stejných tratích každou sezónu (THE FURROW 2022).



Obrázek 17 Schéma systému Controll traffic farming (zdroj: Amvemar et al. 2017)

3.6 Osevní postupy a jejich vliv na půdní vlastnosti

Jedním z mnoha faktorů ovlivňující hospodaření na zemědělské půdě je zastoupenost pěstovaných plodin. Nejdůležitějším faktorem je vztah mezi zastoupenými plodinami a jejich střídání mezi sebou. Plodiny na zemědělské půdě vyvíjejí dva hlavní vlivy na půdu a půdní prostředí. Jedním z vlivů je samotné působení rostlin na biologické a fyzikální vlastnosti půd a druhým vlivem je kladení různých nároků na zpracování půd z hlediska hloubek půdních profilů nebo hloubek zasahování kořenových systémů rostlin a těmito faktorům přizpůsobené příslušné zpracovávání půd (Šimon & Lhotský 1989).

3.6.1 Vznik osevních postupů

Osevní postupy jsou nejvýznamnějšími agrotechnickými opatřeními v zemědělství. Osevní postup je sled pěstovaných plodin za sebou tak, aby nedocházelo k překrývání jednotlivých plodin stejnými plodinami a tím byla zabezpečena stabilizace výnosů (Úroda 2001). Osevním postupem rozumíme pravidelnost střídání jednotlivých plodin na daném pozemku, v daném časovém období (Neischl 2015). Od dob trvalého osídlení s pravidelným zemědělstvím hovoříme o tzv. zemědělských soustavách nebo též systémech. Systémy hospodaření jsou vyvíjeny soustavně s vývojem lidské populace a utvářejí se historicky tak, aby odpovídaly dané ekonomické a společenské situaci. Vlivem koncentrování lidí na určitých místech stoupala spotřeba potravin a jiných komodit. Důsledkem velké spotřeby a způsobu hospodaření na půdách byl rychlý úbytek půdní úrodnosti. Systémy hospodaření na zemědělských půdách se vyvíjeli následně: systémy hospodaření primitivní, úhorové a systémy střídání plodin (Křen et al. 2015).

3.6.2 Primitivní systémy hospodaření

Do primitivních systémů hospodaření se řadí systém stepní, systém žďárový a systém náplavový (Multimediaexpo.cz 2008).

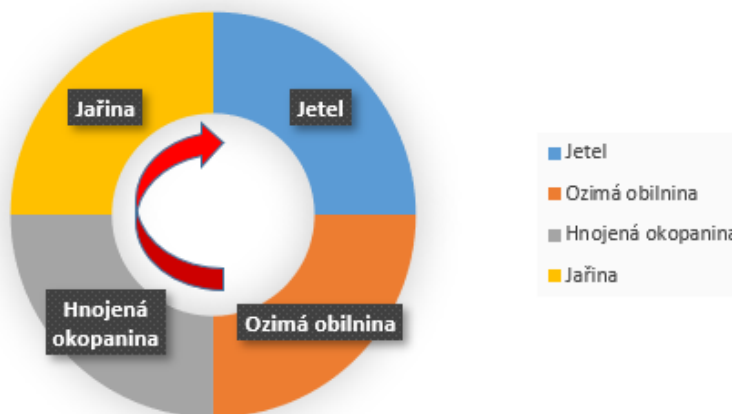
Stepní systém hospodaření byl vytvářen na místech trvalých travních porostů. Žďárový systém hospodaření byl vytvářen v zalesněných částech krajin a náplavový systém byl vytvářen v blízkostech říčních toků (Křen et al. 2015). Tyto systémy hospodaření byly časem nahrazeny systémy úhorovými, ze kterých postupně vznikaly systémy střídání plodin (Poláková et al. 2016).

3.6.3 Úhorové systémy hospodaření

Úhorové systémy hospodaření využívají tzv. úhoru ponechání pozemku ladem. Úhory plní v kulturních krajinách významnou roli jako místa útočišť různých druhů rostlin nebo živočichů v obdělávaných krajinách (Pančíková 2015). Úhorové systémy hospodaření byly rozděleny na systém dlouhodobých úhorů, systém krátkodobých úhorů a úhorový trojpolní systém. Postupem času se vytvářely vylepšené formy úhorového trojpolního systému při pěstování převážně obilnin, což vedlo k postupnému odstranění úhoru a následnému zániku trojpolního systému. Dodnes je systém úhorového hospodaření využíván v agrotechnických opatřeních v suchých oblastech některých zemí. Tato agrotechnická opatření plní funkci regulace škodlivých plevelů nebo zadržování vody v krajině (Křen et al. 2015).

3.6.4 Systémy hospodaření se střídáním plodin

Vlivem navyšování počtu obyvatelstva a zvyšováním spotřeby byl úhorový trojpolní systém nahrazen systémem hospodaření se střídáním plodin. Systém střídání plodin vznikl zařazením okopanin nebo luskovin místo úhuru mezi dvě pěstované obilniny. Finální podoba byla zformována Arturem Youngem pod názvem **Norfolkský osevní postup** (Křen et al. 2015). Sled plodin v norfolkském osevním postupu začíná jetelem, pokračuje ozimou obilninou, následuje hnojem hnojená okopanina a završuje jarní obilnina.



Graf 2 Norfolkský osevní postup (upraveno dle Šlachta)

Obdobným osevním postupem je **Kentský osevní postup**, v němž hnojenou okopaninu nahrazuje luskovina. Sled plodin v Kentském osevním postupu začíná jetelem, pokračuje ozimou obilninou, následuje luskovina a završuje jarní obilnina. Zavedení systémů hospodaření se střídáním plodin vedlo k podstatnému zvýšení výnosů všech pěstovaných plodin. Správně navržený osevní postup je i v dnešní době důležitým agrotechnickým opatřením, jímž lze stabilizovat náklady na rostlinnou výrobu (Neischl 2015).

Dosavadní čtyřhonné osevní postupy byly rozšiřovány až na osmihonné zejména kvůli špatné snášenlivosti pěstování jetele za sebou. Systém hospodaření se střídáním plodin byl ovlivněn tzv. **humusovou teorií** jejíž autorem byl Albert Thaer. Humusová teorie vyjadřuje, že humus je základní složkou půdy z hlediska její úrodnosti a společně s vodou je humus výživovou složkou rostlin. Dle Humusové teorie byly rostliny z hlediska působení na humus v půdách tříděny do dvou skupin. Rostliny zhoršující úrodnost půd (obilniny a plodiny pěstované na zrno) a rostlin zlepšující úrodnost půd (okopaniny, píce, luskoviny a některé olejniny). Principy střídání plodin byly založeny na střídání plodin zhoršujících půdní úrodnost a plodin zlepšujících půdní úrodnost shrnuté následně – do osevního postupu by nemělo být zařazeno více než 50 % obilnin, okopaniny a pícniny musí být zařazeny do osevního postupu a nemají se pěstovat obilniny po sobě (Křen et al. 2015).

Teorií způsobující pád teorie humusové byla **teorie minerální** jejíž autorem byl Justus von Liebig. Minerální teorie vyvrací dojem, že humózní složka v půdách přímo vyživuje rostliny a odhaluje že rostliny jsou vyživovány humózní složkou nepřímo. Výživovými složkami rostlin jsou plyny a prvky které jsou uvolňovány při rozkladu těchto humózních složek (Richter 2004). Minerální teorie vysvětlila princip výživy rostlin z organických hnojiv

a poukazovala na nutnost návratu živin odebraných sklizní zpět do půdy. Minerální teorie vypovídá o neschopnosti rostlin obohacovat půdu, protože s každou sklizní dochází k odvodu živin z půdy a vliv hospodaření se střídáním plodin zpomaluje proces při kterém je půda ochuzena o potřebné živiny. Vlivem minerální teorie na osevní postupy bylo omezení pěstování víceletých pícnin a porušování pravidelného systému střídání plodin (Křen et al. 2015).

V dnešní době je osevními postupy cíleno na zvyšování organické složky v půdách v souladu s minimalizačními, půdoochrannými technologiemi. Do osevních postupů jsou zařazovány s přednostním právem jeteloviny, luskoviny nebo jejich směsi za účelem využívání zeleného hnojení nebo využití podsevů a meziplodin. Osevní postupy v souladu s půdoochrannými technologiemi cílí na udržení nebo zvýšení úrodnosti půd, trvalí krycí vrstvu vegetace i v zimě, a především jako protierozní opatření. Plodiny jsou střídány tak že pěstování obilnin na jednom pozemku je umožněno pouze během dvou let. Plodiny, které mají malou konkurenceschopnost s plevely jsou střídány s plodinami, které mají vysokou konkurenceschopnost s těmito plevely. Plodiny, které měly kořeny jsou střídány s plodinami, které kořeny hluboko. Plodiny, které trpí náchylností na stejné škodlivé činitele jsou zařazovány v osevních postupech s dostatečným časovým odstupem v závislosti na škodlivém činiteli (Mistr & Čáp 2019).

3.6.5 Vliv osevních postupů na půdní vlastnosti

Rostliny nejvíce působící na půdu jsou rostliny, u kterých je kořenový systém velmi vyvinutý a zaručuje tak husté prokořenění půdy. Dále pak mají na půdu největší vliv rostliny tvořící velkou nadzemní biomasu v podobě listů a chránící tak půdu před přírodními vlivy. Dle kořenění rostlin a jejich nadzemní biomasy lze stanovovat zlepšující vlastnosti plodin vzhledem k půdě viz tabulky (Šimon & Lhotský 1989).

Tabulka 7 Hloubka zakořenění některých plodin (upraveno dle Šimon & Lhotský 1989)

<i>Hloubka zakořenění některých plodin</i>			
<i>Plodina</i>	<i>Hloubka zakořenění (m)</i>	<i>Plodina</i>	<i>Hloubka zakořenění (m)</i>
Vojtěška	2-10	Pšenice ozimá	0,2-0,3
Vičenec	2-10	Žito ozimé	0,3-0,4
Komonice	1,1-1,9	Ječmen jarní	0,2-0,3
Jetel luční	1,0-2,0	Oves	0,5-0,6
Lupina modrá	0,7-1,3	Cukrovka	2,0-2,5
Hrách setý	0,8-1,3	Kukuřice	1,2-1,8
Bob obecný	1,0-1,2	Len	0,1-0,2
Vikev setá	0,3-0,9	Řepka ozimá	1,1-3,2
Vikev huňatá	0,3-0,5	Slunečnice	1,2-1,5

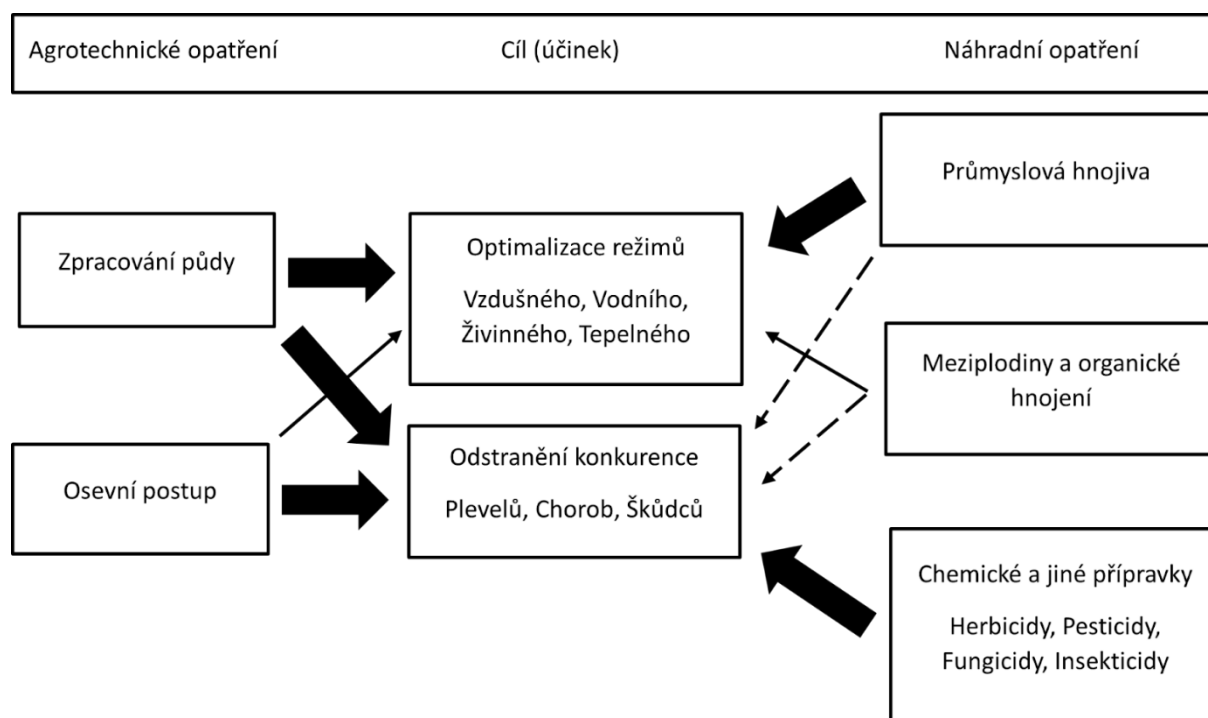
Tabulka 8 Velikost listové plochy některých plodin (upraveno dle Šimon & Lhotský 1989)

<i>Velikost (index) listové plochy u některých plodin</i>	
<i>Plodina</i>	<i>Index listové plochy (LAI) (v m² · m⁻²)</i>
Obilniny	6,0-8,0
Bob	3,5-4,5
Hrách	7,0-8,0
Kukuřice	2,5-5,0
Cukrovka	4,0-6,0
Krmná řepa	4,0-6,0
Brambory	2,5-3,5
Vojtěška	6,0-10,0
Jetel	5,5-8,0
Travní porosty	3,5-6,0

Plodiny s bohatým kořenovým systémem zlepšují fyzikální a chemickou půdní strukturu, ale také půdní biologickou skladbu, obzvláště v systému bezorebného hospodaření (Al-Kaisi et al. 2003). Střídání plodin má následný vliv na podporu, navyšování a dostupnost živin v půdách, což vede k nižší nákladovosti na aplikaci průmyslových hnojiv potřebných k doplnění výživových prvků zpět do půdy (Mallarino & Torres 2006). Zařazování pícnin do osevních postupů výrazně zlepšuje půdní pórovitost, což významně přispívá ke snížení erozních rizik. Rozkládající se kořenové systémy přispívají k navyšování humózní složky v půdách.

Střídáním rostlin s nízkým obsahem organické hmoty (sója) s rostlinami s vysokým obsahem organické hmoty (obilniny), výrazně ovlivňuje rozmanitost mikrobiální aktivity v půdách. Tyto aspekty mají za následek stabilní půdní strukturu, u které je snížena náchylnost vůči erozním vlivům (Padgett et al. 2012).

Společné působení osevního postupu a zpracování půdy mezi kterými je vztah má pozitivní účinek na půdní vlastnosti. Vztah mezi zpracováním půdy a osevním postupem lze vyjádřit následovně: čím je osevní postup bohatší o zastoupení hluboce kořenících rostlin a víceletých pícnin, tím se zvyšují účinky osevního postupu proti účinkům zpracování půdy a je tak možnost omezení zpracování půd. Společně s osevními postupy tvoří náhradu za zpracování půdy používání chemických a biologických přípravků, jakými jsou herbicidy, fungicidy insekticidy anebo průmyslově vyráběná hnojiva. Při uplatňování těchto opatření, nahrazujících zpracování půdy je nutné tato opatření zesilovat s úbytkem zpracování půd. Vzhledem k úbytku zpracování půd za účelem ochrany půdních zdrojů je nutné navyšování chemizace v rostlinné výrobě (Šimon & Lhotský 1989).



Obrázek 18 Schéma agrotechnických opatření a jejich možných náhrad (upraveno dle Šimon & Lhotský 1989)

3.7 Vliv Evropské unie na zpracování půdy snižováním emisí CO₂

V celosvětovém měřítku mají skleníkové plyny v atmosféře spolu s účinky oteplování planety vzrůstající tendenci. Oxid uhličitý, jako dominantní skleníkový plyn, se udrží v atmosféře země stovky let a jeho produkce je závislá na obhospodařování půdy. V současné době je cílem produkce dostatečného množství kvalitních potravin pro uspokojení lidstva a zároveň snížení emisí skleníkových plynů, které mají negativní dopad na globální oteplování planety, zavedením takových zemědělských postupů, které by vedly k udržitelnosti zemědělské výroby bez emisí. Systém minimálního zpracování půdy v zemědělství má pozitivní dopad na snižování spotřeby energie a emisí skleníkových plynů, zároveň tak zlepšuje kvalitu půdy, která je narušována orebnými technologiemi. Se zpracováním půdy do větších hloubek rostou emise CO₂, což způsobuje odchod od klasického způsobu hospodaření ke způsobu, který je založen na malé nebo žádné hloubce zpracování půdy (Valujeva et al. 2022).

Na základě zasedání Evropské rady v roce 2019 a 2020 je cílem Evropské unie snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů alespoň o 55 % a do roku 2050 být klimaticky neutrální, což znamená, že země Evropské unie musí najít jiné způsoby, které by měly nulové emise skleníkových plynů, a zároveň by přinesly hospodářský růst, nové trhy a pracovní místa a v neposlední řadě technologický vývoj. V roce 2021 byl přijat klíčový prvek evropské zelené dohody – **evropský zákon o klimatu**, který potvrzuje a zavazuje dodržet dané cíle spojené s neutralitou v roce 2050 a snížení emisí o více jak polovinu do roku 2030, zároveň zákon stanovuje opatření, která mají členské státy Evropské unie přijmout ke snížení emisí skleníkových plynů a dosažení tak klimatické neutrality (European Council, Council of the European Union 2023).

V závislosti na typu půdy, zpracování půdy i klimatických podmínkách, půda ztrácí uhlík v podobě emisí CO₂, proto veškeré zásahy do půdy, jakým je například kultivace, značně způsobují ubytok uhlíku v půdě a značné emise CO₂ v atmosféře (European Environment Agency 2022). Zpracování půdy urychluje proces úniku emisí CO₂ z půdy procesem narušení půdy a jejím provzdušněním. Dojde tak k výměně plynů mezi půdou a okolním prostředím. Studií vlivu zpracování půdy na emise CO₂ bylo zjištěno, že emise CO₂ byly o 19–41 % nižší u technologií zpracování půdy bez orby a o 24 % nižší při pokryvu půdy rostlinnými zbytky oproti technologiím nevyužívajícím ponechání rostlinných zbytků na povrchu ornice. Odhadovaný objem mineralizovaného uhlíku v půdě byl vlivem minimalizačních technologií snížen o 22–66 % (Mahdi et al. 2005).

Ke snížení emisí CO₂ a ukládání uhlíku do půdy by mohlo přispět tzv. **uhlíkové zemědělství**, které podporuje absorpci CO₂ do půdy ve formě vzduchu pomocí rostlin, které provádějí fotosyntézu. Trvalé travní porosty a jiné půdy, které jsou nechané ladem, ukládají větší množství uhlíku než půdy, které jsou obdělávané. U obdělávaných půd lze zlepšit příjem uhlíku do půdy střídáním plodin či trvalými plodinami s hlubokými kořeny, které v půdě zůstávají několik let. Mezi další opatření k lepší absorpci CO₂ patří zelené hnojení, používání víceletých pícnin (jetel, hrách), zvýšení přísunu organické hmoty v podobě kejdy či hnoje (Appunn 2022). Oxid uhličitý je produkován v půdě metabolismem kořenů rostlin, půdního edafonu a v malé míře i oxidací organických látek.

4 Závěr

Cílem této práce bylo na základě odborné literatury a jiných relevantních zdrojů porovnat konvenční (orebné) a minimalizační (půdoochranné) technologie zpracování půdy z hlediska jejich působení na půdu a její vlastnosti. Dále byl v práci popsán vliv využívání osevních postupů a střídání plodin na půdu a její vlastnosti.

Z porovnání konvenčních (orebných) a minimalizačních (půdoochranných) technologií zpracování půdy vyplynuly klady a zápory jednotlivých technologií a při posuzování těchto aspektů nebyl stanoven způsob zpracování půd, který by ve všech hodnocených aspektech výrazně převyšoval způsob zpracování půdy druhý. Každý z uvedených způsobů zpracování půdy působí pozitivně na mnoho aspektů souvisejících s půdou, její ochranou a dlouhodobou udržitelností, ale také tyto samotné způsoby mají v mnoha aspektech na půdu negativní vliv.

Mezi hlavní výhody konvenčního (orebného) zpracování půdy patří likvidace vytrvalých plevelů, podpora fytosanitárního efektu půdy, podpora mineralizace živin v půdě nebo rovnoměrné rozdělení organické hmoty v půdě. Orebné zpracování půdy snižuje objemovou hmotnost půdy, zvyšuje celkovou pórovitost, díky které dochází ke zvětšení vodní kapacity. Mezi hlavní nevýhody konvenčního (orebného) zpracování půdy patří náchylnost půd k vodní a větrné erozi, úbytek humózní složky v půdách, snižování počtu mikroorganismů vlivem velkých zásahů do půdy nebo utužování orniční vrstvy a podorničí. Orbou se půda nakypří a uvolní uhlík ve formě oxidu uhličitého, s častějšími zásahy do půdy dochází také k úbytku organické hmoty, což vede k následné nižší úrodnosti a erozi.

Mezi hlavní výhody minimalizačních (půdoochranných) technologií patří snížení vzniku erozního ohrožení půd, snižování nákladovosti na pracovní operace, obnovování půdní struktury nebo navyšování biologické složky půd vlivem minimálních zásahů. Mezi hlavní nevýhody minimalizačních technologií patří zvýšení nákladů na chemickou ochranu a průmyslová hnojiva, podpora šíření víceletých plevelů, vytváření vhodných podmínek pro škůdce a choroby. Dále okyselování povrchu půd vlivem pokryvu rostlinnými zbytky a vyšší působení fytotoxinů na rostliny. Minimalizační zpracování půdy působí na půdní vlastnosti opačným způsobem než konvenční zpracování půdy, dochází ke zvyšování objemové hmotnosti a snižování pórovitosti půdy. Půdy zpracovávané touto technologií jsou bohaté na obsahované množství organické hmoty, která nepodléhá oxidaci jako u orebných technologií. Nedochozí ke značnému poškození půdního edafonu, zároveň jsou tyto půdy náchylnější na okyselování vlivem rozkladu rostlinných zbytků pouze v horní vrstvě půdy.

Z popsaných vlivů využívání osevních postupů a střídání plodin vyplývá, že rostliny s bohatě vyvinutým kořenovým systémem zlepšují fyzikální vlastnosti půd, chemickou půdní strukturu, ale také její biologickou skladbu. Střídání plodin má následný vliv na podporu, navyšování a dostupnost živin v půdách, což vede k nižší nákladovosti na aplikace průmyslových hnojiv potřebných k doplnění výživových prvků zpět do půdy. Zařazením pícnin do osevních postupů je zlepšována půdní pórovitost, což výrazně přispívá ke snížení rizik vzniku erozí. Střídání rostlin s nízkým obsahem organické hmoty (sója) a rostlin s vysokým obsahem organické hmoty (obilniny) výrazně ovlivňuje rozmanitost mikrobiální aktivity v půdě. Tyto aspekty, u kterých je snížena náchylnost na vznik erozí, mají společně za následek stabilizaci půdní struktury.

Společné působení osevních postupů a zpracování půd, mezi kterými je vzájemný vztah, má pozitivní účinek na půdní vlastnosti. S ubývajícími technologiemi, které půdu důkladně zpracovávají a nárůstem technologií půdoochranných, které půdu zpracovávají minimálně nebo vůbec, je nutné využívání osevních postupů a střídání plodin. Dále je dobré pro fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy zařazování píce, jetelovin, trav, jetelotravních směsí, obilnin, luskovin do osevních postupů.

S rostoucím tlakem Evropské unie na snižování orebných technologií a zároveň na omezení používání chemických ochranných prostředků je zemědělství stavěno do bezvýchodné situace a je zapotřebí kompromisu mezi konvenčními a půdoochrannými technologiemi. Zpracování půd nebo vývoj nových technologií hospodaření s půdou, které budou splňovat aspekty minimálního zpracování půdy k zajištění ochrany půd před erozí a úbytkem půdní organické složky. Zároveň budou působit na choroby, škůdce a plevel takovým způsobem, aby bylo možné omezovat používání chemických prostředků na ochranu půd a společně bylo docíleno udržitelného zemědělství. Technologie splňující tyto aspekty by mohly být kombinací orby s půdoochranným zpracováním půdy v podobě kombinace systému ponechávání rostlinných zbytků na povrchu ornice v kombinaci s orbou, zařazenou každý třetí rok se zapravováním organických hnojiv a využíváním osevních postupů bohatých na předplodiny a mezplodiny s postupným střídáním zhoršujících a zlepšujících plodin.

5 Literatura

Agromanual.cz. 2020. Podmítka a podmítače. Kurent. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/podmitka-a-podmitace> (accessed 10/2022)

Agroportal.cz. 2021. V českých zemích vznikalo revoluční nářadí, poznejte historii techniky ke zpracování půdy, sázení a setí. Available from <https://www.agroportal24h.cz/clanky/v-ceskych-zemich-vznikalo-revolucni-naradi-poznejte-historii-techniky-ke-zpracovani-pudy-sazeni-a-seti> (accessed 8/2022)

Agropress.cz. 2016. Zemědělská půda – to nejcennější co máme! Available from <https://www.agropress.cz/zemedelska-puda-to-nejcennejsi-co-mame/> (accessed 10/2022)

Agrovenkov o.p.s. 2020. Podmítka a podmítače. Mendelova univerzita v brně, Brno. Available from <https://www.agrovenkov.com/2020/09/podmitka-a-podmitace/> (accessed 30.10.2022).

AGS Agrosortiment. Pluh nesený 2 radličný BOMET LYRA 2 x 20 cm. AGS. Available from <https://www.ags-shop.cz/cz/e-shop/2283143/c42041-pluhy-jednostranne/pluh-neseny-2-radlicny-bomet-lyra-2-x-20-cm.html>. (accessed 02/ 2023).

Al-Kaisi M, Hanna M, Tidman M. 2004. Crop rotation considerations for 2004 management season rotation. Iowa State University of Science and Technology.

Alletto Lionel, Coquet Yves. 2009. Temporal and spatial variability of soil bulk density and near-saturated hydraulic conductivity under two contrasted tillage management systems. *Geoderma*. **152**: 85 - 94.

Alvemar H, Anderson H, Pedersen HH. 2017. Profitability of controlled traffic in grass silage production – economic modelling and machinery systems. *Advances in Animal Biosciences*. **8**: 749-753.

Amami Roua, Ibrahim Khaled, Abrougui Khaoula, Hmila Amira, Chehaibi Sayed. 2019. Comparative Study of Soil Tillage Practices Effects on Hydraulic Conductivity and Bulk Density of a Sandy Loam Soil in Tunisia. *Aquamedia*. **3**: 1.

Appunn K. 2022. Carbon farming explained: the pros, the cons and the EU's plans. Journalism for the energy transition. Available from <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/carbon-farming-explained-pros-cons-and-eus-plans> (accessed 3/2023).

Bartušek M. 2012. Využití moderních podmítacích strojů při minimálním zpracování půdy [MSc. Thesis]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

Bednar. 2023. STRIP-MASTER EN řádkový kypřič pro pásové zpracování půdy. BEDNAR FMT s.r.o. Available from <https://www.bednar.com/strip-master/> (accessed 03/ 2023).

Belén M, Candel A, Lucas GI, Pedreno NJ, Zorpas AA. 2018. Physical properties of soils affected by the use of agricultural waste. Available from https://www.intechopen.com/chapters/61756?fbclid=IwAR1dO29TTSMKiBBWVWewWz0IQ8jHiIiF37M8DB4GfZzrDdExUjH1_GuHhVM (accessed 3/2023).

Beranová M, Kubačák A. 2010. Dějiny zemědělství v Čechách a na Moravě. Libri, Praha.

Bockheim JG, Gennadiyev AN, Hartemink AE, Brevik EC. 2014. Soil-forming factors and Soil Taxonomy. *Geoderma* **226-227**: 231-237.

Brant V. 2016. Pásové zpracování půdy (strip tillage). Profi Press, Praha.

Brant V. 2021. Základy zpracování půdy (5): Orba (I.). Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/zaklady-zpracovani-pudy-5-orba-i> (accessed 10/2022)

Brant V. 2021. Základy zpracování půdy (6): Orba (II.). Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-6-orba-ii> (accessed 2/2023).

Brant V. 2022. Základy zpracování půdy (12): Předsetová příprava – pracovní operace a mechanizační prostředky s pasivními pracovními nástroji (II.). Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-12-predsetova-priprava-pracovni-operace-a-mechanizacni-prostredky-s-pasivnim> (accessed 2/2023).

Britannica. 2023. Soil behaviour. Britannica.com. Available from <https://www.britannica.com/science/soil/Soil-behaviour> (accessed 03/ 2023).

Bronick CJ, Lal R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*. **124**: 2-22.

Brykharová M. 2013. Struktura a vývoj československého zemědělství s přihlédnutím ke specifickým českých zemí, Slovenska a Podkarpatské Rusi v letech 1918–1938 [BSc. Thesis]. Vysoká škola ekonomická v Praze, Praha.

Controlled traffic farming. 2015. What is CTF? [controlledtrafficfarming.com](https://www.controlledtrafficfarming.com/what-is-ctf) Available from <https://www.controlledtrafficfarming.com/what-is-ctf> (accessed 03/ 2023).

Český statistický úřad: Veřejná databáze. Bilance půdy – územní srovnání 2021. Available from <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt-vyhledavani&vyhltext=zem%C4%9Bd%C4%9Blsk%C3%A1+p%C5%AFda&bkvt=emVtxJtkxJtsc2vDoSBwxa9kYQ..&katalog=all&pvo=ZPR16> (accessed 10/2022)

Dane, K. 2016. Explain Inorganic Components of Soil. Owlgen.in. Available from <https://www.owlgen.in/explain-inorganic-components-of-soil/> (accessed 10/2022)

Daniels M. 2022. What is Silty Soil & How to Improve the Silt? Naturallist.com. Available from <https://naturallist.com/silty-soil/> (accessed 03/ 2023).

Elder WJ, Lal Ratan. 2008. Tillage effects on physical properties of agricultural organic soils of north central Ohio. *Soil and Tillage Research*. **98**: 208-210.

European Council, Council of the European Union. 2023. Available from <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/climate-change/> (accessed 3/2023).

European Environment Agency. 2022. Available from <https://www.eea.europa.eu/publications/soil-carbon> (accessed 3/2023).

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. Soil structure. Available from https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706e/x6706e07.htm#top (accessed 03/ 2023).

Formáček V. 2019. Porovnání minimalizačních a konvenčních technologií zpracování půdy [BSc. Thesis]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

Gasso V, Sorensen AGC, Oudshoorn WF, Green O. 2013. Controlled traffic farming: A review of the environmental impacts. *European Journal of Agronomy*. **48**: 66-73.

GeoPard Agriculture. 2019. What is the purpose of Strip-till farming. Geopard Agriculture. Available from <https://geopard.tech/blog/why-strip-till/#> (accessed 03/ 2023).

Gruber S, Claupain W. 2009. Effect of tillage intensity on weed infestation in organic farming. *Soil and tillage research* **105**: 104–111.

Hora P. 2011. Vztah teploty vzduchu a půdy různých půdních druhů. Český hydrometeorologický ústav, Brno.

Horák L. 2003. Předset'ová příprava půdy je náročná operace. *Úroda*. (7): 11- 13

Hůla J, Abrham Z, Bauer F. 1997. Zpracování půdy. Nakladatelství Brázda, Praha.

Hůla J, Kovaříček P, Vlášková M. 2009. Orba a alternativní způsoby hlubšího zpracování půdy. *Farmář*. 15: 42- 46.

Hůla J, Mayer V. 1999. Technologické systémy a stroje pro zpracování půdy. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha.

Hůla J, Procházková B, Kovaříček P, Dovrtěl J, Abrham Z, Neudert L, Hartman I, Mayer V, Vlášková M. 2004. Minimalizační a půdoochranné technologie. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha.

Hůla J, Procházková B. 2008. Minimalizace zpracování půdy. Profi Press, Praha.

Chan YK. 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity — implications for functioning in soils. *Soil and Tillage Research*. **57**: 179-191.

Chmi.cz. Půdní druhy – klasifikace půd podle textury (zrnitosti). Comet. Available from https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/runoff_cz/navmenu.php_tab_1_page_4.1.0.htm (accessed 03/ 2023).

Jeřábková, J. 2019. Proč je důležitá organická hmota v půdě. Biom.cz. Available from <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/proc-je-dulezita-organicka-hmota-v-pude>(accessed 2/2023).

Johnston. 2023. Soil and water conservation. Johnston County Agricultural Centre. North Carolina. Available from <https://www.johnstonnc.com/swc/content.cfm?pageid=tofcd> (accessed 03/ 2023).

- Karki NS. 2022. Soil Identification and it's Classification: Particle size, Textural, ISCS, USCS, and AASHTO soil classification system. Onlineengineeringnotes.com. Available from <https://onlineengineeringnotes.com/2022/05/11/soil-identification-and-its-classification-particle-size-textural-iscs-usc-and-aashtho-soil-classification-system/> (accessed 03/ 2023).
- Khursheed S, Simmons CH, Wani AS, Ali T, KS Raina, RG Najar. 2019. Conservation tillage: impacts on soil physical conditions – an overview. Plants a agriculture Research. Available from https://medcraveonline.com/APAR/conservation-tillage-impacts-on-soil-physical-conditionsndashan-overview.html?fbclid=IwAR0zneWwEulPk6YIPS_t04yJWhs7xmF3cPA5glCWdnGptqRx11z4A5p4ys (accessed 3/2023).
- Kladivko E. 2001. Tillage systems and soil ecology. Soil and Tillage Research **61**: 61-76.
- Klas M. 2015. Rigolace jako způsob formátování půdních horizontů v hloubce větší než 30 cm. Zemědělská společnost Chrášťany. Available from <https://www.zsch.cz/news/rigolace-chmele-pred-orbou/> (accessed 02/ 2023).
- Kopecký M. 2014. Předset'ová příprava půdy a regulace plevelů. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. Available from <https://docplayer.cz/22125520-Predsetova-priprava-pudy-a-regulace-plevelu.html> (accessed 02/ 2023).
- Kovaříček P, Hůla J, Nýč M, Abrham Z, Pražan R, Čedík J, Gerndtová I, Stehlík M, Vlášková M. 2017. Užití kypričů v technologiích zpracování půdy bez orby. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha.
- Krátká P. 2014. Půdní organická hmota, její složky a důvody, proč je nutno tyto složky rozlišovat [BSc. Thesis]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.
- Křmářiková L. 2021. Nedostatek živin v půdě. Jak poznat, co rostlinám chybí? [levnepostriky.cz](https://www.levnepostriky.cz/). Available from <https://www.levnepostriky.cz/aktuality/nedostatek.zivin.v.pude.jak.poznat.co.rostlinam.chybi> (accessed 03/ 2023).
- Krevh, V. Water in soil. Pinova meteo. Available from https://pinova-meteo.com/en_UK/blog/water-in-soil (accessed 10/2022)
- Kroulík M, Hůla J, Šindelář R, Illek F. 2007. Water Infiltration into Soil Related to the Soil Tillage Intensity. Soil e Water Res. **1**: 15-24.
- Křen J, Neudert L, Procházková B, Smutný V, Hůla J, 2015. Obecná produkce rostlinná – Druhá Část – Zpracování půdy, Herbologie. Mendelova univerzita v brně, Brno.
- Kus J, Lipiec J, Jurkiewicz SA, Nosalewicz A. 2006. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. Soil and Tillage Research. **89**: 210-220.
- Kvěch O, Škoda V. 1985. Současné a perspektivní způsoby zpracování půdy. Skriptum VŠZ v Praze, Praha.

KWS. 2023. Technologie základního zpracování půdy. KWS Osiva s.r.o. Available from <https://www.kws.com/cz/cs/poradenstvi/zakladani-porostu/zpracovani-pudy/technologie-zakladniho-zpracovani-pudy/> (accessed 03/ 2023).

Láznička J, Michálek V. 2012. Historie zemědělské techniky v českých zemích. Profi Press, Praha.

Ledvina, R. a kol. 2000. Geologie a půdoznalství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

Lhotský J. 2006. Minimum z pedologie. Farmář 12:74.

LibreTexts, 2021. Soil Composition. Available from [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Microbiology/Book%3A_Microbiology_\(Boundless\)/16%3A_Microbial_Ecology/16.2%3A_Soil_and_Plant_Microbiology/16.2A%3A_Soil_Composition](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Microbiology/Book%3A_Microbiology_(Boundless)/16%3A_Microbial_Ecology/16.2%3A_Soil_and_Plant_Microbiology/16.2A%3A_Soil_Composition) (accessed 10/2022)

Limousin Guillaume, Tessier Daniel. 2007. Effects of no-tillage on chemical gradients and topsoil acidification. Soil and Tillage Research **92**: 167-174.

Lipiec J, Kus J, Jurkiewicz SA, Nosalevicz A. 2006. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. Soil and Tillage Research. **89**: 210-220.

Mahdi M, Kaisi AL, Yin Xinhua. 2005. Tillage and Crop Residue Effects on Soil Carbon and Carbon Dioxide Emission in Corn–Soybean Rotations. Journal of environmental Quality. **34**: 403 -723.

Mach V. 2019. Porovnání orebné a bezorebné technologie zpracování půdy z hlediska zhutnění [BSc. Thesis]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice.

Mallarino AP, Tores EO. 2006. Grain Yield of Corn, Soybeans, and Oats as Affected by Crop Rotation and Nitrogen Fertilization for Corn. Iowa State Research Farm Progress Reports.

Martinec, P. 2017. Hospodaření s půdou ve školkařských provozech: Sborník příspěvků z celorepublikového semináře. Sdružení lesních školkařů ČR, Available from http://www.vulhmpop.cz/download/Sbornik_Trebic_2017.pdf#page=36 (accessed 10/2022)

Mašek J. 2004. Hospodaření s půdou. Farmář. 10: (7).

Mašek J. 2015. Vliv technologie zpracování půdy na její vlastnosti. AGROjournal. Available from <https://www.agrojournal.cz/clanky/vliv-technologie-zpracovani-pudy-na-jeji-vlastnosti-43> (accessed 03/ 2023).

Metlík, P. 2016. Stručný úvod do pedologie a pedografie pro geografy. Available from https://kge.zcu.cz/vyuka2/pudy_uvod.pdf (accessed 10/2022)

Michalíková H. 2020. Půdní reakce – pH. Pěstík.cz. Available from <https://www.pestik.cz/module/csblog/post/515-5-pudni-reakce-ph.html#gref> (accessed 03/ 2023).

Mistr M, Čáp P. 2019. Ochrana půdy a udržitelné způsoby hospodaření. Zemědělský svaz ČR, Praha.

Multimediaexpo.cz. 2008. Zemědělská půda. Multimediaexpo.cz. Available from http://www.multimediaexpo.cz/mmecz/index.php/Zem%C4%9Bd%C4%9Blsk%C3%A1_p%C5%AFda (accessed 03/ 2023).

My jsme to nezvdali. 2017. Kolektivizace. Post Bellum. Available from <https://www.myjsmetonevzdali.cz/temata/nastup-komunismu-a-padesata-leta/kolektivizace/> (accessed 10/2022)

Natsis A, Papadakis G, Pitsilis J. 1999. The influence of soil type, soil water and share sharpness of a mouldboard plough on energy consumption, rate of work and tillage quality. *Journal of agricultural engineering research*. **72**: 171-176.

Nejschl A. 2015. Vliv střídání plodin na aktuální zaplevelení [DSc. Thesis]. Mendelova univerzita v Brně. Brno.

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 03. 2023).

Novák P. 2019. Zpracování půdy a zakládání porostů v podmínkách probíhající klimatické změny – nové technologie a jejich aplikace pro omezení projevů eroze a dalších negativních jevů. České technologická platforma pro zemědělství. Available from https://www.ctpz.cz/vyzkum/zpracovani-pudy-a-zakladani-porostu-v-podminkach-probihajici-klimaticke-zmeny-nove-technologie-a-jejich-aplikace-pro-omezeni-projevu-eroze-a-dalsich-negativnich-jevu-965?fbclid=IwAR3SYCOJUpYvMNM_-2fCdrEx-oluIBWAp5afqzd3dOyj25LAY8XrzACcCxw (accessed 03/ 2023).

Padgett G, Billy RL, John K, Stephenson OD, Boquet DJ, Hutchinson RL. 2012. Louisiana Conservation Tillage Handbook. LSUAgCenter.com, Louisiana.

Pančíková J. 2015. Úhorové hospodaření na půdě, ano, či ne? Úroda. Available from <https://uroda.cz/uhorove-hospodareni-na-pude-ano-ci-ne/> (accessed 03/ 2023).

Pokorný E, Šarapatka B, Hejátková K. 2007. Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku. ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, Náměšť nad Oslavou.

Poláková Š, Němec P, Prášková L, Kubík L, Sušil A. 2016. Bazální Monitoring zemědělských půd, obsah rizikových prvků. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno. Available from https://eagri.cz/public/web/file/478795/ZZ_Prvky_BMP_final.pdf (accessed 03/ 2023).
Researchgate. 2020. Conservation tillage. Researchgate GmbH. Available from https://www.researchgate.net/figure/Conservation-tillage_fig5_324979572 (accessed 03/ 2023).

Dvoskin D, Heady OE. 1977. REDUCED TILLAGE VS. CONVENTIONAL TILLAGE. ScienceDirect. Available from <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/reduced-tillage> (accessed 03/ 2023).

Researchgate. 2022. Weed management in Ridge Tillage Systems – A Review. Available from https://www.researchgate.net/figure/Schematic-description-of-ridge-tillage-with-crops-placed-on-top-of-the-re-compacted_fig1_359861220 (accessed 03/ 2023).

Richter R. 2004. Historický vývoj výživy a hnojení rostlin. Ústav agrochemie a výživy rostlin v Brně. Brno. Available from https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/historie/a_index_historie.htm (accessed 03/ 2023).

Rillig MC, Mummey DL. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*. **171**: 41-53.

Sare Outreach. 2001. Ridge-till planter. Sustainable Agriculture Research and Education. Available from <https://www.sare.org/publications/steel-in-the-field/row-crop-tools/ridge-till-planter/> (accessed 03/ 2023).

Sare Outreach. 2020. Conservation Tillage Systems in the Southeast. Sustainable Agriculture Research and Education. Available from <https://www.sare.org/publications/conservation-tillage-systems-in-the-southeast/foreword-4/> (accessed 03/ 2023).

Sare Outreach. 2023. Ridge Tillage. Sustainable Agriculture Research and Education. Available from <https://www.sare.org/sare-category/crop-production/conservation-tillage/contour-farming/ridge-tillage/> (accessed 03/ 2023).

Schneiderová Š. 2017. Vybrané hydrofyzikální parametry jako indikátory kvality půdy [BSc. Thesis]. Vysoké učení technické v Brně, Brno.

Soilsportal. Soil air: breathing in and out. Available from <https://soils.landcareresearch.co.nz/topics/understanding-soils/what-is-soil/soil-air/> (accessed 10/2022)

Sokolowski AC, McCormick BP, Grazia JD, Wolski JE, Rodríguez HA, Rodríguez-Frers EP, Gagey MC, Debelis SP, Paladino IR, Barrios MB. 2020. Tillage and no-tillage effects on physical and chemical properties of an Argiaquoll soil under long-term crop rotation in Buenos Aires, Argentina. *International Soil and Water Conservation Research*. **8**: 185-194.

Starfos. 2010. Controlled traffic farming. [Starfos.tacr.cz](https://starfos.tacr.cz). Available from <https://starfos.tacr.cz/cs/result/RIV%2F60460709%3A41310%2F10%3A22511> (accessed 03/ 2023).

Steponavičienė Vaida, Bogužas V, Sinkevičiene Aušra, Skinulienė Lina, Vaisvalavičius Rimantas, Sinkevičius Alfredas. 2022. Soil Water Capacity, Pore Size Distribution, and CO₂ Emission in Different Soil Tillage Systems and Straw Retention. *Plants*. **5**: 614.

Szostek M, Szpunar-Krok E, Pawlak R, Stanek-Tarkowska J, Ilek A. 2022. Effect of Different Tillage Systems on Soil Organic Carbon and Enzymatic Activity. *Agronomy*. **12**: 208

Šarapatka B, a kolektiv. 2021. Půda – přehlížené bohatství. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.

Šimek M. 2019. Živá půda. Academia, Praha.

Šimon J, Lhotský J, a kolektiv. 1989. Zpracování a zúrodnování půd. Státní zemědělské nakladatelství. Praha.

Šnobl J, Pulkrábek J, a kolektiv. 2005. Základy rostlinné produkce. Skriptum České zemědělské univerzity v Praze, Praha.

Tamirat TW, Pedersen SM, Farquharson RJ, Bruin S, Forristal PD, Sorensen CG, Nuyttens D, Pedersen HH, Thomsen MN. 2022. Controlled traffic farming and field traffic management: Perceptions of farmers groups from Northern and Western European countries. *Soil and Tillage Research*. **217**: 105288.

The Furrow. 2022. Controlled traffic farming is a win. Available from <https://thefurrow.co.uk/controlled-traffic-farming-crop-yields-profitability/> (accessed 03/2023).

Toman M, Coudl S, Tuček P. 2012. České zemědělství očima těch, kteří u toho byli. EKON, družstvo, Praha.

TractorJunction. 2021. Tractor Ploughing – Benefits of Ploughing Equipment in Farming. Available from <https://www.tractorjunction.com/blog/tractor-ploughing-benefits-of-ploughing-equipment-in-farming/> (accessed 10/2022)

UC Sustainable Agriculture Research and Education Program. 2017. Conservation Tillage. UC Division of Agriculture and Natural Resources. Available from <https://sarep.ucdavis.edu/sustainable-ag/conservation-tillage> (accessed 03/2023).

University of Illinois College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences. 2016. Soil microbes flourish with reduced tillage. ScienceDaily. Available from <https://www.sciencedaily.com/releases/2016/10/161004125836.htm> (accessed 3/2023)

Úroda. 2001. Minimalizace zpracování půdy ve vyšších polohách. Profi Press. Available from <https://uroda.cz/minimalizace-zpracovani-pudy-ve-vyssich-polohach/> (accessed 03/2023).

Úroda. 2001. Význam osevních postupů v současné době. Profi Press. Available from <https://uroda.cz/vyznam-osevnich-postupu-v-soucasne-dobe/> (accessed 03/2023).

Václavík F. 1996. Minimalizace zpracování půdy – Základ prosperity rostlinné výroby v České republice. Monsanto ČR, Brno

Václavík F. 1996. Minimalizace zpracování půdy – základ prosperity rostlinné výroby v České republice. Zamyšlení nad rostlinnou výrobou. Available from http://www.agris.cz/Content/files/main_files/62/140462/VACLAV96.pdf (accessed 03/2023).

Vach M. 2019. Využívejme více půdoochranné technologie. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vyuzivejme-vice-pudoochranne-technologie> (accessed 03/2023).

Valujeva K, Pilecka-Ulcugaceva J, Skiste O, Liepa S, Lagzdins A, Grinfelde I. 2022. Soil tillage and agricultural crops affect greenhouse gas emissions from Cambic Calcisol in a temperate climate. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, **72**: 835-846.

Vanderlinden C. 2022. Understanding Clay Soil and How to Improve It. Thespruce.com. Available from <https://www.thespruce.com/understanding-and-improving-clay-soil-2539857> (accessed 03/2023).

Vari. 2017. Zpracování půdy – část první. Vari, a.s. Available from <https://www.vari.cz/rady-a-navody/rady-do-zahrady/zpracovani-pudy-cast-prvni/art:41214/> (accessed 02/2023).

Veacom. 2022. Zemědělské stroje – nejznámější druhy. Available from <https://www.veacom.cz/cs/blog/zemedelske-stroje-nejznamejsi-druhy-8> (accessed 03/ 2023).

Wreglesworth R. 2023. How Does Ploughing Release Carbon? – Causes and Potential Solutions. Innovate eco. Available from https://innovate-eco.com/how-does-ploughing-release-carbon-causes-and-potential-solutions/?utm_content=cmp-true (accessed 3/2023)

Yongjie M, Zhiqian L, Kaige Z, Bangyao L, Wende Z, Yanming G, Jianshe L, Xueyan Z. 2021. Effects of Plough Layer Thickness on Soil Nutrients and Cucumber Root Development. *Scientia Horticulturae*. **290**: 110498

Younesi Alamouti M, Navabzedeh M. 2007. Investigation of Plowing Depth Effect on Some Soil Physical Properties. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. **10**: 4510-4514

Zeman K. 2013. Vývoj vlastnictví k půdě a souvisejících procesů na území ČR od roku 1918 do současné doby. *Oeconomica*, Praha.

Zemědělec. 2009. Orba a minimalizační technologie. Profipress. Available from <https://zemedelec.cz/orba-a-minimalizacni-technologie/> (accessed 03/ 2023).

Zemědělec. 2011. Trendy jarní přípravy půdy a setí. Profipress. Available from <https://zemedelec.cz/trendy-jarni-pripravy-pudy-a-seti-2/> (accessed 02/ 2023).