

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů



Diplomová práce

**Technologické postupy pro cílené nakládání s vodou
v půdě**

Bc. Michal Živný

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michal Živný

Zemědělské inženýrství
Zemědělská technika

Název práce

Technologické postupy pro cílené nakládání s vodou v půdě.

Název anglicky

Technological procedures for targeted management of soil water.

Cíle práce

Hypotéza: Technologie zpracování půdy výrazně ovlivní vodní režim v půdě se zásadním dopadem na výnos polních plodin.

Pro vybrané technologie zpracování půdy a setí a pěstované rostliny sledovat a vyhodnotit dopady na dostupnost vody pro rostliny v průběhu vegetace a infiltraci vody do půdy.

Metodika

Práce bude hodnotit technologie zakládání porostů polních plodin s ohledem na hospodaření s vodou v půdě.

Zpracování literární rešerše zaměřené na zpracování půdy a vodní režim v půdě. Metodický popis polních pokusů a měření, výběr pozemků a plodin.

Založení polních poloprovozních pokusů.

Instalace čidel vodního potenciálu a teploty do půdy na vybraná stanoviště.

Sledování vývoje a hodnocení porostu v počátečních fázích růstu.

Sledování výnosotvorných prvků a výnosu plodin.

Ekonomické zhodnocení vybraných technologií.

Statistické zpracování dat, diskuse výsledků a závěr.

Doporučený rozsah práce

50-60 stran včetně tabulek, obrázků a grafů

Klíčová slova

Zpracování půdy; infiltrace; vodní potenciál půdy; výnos

Doporučené zdroje informací

BRANT, V. – BEČKA, D. – CIHLÁŘ, P. – FUKSA, P. – HAKL, J. – HOLEC, J. – CHYBA, J. – JURSIK, M. – KOBZOVÁ, D. – KRČEK, V. – KROULÍK, M. – KUSÁ, H. – NOVOTNÝ, I. – PIVEC, J. – PROKINOVÁ, E. – RŮŽEK, P. – SMUTNÝ, V. – ŠKEŘÍKOVÁ, M. – ZÁBRANSKÝ, P. Pásové zpracování půdy (strip tillage) : klasické, intenzivní a modifikované. Praha: Profi Press s.r.o., 2016, 135s. ISBN 978-80-86726-76-2.
MORGAN, R P C. *Soil erosion and conservation*. Malden: Blackwell, 2005. ISBN 1-4051-1781-8.
TITI, A E. *Soil tillage in agroecosystems*. Boca Raton: CRC, 2003. ISBN 978-0849312281.
WHITE, R E. *Principles and practice of soil science : the soil as a natural resource*. Oxford ; Malden: Blackwell Science, 2006. ISBN 0-632-06455-2.

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 12. 2. 2020

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 11. 05. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Technologické postupy pro cílené nakládání s vodou v půdě" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.5.2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Milanovi Kroulíkovi, Ph.D. za jeho odborné rady, vstřícnost, pomoc a čas, který mi věnoval při zpracování této diplomové práce. Dále děkuji své rodině za projevenou podporu a poskytnuté zázemí.

Technologické postupy pro cílené nakládání s vodou v půdě

Abstrakt

Tato diplomová práce řeší problematiku předseťové přípravy půdy pro šikořádkové plodiny. Dále se zabývá dopady rozdílných technologií předseťové přípravy na dostupnost vody pro rostliny. Testovaná technologie vynechává standartní předseťovou přípravu půdy a nahrazuje ji pásovým kypřením. Pokus byl prováděn na porostech kukuřice seté a vyhodnocovány byly dopady na výnos a vývoj rostlin. V závěru se nachází také ekonomické zhodnocení nové technologie, které je důležitým parametrem při rozhodování o zavedení nové technologie do praxe.

Klíčová slova: Zpracování půdy; infiltrace; vodní potenciál půdy; výnos

Technological procedures for targeted management of soil water.

Abstract

This thesis is about pre-sowing tillage for wide line crop. Further it also deals with the impacts of different pre-sowing technologies tillage for availability water for plants. The tested technology omits the standard pre-sowing tillage and replaces it with belt loosening. The experiment was performed on corn and the impacts on plant yield and growth were evaluating. In the end, there is also an economic evaluation of the new technology, which is an important parameter in deciding on the introduction of new technology in practice.

Keywords: Tillage; infiltration; soil water potential; yield

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Literární rešerše	2
2.1	Základní postup pracovních operací na polním pozemku	2
2.2	Podmítka	2
2.3	Konvenční zpracování půdy	4
2.3.1	Orba.....	4
2.3.2	Předset'ová příprava	7
2.3.3	Setí	7
2.4	Minimalizační technologie	8
2.4.1	Ekologické důvody	8
2.4.2	Ekonomické důvody	9
2.4.3	Stroje využívané při minimalizačních technologiích.....	10
2.5	Půdoochranné technologie	18
2.5.1	Reduced-Tillage	19
2.5.2	No-Tillage – Přímé setí	19
2.5.3	Mulch-Tillage – Zpracování půdy s využitím mulče.....	20
2.5.4	Ridge-Tillage – Zpracování půdy s vytvořením hrůbků	22
2.5.5	Strip-Tillage – Pásové zpracování půdy	23
2.5.6	Meziplodiny	26
2.5.7	Pomocné plodiny.....	27
2.6	Voda v půdě	30
2.6.1	Vlhkost půdy	31
2.6.2	Vodní potenciál	32
2.6.3	Režimy půd	35
2.6.4	Půdní hydrolimity	37

3	Cíl práce	40
4	Metodika práce	40
4.1	Představení podniku	40
4.2	Plánované inovace	41
4.2.1	Kombinátor Great Plains Disc-o-vator	41
4.2.2	Kypřič P&L Multi Cropper	42
4.2.3	Secí stroj Väderstad Tempo V	44
4.3	Založení polního pokusu 2019	45
4.3.1	Měření vodního potenciálu půdy	45
4.4	Založení polního pokusu 2020	49
4.4.1	Pozemek 0002/6 U sušárny	51
4.4.2	Pozemek 0401/4 Za horní cestou	52
5	Hodnocení pokusů	53
5.1	Dostupnost vody pro rostliny, vodní potenciál půdy	53
5.2	Pokus na pozemku 0002/6 U sušárny	56
5.3	Pokus na pozemku 0401/4 Za horní cestou	69
5.4	Ekonomické hodnocení	75
6	Diskuse	77
7	Závěr	80
8	Zdroje	82
9	Seznam grafů	93
10	Seznam tabulek	94
11	Seznam obrázků	95

1 Úvod

Obecně je pásové zpracování půdy (strip-tillage) definováno jako zpracování půdy v pruzích ve směru řádků vysévané plodiny. Aby bylo pásové zpracování půdy uznáno jako půdoochranná technologie, nesmí prokypřená plocha přesahovat více než jednu čtvrtinu povrchu pozemku. Principem pásového zpracování je kombinace výhod plošného zpracování půdy a setí do nezpracované půdy [1].

Při pěstování kukuřice i dalších širokořádkových plodin se považuje za perspektivní zpracování půdy v pásech (strip-tillage). Kypří se pouze pruhy v místech budoucích řádků plodiny, v meziřádcích zůstává půda bez zpracování – pro vyšší protierozní účinnost je vhodné, aby v meziřádcích byl mulč [2].

Ještě do nedávné doby se při zakládání porostů polních plodin převážně vycházelo z konvenčního způsobu a to základního zpracování, předseťové přípravy půdy s následným setím plodiny. Ustálené sledy pracovních operací konvenčního zpracování půdy se uplatňovaly bez velkých odchylek téměř na všech stanovištích našeho státu bez ohledu na odlišné podmínky na jednotlivých pozemcích. Podstata zjednodušených způsobů zakládání porostů plodin spočívá v tom, že se již při zakládání porostů nejedná o oddělené agrotechnické postupy, ale jde o ucelenou technologii založení porostů [3].

Spojováním pracovních operací se omezuje počet jízd po pozemcích a tím i nechtěné zhutňování půdy. Spojení pracovních operací se naskýtá v průběhu přípravy půdy a setí. V současné době je již k dispozici celá řada strojů nové generace, nebo kombinace strojů umožňujících zpracovat půdu a kvalitně připravit seťové lůžko včetně zasetí plodiny v rámci jediné pracovní operace. Dochází zároveň i k úspoře pohonných hmot a pracovního času [4].

Dlouhodobě je prokázáno, že zhutnění ornice a podorničí negativně ovlivňuje ekonomiku pěstebních technologií a v konečném efektu se odráží v nižší produkci pěstovaných plodin. Správným využíváním půdoochranných technologií, mezi které se řadí také pásové zpracování půdy lze minimalizovat přejezdy zemědělské techniky po polích a v důsledku vyšší únosnosti půdy také snížit i jejich nepříznivý dopad na půdní utužení. Při pohledu na minulé roky, které byly suché a nebyl dostatek vláhy, se do praxe stále více rozšiřuje právě pásové zpracování půdy. Tato technologie, která je rozšířena především při pěstování kukuřice, je významným přínosem k protierozní ochraně půdy a zadržení vody v půdě [5].

2 Literární rešerše

2.1 Základní postup pracovních operací na polním pozemku

Vhodnou volbou sledu a způsobu pracovních operací lze velice výrazně ovlivnit výnos pěstované plodiny. Při rozhodování jak a jaké operace provádět je nutné zohlednit zejména půdní a klimatické podmínky. Nelze také opomenout vliv předplodiny či meziplodiny. Nedílnou součástí rozhodování je také finanční a časová náročnost technologie a schopnost jejího provedení v agrotechnických termínech [6].

Z hlediska zpracování půdy a pěstování plodin můžeme rozdělit pracovní operace na polích do dvou skupin. Tou první je klasické konvenční zpracování půdy pomocí pluhu s následným urovnáním pozemku a setím. Do druhé skupiny řadíme minimalizační a půdoochranné technologie. Tyto technologie spočívají zejména v ponechávání rostlinných zbytků na povrchu půdy a v kypření půdy, ať už mělkém nebo hlubokém a následném setí [7].

Obě skupiny pracovních postupů mají své klady i zápory, které rozeberu v této rešerši.

2.2 Podmítka

Podmítkou se rozumí pracovní operace, která se provádí co nejdříve po sklizni předplodiny. Jedná se o prokypření svrchní části půdy do hloubky 80-150 mm. Podmítka je prováděna za účelem hospodaření s vodou v půdě, likvidace plevelů a jejich semen. Rozrušením vrchní vrstvy půdy dojde k přerušování kapilár a tím zamezíme vztlínání půdní vlhkosti a následnému odparu. Prokypřená vrstva má také mnohem lepší infiltrační schopnost. Při prokypření dochází k částečnému zapravení posklizňových zbytků a mechanické likvidaci plevelů. Zapravená semena plevelů a také semena předplodiny mají dobrý styk s půdou, čímž je podpořeno jejich klíčení a růst. Dochází tak k vytvoření další organické hmoty, kterou později můžeme zapravit do půdy např. orbou. Část posklizňových zbytků zůstává na povrchu půdy a funguje jako mulč, který pozitivně ovlivňuje odpařování vody a také vodní i větrnou erozi půdy. V neposlední řadě dochází ke zlepšení podmínek pro činnost aerobní mikroflóry a ke snížení spotřeby energie při dalších pracovních operacích [8].

Vzhledem k tomu, že obilná sláma má vysoký poměr C:N (80-90:1) je důležité hlediska podpory procesu rozkladu slámy a zamezení vzniku dusíkové deprese aplikovat před podmítkou 10-15 kg dusíku na každou tunu slámy [9] [10].

Některé druhy jednoletých plevelů se přizpůsobily a v období vyšších teplot neklíčí, protože právě teplé a suché dny jsou pro přežití klíčících plevelů nejhorší. Proto ani podmítka

často nezaručí klíčení některých druhů semen a nemá na ně prakticky žádný vliv. Do této skupiny patří zejména přezimující a časně jarní plevelle [11].

Pouze strniště po řepce ozimé není vhodné podmítat ihned po sklizni, zvláště pak v oblastech s dostatkem srážek a zásobou vody v půdě. Provedení podmítky ihned po sklizni ozimé řepky se projevilo na zvýšení počtu dormantních semen řepky v půdní zásobě oproti pozemkům, na kterých byla podmítka provedena dva až čtyři týdny po sklizni. U semen řepky zapravených do půdy, se v díky snížení vlhkosti půdy, působení vysokých teplot a nedostatku světla vytváří sekundární dormance. Tato zapravená semena tedy nevyklíčí, ale zůstávají dlouhou dobu v půdě a následně zaplevelují porosty budoucích plodin. Proto je důležité s podmínkou počkat, až do doby, kdy vyklíčí většina semen [9].

K podmítce využíváme několik druhů strojů. Jsou to podmítací pluh (dnes se příliš nepoužívají) a dále talířové a radličkové kypřiče, někdy také nazývané podmítače. Jak je již z názvu patrné, užívají tyto stroje pro kypření talíře nebo radličky, často se však jedná o stroje, které kombinují talíře, radličky případně ještě utužovací válec. Talíř se při pohybu stroje vpřed otáčí a vynáší půdu ze spodních vrstev na povrch, čímž dochází k jejímu mísení a kypření [11].

Oproti tomu radličkové stroje pracují s radličkami, které mohou být opatřeny křídélky. Křídélka zintenzivňují kypření půdy a její mísení s organickými zbytky. Pro správnou činnost těchto strojů je nutná určitá pojezdová rychlost, která se obvykle pohybuje okolo 10-12 km/h. Při vývoji a konstrukci těchto strojů je dbáno jednak na kvalitu prováděné práce, ale také na dosažení co nejnižšího tahového odporu a tím i snížení nákladů na pohonné hmoty a požadavků na tahovou sílu traktoru [12].

Některé podmítače mohou být dovybaveny strojem pro přívěs meziplodiny nebo krycí plodiny, což je velice výhodné, pokud tyto plodiny zařazujeme do osevního postupu. Nejčastěji se jedná se o malé kotoučové rozmetadlo, které je umístěno uprostřed stroje a osivo je rozmetacím kotoučem dávkováno přímo před radličky, talíře, popřípadě utužovací válec. Dochází tak k zapravení osiva do půdy, což podporuje rychlost vzcházení porostu. Druhou možností je použití jednoduchého pneumatického secího stroje. Osivo je semenovody opět dopravováno k pracovním částím podmítače, kde dochází k jeho zapravení do půdy. Semenovody končí přibližně 30 cm nad povrchem půdy a na jejich koncích jsou osazeny rozhazovací plechy kulovitého tvaru, které zajistí rovnoměrné rozprostření osiva po celém záběru stroje. Protože se měrný výsevek řady meziplodin pohybuje v řádech maximálně desítek kilogramů (např. hořčice bílá: 15-22 kg/ha, svazenka vrtičolistá: 8-12 kg/ha) [13], používají

se nejčastěji zásobníky o objemu 200-400 l. Výjimkou jsou samozřejmě plodiny jako bob obecný, nebo lupina bílá, u kterých je měrný výsevek několikanásobně vyšší. Zajímavostí těchto strojů je jejich pohon, jenž je realizovaný na většině strojů elektricky. Elektromotory pohání výsevní ústrojí, ventilátor, popř. rozmetací kotouč a k jejich ovládání je dodáván samostatný terminál, nebo komunikují s traktorem prostřednictvím ISOBUS. [14]

Podmítka obvykle zařazujeme do konvenčního i minimalizačního způsobu obdělávání, proto je uvedena v popředí.

2.3 Konvenční zpracování půdy

2.3.1 Orba

Orba se řadí od nepaměti mezi základní pracovní operace prováděné na poli. V historii se půda před setím připravovala jakýmsi kypřením. Zvrat v těchto operacích přinesl vynález bratranců Veverkových, zvaný ruchadlo, který se objevil v roce 1827. Jednalo se o nástroj, který půdu při svém pohybu nejen rozrušoval, ale také částečně otáčel a drobil. Tento nástroj využíval radlici, která se částečně podobá orebnímu tělesu a funguje na principu třístranného klínu, čímž se podařilo snížit potřebnou tahovou sílu a tím pádem také zvýšit plošnou výkonnost [15].

O tom že orba byla je nedílnou součástí polního hospodářství vypovídá i fakt, že se v Rakousko - Uhersku dlouhou dobu jmenovalo dnešní ministerstvo zemědělství ministerstvo orby [16].

Dnešní moderní pluh se již příliš ruchadlu nepodobají, ale základní princip práce je pořád stejný. Při pohybu orebního tělesa v půdě dochází k obracení, drobení a posuvu skývy. Tyto tři dílčí operace ovlivňuje zejména tvar odhrnovačky. Odhrnovačky můžeme rozdělit na 4 základní druhy: válcová, kulturní, pološroubová a šroubová. Každý typ odhrnovačky má svoje výhody a nevýhody a jeho použití je závislé na typu půdy apod. Např. válcová odhrnovačka má dobrý drobicí efekt, avšak špatně obrací skývu. Naopak šroubová odhrnovačka skývu obrací výborně, vykazuje také nejmenší tahový odpor, ale má špatný drobicí efekt [17].

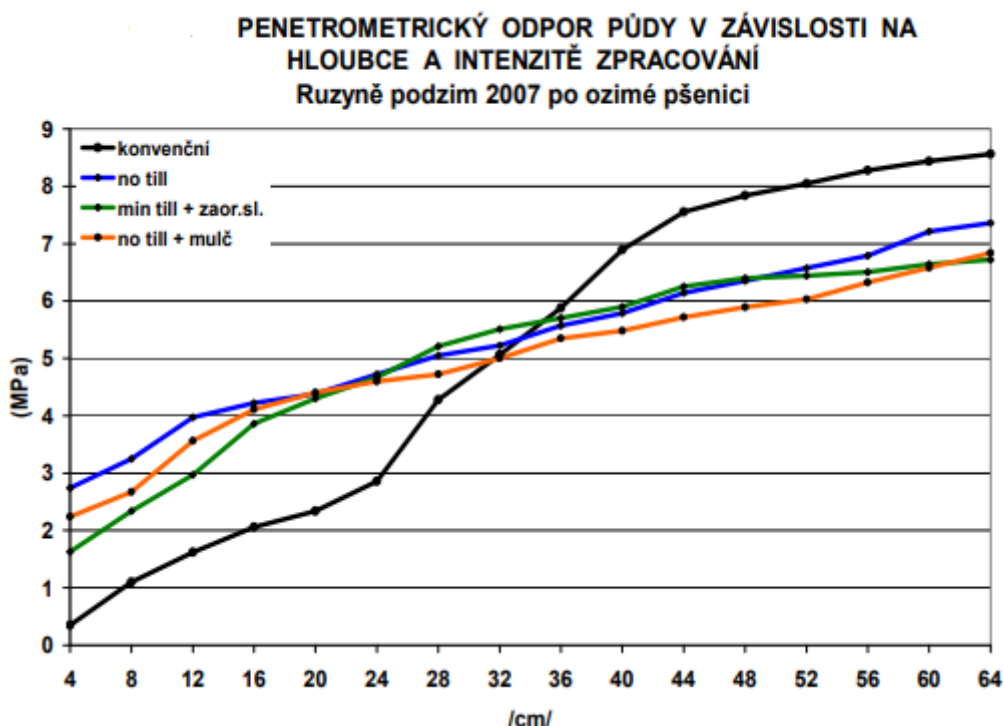
Orba tedy spočívá v otočení a rozdrobení skývy. Při orbě tedy dochází k zapravování rostlinných zbytků na povrchu pole, případně se orba hodí zejména k zapravení organických hnojiv, jako je např. hnůj. Orba jednoznačně snižuje množství plevelů a je cestou, kterou se proti plevelům částečně bojuje [18].

Po posledním orebním tělesu zůstává na poli brázda, v níž pak další jízdu jedou kola jedné strany traktoru. A právě jízda v brázdě mimo jiné způsobuje nežádoucí utužování

podomičí, protože kola se pohybují pod povrchem pozemku, na úrovni, pod kterou již půdu nekypříme a utužení tudíž dosahuje do větší hloubky [19].

Orební těleso při smykovém pohybu půdou vytváří silně zhutněnou nepropustnou vrstvu, která brání vsakování vody a růstu kořenů [20].

Obr. 1 Penetrometrický odpor půdy v závislosti na hloubce a intenzitě zpracování



Zdroj: https://www.agro.basf.cz/Documents/jin%C3%A9/migrated_files/information_material_files/dal___materi_ly_files/isbn978_80_87011_57_7.pdf

Řešením tohoto problému je pak hloubkové kypření, což je velice nákladná pracovní operace, nebo použití podrývaku, který se umísťuje za poslední orební těleso [17], nebo orba „On-land“ [21].

Tento způsob orby má řadu výhod. Zejména pak, že traktor jede po povrchu pozemku, neutužuje tudíž půdu do takové hloubky. Díky tomu, že traktor nemusí jet v brázdě může být osazen dvoumontážemi, nebo může být použit např. pásový traktor s velikou šířkou pásů. Další nespornou výhodou je komfort pro obsluhu, protože traktor není nakloněný, nepřejíždí hroudy, které se vytrhávají ze stěny brázdy při předchozí jízdě a nemusí neustále zajíždět a vyjíždět z brázdy. Jako nevýhoda se mě jeví, záběrové vlastnosti pneumatik, nebo pásů zejména při ztížených podmínkách, když je půda příliš mokrá. U klasické orby zabírají pneumatiky

o dno brázdy, které bývá sušší, tím pádem dochází k nižšímu prokluzu a úspoře paliva. Další nevýhodou orby „On-land“ je pluh, který musí být určen pro tento druh orby. Navíc řada nabízených pluhů dnes díky posuvnému mechanismu, který se nachází u závěsu pluhu umožňuje orbu klasickou i orbu „On-land“ [22], [21].

Další z velice diskutovaných nevýhod orby je prokazatelně vyšší uvolňování množství CO₂ do atmosféry, při takto intenzivním zpracování půdy. Únik CO₂ do atmosféry se nazývá dýchání půdy. Většina uhlíku v půdě je vázána v organické hmotě. Ta se postupně rozkládá a vzniká CO₂, které se pak z půdy uvolňuje do atmosféry. Dýchání půdy je přirozený jev, avšak intenzivní obdělávání půdy uvolňování CO₂ podstatně urychluje. Během posledních padesáti let se v půdách v mírném pásmu v důsledku kultivace snížil obsah uhlíku v organických látkách o 20-40 %. Zpracování půdy má značný vliv na ukládání uhlíku (ve formě organické hmoty) v půdě a jeho uvolňování (ve formě CO₂) z půdy do atmosféry. Největší ztráty CO₂ jsou bezprostředně po orbě a při jejím provádění. Snížení hloubky a intenzity zpracování půdy přispívá k omezení emisí CO₂. Přecházením na minimalizační a půdoochranné technologie se tedy docílí snížení uvolňování CO₂ z půdy a zvyšování zásoby organického uhlíku v půdě [23].

Po provedení orby zůstává na povrchu pole holá půda s minimem rostlinných zbytků, maximálně ve formě kořenů předplodiny. Proto má zorané pole minimální protierozní schopnost a je zde obzvláště důležitá správná orientace jízd po pozemku. Půda není pokryta žádným organickým materiálem, tudíž lehce dochází k větrné i vodní erozi půdy. Navíc často na povrchu vzniká půdní kůra. Ta vzniká zejména rozbitím půdních agregátů vlivem nárazu dešťových kapek na povrch půdy a při intenzivnějších srážkách také kvůli odplavování vlivem povrchového odtoku. Tím dochází ke snížení pórovitosti na povrchu půdy a těsně pod ním, což brání vsakování vody [18].

Dle mého názoru je v dnešní době orba protěžována zejména neznalou veřejností a zemědělci jsou pranýřováni za vylučování orby z pracovních postupů. Přitom je ale třeba pohlížet, jako na všechny věci, tak i na orbu z obou stran. Na jedné straně je již zmiňované dobré prokypření půdy a redukce plevelů. Na druhé straně stojí paradoxně také utužování půdy a utužování podorničí spolu s vyšším sklonem k erozi půdy.

2.3.2 Předseťová příprava

Předseťová příprava spočívá v urovnání pozemku a jeho prokypření po orbě. V neposlední řadě dochází k mechanické likvidaci plevelů a ke snížení odpařování vody z půdy, protože urovnaný povrch má menší plochu, ze které se může voda odpařovat [17].

Tradiční předseťová příprava se skládá z jednotlivých operací, jimiž jsou smykování, vláčení, kypření a válení. Hlavní nevýhodou této tradiční technologie je velké množství přejezdů, což vedlo ke sjednocování pracovních operací. Tím dochází ke zvýšení produktivity práce, snížení spotřeby motorové nafty [24].

K předseťové přípravě se dříve využívaly hřebové brány, které později nahradily smyky a kombinátory. Smyky se skládají ze smykové desky, která je na stroji umístěna kolmo na směr jízdy. Deska před sebou hrne půdu a tím urovnává povrch pole. Smykovou desku lze na některých strojích naklápět, ale nejčastěji se využívá v naklopené pozici, kdy deska utužuje půdu. Často jsou za smykovou deskou umístěny ještě hřebové brány, které zajistí opětovné prokypření půdy do hloubky asi 5 cm. Při použití smyků je nutné, aby byla vlhkost půdy optimální, protože při vyšší vlhkosti půdy dochází k tvorbě pevné utažené vrstvy a naopak při příliš suché půdě nedokáží smyky dostatečně rozdrobit hroudy a nedojde k dokonalému urovnání pozemku a rozbití hrud [17].

V dnešní době se k předseťové přípravě nejčastěji používají kombinátory, někdy také nazývané kompaktory [25], které budou popsány později.

2.3.3 Setí

Do takto připravené půdy následně sejeme danou plodinu. Protože je na povrchu půdy dokonale prokypřený a obsahuje minimum rostlinných zbytků, lze pro setí s výhodou využít secí stroj s radličkovými botkami, které mají tupý úhel náběhu. Radličková secí botka s tupým úhlem náběhu je přitlačována na povrch půdy a při jejím pohybu v půdě utužuje seťové lůžko, na které ukládá osivo. Tyto secí botky jsou v porovnání s např. kotoučovými botkami levnější na pořízení, ale také na údržbu. Jejich velikou nevýhodou ale je, jak již bylo zmíněno, že pro správnou práci potřebují dokonale prokypřený povrch půdy s minimem rostlinných zbytků. Při nedostatečně prokypřené půdě, nebo když je půda příliš vlhká nestačí standartní přítlak botky na půdu a ta pak nevytvoří dostatečně hluboké seťové lůžko. Při velké vlhkosti půdy navíc dochází ke špatnému zahrnutí rýhy s osivem po secí botce. Kvalitu setí taktéž ovlivňují rostlinné zbytky, protože secí botka je vtlačuje do půdy na dno seťového lůžka a osivo tak není v dostatečném kontaktu s půdou, což má vliv na rychlost klíčení a vzházení osiva. Proto se

tyto secí stroje uplatňují především v konvenčním způsobu hospodaření a pro použití v minimalizačních technologiích se příliš nehodí [17].

Po zasetí pozemku je půda pořád bez jakéhokoliv pokryvu, čímž má veliký sklon k erozi půdy. Toto je problém zejména u širokořádkových plodin, jako je například kukuřice. Dalším negativním faktorem holé půdy je fakt, že půda je mnohem více vysoušena větrem a také se vlivem slunečního záření více zahřívá, čímž dochází k dalšímu odpařování vody a vysychání půdy a tím pádem i ke zpomalování vzcházení a růstu zaseté plodiny. Podobně jako u orby, i zde dochází ke vzniku půdní krusty, která mimo jiné zpomaluje vzcházení osiva [18].

2.4 Minimalizační technologie

Minimalizační a půdoochranné technologie jsou v našich podmínkách často diskutovaným tématem a v průběhu let se k nim přiklání stále více zemědělců. Cílem těchto technologií je udržet a podporovat v půdě procesy, které vedou k zabezpečení úrodnosti a zabraňují její degradaci. Dále se také jedná o snižování spotřeby pohonných hmot a času potřebného k obdělávání pozemku [26].

Základním principem těchto technologií je snížení intenzity obdělávání půdy, často také snížení hloubky obdělávání a ponechávání organické hmoty na povrchu půdy, nebo jen její mělké zapravení do půdy [5].

Minimalizační technologie se nejprve začínaly objevovat zejména v oblastech východní Evropy a v USA již v 19. století. Jednalo se o technologie, které půdu kypřily, ale neobracely, aby se zabraňovalo ztrátám vody z půdy. Již tenkrát se projevil problém, spočívající v mechanické regulaci plevelů. Ve třicátých letech 20. století začalo docházet v USA v kombinaci s intenzivním zpracováním půdy pomocí pluhu k výrazné větrné erozi, což vedlo k zakládání agentur pro ochranu půdy v mnoha zemích na světě. Následné pokusy ukázaly, že plodiny lze účinně pěstovat i na půdách, které nejsou zpracované orbou, avšak problém nastal v likvidaci plevelů. Výraznějšího rozšíření se tedy tyto technologie dočkaly až po vynalezení účinných herbicidů [27].

2.4.1 Ekologické důvody

Různá intenzita zpracování půdy má zásadní vliv na fyzikální vlastnosti a strukturu půdy. Snížení intenzity zpracování půdy v kombinaci s nezapravením rostlinných zbytků vede ke zlepšování struktury půdy. Nedílnou součástí půdy je půdní organická hmota, která zlepšuje strukturu půdy a pomáhá vyživovat rostliny. Při snížené intenzitě zpracování půdy dochází

k menšímu uvolňování CO₂ do atmosféry, tudíž dochází k fixaci uhlíku v půdě. Tyto technologie také významně ovlivňují hospodaření s dusíkem v půdě. A to i s tím, který byl dodán pomocí hnojiv. Při intenzivním kypření půdy dochází k jejímu provzdušňování a tím pádem k mineralizaci dusíku na nitráty, které se pak následně dostávají do podzemních vod. Dále dochází ke zvyšování populace a aktivity půdních organismů a to zejména z důvodu vyšší vlhkosti půdy a stálosti teploty v půdě. Důležité je říct, že ke změnám množství a složení půdní organické hmoty dochází pomalu a rozdíly tak lze pozorovat až v delším časovém horizontu [27].

Při dlouhodobých polních pokusech se zjistilo, že dochází ke snižování utužení půdy v podorniční vrstvě. Půda ponechaná bez zpracování vykazuje tzv. nakypřovací efekt [27].

V důsledku zpracování půdy dochází ke změnám fyzikálních vlastností půdy, dochází k rozbíjení půdních agregátů a ke vzniku pórů, které významně ovlivňují propustnost vody [28].

Póry představují několik transportních stavů z hlediska vody v půdě. Existují póry které podporují pohyb vody v půdě a póry, které vodu zadržují. Při minimalizačních technologiích vznikají póry s vertikální strukturou, které jsou tvořeny např. trhlinami a pohybem žízal v půdě. Tyto póry podporují rychlost infiltrace vody [27].

2.4.2 Ekonomické důvody

Hlavními důvody pro rozvoj a zavádění minimalizačních technologií do praxe je také ekonomická stránka. Minimalizační zpracování půdy přináší zejména úsporu času a energie. Často se snižuje se počet pracovních operací, také vzhledem k tomu, že se nabídka strojů umožňujících využívat těchto technologií výrazně rozšířila. Díky tomu, že půda není oproti pluhu kypřena tak intenzivně si můžeme dovolit zvětšit pracovní záběr stroje s ponecháním stejně výkonného traktoru. Zvyšuje se tím tedy plošná výkonnost soupravy a zároveň klesají náklady na naftu [27].

V závislosti na typu půdy a způsobu jejího obdělávání lze ušetřit 20-50 l nafty na 1 hektar. Zvláště na velikých farmách jsou díky bezorebným technologiím úspory na obdělávání půdy značné [7].

Důležitým faktorem z hlediska ekonomické rentability je, aby výnosy pěstovaných plodin zůstaly zachovány, nebo se snížily pouze o tolik, aby výsledné snížení tržeb bylo menší, než úspora plynoucí z těchto technologií. Při ekonomickém hodnocení nelze opomenout např. větší potřebu herbicidů, které minimalizační technologie vyžadují [27].

Protože však mzdové náklady a náklady na pohonné hmoty stále rostou, prohlubují se ekonomické rozdíly mezi konvenčním a minimalizačním zpracováním půdy [27].

2.4.3 Stroje využívané při minimalizačních technologiích

2.4.3.1 Talířové kypřiče

Talířové kypřiče jsou stroje, které dosahují veliké plošné výkonnosti. Jejich výkonnost je dána pojezdovou rychlostí, která může být až 14 km/h. Při kontrole práce talířového kypřiče zjišťujeme, že vytváří hřebenovité dno. Proto je vhodné, aby v případě dalšího zpracování půdy tímto strojem, byly jízdy vedeny šikmo na předchozí směr jízd [29].

Při využití těchto strojů v půdoochranných technologiích je nutno brát zřetel na to, že talíře mají velice dobrou schopnost zapravovat do půdy rostlinné zbytky, což může být v tomto režimu zpracování půdy nežádoucí [29].

Drobící a mísící účinek talíře je dán tím, že částice půdy, které se dostanou do styku s obvodovou částí talíře získají vyšší rychlost, než částice které jsou blíže osy talíře. Tím dochází k tomu, že částice, které byly na povrchu půdy se po projetí talíře dostávají níže a spodní vrstvy půdy je následně zasypou [30].

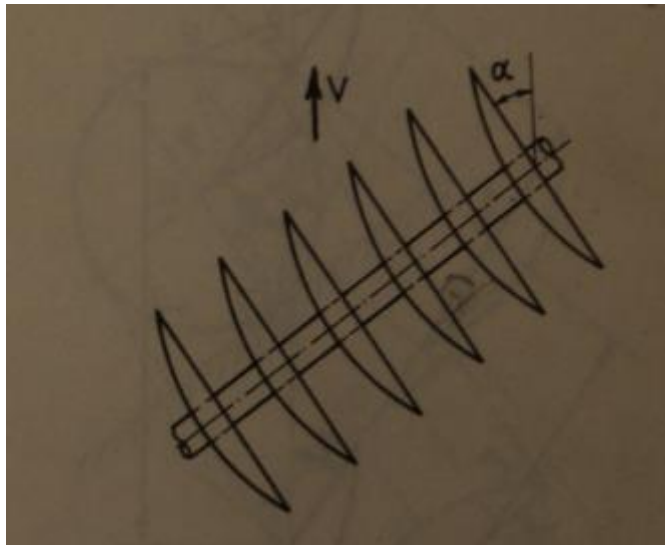
Tyto stroje umožňují zpracovat půdu až do hloubky 16 cm. Maximální hloubka zpracování je dána světlostí rámu, velikostí talířů a také celou koncepcí stroje [31].

Neubauer (1989) [30] rozděluje stroje s talířovými pracovními orgány do 3 hlavních skupin: Talířové pluhy, talířové podmítače a talířové brány.

Talířové pluhy se v našich podmínkách příliš nevyužívají, ať už z důvodu, že talířové pluhy špatně zaklápí půdu, mají větší sklon k obalování půdou a nejsou vhodné do kamenitých půd, kde dochází k vydrolování břitu talíře, příp. i k jeho zlomení [30].

U talířových bran je nejčastěji osa otáčení talíře vodorovná, talířové podmítače mají osu otáčení odkloněnou od vodorovné osy přibližně o 15-20° a od směru jízdy o úhel α , čímž se zajišťuje drobní a mísící efekt. Úhel α se volí u talířových bran od 0-25° a u podmítačů od 15-38° [30].

Obr. 2 Baterie talířů talířových bran



Zdroj: Neubauer a kol.,(1989)

Na našich polích tedy využíváme zejména talířové podmítače a talířové brány. Talířové brány mají talíře osazeny na společné hřídeli. Větší stroje jsou často osazeny čtveřicí talířových baterií uspořádaných do tvaru písmene X. U tohoto uspořádání výrobce často umožňuje měnit úhel postavení baterií pomocí přímočarého hydromotoru a tím jednoduše regulovat hloubku intenzity zpracování půdy. Talířový podmítač má jednotlivé talíře uchyceny na slupicích, které jsou jištěny nejčastěji vinutou pružinou. Další možnosti jištění jsou pružná slupice a uchycení slupice k rámu pomocí pružných pryžových prvků. Jednotlivé uchycení talířů je výhodné zejména pro kopírování terénu a dodržení konstantní hloubky zpracování půdy [29].

Výhodou bude také jednoduchá oprava jednotlivého talíře, bez nutnosti demontovat celou těžkou baterii talířů.

Při pohybu talířů v půdě působí na talíře boční síly. Aby nedocházelo k přenosu těchto sil na traktor, je talířový kypřič vybaven talíři, které odklápějí půdu doprava i doleva. Boční síly teda zachycuje rám kypřiče a nedochází k jejich přenosu na traktor. Z toho je patrné, že obě sekce talířů musí být odkloněny o stejný úhel α , aby síly jimi vyvolané byly stejně veliké [32].

2.4.3.2 Radličkové kypřiče

Radličkové kypřiče jsou stroje, které pro kypření půdy využívají radličky. Radličky jsou uchycené k rámu stroje pomocí slupic. Slupice jsou jištěny nejčastěji pomocí vinutých pružin. Využívají se ale i listové pera a pružné slupice [6].

Maximální hloubka zpracování půdy je ovlivněna nejen konstrukcí stroje (zejména světlostí rámu) ale také použitými radličkami. Při použití nevhodných radliček dochází ke kompresi půdy, poškozování půdní struktury a nadměrné tvorbě hrud [20].

Tyto kypřiče mají radličky uspořádané v několika řadách, obvykle 2-4 řady. Rozteč radliček se liší podle konstrukce a záběru stroje. V jedné řadě je rozteč radliček 600-800 mm a to z důvodu, aby nedocházelo k ucpávání. Radličky jsou v jednotlivých řadách nejsou umístěny za sebou, takže dochází k celoplošnému prokypření půdy a např. u třířadých kypřičů je výsledná rozteč radliček 200-270 mm. Množství radliček ovlivňuje intenzitu zpracování půdy a tím i tahový odpor stroje [20].

Používá se několik typů radliček. Dlátovité, oboustranné a šípové radličky [29].

Dle Maška (2016) [29] umožňuje kypřicí radlička dlátovitá zpracovávat půdu až do hloubky 25 cm.

Český výrobce zemědělské techniky Bednar FMT dnes již nabízí radličkový kypřič Fenix FO, který používá dlátovité radličky s karbidovým návarem a umožňuje půdu zpracovat až do hloubky 35 cm [33].

Dlátovité radličky půdu pouze načechrávají, ale nepromísí jí. To je vhodné zejména z důvodu šetření půdní vláhou, protože vlhčí půda z hlubších vrstev není vynášena na povrch, kde by docházelo k jejímu vysychání [29].

Pokud nechceme půdu kypřit do hloubky jako kypřiče s dlátovitými radličkami, můžeme s výhodou využít radličku oboustrannou, která se používá pro kypření do hloubky 15 cm. Svým tvarem se podobá dlátovité radličce. Tato radlička má ostří na obou stranách a to umožňuje ji při otupení na slupici otočit [29].

Třetí volbou je radlička šípová, která má vyšší kypřicí účinek než dlátovité radličky. Může kypřit půdu do hloubky až 18 cm [29].

Tyto radličky se hodí také na mělkou podmínku, protože umožňují docílit rovnoměrné hloubky zpracování půdy a to i při mělkém zpracování (6-8 cm) [6].

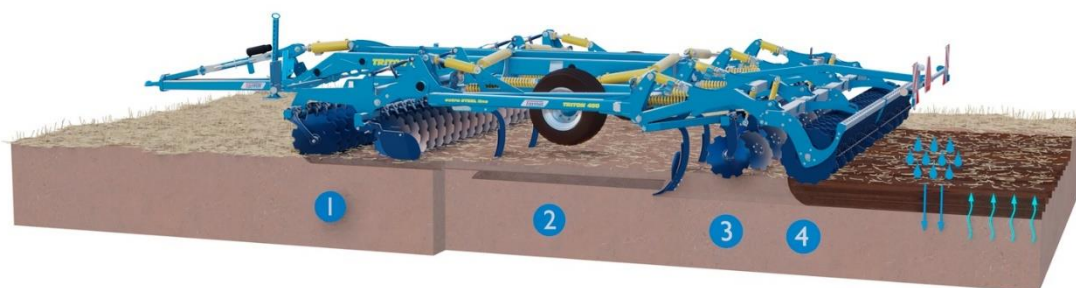
Šípové radličky povrch půdy podřezávají a zapravují jen minimum rostlinných zbytků do půdy [20].

2.4.3.3 Kombinované kypřiče

Kombinované kypřiče se skládají z několika sekcí s různými pracovními nástroji. Využívají talířů i radliček a jsou tedy kombinací talířových a radličkových kypřičů [20].

První sekci tvoří z pravidla 2 řady talířů a následují 2 řady radliček. Hloubku zpracování jednotlivých sekcí lze samostatně nastavovat. Talířová sekce zpracovává půdu obvykle do hloubky 4-12 cm a radličková následně až do 35 cm v závislosti na použitých radličkách. Za radličkovou sekci se nachází sekce urovnávacích talířů a následuje válec, který rozbije hroudy a půdu zpětně utuží [34].

Obr. 3 Farmet Triton 450 PS



Zdroj: https://farmet.blob.core.windows.net/images/Media/ContentItems/2644_07585/m_aspectcrop__w_1600__h_528__o/technologie-triton-450-2_2.jpeg

2.4.3.4 Hlubší zpracování

V posledních letech se dostávají do popředí kypřiče pro zónové zpracování půdy. Ty nezpracovávají půdu plošně, ale kombinují mělké zpracování půdy s hluboko zpracovanými pásy. Toto zónové zpracování půdy má několik výhod. Je to snížení tahového odporu a tím snížení spotřeby motorové nafty a navýšení plošné výkonnosti stroje. Dále pak má pozitivní vliv na hospodaření s půdní vláhou. Hluboce prokypřené pásy podporují dobrou infiltraci vody hluboko do půdy a neprokypřené hrúbky umožňují vztlínání vody z hlubších vrstev půdy pomocí neporušených kapilár v půdě. Díky těmto vlastnostem se zónové kypření v praxi využívá především na těžších půdách, kde je jeho efekt nejvyšší. Doporučit však lze do všech typů půd. Protože je povrch půdy prokypřen do konstantní hloubky, lze do takto zpracované půdy bez problémů sít [20].

2.4.3.5 Podrýváky

Používají se pro středně hluboké a hluboké kypření. Kypří půdu bez vynášení zeminy ze spodních vrstev. Podrýváky se využívají především pro prokypření zhutnělých vrstev z důvodu využívání mělkého kypření půdy několik let po sobě bez hlubšího prokypření [27].

Podrýváky mají veliký tahový odpor a kladou tak velké nároky na výkon traktorů. Podrývák Farnet Krtek vyžaduje při pracovní šířce stroje 299 cm výkon traktoru 180-270 kW [35].

Při hlubším kypření je nutné dbát na vlhkost půdy. Pokud je vlhkost půdy příliš vysoká a půda přesáhne mez plasticity, dochází v půdě k plastickým deformacím, které stav půdy naopak ještě zhoršují [27].

Hloubkové kypření může být využito i k dalším účelům, jako je zvětšení akumulární schopnosti půdy pro vodu či odvedení povrchové vody do hlubších částí půdního profilu. Prokypřením zhutnělých vrstev v podorniči se zlepšují podmínky pro pronikání kořenů plodin do větších hloubek, což má příznivou odezvu na výnos plodin [27].

Využívají se 2 typy slupic. Rovné a zahnuté. Rovné jsou obdobné jako u radličkových kypřičů, akorát jsou dimenzovány pro větší namáhání [36].

Druhou možností jsou zahnuté slupice, které při svém pohybu půdou nadzvedají celý blok zeminy, ten se rozlamuje a drobí. Při zpětném pohybu zeminy dochází k praskání a celkovému narušení kompaktnosti půdy, což celý proces hloubkového kypření dokončuje [6].

Stroj Terraland od společnosti Bednar FMT s.r.o. umožňuje v kombinaci se zásobníkem Ferti-box ukládat při hloubkovém kypření do půdy hnojivo a to do hloubky 15-25 cm [37].

2.4.3.6 Předset'ová příprava

Cílem předset'ové přípravy půdy je vytvořit vhodné podmínky pro setí. To znamená prokypřit povrchovou vrstvu půdy, rozbít hroudy a zpětně utužit podpovrchovou vrstvu půdy pro uložení osiva [24].

Podpovrchová utužená vrstva zajišťuje osivu dostupnost vody pomocí kapilárních pórů a prokypřená půda nad hloubkou uložení osiva je dostatečně provzdušněná, tudíž umožňuje přístup vzduchu k osivu a usnadňuje vzcházení [29].

Utužením podpovrchové vrstvy, na kterou bude uloženo osivo, se zároveň zabraňuje slehávání půdy, což by vedlo k poškozování kořenů mladých rostlin [25].

Objemová hmotnost půdy má být po utužení 1,3 -1,4 g/cm³ (u hlinité půdy) [38].

Nejčastěji je v předu umístěna smyková deska, za kterou následuje radličková sekce. Obvykle je stroj na konci vybaven ještě utužovacím válcem. Nejčastěji se využívají válce prutové, Crosskilské, kotoučové nebo hrudořezné. Mají za úkol zpětně utužit povrch půdy a rozbít zbytky hrud. Kombinátory mohou být nesené, tažené nebo návěsné a hloubku zpracování půdy lze tedy nastavit pomocí tříbodového závěsu traktoru, nebo pomocí opěrných kol, jako které mohou sloužit i válce [17].

Pracovní záběry kombinátorů se pohybují od 2,5 m do 8 m. Velikost pracovního záběru v kombinaci s pojezdovou rychlostí 8-10 km/h zaručuje vysokou plošnou výkonnost [29].

Společnost Farnet a.s. v dnešní době nabízí i velkozáběrové kombinátory Kompaktomat Max s pracovním záběrem až 15,7 m. Jedná se o návěsný kombinátor s tandemovým podvozkem a pěti dílným rámem s pracovními prvky kombinátoru. Při skládání kombinátoru do transportní pozice se nejprve pracovní část kombinátoru zvedne do svislé polohy a pak se boční díly rámu zavřou, tím je dosaženo přepravní šířky 3 m. Požadovaný výkon traktoru je 316 kW [39].

Součástí kombinátorů také bývají kypřicí radličky, které se umísťují na přední část kombinátoru, do osy kol traktoru. Slouží k prokypření půdy utužené koly traktoru [39].

Konstrukce kombinátorů je řešena tak, aby bylo možné dodržet rovnoměrnou hloubku zpracování půdy. Uplatňují se na dobře zpracovatelných půdách. Na těžší půdy, které mají vyšší sklon k tvorbě hrud se tyto stroje příliš nehodí a je vhodnější použít stroje s aktivními pracovními nástroji [24].

2.4.3.7 Secí stroje

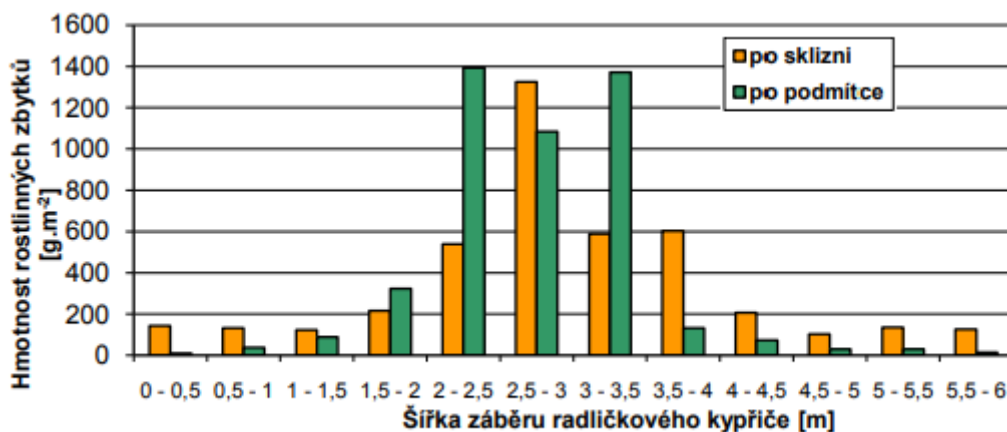
Úlohou setí je uložit do půdy semena pěstované plodiny tak, aby byly uloženy rovnoměrně, tj. ve stejné hloubce pod povrchem půdy a v řádcích. Kvalitní setí je základním předpokladem dobrého výnosu [30].

Při minimalizačních a půdoochranných technologiích je nezbytné využívat secí stroje, které umožňují setí do půdy, která obsahuje velké množství rostlinných zbytků a to jak na povrchu půdy, tak i v podpovrchové vrstvě. Setkáváme se taktéž s vyšším odporem půdy proti vnikání secích botek do půdy [27].

Kvalitu zpracování půdy a následné setí ovlivňuje už sklizeň předplodiny. Pakliže sklízecí mlátička neukládá slámu do řádků, ale drtí ji, je nutné, aby podrcená sláma byla

rovnoměrně rozprostřena po celém pracovním záběru sklízecí mlátičky. Nerovnoměrnost rozhozu podrcené slámy a její shluky mají negativní vliv na uložení osiva do půdy a to i při použití strojů pro přímé setí do nezpracované půdy [27].

Obr. 4 Špatný rozhoz slámy sklízecí mlátičkou



Zdroj: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2011/030.pdf>

Vzhledem k úspoře času i nákladů se využívají i tzv. secí kombinace. Spojením přípravy půdy se setím se ušetří přejezd po pozemku a také nutnost opakované předseťové přípravy z důvodu srážek, které spadly na již připravenou půdu [25].

2.4.3.8 Stroje s kotoučovými secími botkami

K vytvoření rýhy pro uložení osiva využívají tyto stroje kotoučové secí botky. Ty mohou být jednokotoučové, nebo dvoukotoučové [27].

U jednokotoučových secích botek je kotouč postaven šikmo na směr jízdy a tím dochází k odstraňování rostlinných zbytků stranou a minimalizuje se zatlačení rostlinných zbytků na dno seťového lůžka. Aby se zajistila konstantní hloubka setí, je nutné použití omezovače hloubky setí. Používají se k tomu opěrná kola [27].

Pro setí ve ztížených podmínkách minimalizačního zpracování se dále používají secí botky dvoukotoučové. Ty mají 2 kotouče vedle sebe, jež svírají úhel 9-12°. Před touto secí botkou může být umístěn ještě jeden talíř, který funguje jako krojidlo. Ten vytváří první rýhu a dvoukotoučová botka ji následně rozšiřuje [30].

Tyto předřazené prořezávací kotouče mohou mít obvod hladký, zvlněný nebo ozubený. Kotouče se zvlněným obvodem zároveň dobře odklízí rostlinné zbytky a částečně půdu

nakypřují. Při použití těchto secích botek na konvenčně zpracovaném pozemku je možné prořezávací kotouče vyřadit z procesu setí [38].

Zvláště při přímém setí klade půda veliký odpor proti vnikání secí botky do půdy, proto jsou jednotlivé secí botky k půdě přitlačovány. Přitlačovány mohou být např. pružinou a silou až 2500 N [40].

Secí stroj Horsch Pronto je vybaven pneumatikovým utužovacím válcem, který je předřazen secím botkám. Za dvojicí kotoučů se nachází kopírovací a utužovací kolo, které uzavírá výsevní rýhu. Za kolem se nachází prutové zavlačovače [41].

Problémem může být velké množství rostlinných zbytků, např. při nedokonalém rozhozu podrcené slámy sklízecí mlátičkou. Secí botky pak nedokážou proříznout vrstvu slámy a dochází k ukládání osiva na vrstvu slámy a špatnému uzavření výsevní rýhy, což má za následek nerovnoměrný porost [25].

2.4.3.9 Stroje s šípovými secími radličkami

Tyto secí stroje mají semenovody umístěné za slupicemi radliček. Osivo je pomocí semenovodů dopravováno a rozptylováno pod odříznutou zeminu. Rostlinné zbytky se nedostávají na dno seťového lůžka, protože proudí kolem slupic a radličky pracují pod povrchem půdy. Radličkové secí botky půdu kypří více než secí botky kotoučové. Tím dochází k lepšímu provzdušnění a prohřívání půdy, což má vliv na vzcházení osiva. Nevýhodou je, že prokypřená vrstva půdy přichází o půdní vláhu [27].

Radličkové secí botky snáze vnikají do půdy a nepotřebují tudíž tak velkou přitlačnou sílu, jako kotoučové secí botky. Přitlačná síla se pohybuje okolo 800 N. Proto mohou být tyto secí stroje lehčí konstrukce, než stroje s talířovými secími botkami [27].

2.4.3.10 Stroje s dlátovými secími radličkami

Dlátová secí radlička pracuje podobně jako šípová secí radlička, akorát osivo není ukládáno pod povrch půdy, nýbrž do výsevní rýhy, kterou tvoří dlátovitá radlička. Dobře vnikají i do tvrdého povrchu půdy [27].

Limitujícím faktorem je pojezdová rychlost asi 8 km/h, při které už dochází k nadměrnému rozrušování půdy. Tahový odpor secího stroje s těmito secími radličkami je vyšší než u kotoučových secích botek [7].

Secí stroj Köckerling ULTIMA CS má dlátovité secí radličky umístěné ve čtyřech řadách, aby nedocházelo k ucpávání. Před každou dlátovitou secí radličkou je umístěno opěrné

kolo, čímž je dodržena přesná hloubka setí po celé šíři stroje i na křivém pozemku. Přítlak je vyvíjen pomocí přímočarých hydromotorů, které jsou upevněny na každé pružné slupici. Rozteč radliček a tedy i setých řádků je 185 mm, což dává rostlinám větší prostor a nekonkurují si, jako při standartní rozteči řádků 125 mm. Za radličkovou sekci jsou umístěny zavlačovače a utužovací válec. Stroj může být dovybaven svahovým kotoučovým krojidlem, které při pohybu stroje po vrstevnici svahu zabraňuje jeho driftování směrem dolů [42].

2.5 Půdoochranné technologie

Současné zemědělství stojí před řadou problémů. Jedním z nich je nakládání s vodou v půdě. Proto se stále více rozšiřují půdoochranné technologie, které dokážou významně ovlivňovat hospodaření s vodou v půdě. Hlavní zásada je, vracet veškeré posklizňové zbytky zpět do půdy a efektivně využívat organickou hmotu. Tyto technologie dokážou zvyšovat infiltraci dešťové vody, zmenšují odtok vody z půdního povrchu, zvyšují akumulaci schopnost půdy a tím snižují ztráty vody evaporací. Dále dochází ke snižování eroze půdy. Cílem je provádět tyto technologie co nejpřesněji a ve vhodných agotechnických lhůtách. Cílem těchto technologií je také snižování zhutňování půdy neorganizovanými a zbytečnými přejezdy. Protože často neprovádíme tak intenzivní kypření, jako je např. orba, dochází zde ke snižování spotřeby pohonných hmot [5].

Součástí půdoochranného zpracování půdy jsou minimalizační technologie při současné ochraně povrchu půdy rostlinnými zbytky. V mnoha člancích je často popisovaný příznivý vliv půdoochranných technologií na omezení vodní eroze půdy. Tyto technologie jsou založeny na využití organické hmoty předplodiny či meziplodiny. Rostlinné zbytky jsou částečně ponechány na povrchu půdy, čímž se snižuje riziko vodní eroze. Využívá se také zapojený porost na povrchu [43].

Jak uvádí Novák a Mašek (2021) [28], rychlost infiltrace vody do půdy je prokazatelně vyšší u minimalizačních a půdoochranných technologií, oproti konvenčnímu zpracování půdy a má vliv na odolávání půdy vodní erozi. Výsledky těchto technologií se dostaví v řádu několika let, během kterých dochází k obnově půdní struktury. V rámci polního pokusu nejlepší výsledky prokazovala technologie přímého setí kukuřice do vymrzlé hořčice bílé, která byla zasetá do půdy zpracované radličkovým kypřičem. Předpokládaným příznivým efektem, který rychlost infiltrace vody jistě ovlivnil, je přítomnost makropórů po kořenech vymrzlé hořčice bílé.

Mezi půdoochranné technologie se řadí způsoby zpracování půdy, které zanechávají alespoň 30 % povrchu půdy pokrytý rostlinnými zbytky, které obecně autor nazývá Conservation-tillage [7].

El Titi a kol. (2002) [7] rozděluje půdoochranné technologie do několika skupin:

- Reduced-Tillage
- No-Tillage
- Mulch-Tillage
- Ridge-Tillage
- Strip-Tillage.

2.5.1 Reduced-Tillage

Obecně nazvaný systém zpracování půdy a setí, který zanechá nejméně 30 % povrchu půdy pokrytého rostlinnými zbytky [18].

2.5.2 No-Tillage – Přímé setí

Při přímém setí se půda po sklizni předplodiny nezpracovává. Využívají se secí stroje, které umožňují setí do nezpracované půdy s pokryvem rostlinnými zbytky. U širokořádkových plodin je možné provádět plečkování [7].

Na secí stroje jsou kladeny vysoké nároky z hlediska dodržení požadované hloubky setí a odstranění rostlinných zbytků z výsevní rýhy [7].

Zejména u přímého setí, kde neprovádíme žádné další zásahy do půdy jsou omezené možnosti aplikace minerálních hnojiv do půdy. Proto se u secích strojů objevují řešení, které umožňují hnojení při setí. Nejčastěji se granulovaná nebo tekutá hnojiva aplikují 4-5 cm pod set'ové lůžko. Mezi hnojivem a osivem je pak slabá vrstva půdy, která je nasycena hnojivem. Při ukládání hnojiva pod set'ové lůžko se nejčastěji užívají secí stroje s dlátovými secími radličkami. Některé secí stroje využívají princip jednokotoučové nebo dvojkotoučové secí botky a umísťují hnojivo vedle řádku s osivem. Hloubka zapravení a vzdálenost hnojiva od řádku jde nastavit [6].

Přímé setí přináší úsporu času i výkonnostní požadavky na traktory. Snížené množství přejezdů po půdě má významný vliv na zhutňování půdního profilu. Aby bylo dosaženo požadovaného efektu kypření půdy pomocí kořenů rostlin, je vhodné používat management jízd po pozemku CTF- control traffic farming [44].

Technologie přímého setí naráží na veliký problém, kterým jsou plevely. Plevely jde redukovat dvěma způsoby: chemicky-použití herbicidů, nebo rostlinným pokryvem půdy. Meziplodiny, které pokrývají půdu po zasetí a následně i po sklizni plodiny jsou konkurencí pro plevely. Střídání plodin také eliminuje hmyzové škůdce, protože ti se obvykle zaměřují na jednu plodinu, a když dochází ke změně pěstovaných plodin, odsouvají se jinam a jejich počty se redukuje [45].

2.5.3 Mulch-Tillage – Zpracování půdy s využitím mulče

Mulč je důležitou součástí půdoochranných technologií a má vliv na všechny půdní vlastnosti. Zejména v zemědělských podnicích bez živočišné výroby je to jediný zdroj organické hmoty [3].

Využití mulče v půdoochranném zpracování půdy je různý podle způsobu hospodaření s rostlinnými zbytky. Ať už mulč využíváme jakkoliv, musí být půda pokryta mulčem minimálně z 30-ti % její plochy. Mulč získáváme dvěma základními principy. A to je mulč z posklizňových zbytků předplodiny, nebo mulč z rostlinné biomasy zejména strniskových meziplodin [3].

U rozdrčené slámy musí být docílen rovnoměrný rozhoz a při mulčování slámou by její vrstva neměla být vyšší než 5 cm. Méně vhodná k mulčování je sláma ozimých obilnin, proto je potřeba slámu částečně zapravit do půdy podmínkou. Výhodnější je využití slámy luskovin díky úzkému poměru C:N [3].

Mulč zabraňuje slití a kornatění půdy a také kolísání půdní teploty. To působí na zvyšování mikrobiální činnosti v horní vrstvě půdy, potlačuje růst plevelů a podporuje prokořenění horní vrstvy půdy. Dále chrání půdu před destrukcí vlivem dešťů, větrnou i vodní erozí [46].

Mašek (2017) [46] považuje slámu obilnin za nejméně vhodnou volbu mulče, protože se při rozkladu biomasy uvolňují kromě živin také další organické látky, které mají inhibiční vlastnosti na klíčení osiva. Mimo to mohou být rostlinné zbytky zdrojem přenosu infekčních chorob. Proto je lepší volit pro získání mulče strniskové meziplodiny.

Mulčování vede k výraznému zvýšení množství humusu v půdě díky vyšší mikrobiální aktivitě. Dochází tak ke stabilizaci půdních agregátů a půda má pak menší sklon k erozi [46].

Mulč snižuje teplotu povrchu půdy, což může být nevýhodné v chladnějších pásmech a vede ke zkrácení vegetačního období [6].

Využití mulče je velice vhodné pro pěstování kukuřice. Kukuřice se seje do umrtvené meziplodiny. Podle typu plodiny je umrtvení provedeno mechanicky, herbicidem nebo vymrznutím. Často se využívá např. hořčice bílá, nebo svazenka vratičolistá která přes zimu dobře vymrzá. Důležité je provést výsev meziplodiny co nejdříve, rostliny vytvořily co nejvíce nadzemní biomasy [47].

Meziplodina je přímou konkurencí plevelů a omezuje jejich rozvoj. Po ukončení vegetace omezuje rozvoj plevelů jako mrtvý mulč. Mezi způsoby, jak omezit odpar vody z půdy, je povalení porostu meziplodiny řeznými válci, což vede k zalomení stonků, umrtvení porostu a k vytvoření souvislé vrstvy mulče na povrchu půdy [48].

Obr. 5 Řezací válce Maxiroll



Zdroj: https://www.multos.cz/data/cp4/000144_000596.jpg

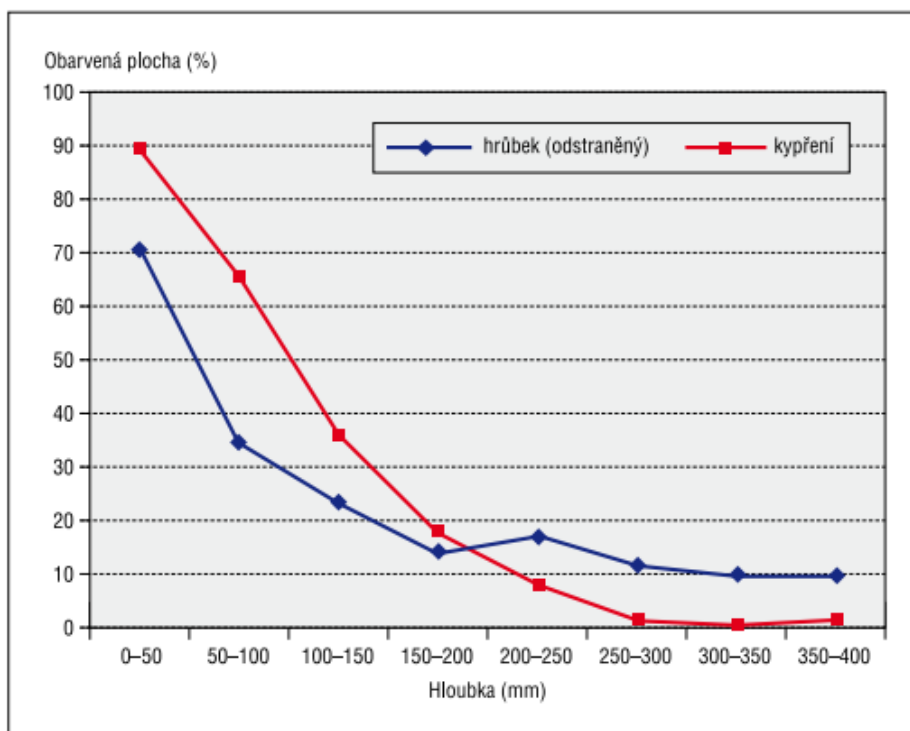
Protože jsou organické zbytky na povrchu půdy, nebo jen mělce zapraveny, dochází k akumulaci organické hmoty v povrchových vrstvách půdy a k významné fixaci organicky vázaného dusíku [46].

2.5.4 Ridge-Tillage – Zpracování půdy s vytvořením hrůbků

Tato technologie se uplatňuje zejména pro širokořádkové plodiny. Secí stroj seje plodinu na vrchol hrůbků. Pokryv půdy rostlinnými zbytky je mezi 40-70 %. Ty se nachází zejména mezi hrůbků a vrchol hrůbku je bez rostlinných zbytků. Mezi hrůbků jde provádět mechanickou kultivaci plečkováním a přihrnováním, čímž se zároveň obnovují hrůbků. Hrůbků mohou na pozemku zůstat i několik let, což se uplatňuje při pěstování monokultur, zejména kukuřice [49].

Kovaříček a kol. (2010) [50] prováděl v roce 2007/2008 pokus při kterém byla seta kukuřice do hrůbků. Hrůbkování bylo provedeno podzim v kombinaci s hloubkovým kypřením. Rozteč kypřících dlát byla 375 mm a rozteč hrůbků 750 mm. Na jaře byla provedena vizualizace pohybu vody v půdě, pomocí modrého potravinářského barviva E 330 a hodnotily se preferenční cesty vsakování vody do půdy. Hrůbek byl před sycením půdy modrým roztokem odstraněn, aby bylo dosaženo rovnoměrné infiltrace a nedocházelo ke stékání roztoku mezi hrůbků. Množství roztoku činilo 40 mm/m² a doba vsakování byla 24 h. Po-té došlo k odkrytí profilu ornice v šířce 600 mm a hloubce 400 mm. Ukázalo se, že oproti plošnému kypření do hloubky 200 mm se modrý roztok do hloubky nižší než 190 mm infiltroval ve větším množství.

Obr. 6 Velikost obarvené plochy při hodnocení infiltrace vody



Zdroj: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2010/PDF/91-96.PDF

Souvratě a malá část pozemku byly osety secí kombinací s vířivým kypřičem. Při následné simulaci deště o intenzitě 87,8 mm/h se zjistilo, že povrchový odtok se plošným prokypřením snížil oproti ponechaným hrůbkům třikrát. Bylo to dáno zejména nahrnutím nakypřené půdy do původní brázdy [50].

Snížení vlhkosti půdy v hrůbku nad dnem brázdy v jarním období zajišťuje rychlejší prohřívání povrchové vrstvy půdy, což umožňuje provést setí až o 14 dní dříve, než při standartním plošném kypření [50].

Při pěstování plodin v hrůbkách se často uplatňuje mechanická likvidace plevelů plečkováním, což snižuje potřebu herbicidů. Semena plevelů mají tendenci splavovat se do brázdy mezi řádky, kde můžeme plečkování účinně provádět [51].

Srážková voda, která se nevsákne do půdy, odtéká brázdami mezi řádky, což může způsobovat erozi půdy, zejména pak na souvratích. Hrůbkové zpracování by se nemělo využívat na svazích o sklonu větším než 3-4 %, záleží také na délce svahu [51].

Pfost (1993) [51] uvádí že se secí stroj musí být uzpůsoben k setí na vrchní část hrůbků. Nevýhodou je nutnost přesného rozchodu kol strojů, aby nedocházelo k přejíždění hrůbků. Často je tedy nutné použití úzkých kultivačních kol. Pokud hrůbky zachováваме na další rok, je nutné, aby i sklízecí mlátička měla přesný rozchod kol. A v kombinaci s vysokou hmotností sklízecí mlátičky a úzkých kultivačních kol je potřeba použít dvoumontáž kol, které mají rozestup jako je rozteč hrůbků. To značně rozšiřuje šířku sklízecí mlátičky, což je problém zejména při přepravě na pozemních komunikacích.

Na podzim vytvořené hrůbky po předcházejícím hlubokém kypření zabraňují povrchovému odtoku dešťových srážek přes zimu. Prokypřené hrůbky usnadňují vsakování vody do půdy a to i do hlubších vrstev. Taktéž přispívají ke snazšímu klíčení plevelů, které mohou být následně účinně mechanicky likvidovány, například prutovými bránami [52].

2.5.5 Strip-Tillage – Pásové zpracování půdy

Brant a kol. (2011) [1] definuje pásové zpracování půdy (strip-tillage) jako zpracování půdy kypřením pásů ve směru budoucích řádků vysévané plodiny. Prokypřená plocha pásů přitom nepřesahuje více než jednu čtvrtinu plochy půdního bloku. Strip-tillage kombinuje výhody plošného zpracování půdy a přímého setí.

Nezbytné je využití přesných navigačních systémů např. RTK, aby bylo umožněno setí přesně do prokypřených pásů [53].

Pásové zpracování půdy pro setí kukuřice nebo cukrové řepy lze provádět na podzim, nebo na jaře. Podzimní strip-tillage se provádí hlavně do rostlinných zbytků předplodiny, zatímco jarní strip-tillage do vymrzlé, nebo dedikované meziploidy. V případě podzimního zpracování je nutné zopakovat kypření také na jaře [54].

Pásové zpracování půdy lze využít několika způsoby [1]:

- *odstranění rostlinných zbytků* v řádku vysévané plodiny pomocí talířových a prsových odstraňovačů rostlinných zbytků
- *mělké strip-tillage* se používá k přípravě setového lože, půda je zpracována do hloubky 50 mm a z povrchu jsou odstraněny rostlinné zbytky pomocí zvlněných disků
- *hlubší strip-tillage* spočívá v odstranění rostlinných zbytků z řádku, kypření do hloubky 10-20 cm s možností uložení hnojiva do hloubky kypření. Používají se radličkové pracovní nástroje, často v kombinaci s talířovými, nebo prstovými odstraňovači rostlinných zbytků

Hlavním přínosem pásového zpracování půdy, je zvyšování množství organické hmoty v půdě a snižování eroze půdy. Další výhodou je možnost vyhnout se do jisté míry nutnosti setí protierozních pásů na svazích. Rostlinné zbytky v meziřádku snižují erozi brání ztrátám vody evaporací [55].

V roce 2017 byl proveden pokus pěstování kukuřice metodou pásového zpracování proti celoplošnému zpracování. Pásové zpracování bylo provedeno do hloubky 15 cm, celoplošné kypření talířovým kypřičem do hloubky 20 cm. Výsevok i následná péče o porost byla totožná. Pokus ukázal, že výnos nadzemní biomasy byl u metody strip-tillage o 8,6 t/ha nižší, než u celoplošného zpracování (30,2 t/ha x 38,8 t/ha). Naopak výnos zrna by ve prospěch metody strip-tillage (8,64 t/ha x 6,8 t/ha). Autor dodává, že jednoletý pokus může být ovlivněn vlivem ročníku i stanovištěm a výsledky příštích let mohou být jiné. Nelze ale opomenout protierozní účinnost technologie strip-tillage a snižování degradace půdy [55].

V letech 2016/2017 byl proveden pokus pěstování kukuřice, při kterém byl hodnocen smyv zeminy, povrchový odtok a rychlost infiltrace vody do půdy. Pokus porovnával klasickou technologii zpracování půdy orbou, pásové zpracování půdy provedené do strniště ozimého žita a plošné kypření talířovým kypřičem pro zapravení strniště ozimého žita s následným kypřením kombinovaným kypřičem. Na začátku června 2017, bylo měřeno při umělém zadešťování simulátorem deště, za jak dlouho po začátku povrchového odtoku vody dojde k ustálení rychlosti povrchového odtoku vody. U technologie plošného kypření nastal povrchový odtok

nejpozději, avšak ustálení rychlosti povrchového odtoku nastalo nejdéle u pásového zpracování. To vypovídá o tom, že u pásového zpracování půdy, klesá rychlost infiltrace vody velice pomalu, oproti ostatním technologiím a omezuje se povrchový odtok vody. Pokus také ukázal, že vlivem slehávání zeminy v nakypřených pásech se protierozní účinky srovnávaných technologií vyrovnávají, což se ukázalo při erozní události asi v půlce srpna 2017, kdy byly naměřené hodnoty množství smyté zeminy takřka stejné [53].

Zhutnělá půda negativně ovlivňuje růst kořenů rostlin. Pokud kořeny narazí na zhutnělou vrstvu, neprostupují dále do hloubky, ale větvi se do stran. Výsledkem jsou mělce umístěné kořeny, které nemohou přijímat vodu a živiny z nižších vrstev půdy a jsou zahřívány vlivem vyšší teploty povrchové vrstvy půdy, což vede k jejich zasychání [56].

Zásobní hnojení minerálními hnojivy pod povrch půdy je výhodné zejména kvůli omezení ztrát dusíku do vzduchu. Hnojivo je uloženo v oblasti budoucích kořenů rostliny, kde je největší potenciál jeho využití rostlinou. Hnojivo je zapraveno do hloubky přibližně 15-20 cm a dále autor udává, že zapraveno by mělo být 50% dávky dusíku, kterou budeme předplodinu hnojit [56].

V současné době je na trhu k dostání pásový kypřič se zapravováním tekutých organických hnojiv VOGELSANG X-Till nebo STRIP HAWK EASY. Stroj se připojuje pomocí tříbodového závěsu například za cisternu a v jedné operaci se provádí pásové kypření půdy do hloubky až 30 cm a zapravování například kejdy nebo digestátu, který slouží jako hnojivo pro budoucí plodinu, kterou je nejčastěji kukuřice, nebo řepka. Stroj STRIP HAWK EASY může být spojen ještě s přesným secím strojem. Tím dochází k redukci dvou až tří přejezdů na jeden [57] [58].

Obr. 7 Pásová aplikace kejdy a setí



Zdroj: <https://www.informatoreagrario.it/wp-content/uploads/2020/01/MOM-Strip-Hawk-Planter-350x263.jpg>

2.5.6 Meziplodiny

Základní funkcí meziplodin je produkce biomasy. Meziplodiny mají schopnost fixovat živiny, prokořeňovat půdu a zajišťovat pokryv, čímž se dosahuje omezení výparu vody z půdy a dochází také k regulaci plevelů. Mimo jiné v meziplodinách, tak jako ve všech rostlinách, probíhá fotosyntéza, což znamená přeměnu oxidu uhličitého a sluneční energie na kyslík a organické struktury v podobě rostlinné biomasy, čímž dochází ke koloběhu uhlíku a minerálních látek v půdě. Podstatné je, že meziplodiny se na výše zmíněných faktech podílejí v meziorostním období, kdy by půda není oseta žádnou plodinou [13].

Využití meziplodin je často jako zelené hnojení. Dochází ke zvyšování množství půdní organické hmoty zapravenou nadzemní biomasou a odumřelým kořenovým systémem. Přínos organické hmoty v půdě je všeobecně spojen se zvyšováním půdní úrodnosti a celkovým zlepšením struktury půdy [13].

Mezi negativa meziplodin patří rozvoj škůdců a chorob. Meziplodiny mohou také zvyšovat zaplevelení pozemku. A to přímo pleveli, nebo regenerovanými částmi po umrtvení porostu. Tyto negativa jsou však nejvíce ovlivněna nevhodnou volbou meziplodiny a nevhodným způsobem přípravy půdy před setím meziplodiny. Vždy je třeba zohlednit půdněklimatické podmínky, způsob založení porostu a také vhodnost zařazení dané meziplodiny do osevního plánu. Dochází taktéž ke ztížení podmínek setí [13].

Z hlediska regulace plevelů je důležitá konkurenceschopnost meziplodiny. Za vhodné plevel potlačující meziplodiny jde považovat např. hořčice bílá, ředkev olejná, jetele alexandrijský a jiné. Naopak za plodiny s nižší konkurenceschopností jsou považovány porosty např. svazenky vratičolisté a pohanky obecné [13].

Nezastupitelnou roli mají meziplodiny taktéž v ochranných pásmech vodních zdrojů. Rostliny poutají živiny z půdy do biomasy a tím pomáhají zabraňovat vyplavování živin do spodních vod. Neopomenutelný vliv mají taktéž na erozi půdy, kterou chrání nejen rostlinný pokryv, ale také kořeny rostlin [59].

Za nejoblíbenější formu meziplodiny jsou v České republice momentálně považovány meziplodiny strniskové. A to zejména z důvodu jednoduché pěstební technologie nevyžadující speciální stroje a také finanční prostředky. Osivo meziplodin je cenově dostupné a v neposlední řadě jsou zde dotační podporou v rámci agroenvironmentálních opatření. Strniskové meziplodiny poskytují obvykle nižší výnosy biomasy než hlavní plodiny vzhledem k podstatně kratší době vegetace. Výnos nadzemní i podzemní biomasy se velice liší dle plodiny, termínu setí, množství srážek apod. a to v rozmezí cca 10 – 20 t/ha čerstvé hmoty. K meziplodinám s vyšší produkcí biomasy patří např. hořčice bílá, ředkev olejná, svazenka vratičolistá, sléz krmný atd. Za meziplodiny s nízkou produkcí biomasy patří jeteloviny [59] [13].

Meziplodiny bobovité, nebo luskoviny dokáží poutat do půdy vzdušný dusík, díky své symbióze s hlízkovými bakteriemi rodu *Rhizobium* a *Bradyrhizobium*. Důležité je včasné zasetí, aby bylo překonáno období prvních čtyř až šesti týdnů růstu, při kterých rostlina dusík z půdy spotřebovává. Taková meziplodina je schopna obohatit půdu o 30-80 kg N₂/ha [60] [61].

2.5.7 Pomocné plodiny

Za pomocné plodiny se považují rostliny, které napomáhají dosahovat pěstebních a ekologických cílů, při pěstování hlavní plodiny. Pomocné plodiny mohou být v pěstebních systémech využívány několika způsoby. Například pro tvorbu mulče, který omezuje rozvoj plevelů a také ztráty vody v půdě evaporací. V současné době se rozvíjí také systémy, které z pěstování vyřazují glyphosate. Dále se jedná o omezení eroze půdy. Zkouší se také technologie, při kterých meziplodiny produkují a zlepšují dostupnost živin pro hlavní plodinu. Jejich využití je tedy u širokořádkových plodin, ale také u úzkořádkových plodin, jako jsou obilniny, ozimá řepka apod [62].

Při setí hlavní plodiny do mulče se jako riziko jeví přesušení půdy na jaře neumrtveným porostem pomocné plodiny. Po setí navíc povalený a umrtvený mulč zabraňuje pronikání

dešťové vody při malých srážkových úhrnech. Jak se ale ukázalo po dvou až čtyřech týdnech se vlhkost půdy vyrovná a následně už mulč brání evaporaci vody z půdy. Rizikem může být taktéž zvýšený výskyt slimáčků [62].

Alternativou k setí do mulče meziplodin a pomocných plodin jsou pásové výsevy pomocných plodin. Hlavní plodinu je možné zasít do plošně seté pomocné plodiny. V tomto případě se uplatňuje frézový výsev do živých porostů. Na povrchu vznikají prokypřené pásy bez rostlinného pokryvu, zbytky rostlin jsou v pásech zapraveny do půdy. Zde je riziko regenerace zapraveného porostu, pokud nedošlo k jeho umrtvení před frézovým zpracováním. Proto se zkoušejí technologie setí pomocné plodiny do budoucího meziřádku. Oseté meziřádky jsou pomocnou plodinou chráněny proti erozi, prokořeňovány a nadzemní část biomasy redukuje plevele na základě přímé konkurence. Před setím dochází k umrtvení a porost v meziřádku dál funguje jako mrtvý mulč. Aby nedošlo k zapravení mulče a porušení struktury půdy, čímž bychom přišli o benefit technologie, je nutné před setím neprovádět plošné kypření, ale provést pásové zpracování půdy [62].

Založení pásů pomocné plodiny lze provést dvěma způsoby. Před zakládáním pásů můžeme provést plošné kypření s ohledem na stav půdy, předplodiny a požadavků budoucí hlavní plodiny. Prvním způsobem je využití standartního secího stroje a zaslepit semenovody vedoucí k secím botkám v prostoru budoucího řádku. Vzniknou nám tak pásy pomocné plodiny a řádky pro budoucí výsev zůstávají neoseté. Při využití secího stroje s více zásobníky je možné zasít do budoucích řádků jinou pomocnou plodinou s menším vzrůstem. Osev budoucích řádků je také možné provést plošně. Druhou možností je použití mělkého pásového kypřiče nebo plečky, vybavenou zásobníkem a výsevním ústrojím. Osivo je semenovody dopravováno k deflektorům, které zajistí rozhoz osiva za kypřící sekce, nebo je do půdy zapravováno secími botkami umístěnými za kypřícími nástroji. Princip funkce porostů je stejný a je taktéž možné osít plošně budoucí řádky méně vzrůstným druhem [62].

Pásový výsev je možné provést na podzim i na jaře. U podzimních výsevů využíváme zejména vymrzající plodiny. V důsledku působení mikroorganismů na rozklad biomasy, je mnohdy pokryvnost půdy meziřádků nižší než 6 %, což může být při výsevu hlavní plodiny problém z hlediska legislativních předpisů spojených s používáním protierozních technologií u širokořádkových plodin. Z tohoto důvodu se proto může provádět výsev na jaře. Podle dynamiky růstu zvolené pomocné plodiny dále s porostem nakládáme. Při využití plodin s vysokou dynamikou růstu (hořčice bílá, pohanka setá, svazenka vratičolistá) je nutné

regulovat včas porost, aby nedošlo ke vzájemné konkurenci hlavní a pomocné plodiny. Druhy s menší dynamikou růstu (luskoviny, jeteloviny) můžeme v meziřádku ponechat bez redukce po celou dobu jejich vegetace. Je ale nutné myslet na to, že pomalá dynamika růstu je spojena s nižší pokrývností povrchu půdy [62].

Je však nutné upozornit, že hodnocení pokrývnosti rostlinnými zbytky je příliš zjednodušený pohled z hlediska legislativních požadavků. Samostatná hodnota pokryvu půdy totiž není dostatečný parametr pro hodnocení protierozní ochrany. Podstatné je také, že rostlinné zbytky jsou fixovány kořenovým systémem, který zároveň svým odumíráním vytváří ideální preferenční toky pro infiltraci vody do půdy. Vyšší stabilita půdních agregátů, rychlejší a delší doba infiltrace vody může vykazovat shodný efekt jako samotný tlumící efekt rostlinných zbytků na povrchu půdy, z hlediska kinetické energie dešťových kapek [63].

Další možností využití pomocných plodin je jejich pěstování souběžně s hlavní plodinou. Tento systém se uplatňuje nejen u širokořádkových plodin, ale také u plodin úzkořádkových. Souběžné pěstování probíhá obvykle po určitou dobu, dokud nedochází k výrazné konkurenci pomocné a hlavní plodiny. Za důležitou výhodu je považován fakt, že výsev pomocné i hlavní plodiny může probíhat současně při jednom přejezdu a dochází tak k redukci počtu jízd po pozemku. S ohledem na rozmístění pomocné plodiny po pozemku se rozlišují dvě strukturní schémata. Prvním je cílené rozmístění hlavní plodiny a náhodné rozmístění plodiny pomocné. Druhé je cílené rozmístění hlavní plodiny spolu s cíleným rozmístěním plodiny pomocné. V systémech využívajících více pomocných plodin se může jednat o schéma smíšené, kde je cíleně rozmístěna hlavní plodina spolu s dominantní složkou pomocné plodiny a náhodně rozmístěna druhá pomocná plodina. [62].

Náhodné výsevy pomocné plodiny s hlavní plodinou lze použít zejména u méně vzrůstných druhů pomocných plodin. U vzrůstných druhů je třeba vybírat ty, které velice špatně přezimují a dobře vymrznou, protože později nastává problém s regulací pomocné plodiny. Tento systém prakticky vylučuje mechanickou regulaci pomocné plodiny [62].

Cílené rozmístění hlavní i pomocné plodiny klade zvýšené nároky na secí stroje. Ten musí být vybaven dvěma zásobníky s možností sít do různých řádků různou plodinu. Velice vhodné je, když secí stroj umožňuje variabilní přítlak na secí botky. Za výhody se považuje možnost mechanické regulace porostu pomocné plodiny a omezená konkurence obou plodin. Zejména možnost mechanické kultivace, ale také snížený počet jedinců vede ke zvětšení rozteče řádků. U obilnin na 250 mm i více, taktéž u ozimé řepky a máku. Širokořádkové plodiny

dávají možnost vzniku novým variantám pěstování. Proto se přechází u pěstování úzkořádkových plodin k větším roztečím řádků. Provádí se např. pokusy s pěstováním řepky ozimé seté do dvouřádku s roztečí 250 mm a s roztečí meziřádku 500 mm. Dalším způsobem využití širokých meziřádků může být dosetí pomocné plodiny (tzv. podsev) do již rostoucího porostu plodiny hlavní. Podsevy se uplatňují například při pěstování kukuřice seté. Termín založení podsevu se odvíjí od vývoje hlavní plodiny, zejména s cílem, aby nebyla hlavní plodina plodinou pomocnou omezena. Zakládat podsevy do porostu kukuřice seté se doporučuje až po dosažení výšky porostu 30 cm, nebo také někdy od vývoje 6. listu kukuřice. Velmi často jsou jako podsev voleny jeteloviny nebo trávy [62].

2.6 Voda v půdě

Půdní vodou je označována veškerá voda obsažená v půdě v kapalném, plynném i pevném skupenství. Využívá se také termín půdní vláha. Vodu lze považovat za hlavní produkční faktor, protože voda je významná nejen pro přenos živin, ale také pro růst a vývoj porostů. Pro rostliny a půdní organismy je půdní voda nezbytná, protože je nosičem živin i prostředím, ve kterém probíhají biochemické a biologické procesy. V kapalném skupenství působí voda v dispergačními, rozpouštěcími, hydrolytickými a translokačními účinky. Kořeny rostlin a mikroorganismy jsou osmotrofové. To znamená, že veškeré látky, které přijímají jsou přijímány přes jakousi membránu a musí být rozpuštěné ve vodě. Příjem živin je tedy závislý, na dostupnosti a množství vody v půdě [64] [65].

V půdě se nachází póry různého tvaru a velikostí a ty voda zaplňuje. Schopnost půdy zadržovat vodu, tzv. retenční schopnost půdy závisí na tvaru, velikosti a množství pórů v půdě. A dále pak na struktuře půdy a množství půdní organické hmoty [65].

Voda je v půdě poutána kapilárními silami a adsorpcí. Voda poutaná adsorpcí obaluje částičky půdy, nebo je poutána elektrostatickými silami na půdní koloidy a ionty s různým nábojem. Čím jsou póry a půdní částice menší, tím narůstají síly, které vodu v půdě poutají. Z tohoto vyplývá, že jemnozrné půdy mají vyšší schopnost poutat vodu než hrubozrné písčité půdy [65].

V ČR jsou nejvýznamnějším zdrojem vody vertikální srážky. Jejich průměrný roční úhrn je 686 mm [66]. Na množství srážek, které dopadne na povrch půdy má vliv tzv. intercepce. Ta představuje vodu zadržanou porostem a zpětně odpařenou. Pokud je porost dobře zapojený a pokrývá povrch půdy, nedochází při malých srážkových úhrnech (do 1 mm) ke kontaktu srážkové vody s půdou. Intercepce klesá při intenzivnějších srážkách a také

v období, kdy není povrch půdy pokrytý rostlinami. Dalším významným zdrojem vody je rosa. Zvláště v dobře zapojených porostech, které mají velkou kondenzační plochu. V půdě taktéž dochází ke kapilárnímu zdvihu vody. Je-li podzemní voda blízko pod povrchem půdy, může spodní voda vzlínat až k povrchu půdy. Výška vodního sloupce nad hladinou podzemní vody může být několik dm ale i m. Pokud je v blízkosti vodní tok, rybník, nádrž a jiné, vstupuje voda do půdy horizontálně jako tzv. laterální voda. Tato voda se také uplatňuje na svazích, kdy voda působením gravitační síly stéká dolů. Voda se do půdy vsakuje, vypařuje se z ní, odebírají ji rostliny, nebo při intenzivnějších srážkách dochází k povrchovému odtoku, čím dochází ke ztrátám vody z půdy [64].

2.6.1 Vlhkost půdy

Voda se v půdě vyskytuje v minimálním množství v suché půdě až po stav, kdy zaplňuje všechny póry v půdě (plná vodní kapacita). Poměr množství vody oproti půdě charakterizuje vlhkost půdy. K vyjádření vlhkosti půdy se používá hmotnostní, nebo objemová vlhkost půdy. Množství vody v půdě v daném čase se označuje jako okamžitá vlhkost půdy. Okamžitá vlhkost půdy je závislá na aktuálním stavu půdy a tedy i stavu počasí [64] [67].

2.6.1.1 Hmotnostní vlhkost

Okamžitá vlhkost se nejčastěji vyjadřuje jako hmotnostní vlhkost v hmotnostních procentech. Jedná se tedy o poměr hmotnosti vody a hmotnosti vysušeného půdního vzorku. Hmotnost vody zjistíme zvážením vzorku před a po sušení. Vysoušení probíhá při 105 °C [67] [68].

$$w = m_w / m_z$$

m_w – hmotnost vody

m_z – hmotnost vysušeného vzorku půdy

2.6.1.2 Objemová vlhkost

Kromě hmotnostní vlhkosti lze také k vyjádření okamžité vlhkosti využít objemovou vlhkost, nebo také mm zásoby vody. Objemová vlhkost udává poměr objemu vody ze známého objemu půdního vzorku, zpravidla fyzikálního válečku o objemu 100 cm³. Zvláště v půdách s vysokým obsahem humusu a půdní organické hmoty má větší vypovídající schopnost objemová vlhkost, protože humus i půdní organická hmota vykazuje výrazný nepoměr objemové hmotnosti a sací schopnosti [67] [64] [68].

$$\Theta = V_w / V_s$$

V_w – objem vody

V_s – objem vzorku půdy

Vzájemný přepočítání mezi hmotnostní a objemovou vlhkostí je následující.

$$\Theta = w \cdot \rho_d / \rho_w$$

ρ_d – objemová hmotnost půdy

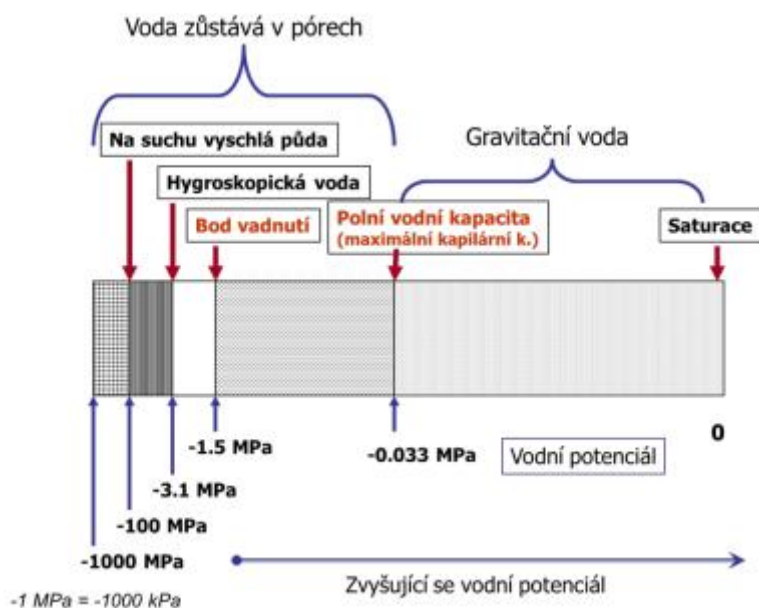
ρ_w – objemová hmotnost vody (=1)

Vyjádření mm zásoby vody je praktické z důvodu sledování srážkových úhrnů, které se taktéž udávají v mm. Při vyjádření zásoby vody v půdě v milimetrech platí vztah, že objemová vlhkost půdy, která je vyjádřena v objemových procentech (%obj.) je rovna zásobě mm vody v půdě pro vrstvu půdy tlustou 10 cm. Je-li tedy například objemová vlhkost půdy 10 %obj., je ve vrstvě půdy o hloubce 0-10 cm zásoba vody 10 mm, což odpovídá objemu 10 l na 1 m² [64].

2.6.2 Vodní potenciál

Na vodu v půdě působí celý soubor silových polí. Tyto silové pole dohromady tvoří sílu, která vodu v půdě drží a tvoří tak vodní potenciál, nebo také potenciál půdní vody. To je síla, kterou je voda v půdě poutána. Tato síla se dá popsat jako síla, kterou bychom museli vyvinout, abychom vodu z půdy odsáli. Jedná se o sací tlak. Tento tlak je odvozen od tlaku vodního sloupce a je vyjádřený jako převrácená hodnota atmosférického tlaku. Se snižujícím se množstvím vody v půdě, rostou síly, které vodu v půdě poutají a je těžší vodu odsát. Se snižujícím se množstvím vody v půdě klesá vodní potenciál. Čím nižší vodní potenciál je, tím více se zvyšují sací síly a půda zvyšuje síly na přijímání vody z okolí. [64].

Obr. 8 Voda v půdě v závislosti na vodním potenciálu



Zdroj: Šantrůčková, (2014)

Šantrůčková (2014) [65] popisuje vodní potenciál jako měřítko dostupnosti vody pro rostliny. Definuje ho jako rozdíl mezi volnou energií vody v půdě volnou energií vody v nádrži (volná energie v nádrži = 0). Vodní potenciál nabývá záporných hodnot, čím nižší hodnota je, tím větší síla vodu v půdě poutá.

Vodní potenciál se značí řeckým písmenem Ψ . Vodní potenciál má několik složek. Jsou to: $\Psi = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_g$

1. Osmotický potenciál Ψ_s

Osmotický potenciál vody je závislý na množství rozpuštěných látek ve vodě. Soli v roztoku hydratují, tudíž snižují množství volné vody a tím snižují úroveň vodního potenciálu.

2. Tlakový potenciál Ψ_p

Tlakový potenciál udává rozdíl tlaku v soustavě a atmosférickým tlakem. Nabývá kladných i záporných hodnot.

3. Gravitační potenciál Ψ_g

Gravitační potenciál je dán působením gravitační síly na vodu. Uvažuje se vždy rozdíl výšky oproti stanovené referenční výšce. Ovlivňuje, jak vysoko nad hladinu podzemní vody vystoupá voda pomocí vztlínání v kapilárách apod [67] [64] [69].

Hodnota vodního potenciálu se může vyjadřovat v jednotkách tlaku (Pa, kPa...) nebo ve výšce vodního sloupce v centimetrech. Platí že 1020 cm vodního sloupce je 100 kPa [64].

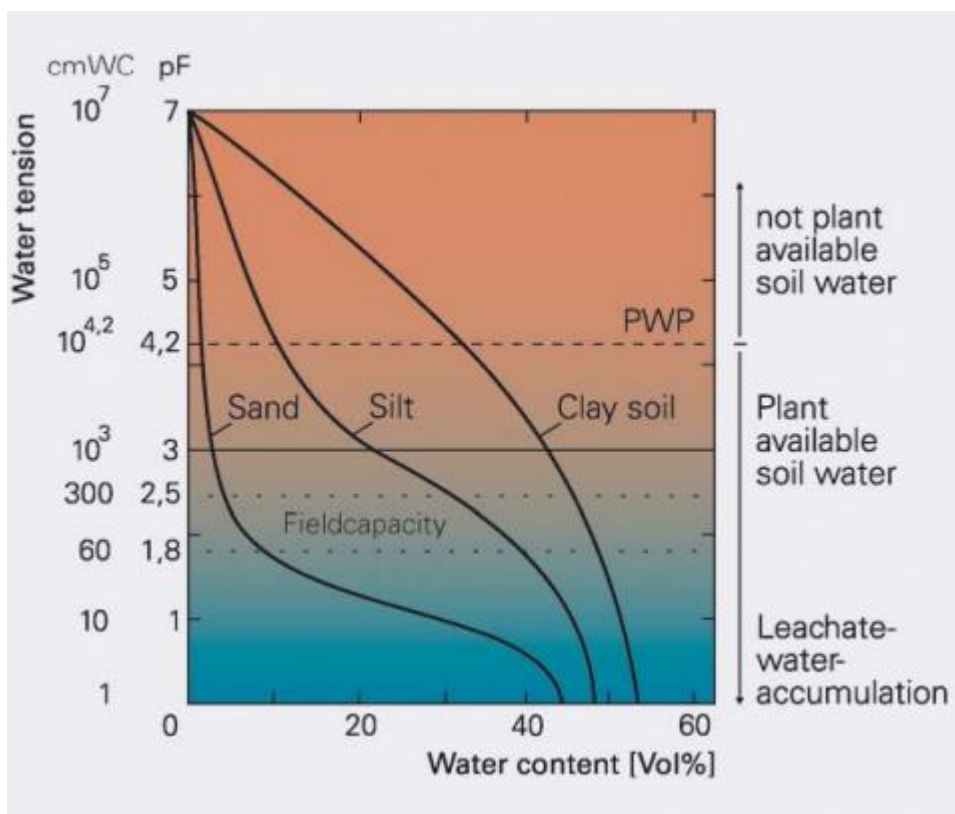
Hodnotu vodního potenciálu v závislosti na množství vody, zejména na objemové vlhkosti Θ v půdě popisují retenční křivky, nazývané také pF křivky. Vodní potenciál vyjadřují pF křivky pomocí záporného dekadického logaritmu $pF = \log \Psi$. Jedná se o nelineární závislost, která se obvykle zobrazuje v logaritmickém měřítku osy vodního potenciálu. Průběh pF křivky je závislý na zrnitostním a mineralogickém složení, obsahu humusu a výměnných kationtů, s půdní strukturou a objemovou hmotností půdy. Křivka popisuje pohyb vody v půdě a lze podle ní určit pro jakou hodnotu vodního potenciálu odpovídá daná vlhkost půdy [64] [70]

Logaritmické vyjádření vodního potenciálu ve formě pF křivky se využívá pro jejich značné rozdíly mezi minimálními a maximálními hodnotami [68].

Stanovení pF křivek je možné např. odtokovou metodou. Měření začíná odebráním neporušeného půdního vzorku pomocí Kopeckého válečku o objemu 100 cm³. Vzorek se poté zváží, umístí na filtrační papír a nechá kapilárně sytit vodou do doby, než se na jeho povrchu vytvoří lesklý film. Po dosažení tohoto stavu se vzorek opět zváží a změří se jeho objemová změna. Vzorek se poté nechá dále sytit do stavu úplného nasycení. Následně se vzorek opět zváží a změří a umístí do pískového boxu, ve kterém je vyvolán podtlak -10; -50 a -100 cm. Tím jsou změřeny první tři body pF křivky. Poté se vzorek přendá do kaolinového boxu, ve kterém je vyvolán podtlak -0,33 bar. Následuje přetlakové měření při přetlaku 1; 2,5; 10 a 15 bar. Měření končí vysušením vzorku v sušárně vzduchem o teplotě 105°C. Z každého kroku získáme body pF křivky a měříme objemovou změnu vzorku. Jedná se o velice přesnou metodu měření, avšak velice časově náročnou, protože každý krok měření může trvat až jeden měsíc. To znamená že zjištění pF křivky vzorku nám zabere i osm měsíců [70].

Schopnost zadržovat vodu se odvíjí od zrnitostního složení půdy. Písečná půda je schopna zadržet menší množství vody než půda jílovitá. Jemnozrná půda však sice zadrží více vody, ale poutá vodu vyššími silami. Takže bod vadnutí nastává na těchto půdách při vyšší hmotnostní vlhkosti, než na půdách hrubozrných. U hrubozrných půd bod vadnutí nastává okolo 5 %hm, u jemnozrných půd už okolo 20 %hm [65].

Obr. 9 Dostupnost vody pro rostliny v odlišných půdách



Zdroj: Litschmann, (2010)

Pro měření vodního potenciálu, využíváme tenzometrická čidla. Nejdůležitější součástí čidla je tenzometr a keramická špička. Keramická špička umožňuje pohyb vody. Tím, jak se půda snaží odsávat vodu z keramické špičky, klesá uvnitř čidla tlak a jeho hodnotu snímá tenzometr. Důležité je, aby uvnitř tenzometru nebyl vzduch, který by se s klesajícím tlakem rozpínal a zkresloval měření. Dále je důležité, aby keramická špička byla v dobrém kontaktu s půdou [71].

2.6.3 Režimy půd

Režimy půd charakterizují změny některých půdních vlastností v časovém úseku, který je několikanásobně kratší, než je období vývoje pedotopu. Změny se obvykle opakují v různých časových cyklech (dnech, vegetačních obdobích, rocích), přičemž významně ovlivňují úrodnost půdy. Příčiny změn jsou fyzikálního, fyzikálně-chemického a biologického charakteru [67].

Základní půdní režimy podle Vavříčka a Kučery (2014) [64] jsou:

1. Vodní režim
2. Vzdušný režim
3. Tepelný režim
4. Režim solí (vč. živinného režimu)
5. Biologický režim

Já se zaměřím na vodní, nebo také hydrický režim půdy.

2.6.3.1 Vodní režim půdy

Vodní režim vyjadřuje pohyb a umístění vody půdě z časového a prostorového hlediska. Vodní režim, jinak také nazývaný vodní bilance zahrnuje vstup vody do půdy, její zadržení a následnou ztrátu z půdy. Ovlivňuje ho klima, vegetace, půdní typ, množství podzemní vody a reliéf terénu. V obecné rovině je vodní režim vyjádřen vztahem teploty, srážek a evaporace. Z výsledné bilance je pak patrné, jestli nastává úbytek nebo přebytek vody a ta je pak zadržována v půdě, nebo využívána rostlinami [64].

Jak již bylo zmíněno voda v půdě je vázána ve více formách, ty lze rozčlenit podle toho jaké půdní mikroprostředí vodu obsahuje a jaká je tedy energetická bilance [65].

1. Gravitační voda

V půdě je poutána nejslaběji. Má tedy nejvyšší vodní potenciál (-33 až -10 kPa i více). Voda zaplňuje hrubé gravitační póry, kterými prosakuje a tím se pohybuje. Její pohyb je ve směru působení gravitační síly a může ho ovlivnit např. sklon svahu. Gravitační voda se v půdě nachází pouze při přísunu vody do půdy a se skončením přísunu vody její množství rychle klesá.

2. Kapilární voda

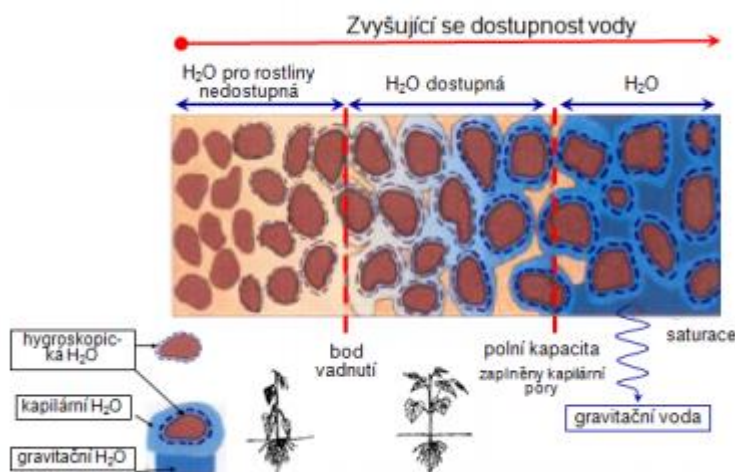
Tato voda se nachází pouze v kapilárních pórech. Voda v těchto kapilárách může vzlínat všemi směry a její pohyb neovlivňuje působení gravitační síly. Se snižováním vlhkosti se voda stává méně pohyblivou. Hodnota vodního potenciálu se pohybuje přibližně mezi -3100 až -10 kPa.

3. Adsorpční a hygroskopická voda

V půdě je poutána adsorpčními a osmotickými silami. Zpravidla pouze obaluje půdní částice a hodnoty vodního potenciálu jsou zpravidla nižší než -3100 kPa. Pohyb této

vody v půdě je ovlivňují gradienty vlhkosti, teploty a mineralogické složení půdy. Když je vlhkost půdy vysoká, pohybuje se voda ve směru působení gravitační síly. Toto je typické pro humidní oblasti (oblasti kde převažují srážky nad evaporací). Dochází při tom k vymývání půdních částic a jejich posunu do nižších vrstev půdy. V oblastech aridních a semiaridních (evaporace převažuje nad srážkami) dochází naopak k pohybu vody vzhůru. Tento pohyb vyvolává sací tlak, který je ve vrchních vysušovaných vrstvách půdy vyšší. Stoupající voda s sebou vynáší soli, které jsou ve vodě rozpuštěné. Je-li množství vody v půdě pod mezí hygroskopické vody, nachází se voda pouze ve stavu vodní páry. Ta se pohybuje z míst o vyšším tlaku do míst o nižším tlaku. Což znamená, že se vodní pára pohybuje do chladnějších spodních vrstev. V zimě to může být naopak [64] [65] [69] [67].

Obr. 10 Dostupnost vody pro rostliny dle rozdělení vody v půdě



Zdroj: Šantrůčková, (2014)

2.6.4 Půdní hydrolimity

Vlhkost a množství vody v půdě se plynule mění. Aby bylo možné vyjádřit vlhkostní stavy půdy, stanovují se charakteristické hodnoty – hydrolimity [64] [72].

Hydrolimity udávají hranice mezi jednotlivými kategoriemi půdní vody, hranice různé pohyblivosti půdní vody a hranice různé přístupnosti vody pro rostliny [72] [67].

2.6.4.1 Plná vodní kapacita

Při plné vodní kapacitě zaplňuje voda veškeré půdní póry. Množství vody v pórech snižuje vzduch, který je v pórech uzavřený. Vzduch může vyplňovat až 10 % pórů. U zamokřené půdy množství vzduchu postupně klesá, až po několika měsících voda vzduch

vytlačí a zaplní veškerý objem pórů. Tato voda je dostupná během deště a bezprostředně po něm. Když půda není schopna takové množství vody zadržet, odchází voda z půdy ve formě gravitační vody a její množství se přibližuje k hydrolimitu polní kapacity. Hodnota pF je při plné vodní kapacitě 0. [73] [72] [64] [67].

2.6.4.2 Polní kapacita

Maximální množství vody po nasycení infiltrací, které je půda schopna udržet po delší dobu proti působení gravitační síly. Nedochází už tedy ke ztrátám vody vsakováním do hlubších vrstev. Voda zaplňuje přibližně 50-80 % kapilárních pórů v půdě, zbytek tvoří vzduch. Toto je optimální stav vody v půdě, protože voda je dobře dostupná pro rostliny a zároveň mohou kořeny rostlin a mikroorganismy dostatečně přijímat z půdy vzduch. Hodnoty sacích tlaků se pohybují v rozmezí od -100 cm u lehkých půd, až do -500 cm u těžkých půd. Kolísají tedy v mezích pF 2-2,7 [73] [65] [67].

2.6.4.3 Bod snížené dostupnosti

Při této vlhkosti půdy se již významně snižuje pohyblivost půdní vody a tím i její dostupnost pro rostliny. Voda se pohybuje pouze v nejtenčích pórech. Jestliže se půdní vlhkost drží delší dobu pod tímto hydrolimitem, omezují se fyziologické funkce rostliny, klesá intenzita tvorby biomasy a také výnosnost plodiny. Hodnota sacích tlaků se pohybuje v rozmezí -1000 cm až -2000 cm. Hodnota pF je tedy 3-3,3. [67] [65].

2.6.4.4 Lentokapilární bod

S klesajícím množstvím vody v půdě se vlhkost dostává k lentokapilárnímu bodu. Tento bod se nachází přibližně na hodnotě 40 % polní kapacity. Jedná se o vlhkost půdy, kde se nachází rozmezí mezi lehce a těžce pohyblivou kapilární vodou. Voda ustupuje z větších kapilár a soustředí se jen v nejmenších pórech a v místech styku půdních částic. S poklesem vlhkosti půdy pod tento bod se začíná půdní voda stávat velice obtížně dostupnou pro rostliny. Hodnoty sacího tlaku se pohybují v rozmezí -0,3 MPa až -0,1 MPa, tedy pF= 3-3,3 [72] [67] [64].

2.6.4.5 Bod vadnutí

Stav, při kterém již rostliny nejsou zásobeny vodou. Množství vody absorbované kořeny je menší než transpirace vody. Rostliny nejsou schopny překonat síly, které vodu v půdě poutají. V rostlinách klesá turgor (vakuoly přijímají málo vody a tím vyvíjí menší tlak na buněčnou stěnu), což se projevuje vadnutím. Hodnoty sacího tlaku se pohybují od -1 MPa do -2 MPa, obvykle se uvádí průměrná hodnota -1,5 MPa (pF= 4,18). Protože však hodnota

bodu vadnutí závisí na druhu rostliny a na jejím vývojovém stavu, ve kterém se momentálně nachází, je bod vadnutí pro každou rostlinu individuální. [64] [65] [67] [69].

Vavříček a Kučera (2014) [64] uvádí že, bod vadnutí je u malé papriky na hodnotě -0,6 MPa až -0,3 MPa, zatím co u starší papriky to je -1,5 MPa až -1,2 MPa.

Obr. 11 Maximální sací tlaky dřevin v porovnání s obilninami

Maximální sací tlaky některých dřevin:	
smrk	-3,0 až -2,8 MPa
buk	-4,0 MPa
ďub	-4,1 MPa
jasan	-3,7 MPa
byliny doubrav	-5,3 až -2,7 MPa
byliny v luhu	-2,1 až -0,6 MPa
obilí	cca -1MPa

Zdroj: Vavříček, Kučera (2014)

2.6.4.6 Číslo hygroskopicity

Hygroskopická voda je v půdě přítomna ve formě vodní páry. Je na rozmezí adsorpční a kapilární vody. Hygroskopická voda je vázána přitažlivými silami na površích částic, kdy atomy O₂ vážou dipóly H₂O (molekula je rozdělena na H⁺ a OH⁻). Tím může docházet k hydrataci výměnných kationtů (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺), které vytvářejí obaly půdních částic. Tyto síly působí na vzdálenosti několik μm. Jestliže je v půdě přítomna pouze hygroskopická voda, přijímá půda vzdušnou vlhkost ve formě vodní páry. Tuto formu vody lze odstranit z půdy sušením při teplotě 105°C. Kolik hygroskopické vody půda poutá nám udává číslo hygroskopicity V_h. To se zjišťuje výpočtem normální hygroskopicity. Normální hygroskopicita vyjadřuje, kolik vlhkosti půda poutá při normální vlhkosti vzduchu, která je asi 60 %. Jemnozrnné půdy obsahují více hygroskopické vody než půdy písčité. Jíl obsahuje až 15 %hm a hrubozrnné písky 1-2 %hm hygroskopické vody. Sací tlak je -6 Mpa, což odpovídá hodnotě pF 4,85 [64] [65].

Obr. 12 Molekula vody



Zdroj: Šantrůčková (2014)

2.6.4.7 Adsorpční voda

Maximální množství vody, které půda může poutat adsorpčními silami. Voda obaluje částice a vytváří na jejich povrchu mikroskopický povlak, který může být tlustý i jako tloušťka jedné molekuly vody. V takovém případě se jedná o monomolekulární vlhkost. Tuto vlhkost nelze z půdy odstranit standartním sušením při teplotě 105 °C. U lehkých až středně těžkých půd tvoří adsorpční vlhkost asi 2-8 %hm, u jílovitých půd to může být až 15 %hm. Z toho je patrné, že jemnější a menší částice jsou schopny poutat více vody a mají větší schopnost vodu držet. Hodnota sacích tlaků je -11 MPa až -7 MPa. Hodnoty pF se pohybují v rozmezí 4,85 – 5,20. Na povrchu půdních částic může být sací tlak až -600 MPa. [64].

2.6.4.8 Krystalická voda

Nejsilněji poutaná forma vody v půdě. Je obsažena v krystalické struktuře v minerálech ve formě hydrátu (např. sádrovec $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Odstranit ji z půdy je velice obtížné a je třeba dosahovat teplot nad 550 °C [64].

3 Cíl práce

Práce hodnotí v rámci projektu „Implementace technologií pro cílené nakládání s vodou v půdě“ rozdílné technologie zpracování půdy a následného setí při pěstování kukuřice. Hodnoceny budou vývojové parametry rostlin, výnos palic kukuřice, sušiny apod. v průběhu 1 sezóny. Dále bude hodnocena dostupnost vody pro rostliny a teplota půdy s ohledem na rozdílné technologie. Součástí práce je ekonomické zhodnocení prováděných technologií, které je podkladem při rozhodování o způsobu provádění předset'ové přípravy a setí kuřice.

4 Metodika práce

4.1 Představení podniku

Podnik Zemědělská akciová společnost Mžany, a.s. se nachází v Královéhradeckém kraji, asi patnáct kilometrů severozápadně od města Hradec Králové. Podnik hospodaří na výměře 1795 ha, z čehož je 290 ha luk a pícninářských plodin. Dále podnik chová celkem 1750 kusů skotu a od roku 2018 se zabývá se chovem ryb, konkrétně sumečka afrického, který získal označení Regionální produkt HRADECKO. V posledních letech se podnik snaží zavádět nové technologie, které vedou ke sníženému množství používané chemie, ke zlepšení hospodaření s půdní vodou a ke zlepšení organizace přejezdů po polích, aby se co nejvíce omezilo zhutňování půd koly strojů. Podnik každoročně vyprodukuje 17550 m³

technologických vod a nakládání s touto vodou není komplexně vyřešeno. Proto se touto problematikou projekt rovněž zabývá.

Zpracování půdy probíhá klasickým způsobem. Je využívána orba nebo celoplošné hloubkové kypření bez obracení půdy. Následuje celoplošná předseťová příprava půdy. Směr jízd traktorů během jednotlivých operacích není nijak optimalizovaný, tudíž dochází k nadměrnému přejíždění polí a zhutňování půdy, což se negativně podepisuje na schopnosti půdy přijímat vodu. Vzhledem k tomu, že půdní typ na pozemku není uniformní, dochází v určitých místech ke většímu zhutnění půdy, což také vede k nevyrovnanosti porostů a snižování výnosového potenciálu daného místa.

4.2 Plánované inovace

Cílem je provádět předseťovou přípravu při jednom přejezdu. Z toho důvodu byl pořízen nový kombinátor Disc-o-vator a modifikovaný kypřič Multi cropper pro pásové zpracování půdy s roztečí řádků 75 cm.

Pro aplikaci pásového zpracování půdy je nutností využití přesné navigace. Na výběr je možnost využití korekčního signálu RTK, který vykazuje přesnost +/- 2,5 cm a neomezenou opakovatelnost linií, nebo signál SF3 jež nabízí přesnost +/- 3 cm a opakovatelnost linií po dobu devíti měsíců, což je pro aplikovanou technologii dostatečné, protože se nevyužívá režim jízd CTF. Výhodou sjednocení pásového zpracování a setí během jednoho přejezdu je fakt, že při setí není nutné přesně navádět secí stroj na prokypřené pásy, protože mají spolu s kypřičem přesnou pozici na traktoru a secí stroj je přesně veden ve středu pásů. To znamená že tuto technologii je možné provádět i bez navigace a orientovat se podle znamenáků.

4.2.1 Kombinátor Great Plains Disc-o-vator

K urovnání pozemku, tvorbě seťového lože, likvidaci vzešlých plevelů a zapravení tuhých minerálních hnojiv před setím slouží kombinátor. Záběr kombinátoru je osm metrů. Tento kombinátor se skládá z několika sekcí. První sekce koltrů rozruší půdní krustu, rozřeže hroudy, případně rostlinné zbytky. Následuje radličková sekce se šípovitými radličkami, které jsou umístěny ve čtyřech řadách, aby byla zajištěna dobrá prostupnost hmoty a nedocházelo k ucpávání rostlinnými zbytky. Radličky jsou k rámu stroje uchycené pomocí pružné slupice a umožňují kypřit půdu až do hloubky 10 centimetrů. Za radličkami následuje prutová sekce, která rozdrobí hroudy na povrchu a těsně pod povrchem, v oblasti seťového lože. Na konec stroje je zařazen prutový válec, který zajistí konečné rozbití hrud a zpětné utužení půdy [74].

Obr. 13 Kombinátor DISC-O-VATOR - 8m



Zdroj: https://cdnag.greatplainsmfg.com/cdn/farfuture/iTz2viRJsIoomLgqLvCa7KPPPW_CUioSu8GYyIh4MKE/mtime:1469547437/sites/default/files/discovator.jpg

4.2.2 Kypřič P&L Multi Cropper

Jedná se o stroj určený pro meziřádkovou kultivaci porostu širokořádkových plodin od společnosti P&L, spol. s r.o. sídlící v Biskupicích. V této technologii se však využívá také k pásové přípravě půdy, v osmiřádkové konfiguraci. Pokud neprobíhá kypření a setí při jednom přejezdu, je možné v kombinaci se zásobníkem tuhých minerálních hnojiv provést zásobní hnojení do oblasti kořenů pěstovaných rostlin v budoucím řádku. Při kypření řádků se využívá dlátovitá radlička, za kterou je umístěna hadice, která dopravuje hnojivo do rýhy za radličkou. O dodržení nastavené hloubky zpracování se starají opěrná kola, která jsou před radličkami umístěna. Po obou stranách každého dláta jsou ještě talíře, které omezují pohyb kypřené půdy, která od radliček odletuje do stran. Takto zpracovaný pás má šířku 20 cm. Rozteč kypřených pásů je 75 centimetrů [75].

Obr. 14 Meziřádkový kultivátor P&L Multi cropper (ilustrační obrázek)



Zdroj: <https://www.pal.cz/getattachment/Zemedelska-technika/Stroje-pro-zpracovani-pudy-a-kultivaci/Kultivatory/Meziradkovy-kultivator-MULTI-CROPPER/Fotogalerie/Meziradkovy-kultivator-MULTI-CROPPER-07.jpg?maxsidesize=1200>

Obr. 15 Upravený kultivátor P&L Multi cropper pro potřeby polního pokusu



Zdroj: Kroulík

Obr. 16 Využití modifikovaného kypřiče P&L Multi cropper při aplikaci hnojiva do zpracovaných pásů



Zdroj: Kroulík

4.2.3 Secí stroj Väderstad Tempo V

Secí stroj Väderstad Tempo V je přesný podtlakový secí stroj s individuálními zásobníky osiva a s jednoduchou změnou rozteče řádků. Secí stroj je sestavený pro setí osmi řádků s roztečí 75 centimetrů. V přední části výsevní jednotky se nachází kotoučové krojidlo, které vytváří rýhu pro uložení hnojiva, při hnojení pod patu. Hnojení pod patu je možné v kombinaci s připojeným zásobníkem tuhých hnojiv. Hnojivo je pneumaticky dopravováno do rozdělovače, odkud je hadicemi vedeno za kotoučové krojidlo. Následují odstraňovače rostlinných zbytků. Za nimi se nachází podtlakové výsevní ústrojí. Od výsevního ústrojí je osivo dopravováno semenovodem a proudem vzduchu do výsevní rýhy, která je tvořena dvoukotoučovou secí botkou. Aby nedocházelo vlivem proudění vzduchu a rychlosti pohybu osiva k odskakování a odfukování semen a tím k nepřesnostem v roztečích mezi jednotlivými semeny, přidrží a přimáčkne semeno přidržovací kolo. Po stranách kotoučové botky jsou opěrná kola, která udržují požadovanou hloubku setí. O uzavření výsevní rýhy se starají dvě kola, umístěná do V. Stroj umožňuje také aplikaci mikrogranulátu do výsevní rýhy k osivu, nebo na povrch půdy [76].

Obr. 17 Detail secího stroje Väderstad Tempo V



Zdroj: https://www.vaderstad.com/globalassets/_international/assets/planting/tempo-planter/tempo-v-6-12/gallery/tempo-v-2.jpg

4.3 Založení polního pokusu 2019

Již v roce 2019 se v rámci projektu zakládaly pokusy porovnávající strip-till a klasickou plošnou přípravu půdy. V tomto roce bylo provedeno hodnocení dostupnosti vody pro rostliny, pomocí měření vodního potenciálu půdy.

4.3.1 Měření vodního potenciálu půdy

Po založení porostů byla do půdy umístěna čidla teploty a čidla vodního potenciálu. Čidla teploty byla umístěna do prostoru řádku do hloubky 15 centimetrů. Čidla vodního potenciálu byla umístěna do řádku a meziřádku, do hloubek 15 a 20 centimetrů. Data byly pravidelně zapisovány dataloggerem, každý den ve 12:00. Termín hodnocení teploty půdy byl od 8.5.2019 do 10.7.2019. Termín hodnocení vodního potenciálu byl od 8.5.2019 do 9.9.2019. Před sklizní byla čidla z půdy vyjmuta.

Pro měření vodního potenciálu byla zvolena čidla Gypsum block GB1 od společnosti Delmhorst instrument. Jedná se o čidla, která umožňují měřit hodnotu vodního potenciálu v rozsahu -0,01 MPa až -1,5 MPa. Čidla byla připojena k dataloggeru MicroLog SP3 od společnosti EMS Brno prostřednictvím dvoupinových konektorů Switchcraft EN3. Jedná se o tříkanálový datalogger, který je vodotěsný a má paměť 128 kB, což vystačí na přibližně 50000 záznamů. Datalogger zároveň dokáže měřit svou teplotu, tudíž ho lze umístit pod povrch půdy a teplotu půdy jím měřit. Data do počítače lze přehrát pomocí speciálního USB kabelu,

který komunikuje dataloggerem pomocí infračerveného portu. Před instalací čidel je nutné je na 2-3 minuty ponořit do vody a při umístění do půdy je vhodné vyrobit z půdy kašovitou hmotu, kterou dáme do místa instalace čidla a čidlo do ní následně vmáčkneme, čímž dojde k dokonalému styku půdy a čidla.

Obr. 18 Microlog SP3



Zdroj: [http://www.emsbrno.cz/r.axd/pdf_v_MicroLog__SP3__userman_u_pdf.jpg?ve](http://www.emsbrno.cz/r.axd/pdf_v_MicroLog__SP3__userman_u_pdf.jpg?ver=)
r=

Teplota byla měřena pomocí čidel Pt100, které umožňují měřit teplotu v rozmezí - 40 °C až + 60 °C. Čidla byla připojena prostřednictvím čtyřpinových konektorů Switchcraft EN3 k tříkanálovému dataloggeru MicroLog T3 od společnosti EMS Brno. Přehrávání dat do počítače, velikost paměti a další parametry jsou stejné jako u modelu MicroLog SP3. Při instalaci se čidla pouze vtlačí do půdy v požadovaných místech pro měření.

Obr. 19 MicroLog T3



Zdroj: http://www.emsbrno.cz/r.axd/pdf_v_MicroLog_T3_userman_u_pdf.jpg?ver=

Obr. 20 Nainstalovaná a zapojená čidla



Zdroj: https://scontent.fprg4-1.fna.fbcdn.net/v/t1.6435-9/94999367_2817347048521697_3024107003057274880_n.jpg?_nc_cat=106&ccb=1-3&_nc_sid=730e14&_nc_ohc=rhQ2tCjMqdAAX-GhvtS&_nc_ht=scontent.fprg4-1.fna&oh=a46cf72f7e12e7cbe5a7318674c35c4f&oe=60C33B92

Obr. 21 Instalace čidel do půdy



Zdroj: https://scontent.fprg4-1.fna.fbcdn.net/v/t1.6435-9/94521484_2817347378521664_3320177923612213248_n.jpg?_nc_cat=110&ccb=1-3&_nc_sid=730e14&_nc_ohc=yoMxxBCVKDUAX9fzvtD&_nc_ht=scontent.fprg4-1.fna&oh=0699fc3520b3e2d967af53609b1cb7e5&oe=60C314A1

4.4 Založení polního pokusu 2020

Pozemky vybrané pro založení pokusů byly na podzim roku 2019 zorány nebo zpracovány dlátovým kypřičem, hloubka orby a kypření byla 25 cm. Následovala jarní příprava půdy. Část pozemku byla zpracována dvojitým přejezdem traktoru s kombinátorem a na zbylých pozemcích byl provedený modifikovaný strip-till. Pásové kypření proběhlo přímo do hrubé brázd do hloubky 10-12 cm. Strip-till technologie kombinuje pásové kypření a setí při jednom přejezdu. Pásový kypřič byl zapřažen do čelního tříbodového závěsu traktoru a jedním přejezdem tak bylo provedeno prokypření i setí. Tím se ušetří jeden přejezd po pozemku, avšak už není možné na traktor umístit zásobník hnojiv, tudíž nelze provést zásobní hnojení do prokypřených pásů. Hnojivo bylo aplikováno plošně rozhozem v dávce 200 kg/ha hnojiva Amofos, 200 kg/ha Draselné soli a 200 kg/ha močoviny. Termín setí byl pro oba pozemky stejný, 9.4.2020. Chemická ochrana rostlin byla prováděna ve stejný termín na obou pozemcích stejně. Na obrázcích 18 a 19 je vidět souprava traktoru s pásovým kypřičem a secím strojem.

Obr. 22 Souprava traktoru s pásovým kypřičem a secím strojem



Zdroj: Kroulík

Obr. 23 Souprava traktoru s pásovým kypřičem a secím strojem



Zdroj: Kroulík

Při porovnávání jízd a navádění traktoru v hrubé brázdě se ukázalo, že při použití kypřiče zapraženého v čelním třibodovém závěsu traktoru dochází k přesnějšímu a snadnějšímu držení jízdní linie navigací traktoru. Bude to způsobeno tím, že kypřič zachycuje boční síly, které vyvíjí přední kola traktoru, které jedou v hrubé brázdě a „plavou“ po povrchu půdy.

Obrázek 20 dokumentuje stav půdy pásové přípravy a setí. Po setí je na povrchu půdy množství hrud a větších půdních agregátů, které brání vodní i větrné erozi půdy, napomáhají vsakování vody do půdy a naopak brání ztrátám vody evaporací.

Obr. 24 Pohled na povrch půdy po setí



Zdroj: Kroulík

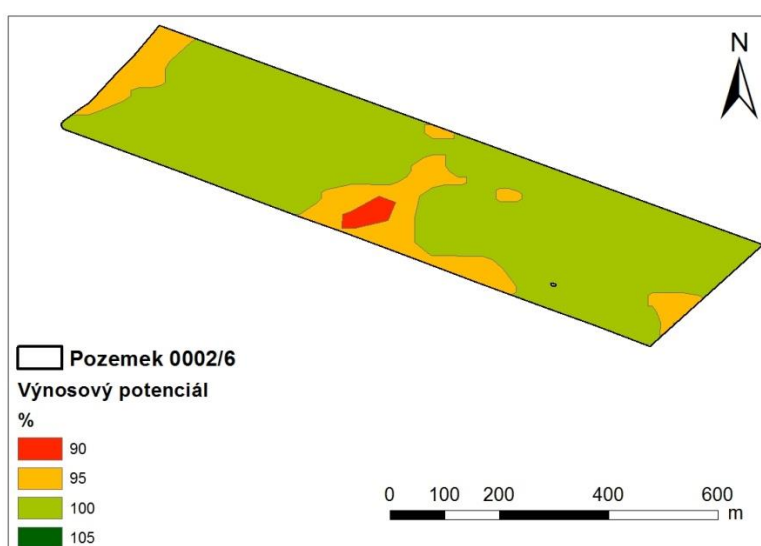
K provedení pokusu byly vybrány dva pozemky poblíž obce Mžany. Jedná se o pozemek 0002/6 a pozemek 0401/4 (označení dle LPIS).

4.4.1 Pozemek 0002/6 U sušárny

Tento pozemek byl na podzim plošně zpracován dlátovým kypřičem do hloubky 25 cm. Na jaře byl rozdělen na tři díly, na kterých proběhlo odlišné zpracování půdy a setí. První varianta byla pásově prokypřena a zasetá přímo do půdy zpracované na podzim, to vše během jednoho přejezdu. Na druhé variantě proběhla standartní příprava půdy kombinátorem a poté bylo provedeno setí. Na třetí variantě proběhla opět příprava půdy kombinátorem a následovalo setí.

První a druhá varianta byla zasetá s variabilním výsevkem, třetí varianta standartním pevným výsevkem. Třetí varianta reprezentuje tedy standartní technologii a slouží pro porovnání výsledků. Předpisová mapa pro regulaci výsevku vychází z výnosového potenciálu pozemku. Na pozemku se vyskytují tři úrovně výnosového potenciálu, 100 %, 95 % a 90 %. Zvolená strategie snížení počtu jedinců s nižším výnosovým potenciálem předpokládá, že méně jedinců přináší menší konkurenci o vodu a živiny. Hodnoty výsevku jsou 85000 jedinců na hektar pro úroveň výnosového potenciálu 100 % a pro pevný výsevek. Pro úroveň výnosového potenciálu 95 % je počet jedinců 75000 na hektar a pro úroveň 90 % je počet jedinců 65000 na hektar. Všechny tři varianty procházejí přes všechny tři úrovně výnosového potenciálu, aby bylo zajištěno dokonalé srovnání.

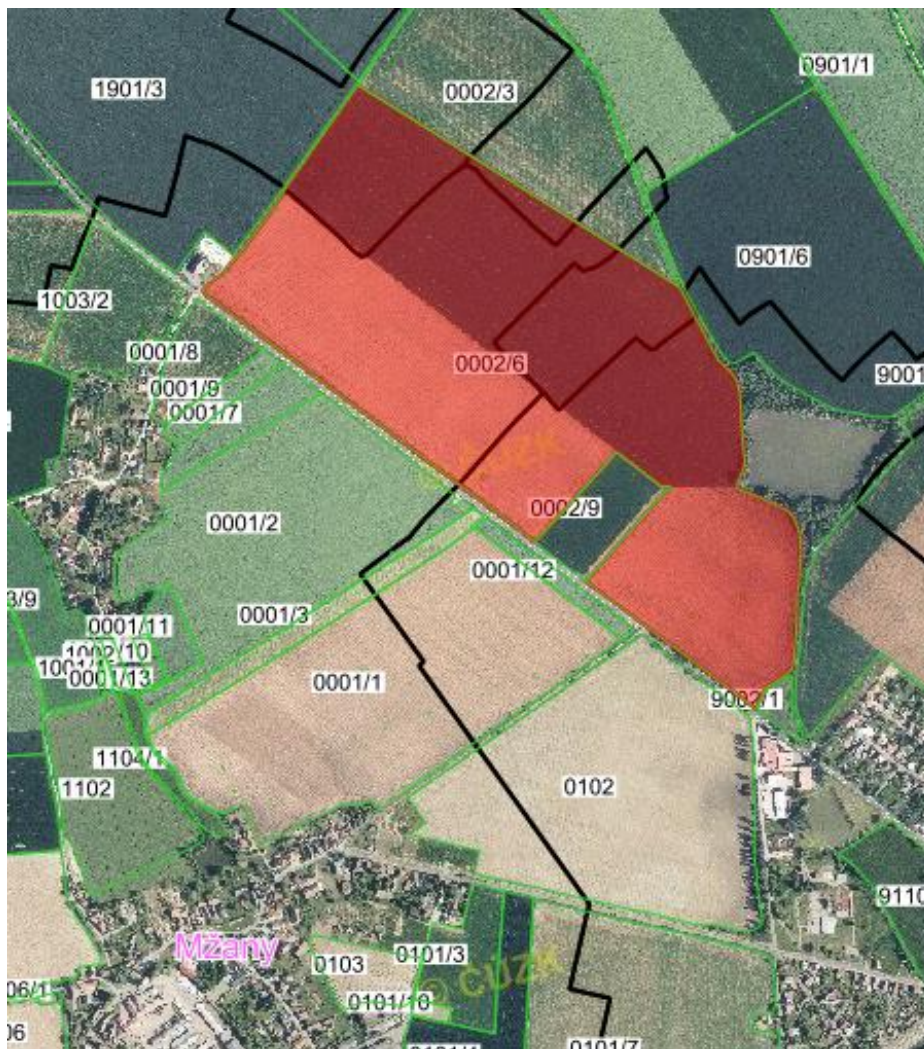
Obr. 25 Mapa výnosového potenciálu pozemku 0002/6



Zdroj: Kroulík

Zaseta byla kukuřice, odrůda LG 30306. Jedná se o středně ranou hybridní odrůdu vhodnou jak ke sklizni na zrno, tak i na siláž. Doporučený výsevek je 75000-85000 jedinců na hektar [77].

Obr. 26 Pozemek 002/6 z LPIS



Zdroj <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>

4.4.2 Pozemek 0401/4 Za horní cestou

Tento pozemek byl na podzim zpracován orbou na hloubku 25 cm. Na jaře byl rozdělen na dvě části. První část byla zpracována pásovým kypřičem a zaseta. Druhá varianta byla plošně zpracována kombinátorem a zaseta, jedná se opět o srovnávací variantu.

K setí byla vybrána odrůda LG 31250. Jedná se o ranou hybridní odrůdu, opět vhodnou pro sklizeň na zrno i na siláž. Doporučený výsevek je 95000-10000 jedinců na hektar. Stanovený výsevek byl 90000 jedinců na hektar [78].



Zdroj: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>

5 Hodnocení pokusů

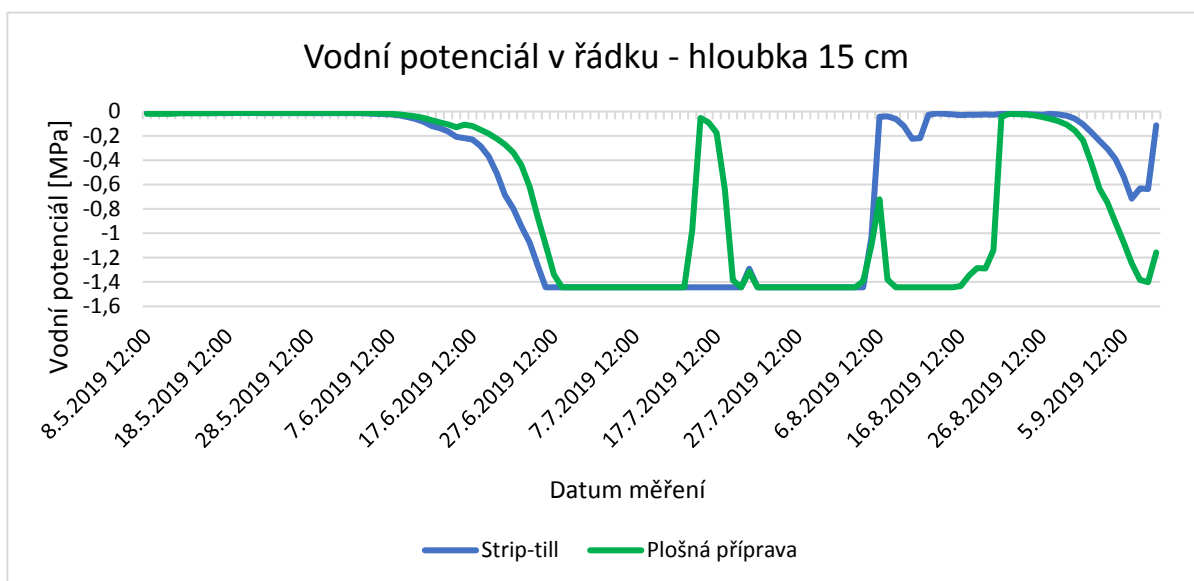
5.1 Dostupnost vody pro rostliny, vodní potenciál půdy

Vývoj vodního potenciálu prezentují grafy 1, 2 a 3. Křivky kolísají od hodnoty 0 MPa až po přibližně -1,4 MPa. Každé zvýšení vodního potenciálu prezentuje srážky. V počáteční fázi měření se projevuje strip-till technologie dřívějším sestupem hodnot vodního potenciálu.

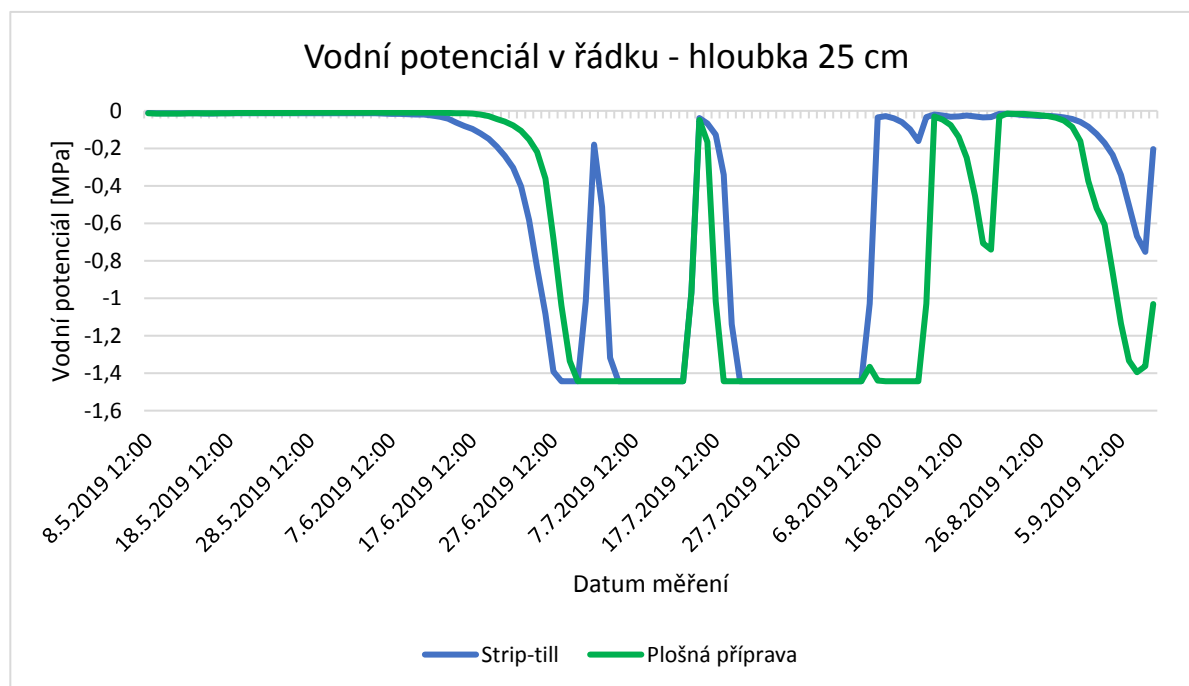
Na grafu 1 reprezentujícím hloubku v řádku 15 cm je v období okolo 17.7. špička na zelené křivce reprezentující plošnou přípravu. Protože se podobná špička nachází i v grafu 2, pro hloubku v řádku 25 cm a můžeme v něm vidět ve stejném termínu také špičku na modré křivce, usuzují, že čidlo v hloubce 15 cm pro strip-till nezaznamenalo v daném období hodnoty. Druhou špičku v grafu 2, která se nachází na modré křivce pro hloubku v řádku 25 cm vyhodnocují také jako chybu měření čidla, protože změnu vodního potenciálu žádné z dalších čidel nezaznamenalo.

V průběhu měření se však ukazuje, že při srážkách roste vodní potenciál rychleji u technologie strip-till a následně klesá pomaleji, tudíž je voda pro rostliny déle dostupná.

Graf 1 Vodní potenciál v řádku - hloubka 15 cm



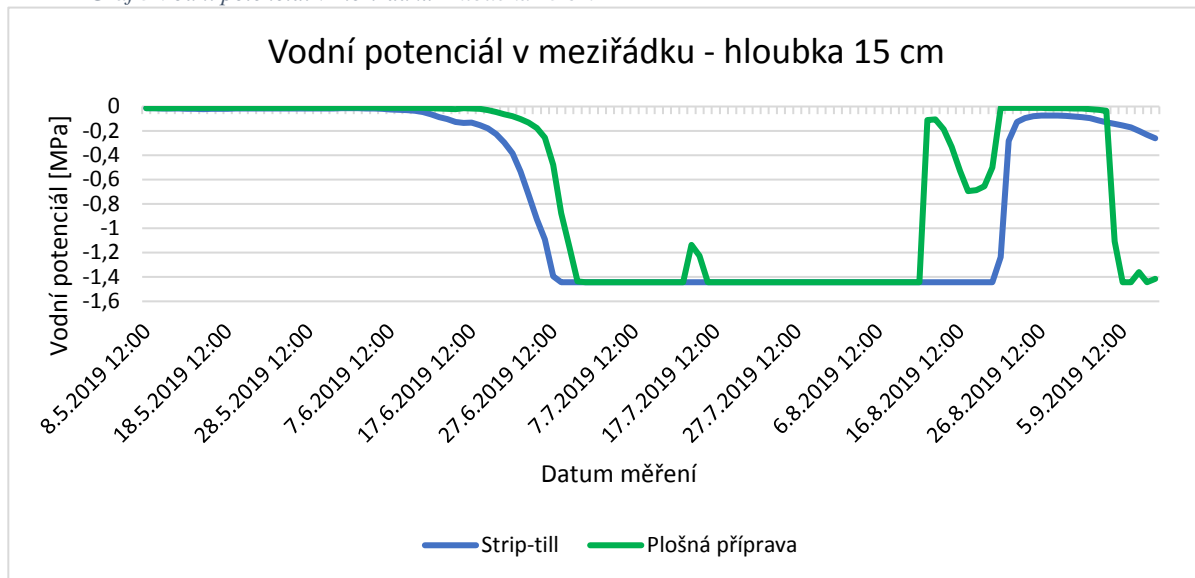
Graf 2 Vodní potenciál v řádku - hloubka 25 cm



Při pohledu na hodnocení vodního potenciálu v meziřádku vidíme podobný průběh jako při měření v řádku. V období okolo 17.7 je opět patrná špička na zelené křivce. Dle mého názoru čidla opět nepracovala správně. Jedná se o jednodenní zákmit. Při pohledu dále pozorujeme opačný sled křivek, oproti předchozím grafům. To může být způsobeno tím, že při pásovém kypření vytvoří preferenční odtoková linie v oblasti řádků, kterou se voda vsákne do půdy, kdežto u plošné přípravy půdy nejsou tyto preferenční odtokové linie tolik patrné,

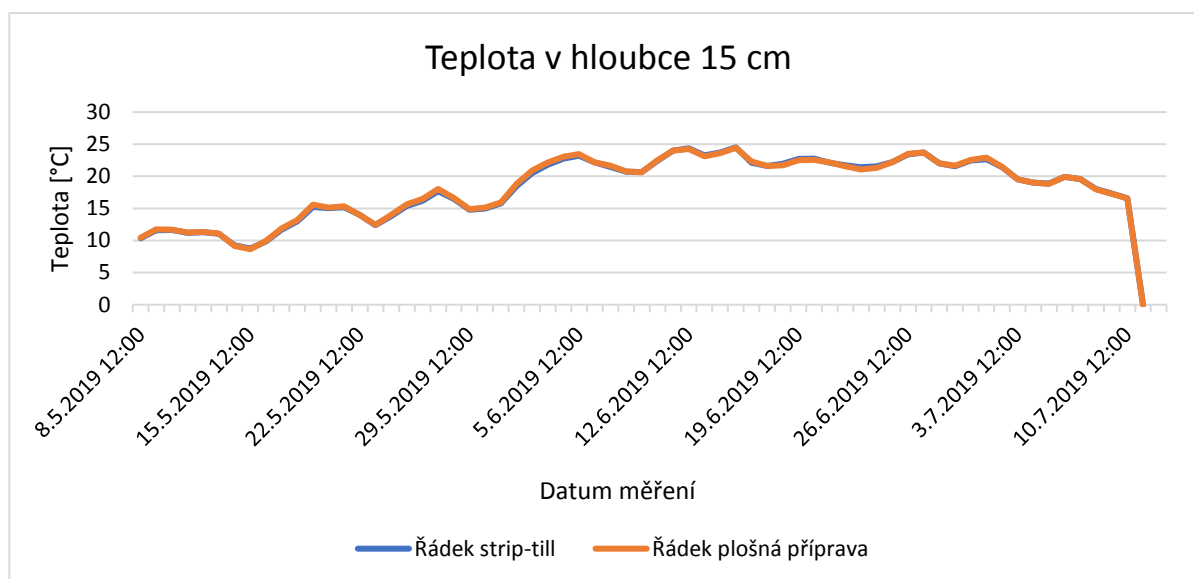
a tudíž je voda rozprostřena rovnoměrně v celém profilu půdy. Na konci měřeného období vodní potenciál u plošné přípravy půdy prudce klesá, kdežto u technologie strip-till klesá pozvolněji. To může být způsobeno tím, že voda, která se vsákla díky prokypřeným pásům do větších hloubek nyní vzlíná vzhůru a množství vody v půdě dostupné pro rostliny se tak udržuje na velice vysoké úrovni.

Graf 3 Vodní potenciál v meziřádku - hloubka 15 cm



Hodnocena byla také teplota půdy v prostoru řádků. Z grafu 4 je patrné, že rozdílná technologie nemá vliv na vývoj teploty půdy.

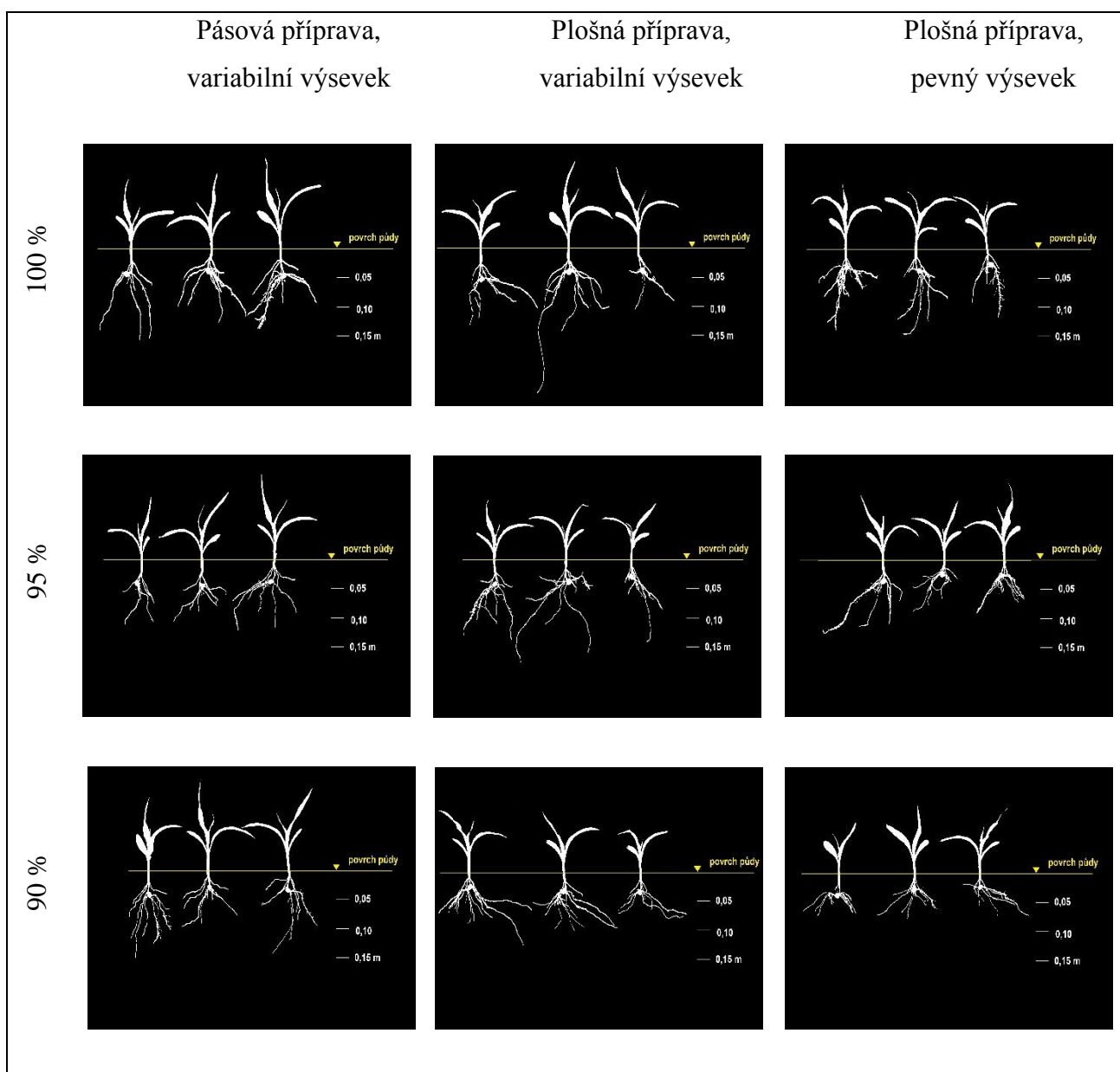
Graf 4 Teplota v hloubce 15 cm



5.2 Pokus na pozemku 0002/6 U sušárny

Na tomto pozemku bylo provedeno hodnocení stavu porostů ve dvou termínech. První termín kontroly byl 15.5.2020 a druhý termín byl před sklizní 2.10.2020.

Při prvním hodnocení byl hodnocen habitus rostlin pomocí multispektrální analýzy. Rostliny byly nasnímány a následně byly fotografie upraveny, došlo k vyčlenění jednotlivého spektra světla, čímž dokážeme vyčlenit pouze rostlinu od zbytku okolí.



Zdroj: Kroulík

Jak je patrné z příloženého obrázku, již na takto mladém porostu můžeme pozorovat vegetativní rozdíly mezi rostlinami pěstované rozdílnými technologiemi. Rozdíly můžeme pozorovat jak ve vývoji nadzemní části, tak ve vývoji kořenového systému. Pozitivní vliv pásového kypření se projevuje pozitivně ve velikosti kořenového systému rostlin. Rostlina vlivem dobrého prokypření prokořeňuje do větší hloubky. Rozdíly jsou patrnější při snižující se úrovni výnosového potenciálu.

Vývojový stav porostu byl dále hodnocen dle hmotností suchých kořenů a suché nadzemní části rostliny. Odebrané rostliny byly rozděleny na kořeny a nadzemní část a následně vysušeny a zváženy. Rozdíly mezi jednotlivými variantami prezentují grafy 5-8.

Z grafu 5 je patrné, že největší hmotnost kořenů bez ohledu na úroveň výnosového potenciálu vykazuje technologie s plošnou přípravou půdy a pevným výsevem. Předpokládaný úbytek hmotností kořenů, se snižující se úrovní výnosového potenciálu se zde projevil pouze částečně, zejména u úrovně výnosového potenciálu 95 %.

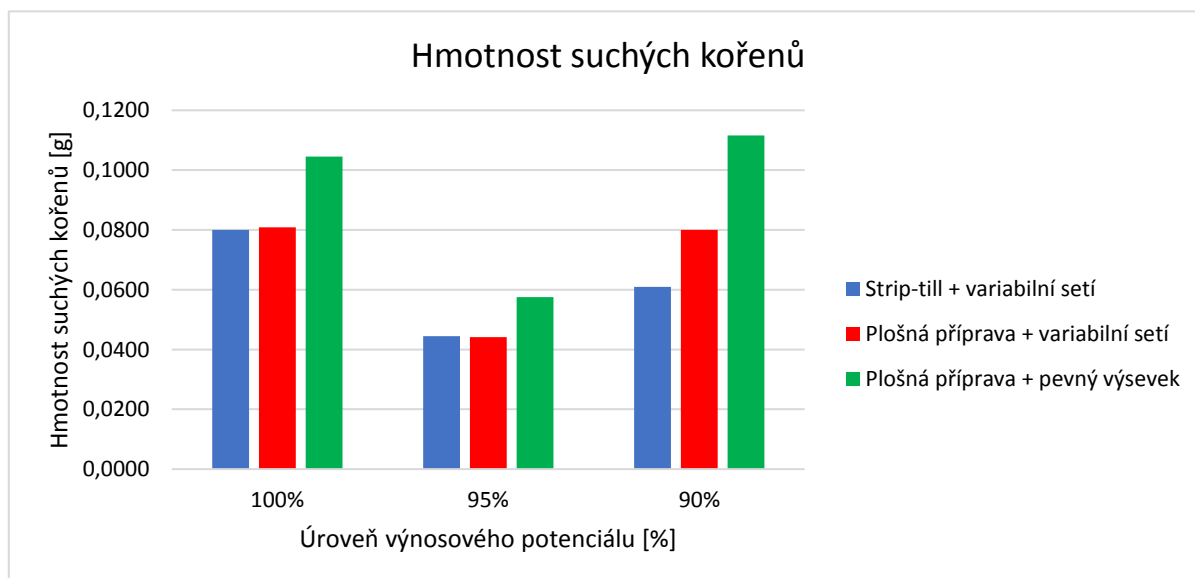
Stejně hodnoty prezentuje také graf 6. Ve formě histogramu prezentuje pořadí technologií a variant podle hodnoty hmotnosti kořenů. I z tohoto grafu můžeme vidět, že plošná příprava půdy a pevný výsev dosahuje nejvyšších hmotností kořenů.

Přednost technologie pásového zpracování půdy spočívá zejména v hloubce prokořenění, což se projeví později. Povrch půdy vysychá nejdříve, a proto rostliny s kořeny v povrchových vrstvách trpí nejvíce suchem a výkyvy srážek. Snižováním výsevu se snižuje konkurence rostlin o vodu a živiny. Snižovaný výsev se ale dle mého názoru v počáteční fázi růstu neprojeví, protože si malé rostliny ještě nekonkurují v dostupnosti vody a živin.

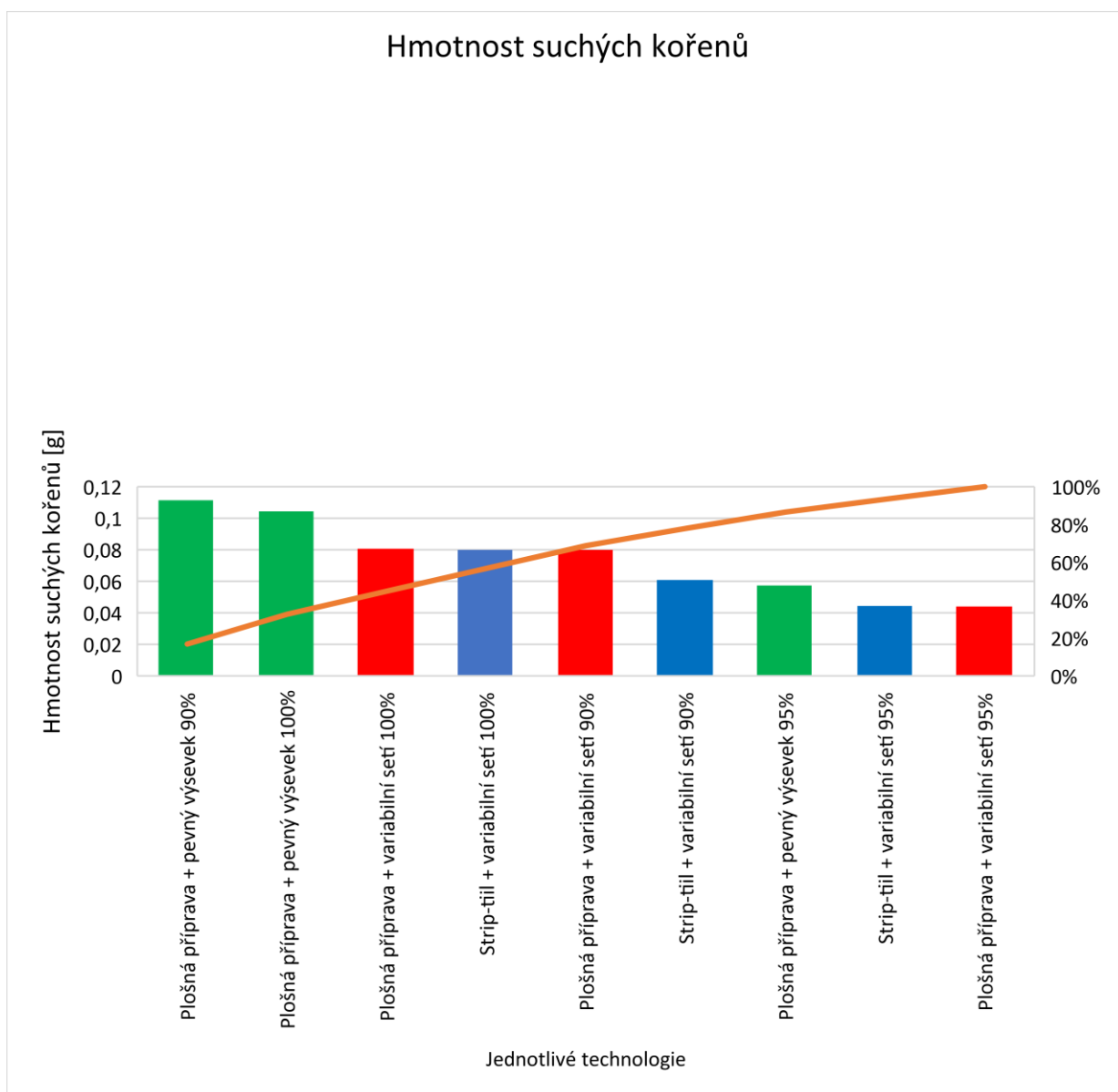
Tab. 1 Průměrná hmotnost suchých kořenů

Průměrná hmotnost suchých kořenů			
Úroveň výnosového potenciálu	Strip-till + variabilní setí [g]	Plošná příprava + variabilní setí [g]	Plošná příprava + pevný výsev [g]
100 %	0,0800	0,0808	0,1045
95 %	0,0444	0,0442	0,0575
90 %	0,0610	0,0800	0,1115

Graf 5 Hmotnost suchých kořenů



Graf 6 Hmotnost suchých kořenů - histogram

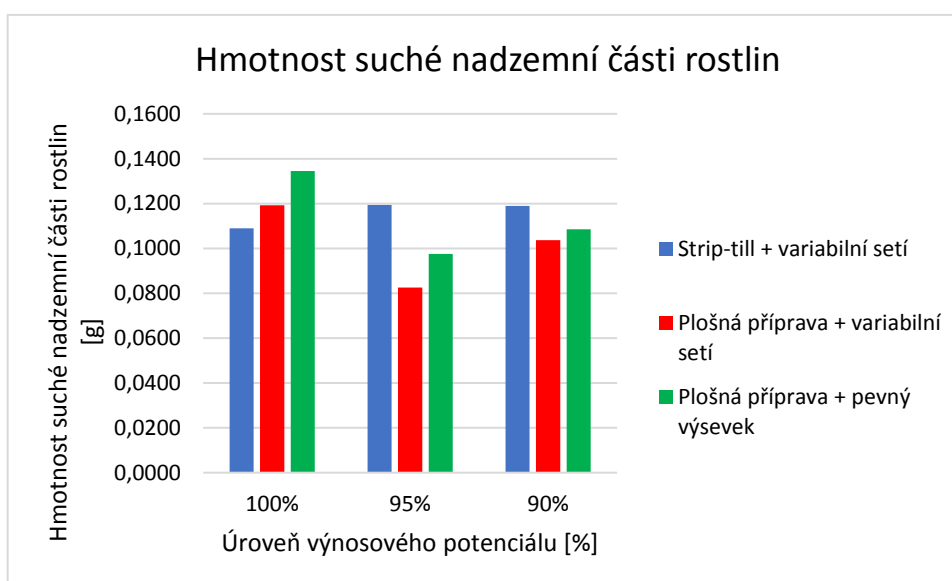


Při hodnocení hmotností nadzemních částí rostlin se ukázalo, že nejlepšího výsledku dosáhla opět technologie plošné přípravy půdy s pevným výsevkem. Na úrovni výnosového potenciálu 100 % se technologie strip-till ukázala jako nejhorší, avšak na ostatních úrovních výnosového potenciálu již dosáhla nejlepších výsledků. Snižování hmotností se snižující se úrovní výnosového potenciálu se opět potvrdilo pouze částečně.

Tab. 2 Průměrná hmotnost suché nadzemní části rostlin

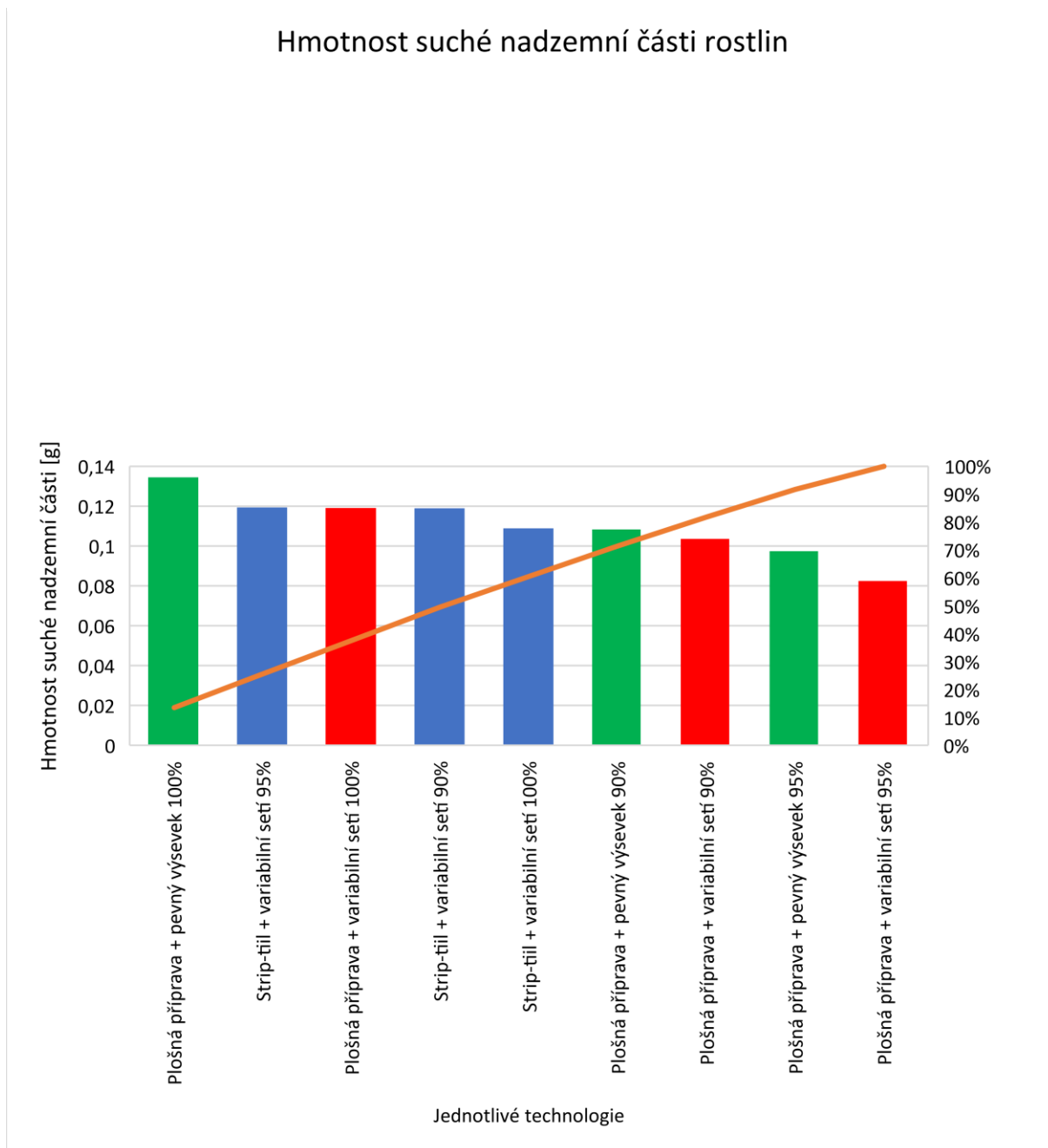
Průměrná hmotnost suché nadzemní části rostlin			
Úroveň výnosového potenciálu	Strip-till + variabilní setí [g]	Plošná příprava + variabilní setí [g]	Plošná příprava + pevný výsevek [g]
100 %	0,1090	0,1192	0,1345
95 %	0,1194	0,0825	0,0975
90 %	0,1190	0,1036	0,1085

Graf 7 Hmotnost suché nadzemní části rostlin



Technologie plošné přípravy půdy s pevným výsevkiem již nezastupuje první dvě místa, pozitivněji zde začíná vycházet technologie strip-till. Při porovnání rozdělení jednotlivých technologií a variant v histogramech pozorujeme, že poměr hmotnosti kořenů a nadzemní části rostlin není vždy stejný.

Graf 8 Hmotnost suché nadzemní části rostlin - histogram



Aby se ověřil snížený výsevek, bylo provedeno hodnocení počtu rostlin. Pro každou technologii a úroveň výnosového potenciálu bylo provedeno deset měření. Měřila se vzdálenost mezi rostlinami v řádku, vždy v úseku dva metry.

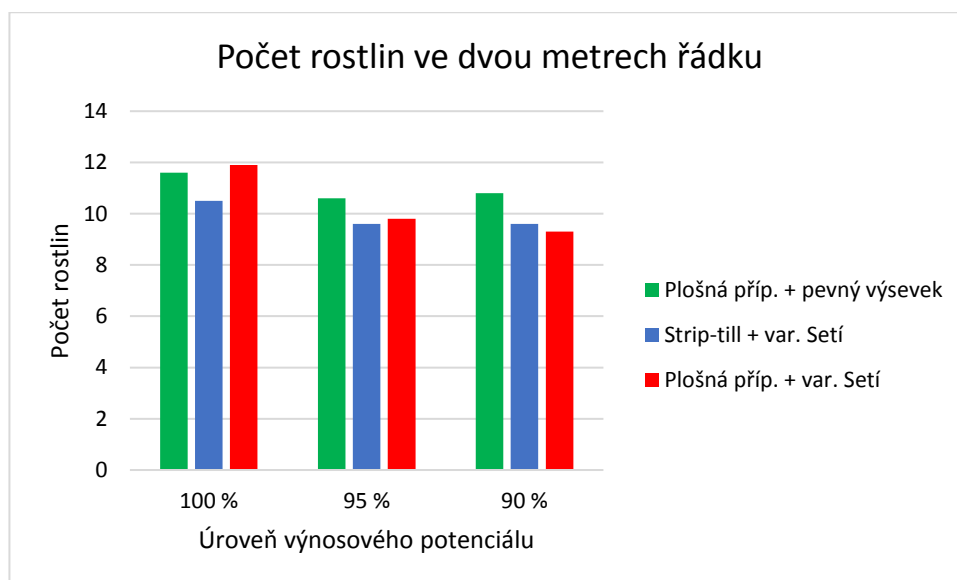
Z grafu 9 je vidět, že snižování výsevku se potvrdilo. Se snižujícím se výnosovým potenciálem má počet rostlin sestupnou tendenci. Přesto můžeme pozorovat nevyrovnanost počtu jedinců, zejména u technologie strip-till s variabilním setím, kde by měl být na úrovni

výnosového potenciálu 100 % počet rostlin shodný s ostatními technologiemi. Bude to nejspíš způsobeno nepřesností secího stroje a špatným vzcházením osiva.

Tab. 3 Průměrný počet rostlin ve dvou metrech řádku

Průměrný počet rostlin ve dvou metrech řádku			
Úroveň výnosového potenciálu	Strip-till + variabilní setí [ks]	Plošná příprava + variabilní setí [ks]	Plošná příprava + pevný výsevek [ks]
100 %	10,5	11,9	11,6
95 %	9,6	9,8	10,6
90 %	9,6	9,3	10,8

Graf 9 Počet rostlin ve dvou metrech řádku



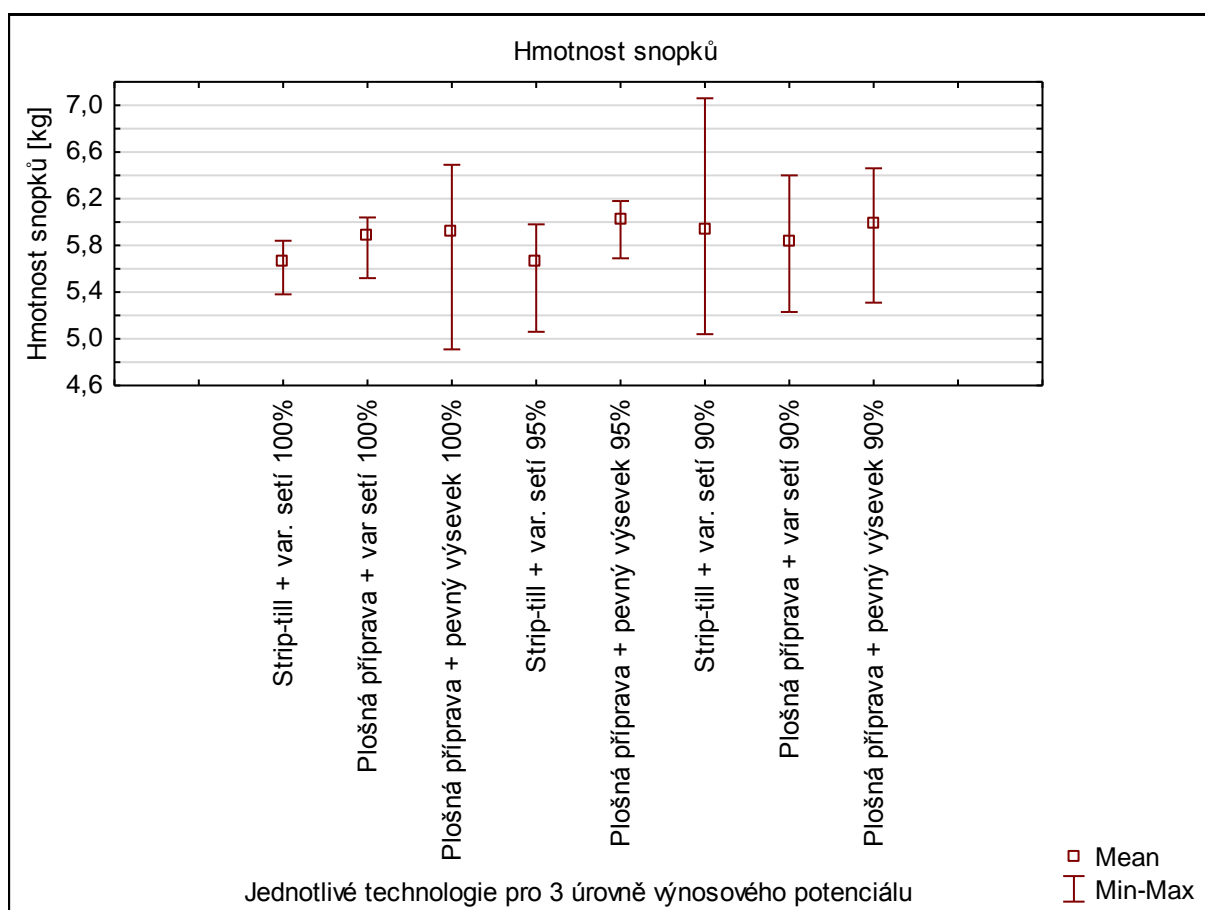
Druhý odběr rostlin proběhl před sklizní dne 2.10.2020. V daných místech jednotlivých variant pokusu bylo provedeno pět odběrů, vždy byl odebrán jeden metr řádku. Rostliny byly uštířeny u země, těsně nad kořeny a svázané do snopků, které byly opatřeny identifikační cedulkou pro snadnou identifikaci vzorků, při jejich vyhodnocování v hale ČZU. Snopky byly v syrovém stavu po uštíření zváženy. V hale ČZU byly jednotlivé vzorky měřeny. Měřila se výška rostliny, počet listů, počet vyvinutých palic a počet nevyvinutých palic. Následně byly rostliny rozstříhány a vloženy do popsaných papírových sáčků. Pro každou rostlinu byla dvojice sáčků, v jednom rostlina ve druhém oloupané palice. Takto rozříděné a změřené rostliny putovaly do sušárny, kde se odstranila veškerá vlhkost a následovalo vážení rostlin a palic. Pokud byly na rostlině dvě vyvinuté palice, považuje se výsledná hodnota hmotnosti palic jako jejich součet. Výsledky jsou patrné z grafů 11-17.

Vážení snopků po oděru ukázalo nejvyšší hmotnost u technologie plošné přípravy půdy s pevným výsevkem. Očekávané snížení hmotností dle úrovně výnosového potenciálu se opět potvrdilo pouze částečně. Sestupná tendence je patrná pouze u technologie plošné přípravy půdy s variabilním setím. Rostliny z technologie plošné přípravy půdy s pevným výsevkem měly patrně nejvyšší vlhkost.

Tab. 4 Průměrná hmotnost snopků po odběru

Průměrná hmotnost snopků po odběru			
Úroveň výnosového potenciálu	Strip-till + variabilní setí [kg]	Plošná příprava + variabilní setí [kg]	Plošná příprava + pevný výsevek [kg]
100 %	5,66	5,88	5,92
95 %	5,93	5,83	5,99
90 %	5,67	5,56	6,02

Graf 10 Hmotnost odebraných snopků



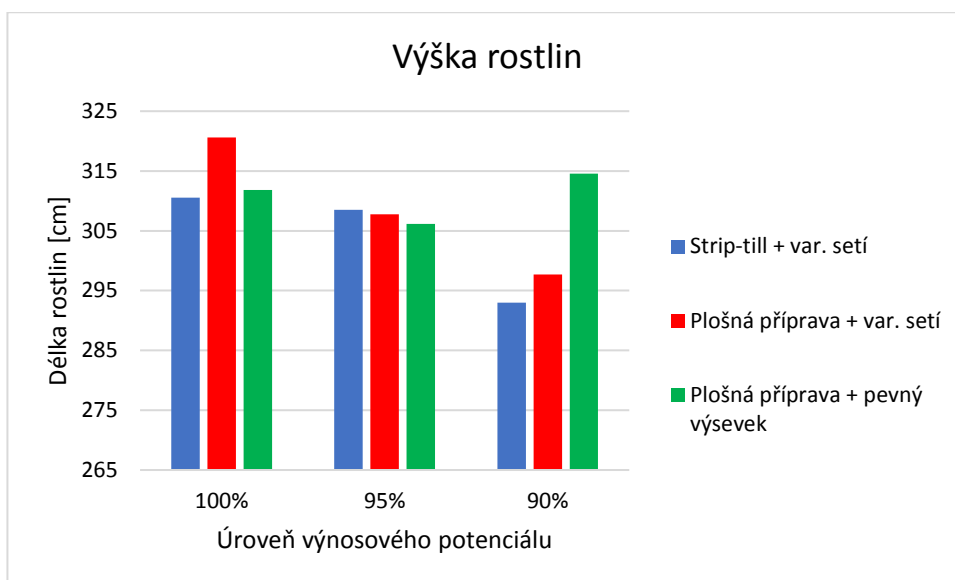
Na výšce rostlin je patrná sestupná tendence dle úrovní výnosového potenciálu. Pouze technologie plošné přípravy půdy s pevným výsevkem na úrovni výnosového potenciálu 90 %

se vymyká. Odůvodňuji to tím, že se zhuštěný porost v místech nízkého potenciálu má tendenci vytahovat vzhůru.

Tab. 5 Průměrná výška rostlin

Průměrná výška rostlin			
Úroveň výnosového potenciálu	Strip-till + variabilní setí [cm]	Plošná příprava + variabilní setí [cm]	Plošná příprava + pevný výsevek [cm]
100 %	310,5	320,6	311,8
95 %	308,5	307,7	306,2
90 %	293,0	297,7	314,6

Graf 11 Výška rostlin

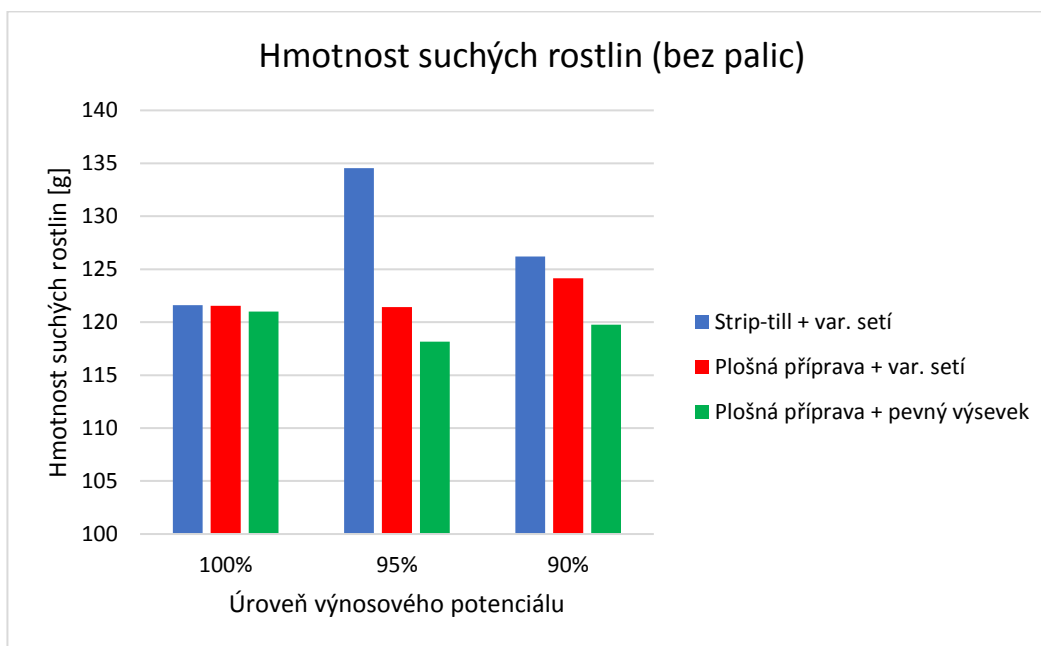


Na grafu 13 můžeme vidět, že suchá hmotnost rostlin bez palic nekorresponduje s jejich výškou. Na úrovni výnosového potenciálu jsou technologie vyrovnané, značné rozdíly jsou vidět při snižujícím se výnosovém potenciálu.

Tab. 6 Průměrná hmotnost suchých rostlin (bez palic)

Průměrná hmotnost suchých rostlin (bez palic)			
Úroveň výnosového potenciálu	Strip-till + variabilní setí [g]	Plošná příprava + variabilní setí [g]	Plošná příprava + pevný výsevek [g]
100 %	121,6	121,6	121,0
95 %	134,5	121,4	118,2
90 %	126,2	124,1	119,8

Graf 12 Hmotnost suchých rostlin (bez palic)

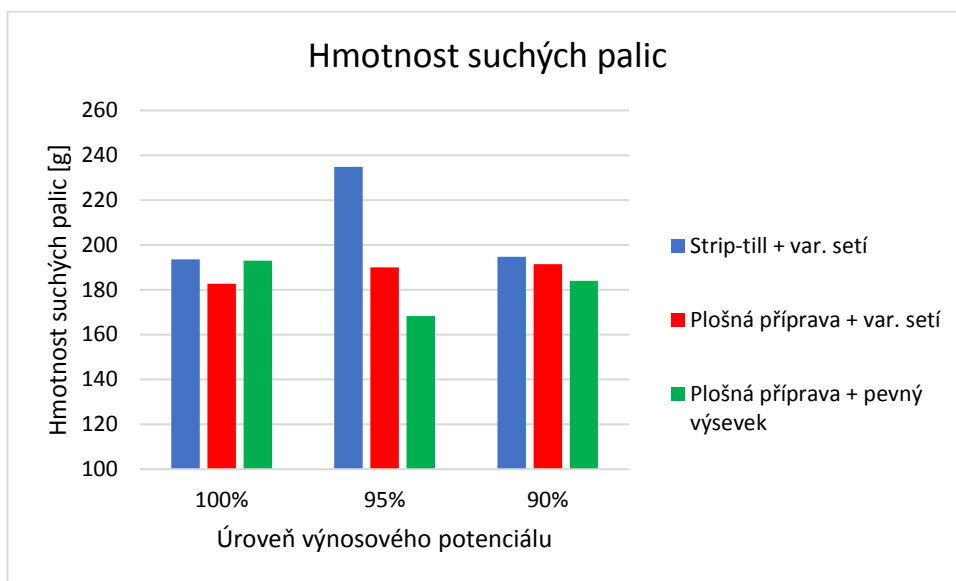


V hodnocení hmotnosti suchých palic vyšla opět nejlépe technologie strip-till. To dokazuje myšlenku, že hlouběji kořenící rostliny nejsou tolik vystaveny stresu z výkyvu teplot půdy a množství vody v půdě. Hodnocením porostů v časných fázích růstu tedy nelze predikovat, jaká technologie dosáhne nejvyššího výnosu.

Tab. 7 Průměrná hmotnost suchých palic

Průměrná hmotnost suchých palic			
Úroveň výnosového potenciálu	Strip-till + variabilní setí [g]	Plošná příprava + variabilní setí [g]	Plošná příprava + pevný výsevek [g]
100 %	193,6	182,7	192,9
95 %	234,7	189,9	168,2
90 %	194,7	191,4	183,9

Graf 13 Hmotnost suchých palic

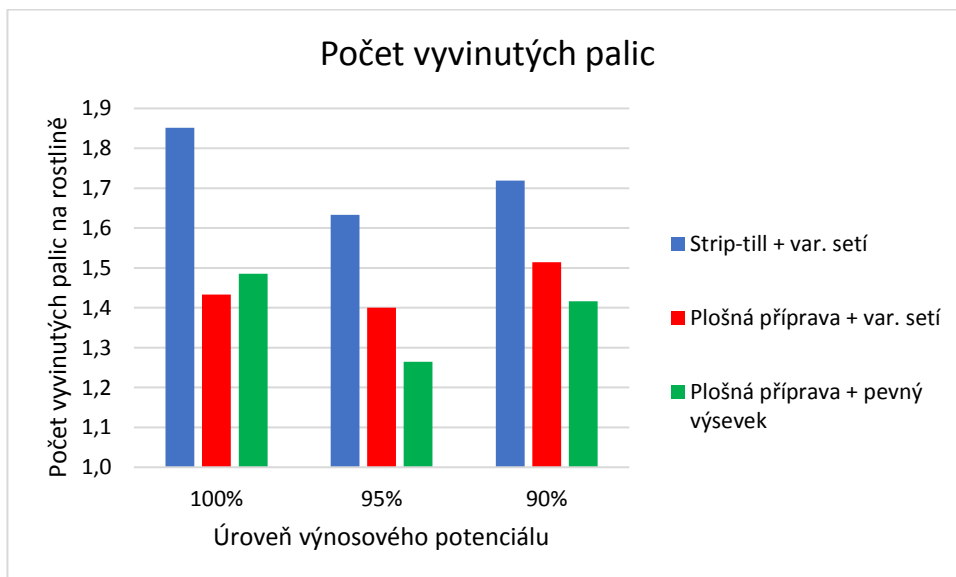


Hodnocení počtu vyvinutých palic opět ukázalo strip-till s variabilním setím jako nejlepší technologii.

Tab. 8 Průměrný počet vyvinutých palic

Průměrný počet vyvinutých palic			
Úroveň výnosového potenciálu	Strip-till + variabilní setí [ks]	Plošná příprava + variabilní setí [ks]	Plošná příprava + pevný výsevek [ks]
100 %	1,85	1,43	1,49
95 %	1,63	1,40	1,26
90 %	1,72	1,51	1,42

Graf 14 Počet vyvinutých palic

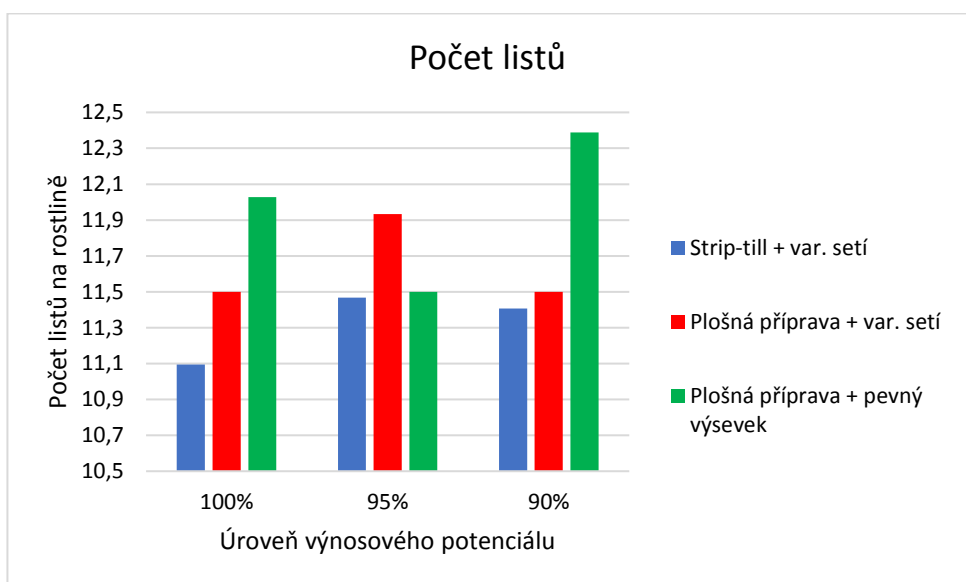


Nejvyššího počtu listů dosáhla technologie plošné přípravy půdy s pevným výsevkem v nejslabším místě pozemku. S klesajícím výnosovým potenciálem je patrný zvýšený počet listů.

Tab. 9 Průměrný počet listů

Průměrný počet listů			
Úroveň výnosového potenciálu	Strip-till + variabilní setí [ks]	Plošná příprava + variabilní setí [ks]	Plošná příprava + pevný výsevek [ks]
100 %	11,09	11,50	12,03
95 %	11,47	11,93	11,50
90 %	11,41	11,50	12,39

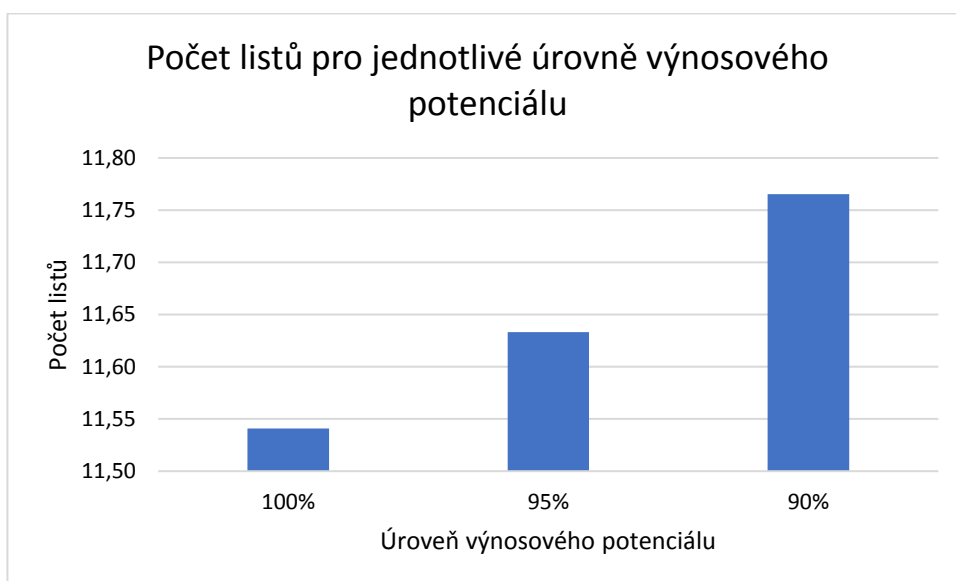
Graf 15 Počet listů



Tab. 10 Průměrný počet listů pro jednotlivé úrovně výnosového potenciálu

Průměrný počet listů pro jednotlivé úrovně výnosového potenciálu	
Úroveň výnosového potenciálu	∅ listů [ks]
100 %	11,54
95 %	11,63
90 %	11,77

Graf 16 Počet listů pro jednotlivé úrovně výnosového potenciálu

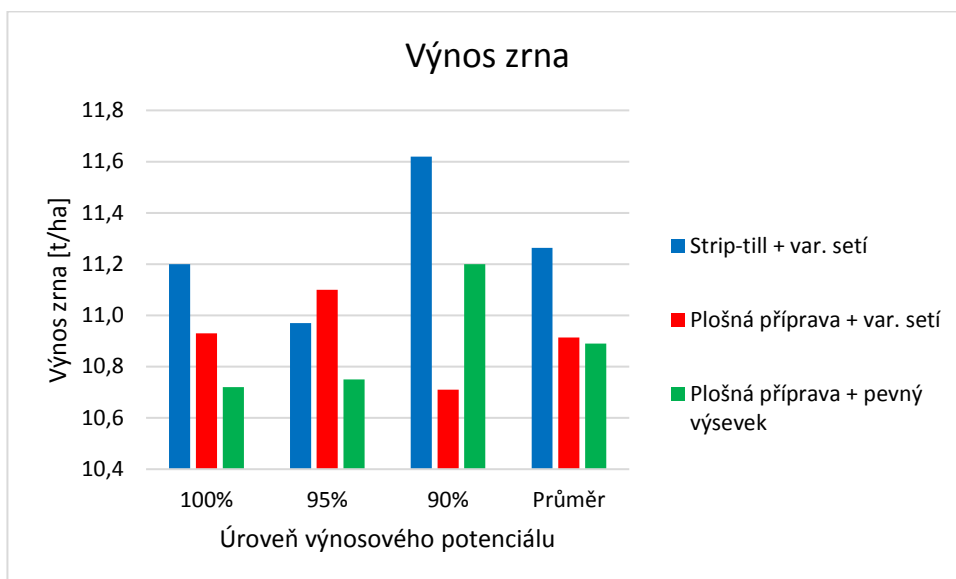


Pokusný pozemek byl sklizen na zrno sklízecí mlátičkou, osazenou výnosoměrem. Bylo tedy možné porovnat hodnoty výnosu zrna v měřených bodech s měřenými hodnotami. V grafech 14 a 18 lze pozorovat určitou schodu. Rozdíly jsou největší u technologie strip-till. Výsledný průměr výnosu zrna prokázal strip-till jako technologii s nejvyšším výnosem.

Tab. 11 Výnos zrna v jednotlivých částech pozemku

Výnos zrna v jednotlivých částech pozemku			
Úroveň výnosového potenciálu	Strip-till + variabilní setí [t/ha]	Plošná příprava + variabilní setí [t/ha]	Plošná příprava + pevný výsevek [t/ha]
100 %	11,20	10,93	10,72
95 %	10,97	11,10	10,75
90 %	11,62	10,71	11,20
<i>Průměr</i>	<i>11,26</i>	<i>10,91</i>	<i>10,89</i>

Graf 17 Výnos zrna



5.3 Pokus na pozemku 0401/4 Za horní cestou

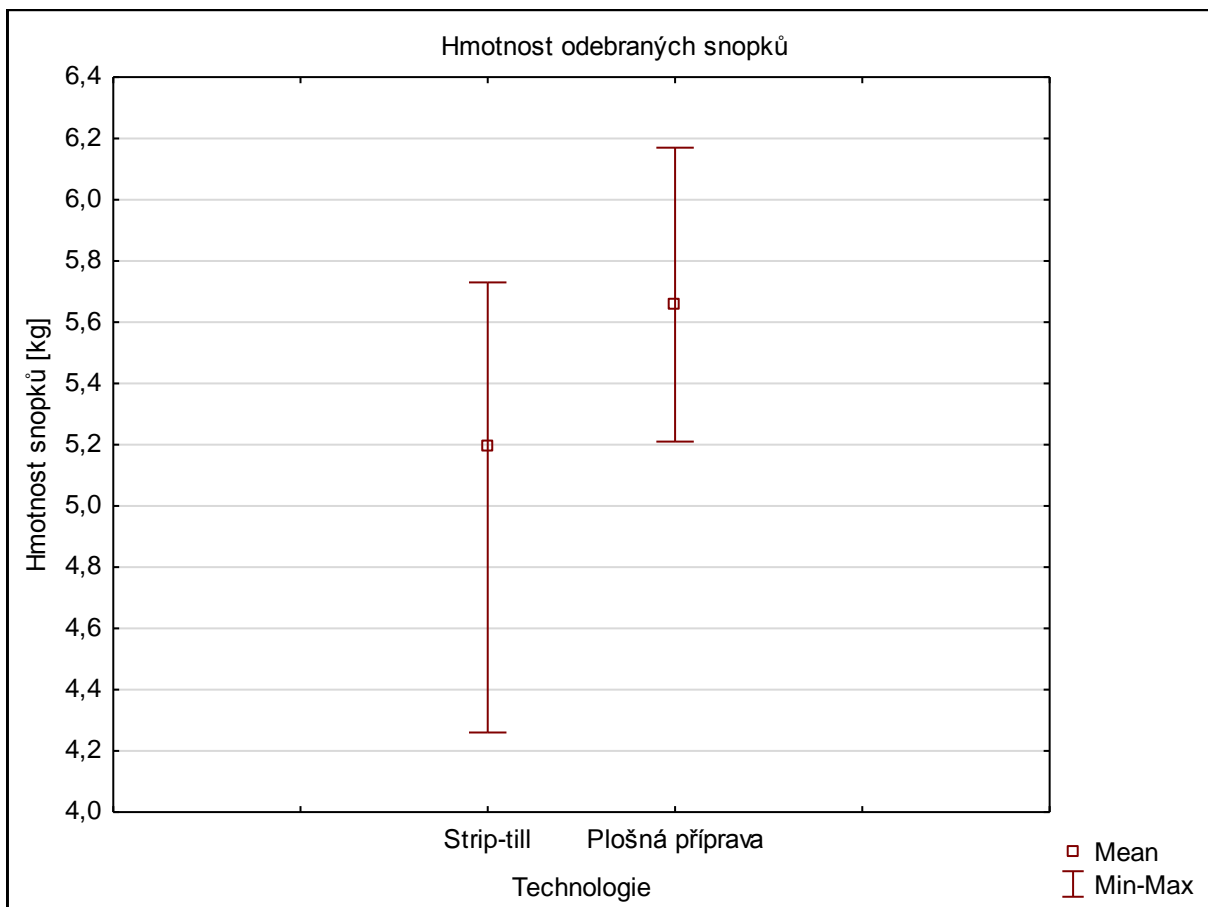
Termín odběru byl před sklizní 2.10. 2020 Pro obě varianty bylo provedeno šest odběrů, vždy po jednom metru řádku. V jednom metru řádku bylo sedm nebo osm rostlin kukuřice. Rostliny byly stejně jako na prvním pokusném pozemku ustříženy těsně nad kořeny, svázané do svazku a ten byl označen evidenční cedulkou pro následnou identifikaci. Následoval stejný proces měření v hale ČZU, roztřídění do sáčků, sušení a vážení.

Hmotnost snopků zvážených po odběru je vyšší u technologie plošné přípravy půdy. Tyto rostliny měly zřejmě vyšší vlhkost.

Tab. 12 Průměrná hmotnost snopků po odběru

Průměrná hmotnost snopků po odběru		
	Strip-till	Plošná příprava
Hmotnost snopku [kg]	5,66	5,20

Graf 18 Hmotnost odebraných snopků

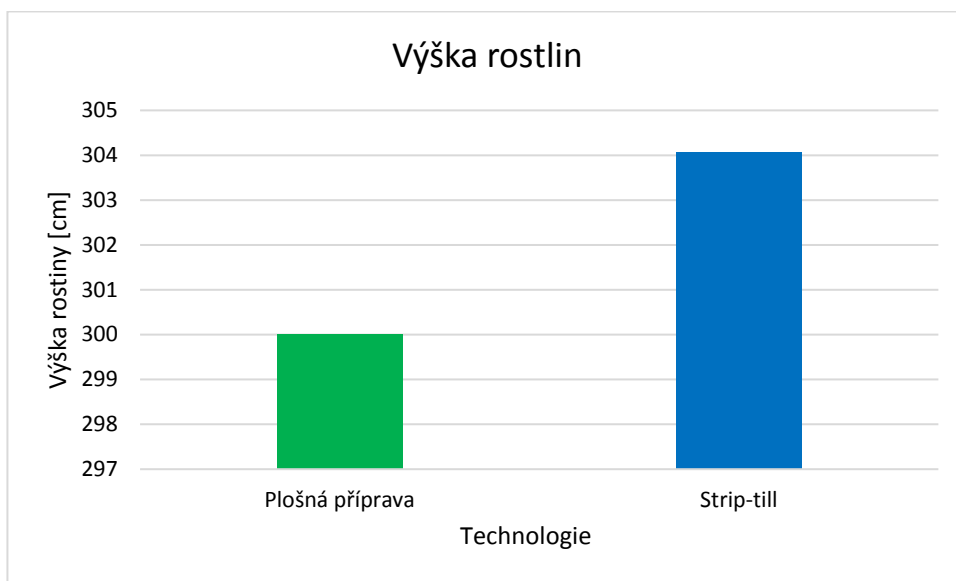


Rostliny u technologie strip-till jsou průměrně o 4 cm vyšší.

Tab. 13 Průměrná výška rostlin

Průměrná výška rostlin		
	Strip-till	Plošná příprava
Výška rostliny [cm]	304	300

Graf 19 Výška rostlin

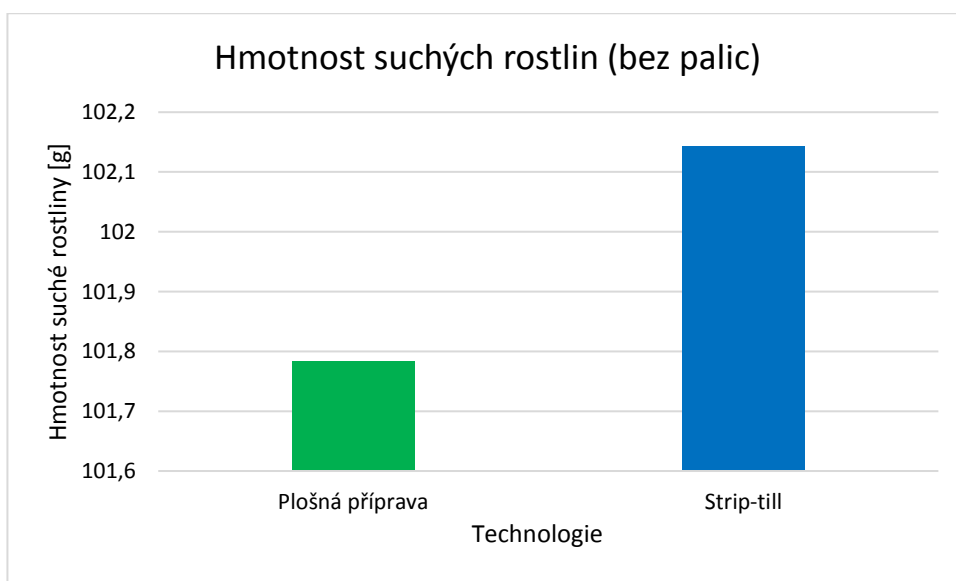


Rozdíl hmotností suchých rostlin je zanedbatelný.

Tab. 14 Průměrná hmotnost suchých rostlin (bez palic)

Průměrná hmotnost suchých rostlin (bez palic)		
	Strip-till	Plošná příprava
Hmotnost rostliny [g]	102,14	101,78

Graf 20 Hmotnost suchých rostlin (bez palic)

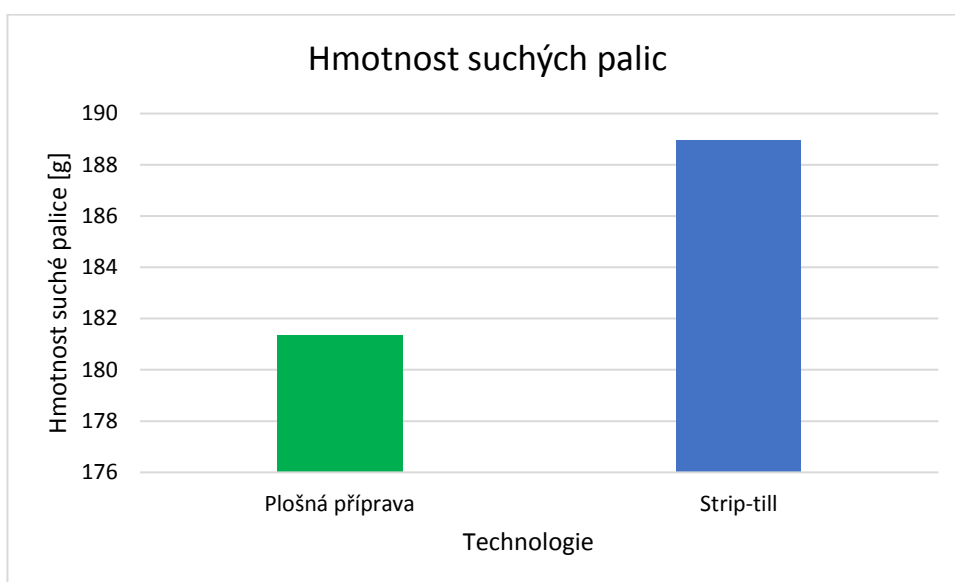


Při měření hmotnosti suchých palic se jako lepší technologie ukázal strip-till.

Tab. 15 Průměrná hmotnost suchých palic

Průměrná hmotnost suchých palic		
	Strip-till	Plošná příprava
Hmotnost palice [g]	188,96	101,36

Graf 21 Hmotnost suchých palic

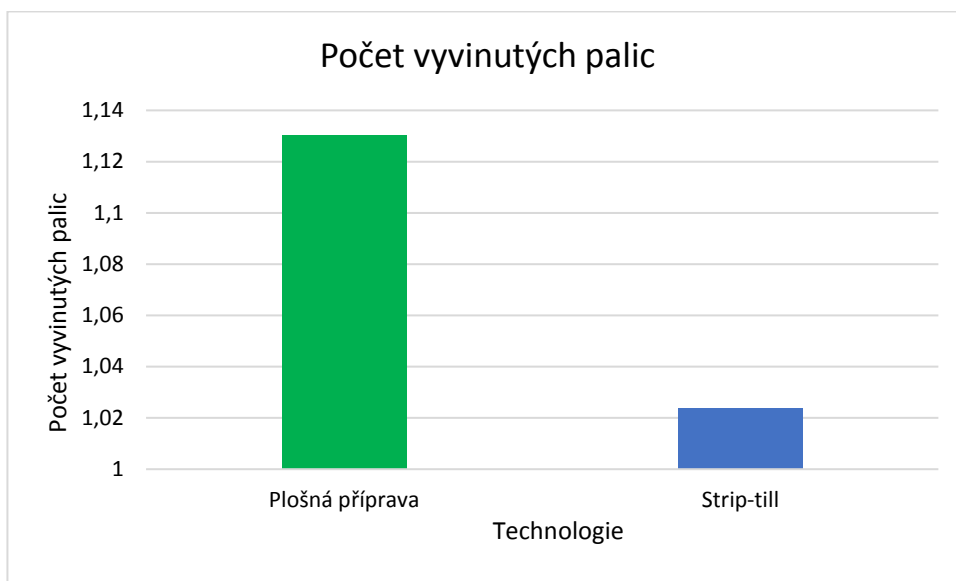


Ve srovnání počtu vyvinutých palic na rostlinu vyšla lépe technologie plošné přípravy půdy.

Tab. 16 Průměrná počet vyvinutých palic

Průměrný počet vyvinutých palic		
	Strip-till	Plošná příprava
Počet vyvinutých palic [cm]	1,023	1,13

Graf 22 Počet vyvinutých palic

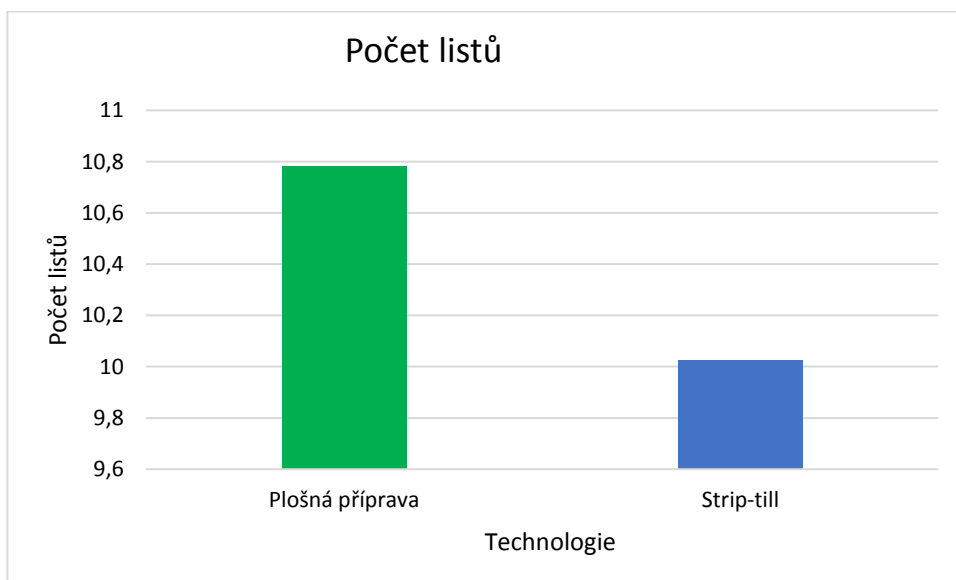


Taktéž ve srovnání počtu listů vyšla lépe technologie plošné přípravy půdy.

Tab. 17 Průměrný počet listů na rostlině

Průměrný počet listů na rostlině		
	Strip-till	Plošná příprava
Počet listů [ks]	10,02	10,78

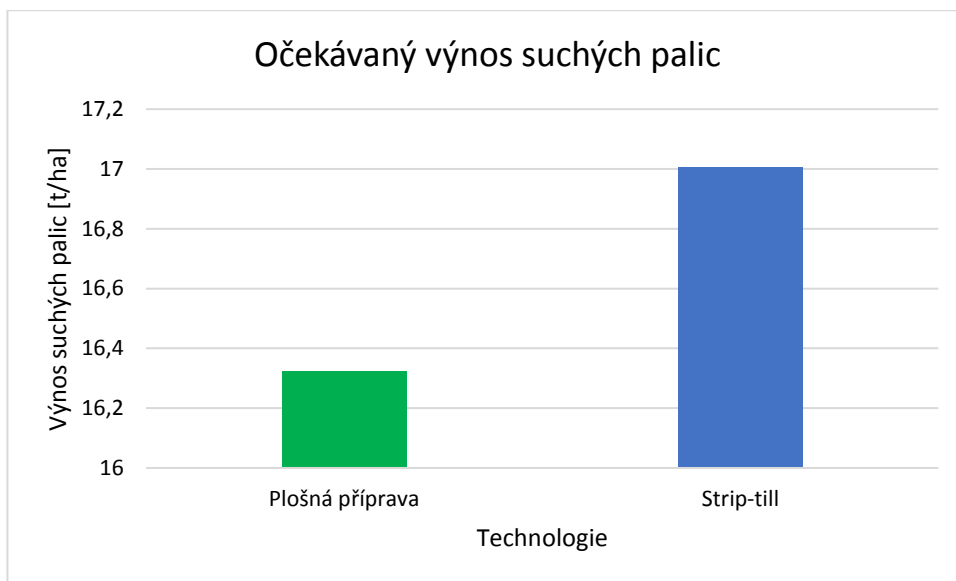
Graf 23 Počet listů



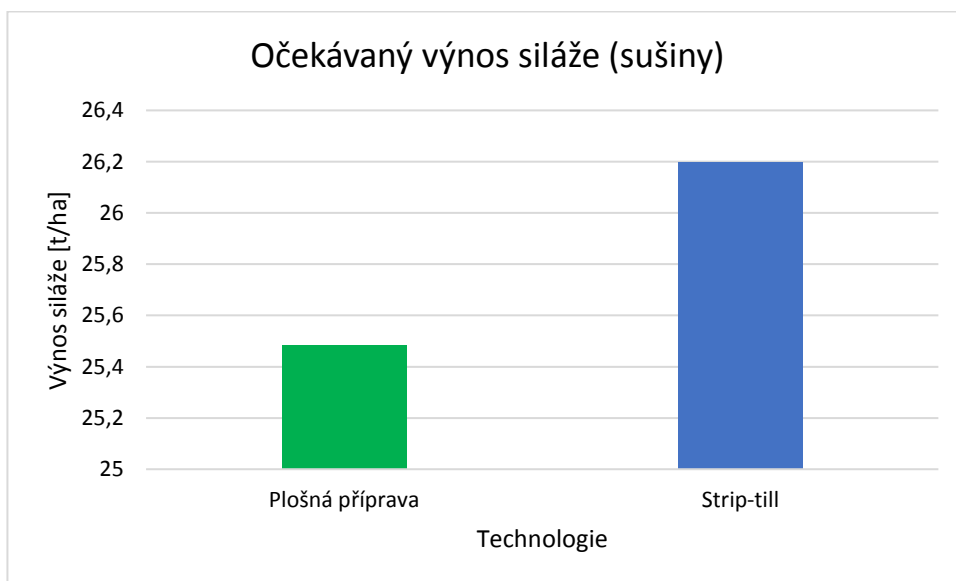
Rostliny u technologie strip-till jsou průměrně o 4 centimetry vyšší, ale mají menší průměrný počet listů, tudíž je výsledná hmotnost suchých rostlin takřka totožná. Zdá se, že rozdíl průměrných hmotností suchých palic 7,6 g a rozdíl průměrných hmotností suchých

rostlin 0,3 g je zanedbatelný, po zohlednění výsevku 90000 jedinců na hektar je však rozdíl ve výnosu suchých palic i celých rostlin při sklizni na siláž značný, jak prezentují grafy 26 a 27.

Graf 24 Očekávaný výnos suchých palic



Graf 25 Očekávaný výnos siláže (sušiny)



Pro ukázkou jsou přiloženy fotografie palic kukuřice pro jednotlivé varianty.

Obr. 29 Palice kukuřice z plošné přípravy půdy



Zdroj: Kroulík

Obr. 30 Palice kukuřice z technologie strip-till



Zdroj: Kroulík

5.4 Ekonomické hodnocení

Nedílnou součástí zkoušení nových technologií, je ekonomické hodnocení. Hodnoceny budou ceny technologií, které byly použity pro založení porostů a také ceny vstupních materiálů. Technologie plošné přípravy půdy je také nazývána srovnávací, standartní technologií. Úspora finančních prostředků by měla plynout ze změny technologie. Předpokládanou úsporu přinese technologie strip-till zejména díky snížení intenzity zpracování půdy. Se sníženou intenzitou zpracování půdy, klesá potřebná tahová síla a tím i spotřeba paliva traktoru. Se sníženým počtem jízd dále klesá zhutnění půdy, které má významný vliv na velikost tahového odporu. Spojení předset'ové přípravy půdy a setí do jedné operace přinese rovněž úsporu financí a snížený počet přejezdů po pozemku, což se pozitivně promítne ve sníženém

zhutnění půdy. Ceny jednotlivých operací pro použité technologie jsou znázorněny v tabulkách 18 a 19.

Tab. 18 Náklady technologií - Za horní cestou

Pozemek 0401/4 – Za horní cestou						
	Hluboká orba, 8mí radličný pluh, hloubka 30 cm	Hnojení P a K, záběr 36 m (bez ceny hnojiva)	Předseťová příprava, kombinátor, 8 m záběr, 2 přejezdy	Pásové zpracování půdy, 8 řádků v kombinaci s přesným setím (bez ceny osiva)	Přesné setí, 8 řádků, (bez ceny osiva)	Celkem
Standardní technologie Kč/ha	1503,-	234,-	1316,-		922,-	3975,-
Modifikovaná technologie Kč/ha	1503,-	234,-		1122,-		2859,-

Tab. 19 Náklady technologií - U sušárny

Pozemek 0002/6 – U sušárny						
	Hluboké kypření, dlátový kypřič hloubka 35 cm, záběr 5 m	Hnojení P a K, záběr 36 m (bez ceny hnojiva)	Předseťová příprava, kombinátor, 8 m záběr, 2 přejezdy	Pásové zpracování půdy, 8 řádků v kombinaci s přesným setím (bez ceny osiva)	Přesné setí, 8 řádků, (bez ceny osiva)	Celkem
Standardní technologie Kč/ha	830,-	234,-	1316,-		922,-	3302,-
Modifikovaná technologie Kč/ha	830,-	234,-		1122,-		2186,-

Z porovnání technologií můžeme vidět značné rozdíly. Základní zpracování půdy a hnojení zůstává totožné. Rozdíl je v ceně pásového zpracování půdy a setí. Spojení pásového zpracování půdy a setí do jednoho přejezdu, přináší úsporu 1116 Kč na hektar. Pozemek U sušárny byl na podzim zpracován dlátovým kypřičem na hloubku o 5 cm větší než orba a i přesto přináší tato technologie oproti orbě úsporu 673 Kč na hektar.

Na pozemku U sušárny bylo použito variabilní setí, čímž se snižuje zasetý počet jedinců a získáváme úsporu ve formě ušetřeného osiva. Základní výsevok byl 85000 jedinců na hektar. Se snížením výnosového potenciálu o 5 % se výsevok snížil o 10000 jedinců na hektar. Cena osiva kukuřice LG 30306, vychází pro základní výsevok 3488 Kč na hektar. Při snížení výsevku o 10000 jedinců můžeme hovořit o úspoře 410 Kč na hektar. Výměra pozemku byla 18,2 ha, z čehož bylo 2,8 ha s výnosovým potenciálem 95 % a 0,2 ha s výnosovým potenciálem 90 %. Díky variabilnímu výsevku bylo ušetřeno celkem ušetřeno 1312 Kč. Konkrétně na části s výnosovým potenciálem 95 % 1148 Kč a na části s výnosovým potenciálem 90 % 164 Kč. Průměrná úspora na hektar tak na tomto pozemku byla 72 Kč.

Při plánovaném použití modifikované technologie na ploše 240 ha, by bylo pásovým zpracováním a setím docíleno úspory 267840 Kč. Náklady na osivo při využívání variabilního setí budou vždy závislé na daném pozemku a jeho variabilitě. Když budeme pokusný pozemek U sušárny považovat za průměrný, co se variability výnosového potenciálu týče, bude variabilním setím na ploše 240 ha ušetřeno 17301 Kč.

Se změnou technologie došlo také ke zvýšení výnosů. Na pozemku Za horní cestou bylo pozorováno zvýšení výnosu suchých palic o 4,2 %, což lze promítnout do zvýšeného výnosu zrna. Při výnosu 11,8 t/ha a předpokládané výkupní ceně 4200 Kč/t je navýšení výnosu o 0,57 t/ha, což činí 2336 Kč/ha navíc. Při hodnocení suchých rostlin (interpretace sklizně na siláž, sušina) bylo zvýšení výnosu o 4,6 %, což se při průměrném výnosu silážní kukuřice 17 t/ha a výkupní ceně 1000 Kč/t projeví zvýšením tržby o 782 Kč/ha.

Na pozemku U sušárny se změnou technologie docílilo zvýšení výnosu zrna o 3,4 %, což při výnosu 11,3 t/ha činí navýšení tržby o 1595 Kč/ha. Při hodnocení suchých rostlin (interpretace sklizně na siláž, sušina) bylo zvýšení výnosu o 10 %, což se při průměrném výnosu silážní kukuřice 17 t/ha a výkupní ceně 1000 Kč/t projeví zvýšením tržby o 1700 Kč/ha.

Do hodnocení je nutné zahrnout také pořizovací náklady na pásový kypřič, které činí 450000 Kč. Při uplatňování strip-till bez variabilního setí se náklady a ušetřené výdaje vyrovnají po zpracování plochy 403 ha.

6 Diskuse

Vyhodnocením pokusů jsem došel k tomu, že strip-till technologie ovlivňuje pozitivně výši výnosu zrna kukuřice i výnosu sušiny při sklizni na siláž. V diskusi jsou poznatky několika autorů, kteří se zabývali podobnou problematikou.

Podobný pokus prováděl Tomášek a Schamberger (2018) [55] na plochách Zemědělského obchodního družstva Mrákov, na Domažlicku. Z provedeného pokusu konstatuje, že technologie strip tillage má nižší výnos biomasy, ale vyšší výnos zrna oproti technologii s klasickým zpracováním půdy. V technologii strip tillage spatřuje budoucnost pěstování kukuřice z důvodu úspory nákladů, času, minimalizace zhutňování půdy a podobně.

Porovnání pásového zpracování půdy oproti konvenční technologii prováděli v letech 1997-2000 Luna a Staben (2002) [79]. Pokus prováděli v západní části státu Oregon a porovnávali dvě technologie pásové přípravy půdy oproti konvenční technologii při pěstování kukuřice cukrové. První varianta byla vytvářela prokypřené pásy pomocí kypřiče s horizontální

osou rotace, šířka zpracovaných pásů byla 20 cm. Ve druhé variantě byly pásy kypřeny dlátovitou radličkou, před kterou byl umístěn koltr a po stranách radličky byly talíře, podobně jako na námi zkoušeném stroji. Šířka zpracovaných pásů byla 30 cm. Došli k závěru, že první varianta přinesla zvýšení výnosu kukuřice o 900 kg/ha a průměrné zvýšení zisku tak bylo 95 dolarů. U druhé varianty byly výnosy stejné jako u konvenční technologie. Došlo zároveň k úspoře nákladů o 38,50 dolarů u první technologie a 36,50 dolarů u druhé technologie. Rovněž byla pozorována úspora času o 0,59 hod/ha respektive 0,47 hod/ha.

V letech 2012-2018 prováděly pokusy s pásovým zpracováním půdy Jaskulska a Jaskulski (2020) [80]. Prováděné pokusy porovnávaly technologii pásového zpracování půdy oproti konvenčnímu zpracování. Pokusy byly prováděny v několika státech Střední a Východní Evropy. Zjistili pozitivní dopad pásového zpracování půdy na vlhkost půdy v porostech pšenice ozimé. Vlhkost půdy u strip-till technologie byla po sklizni 8,4 %hm v prostoru řádku a 10,5 %hm v meziřádku. Pro konvenční technologii byly hodnoty 7,1 %hm a 8,0 %hm.

Využití plečky pro pásovou přípravu půdy popisuje Brant a kol. (2019) [62]. Popisuje využití plečky pro pásový výsev meziplodin v porostech kukuřice a porovnává ji se secím strojem, kterým byly zasety srovnávací varianty meziplodin. Pásové kypřiče pro mělké kypření a plečky lze samozřejmě kromě založení pásů pomocných plodin využít pro pásovou předset'ovou přípravu půdy, včetně kypření pásů před setím mezi osetými meziřádky, pro zonální ukládání hnojiv při předset'ové přípravě, ale samozřejmě i pro kultivaci porostů během vegetace. Autor dodává že se tím se zásadním způsobem rozšiřuje způsob použití stroje pro uživatele.

Strip-till se vyznačuje technologií jednoho přejezdu zpracování půdy, čímž se omezuje zhutňování půdy. Na strip-till technologii můžeme pohlížet dvojím směrem. Jeden směr je z hlediska ekonomiky pěstování kukuřice a druhý směr z pohledu protierozní ochrany půdy. Touto metodou zpracování půdy se může řešit ekonomika pěstování kukuřice. Z hlediska snížení pohonných hmot, opotřebením výměnných pracovních orgánů stroje, vyšší výkonnost stroje oproti klasickým technologiím. Druhý směr se odehrává cestou ochrany půdy proti vodní a větrné erozi. Metoda strip-till se dostala do souboru uznaných půdoochranných technologií již v roce 2015 k pěstování kukuřice. Metoda strip-till má však svá pravidla a úskalí k dosažení kýženého výsledku. Termín zpracování půdy je nutné načasovat optimálně ke stanovišti. Někdy nastávají problémy, jako je újezdnost po povrchu pozemku, špatná práce pracovních orgánů

(vytahování zmrzlé půdy na povrch půdy), špatné seřízení stroje pro dané podmínky, kde je půda zpracovávána [47].

Souhlasím s názorem autora Jedlička (2019) [81], že hlavní výhoda strip-tillu spočívá v minimalizaci vstupů před setím, minimálních přejezdech po poli, dosažení adekvátního výnosu zrna z jednotky plochy i při nízkém úhrnu srážek a protierozní ochraně půdy.

V zemědělském podniku ZD Bohuňovice na Olomoucku technologii strip-till uplatňují několik let. Provozují soupravu pásového traktoru s poloneseným dvanáctiřádkovým kypřičem Duro strip-till, který vytváří set'ové lůžko a současně aplikuje hnojivo pod patu. Na tříbodovém závěsu kypřiče stroje je zavěšen dvanáctiřádkový nesený secí stroj od firmy Monosem. Secí stroj se na pozemku chová standardně, neboť vodící koltry kopírují zpracované pásy půdy a nemají snahu vybočovat z tohoto pásu. Pakliže panují nevhodné podmínky, soupravu lze rozdělit a použít samostatně pásový kypřič a následně založit porost s využitím přesné navigace tažného prostředku. Jako pozitiva technologie označují půdní šetrnost k půdní struktuře a nerozrušování půdních agregátů. Dalším důležitým faktorem pro zavedení technologie bylo snížení nákladů na předset'ovou přípravu půdy a setí. [81].

Děchtěrenko (2015) [82] ve své diplomové práci porovnává technologii strip-till proti standartní technologii spojené s plošnou přípravou půdy. Ve své práci došel k závěru, že strip-till technologie snižuje spotřebu paliva, potřebu lidské práce a variabilní náklady na provozování této technologie jsou nižší. Zároveň však dodává, že tato technologie přináší jisté obtíže, zejména v dodržení práce při optimálních vlhkostních podmínkách, které na podzim nejsou stálé.

Hůla a kol. (2019) [53] Zkoumali infiltraci vody do půdy při pásovém zpracování, při pěstování kukuřice a cukrové řepy. Na písčitohlinité kambizemi byla hodnocena schopnost půdy přijímat vodu při intenzivních dešťových srážkách. U pásového zpracování půdy pro kukuřici se projevila zvýšená infiltrace vody do půdy v místech hlubšího kypření. Po erozní události koncem června byl povrchový odtok vody nižší o 46 % v případě pásového zpracování půdy a o 30 % u celoplošného středně hlubokého kypření v porovnání s konvenční technologií s orbou. V průběhu jara a části letního období se pásové zpracování půdy projevilo snížením smyvu zeminy při erozních událostech. V polovině srpna se však rozdíl mezi pokusnými variantami vyrovnaly. Přesto pásové zpracování půdy auto doporučuje jako přínos z hlediska příjmu vody půdou i omezení rizika vodní eroze půdy.

Pásové zpracování půdy kombinuje výhody relativně hlubokého zpracování půdy a efektu ochrany půdy před erozí, v kombinaci se sníženou spotřebou paliva. Umožňuje i aplikaci minerálních hnojiv do půdy. Výhodně je možné využít pásové zpracování půdy pro kukuřici tak, aby se uplatnila ochranná funkce mulče a byly dodrženy standarty DZES 5 [83].

7 Závěr

Princip pásového zpracování půdy není nový, ale v současné době se na tuto technologii ve střední Evropě zaměřuje pozornost především z důvodu přínosu k ochraně půdy před vodní erozí při pěstování erozně ohrožených plodin, do kterých kukuřice setá spadá. Z výsledků polního pokusu, jehož cílem bylo ověřit dostupnost vody pro rostliny a vliv technologie na vývoj a výnos rostlin vyplývá, že novou modifikovanou technologii strip-till lze doporučit. Při rozhodování, jakou technologii zvolit lze oponovat výsledkům týkajícím se zvýšeného výnosu zrna a sušiny na siláž, avšak ekonomická úspora ve formě sjednocení pracovních operací a snížení intenzity zpracování půdy je neoddiskutovatelná.

Výsledky měření potvrdily pozitivní vliv strip-till technologie na výši výnosu. Ekonomické zhodnocení prokázalo ekonomickou výhodnost této technologie, zvláště pak při využití variabilní setí. Interpretované výsledky však mohou být významně ovlivněny počasím v daném roce a bylo by třeba polní pokus a jeho vyhodnocení provést v řadě několika let. Měření vodního potenciálu částečně potvrdilo myšlenku lepší dostupnosti vody pro rostliny při používání strip-till technologie, avšak v průběhu měření nejspíš došlo ke špatnému záznamu dat, které měření ovlivnilo. Také toto měření by bylo třeba zopakovat několik let po sobě.

Hodnocení habitů rostlin 36 dní po zasetí ukázalo pozitivní vliv strip-till technologie v podobě hlouběji sahajících kořenů, což se pak promítlo do výše výnosu. Zároveň toto hodnocení ukazuje na fakt, že porovnávání hmotnosti listů a kořenů mezi jednotlivými technologiemi nemá v této rané fázi vývoje prokazatelnou souvislost s výši výnosů.

Na hodnocení hmotnosti suchých palic a suchých rostlin, se variabilní setí projevilo na nižších úrovních výnosového potenciálu zvýšenými hmotnostmi oproti pevnému výsevu. Potvrzuje to pozitiva této technologie, které plynou nejen z úspory nákladů za osivo, ale také ke zvýšení tržeb díky vyššímu výnosu. Pokud nemáme k dispozici žádné podklady, ze kterých bychom mohli vytvořit předpisovou mapu pro řízení výsevu, určitě by bylo vhodné aplikovat snížený výsev alespoň na souvratě, které jsou zatížené zvýšeným počtem přejezdů, půda na nich je zhutnělá a rozdíly v porostech lze často pozorovat pouhým pohledem.

Výhodu využití pásového kypřiče P&L Multi Cropper spatřuji v univerzálnosti stroje. Jeden stroj lze využít pro předseťovou přípravu půdy a následně i pro mechanickou kultivaci meziřádků, která by pomohla regulaci plevelů v počáteční fázi růstu kukuřice, kdy jsou rostliny malého vzrůstu a náchylné na zastínění plevellem. Kultivací meziřádků dojde k rozrušení půdní krusty, což jistě pozitivně ovlivní infiltraci vody do půdy. V neposlední řadě lze kypřič využít v kombinaci se zásobníkem tuhých minerálních hnojiv a provést aplikaci hnojiv do prostoru budoucího řádku. Díky cílenému uložení hnojiva bude možné snížit množství použitých hnojiv. Takto uložené hnojivo může do jisté míry ovlivnit růst plevelů v meziřádkách, neboť tam nebude hnojivo aplikováno a nebude tak plevely podporovat. Univerzálnost stroje tak znásobí jeho využití, čímž bude rychleji vyrovnána počáteční investice na pořízení stroje.

8 Zdroje

- BRANT, V., KROULÍK, M. Pásové zpracování půdy v porostech silážní kukuřice. *Agromanual.cz* [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2011 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pasove-zpracovani-pudy-v-porostech-silazni-kukurice>
- JANEČEK, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika [online]. 1.vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, 2012 [cit. 2021-05-11]. ISBN 85866-85-8. Dostupné z: http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/YPEO/Metodika_PEO_novelizace%20upravene%2025_1_2012.pdf
- ŠIMON, J. Zakládání porostů některých polních plodin ochranným zpracováním půdy s využitím mulče. *Úroda* [online]. Praha: Profi press s.r.o., 2001 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <https://www.uroda.cz/zakladani-porostu-nekterych-polnich-plodin-ochrannym-zpracovanim-pudy-s-vyuzitim-mulce/>
- JAVŮREK, M., VACH, M. Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění [online]. 1.vydání. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008 [cit. 2021-05-11]. ISBN 978-80-87011-57-7. Dostupné z: https://www.agro.basf.cz/Documents/jin%C3%A9/migrated_files/information_material_files/dal___materi_ly_files/isbn978_80_87011_57_7.pdf
- VACH, M. Využívejme více půdoochranné technologie. *Agromanual.cz* [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i, 2019 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vyuzivejme-vice-pudoochrane-technologie>
- HŮLA, J. Půdoochranné technologie zakládání porostů plodin: (technika v půdoochranných technologiích) 1.vydání. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. ISBN 80-727-1060-5.
- EL TITI, A. a kol. Soil Tillage in Agroecosystems. 2. vydání. Florida: CRC Press LLC, 2002. ISBN 0-8493-1228-0.

- POSPÍŠIL, J. Podmítka a podmítače. *Agromanual.cz* [online]. Brno:
- 8] Kurent s.r.o., 2020 [cit. 2021-02-10].
Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/podmitka-a-podmitace>
- BRANT, V. Základy zpracování půdy (1): Podmítka (I). *Agromanual.cz*
- 9] [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2021 [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-1-podmitka-i>
- PROCHÁZKOVÁ, B., SMUTNÝ, V. a kol. Vliv různého organického hnojení
- 10] na výnosy obilnin. *Agromanual.cz* [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2020 [cit. 2021-03-19].
Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vliv-ruzneho-organickeho-hnojeni-na-vynosy-obilnin>
- WINKLER, J. Podmítka - významný nástroj pro regulaci zaplevelení.
- 11] *Agromanual.cz* [online]. Brno: Kurent s.r.o., 2020 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/podmitka-vyznamny-nastroj-pro-regulaci-zapleveleni>
- JAVOREK, F. Podmítka základem zpracování půdy. *Zemědělec* [online]. Praha:
- 12] Profi press s.r.o., 2008 [cit. 2021-02-15].
Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/podmitka-zakladem-zpracovani-pudy/>
- BRANT, V. a kol. Meziplodiny. 1. vydání. České Budějovice: Kurent s.r.o.,
- 13] 2008. ISBN ISBN978-80-87111-10-9.
- SMÉKAL, T. Secí stroje na přisev plodin. *Mechanizace zemědělství* [online].
- 14] Praha: Profi press s.r.o., 2019 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/seci-stroje-na-prisev-plodin/#:~:text=Kryc%C3%AD%20plodiny%20jako%20takov%C3%A9%20pom%C3%A1haj%C3%AD,a%20jeho%20ukl%C3%A1d%C3%A1n%C3%AD%20do%20p%C5%AFdy.>
- DRAHOŇOVSKÝ, D. Ruchadlo. *Vlast* [online]. Praha: www.vlast.cz, 2010 [cit.
- 15] 2021-02-15]. Dostupné z: <https://vlast.cz/ruchadlo/>

- FABINI, P. a kol. Ministerstvo orby ve Vídni a české země v letech 1867-1918. 16] 1.vydání. Praha: Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Masarykovým ústavem a Archivem AV ČR, 2016. ISBN 978-80-7434-286-8.
- KUMHÁLA, F. a kol. Zemědělská technika: Stroje a technologie pro rostlinnou 17] výrobu. 1.vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7.
- NOVÁK, P., MAŠEK, J. Technologie zpracování půdy s ohledem na erozní 18] ohrožení. *Agromanual.cz* [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2020 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/technologie-zpracovani-pudy-s-ohledem-na-erozni-ohrozeni>
- BENEŠ, P. Důsledky orby do stejné hloubky. *Mechanizace zemědělství* [online]. 19] Praha: Profi press s.r.o., 2019 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/dusledky-orby-do-stejne-hloubky/>
- KOVAŘÍČEK, P. a kol. Užití kypřičů v technologiích zpracování půdy bez orby: 20] metodická příručka. 1.vydání. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2017. ISBN 978-80-7569-001-2.
- BENEŠ, P. Výhody orby on-land. *Mechanizace zemědělství* [online]. 21] Praha: Profi press s.r.o., 2019 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/vyhody-orby-on-land/>
- JEDLIČKA, M. Pluhy Kverneland, které se při přepravě chovají jako návěs a 22] nové orební těleso. *Agroportal24h.cz* [online]. Praha: Vega s.r.o., 2019 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/pluhy-kverneland-ktere-se-pri-preprave-chovaji-jako-naves-a-nove-orebni-teleso>
- ČERVINSKÁ, T. Produkce CO₂ na polích obdělávaných orbou a 23] půdoochrannými technologiemi. [online] Praha, 2012. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/43493/DPTX_2009_1__0_29526_6_0_79762.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- PASTOREK, Z. a kol. Technologické systémy rostlinné výroby. 1.vydání. Praha: 24] Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2002. ISBN 80-238-9956-2.

- NOVÁK, P., MAŠEK, J. Zpracování půdy a založení porostů. *Agro journal* [online]. Praha: Vega s.r.o., 2017 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://www.agrojournals.cz/clanky/zpracovani-pudy-a-zalozeni-porostu-322#:~:text=Racion%C3%A1ln%C3%AD%20zakl%C3%A1n%C3%AD%20porost%C5%AF%20je%20tedy,byl%20zalo%C5%BEen%20pln%C4%9B%20produktivn%C3%AD%20porost.>
- STACH, J. Minimalizace zpracování půdy ve vyšších polohách. *Úroda* [online]. 26] České Budějovice: Profi press s.r.o., 2001 [cit. 2021-02-15]. Dostupné z: <https://www.uroda.cz/minimalizace-zpracovani-pudy-ve-vyssich-polohach/>
- HŮLA, J. a kol. Minimalizace zpracování půdy. 1.vydání. Praha: Profi Press, 27] 2008. ISBN 978-80-86726-28-1.
- NOVÁK, P., MAŠEK, J. Propustnost půdy pro vodu v období po sklizni polních 28] plodin. *Agromanual.cz* [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2021 [cit. 2021-02-24]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/propustnost-pudy-provodu-v-obdobi-po-sklizni-polnich-plodin>
- MAŠEK, J. Technologie zpracování půdy. *Agro journal* [online]. Praha: Vega 29] s.r.o., 2016 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.agrojournals.cz/clanky/technologie-zpracovani-pudy-134>
- NEUBAUER, K. *Stroje pro rostlinnou výrobu*. 1. vyd. Praha: SZN, 1989. ISBN 30] 80-209-0075-6.
- Atlas AO_L diskový podmítač. *Bednar FMT* [online]. Praha: Bednar FMT s.r.o., 31] 2021 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: https://www.bednar.com/atlas-ao_l/
- BENEŠ, P. Po sedmnácti letech přichází nástupce Rubinu. *Agrima* [online]. 32] Žatec: Agrima Žatec s.r.o. 2018 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.agrima.cz/blog/po-sedmnacti-letech-prichazi-nastupce/>
- BENEŠ, P. Nové radličkové kypřiče s promyšlenou konstrukcí. *Mechanizace 33] zemědělství* [online]. Praha: Profi press s.r.o., 2021 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/nove-radlickove-kyprice-s-promyslenou-konstrukci/>

- Kombinovaný kypřič Triton 450 PS. *Farmet* [online]. Česká Skalice:
34] www.farmet.cz, 2021 [cit. 2021-03-09].
Dostupné z: <https://www.farmet.cz/cs/kombinovany-kypric-triton#tab-Photogallery>
- Hlubkový kypřič krtek. *Farmet* [online]. Česká Skalice: www.farmet.cz, 2021
35] [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: https://www.farmet.cz/cs/hlubkovy-kypric-krtek?utm_source=Google-Ads&utm_medium=PPC&utm_campaign=Zemedelske-stroje-CZ&gclid=Cj0KCQiA1pyCBhCtARIsAHaY_5fwZbZgvNzSbsMN6uAH_-oUdXI6YK0d-Nv5ENeNRFyziMdzaUduhBQaAvPREALw_wcB#tab-TechnicalParameters
- Tillage implements. *University of Minnesota extension* [online]. Minnesota:
36] University of Minnesota, 2018 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://extension.umn.edu/soil-management-and-health/tillage-implements-purpose-and-ideal-use#bio-tillage-1202765>
- PODHORSKÝ, L. Dlátový pluh s hnojením léčí půdu. *Mechanizace zemědělství*
37] [online]. Praha: Profi press s.r.o., 2016 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/dlatovy-pluh-s-hnojenim-leci-pudu/>
- HŮLA, J., LOCH, T. Secí stroje: sortiment podle přání. *Zemědělec* [online].
38] Praha: Profi press s.r.o., 2008 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/seci-stroje-sortiment-podle-prani/>
- KOMPAKTOMAT MAX. *Farmet* [online]. Česká Skalice: www.farmet.cz,
39] 2021 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://www.farmet.cz/cs/predsetovy-kombinator-kompaktomat-max#tab-TechnicalParameters>
- ŠIMON, J., LHOTSKÝ, J. Zpracování a zúrodnování půd. 1. vydání. Praha: SPN,
40] 1989. ISBN 80-209-0048-9.
- Univerzální secí technika pro všechny podmínky PRONTO AS. *Horsch* [online].
41] Kněžmost: <https://www.horsch.com>, 2021 [cit. 2021-03-22]. Dostupné z: <https://www.horsch.com/cs/produkty/seti/diskove-seci-stroje/pronto-as>

- PANČÍKOVÁ, J. Nový secí stroj šetří jednu operaci. *Mechanizace zemědělství*
42] [online]. Praha: Profi press s.r.o., 2017 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z:
<https://www.mechanizaceweb.cz/novy-seci-stroj-setri-jednu-operaci/>
- NOVÁK, P., MAŠEK, J. Současné trendy zpracování půdy. *Agro journal*
43] [online]. Praha: Vega s.r.o., 2018 [cit. 2021-03-12].
Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/soucasne-trendy-zpracovani-pudy-327>
- No Tillage Farming basics. *Precision agriculture* [online]. USA:
44] www.precisionagriculture.com, 2014 [cit. 2021-03-19].
Dostupné z: <https://precisionagriculture.com/no-tillage-farming-basics/>
- No-Till Weeding: A Quick Guide. *Precision agriculture* [online]. USA:
45] www.precisionagriculture.com, 2019 [cit. 2021-03-19].
Dostupné z: <http://precisionagriculture.com/no-till-weeding-a-quick-guide/>
- MAŠEK, J. Moderní zpracování půdy. *Mechanizace zemědělství* [online].
46] Praha: Profi press s.r.o., 2017 [cit. 2021-03-17].
Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/moderni-zpracovani-pudy/>
- HEROUT, M. Metoda strip-till aneb jak pěstovat kukuřici šetrně. *Agromanual.cz*
47] [online]. Krásná Hora nad Vltavou: Kurent s.r.o., 2017 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z:
<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/metoda-strip-till-aneb-jak-pestovat-kukurici-setrne>
- BRANT, V. a kol. Pásové výsevy meziplodin v pěstebních systémech kukuřice
48] seté. *Agromanual.cz* [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2019 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z:
<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pasove-vysevy-meziplodin-v-pestebnich-systemech-kukurice-sete>
- MAŠEK, J. a kol. Vliv technologie zpracování půdy na její vlastnosti.
49] *Agromanual.cz* [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2015 [cit. 2021-03-22]. Dostupné z:
<https://www.agrojournal.cz/clanky/vliv-technologie-zpracovani-pudy-na-jeji-vlastnosti-43>

KOVAŘÍČEK, P. a kol. Využití hrůbkování při pěstování širokořádkových
50] plodin. *LISTRY CUKROVARNICKÉ a ŘEPAŘSKÉ* [online]. 2010, (3), 91-96 [cit. 2021-03-22]. Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2010/PDF/91-96.PDF

PFOST, D. Ridge-Till Tips. *Extension University of missouri* [online]. University
51] of Missouri Extension, 1993 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://extension.missouri.edu/publications/g1652#:~:text=Ridge%2Dtill%2C%20a%20tillage%20system,and%20at%20least%20one%20cultivation.>

PULKRÁBEK, J. a kol. Progresivní technologie eliminující zhutňování půdy
52] při pěstování cukrové řepy. *Agromanual.cz* [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2021 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/progresivni-technologie-eliminujici-zhutnovani-pudy-pri-pestovani-cukrove-repy>

HŮLA, J. a kol. Infiltrace vody do půdy při pásovém zpracování půdy. *LISTRY*
53] *CUKROVARNICKÉ a ŘEPAŘSKÉ* [online]. 2019, (3), 93-98 [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2019/028.pdf>

HLADÍK, J. Půdoochranné technologie. *Výzkumný ústav meliorací a ochrany*
54] *půdy* [online]. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2017 [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: https://aa.ecn.cz/img_upload/410697af7dfcb092dfd4e3937dd69e3f/pudoochranne-technologie_zandov_jiri-hladik_prezentace.pdf

TOMÁŠEK, J.,SCHAMBERGER, J. Porovnání strip-till a klasické technologie
55] pěstování kukuřice. *Agromanual.cz* [online]. Praha: Kurent s.r.o., 2018 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/porovnaní-strip-till-a-klasické-technologie-pestování-kukurice#:~:text=Technologie%20strip%20tillage%20zpracov%C3%A1v%C3%A1%20p%C5%AFdu,s%20technologie%C3%AD%20pln%C3%A9ho%20zpracov%C3%A1n%C3%AD%20p%C5%AFdy.>

ŠEBELA, J. Progresivní farmářská technologie - pásová příprava půdy - strip-
56] till. *Agromanual.cz* [online]. Jedovnice: Kurent s.r.o., 2019 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/podmitka-a-podmitace>

- Setí kukuřice s přihnojením kejdou metodou Strip-Till. *Zunhammercz* [online].
57] Praha: www.zunhammercz.cz, 2020 [cit. 2021-03-25].
Dostupné z: <http://www.zunhammercz.cz/aktualita/detail/85/>
- Porost řepky založený Strip Till. *Zunhammercz* [online]. Praha:
58] <http://www.zunhammercz.cz/>, 2020 [cit. 2021-03-25].
Dostupné z: <http://www.zunhammercz.cz/aktualita/detail/30/>
- PROCHÁZKA, J. a kol. Meziplodiny na zelené hnojení. *Úroda* [online].
59] Troubsko: Profi Press s. r. o., 2001 [cit. 2021-03-29].
Dostupné z: <https://www.uroda.cz/meziplodiny-na-zelene-hnojeni/>
- ŠKARPA, P. Vliv hnojení na výnos a obsah živinu hrachu a pelušky. *Úroda*
60] [online]. Brno: Profi Press s. r. o., 2019 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z:
<https://www.uroda.cz/vliv-hnojeni-na-vynos-a-obsah-zivinu-hrachu-a-pelusky/>
- Meziplodiny. *Zelené hnojení* [online]. Havlíčkův Brod: Pro seeds s.r.o., 2020 [cit.
61] 2021-03-29]. Dostupné z: <https://www.zelene-hnojeni.cz/druhy-meziplodin/>
- BRANT, V. a kol. Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin.
62] 1.vydání. Praha: Agrární komora České republiky, 2019. ISBN 978-80-88351-03-0.
- BRANT, V. a kol. Aktuálně z terénu - frézové pásové kypření. *Centrum*
63] *precizního zemědělství při České zemědělské univerzitě v Praze* [online]. Praha: Česká
zemědělská univerzita v Praze, 2018 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z:
<https://cpz.czu.cz/cs/r-12241-aktuality/aktualne-z-terenu-frezove-pasove-kypreni.html>
- VAVŘÍČEK, D., KUČERA, A. Lesnická pedologie pro posluchače LDF
64] Mendelu v Brně. [online] Brno: Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská
fakulta, Ústav geologie a pedologie. 2014 [cit. 2021-03-31] Dostupné z:
<http://user.mendelu.cz/xfriedl/Literatura,%20ebooky/Lesnick%C3%A1%20pedologie%20pro%20posluchave%20LDF%20Mendelu%20v%20Brne%20-%20Vavricek,%20Kucera.pdf>

- ŠANTRŮČKOVÁ, H. Základy ekologie půdy: Skriptum [online]. 1.vydání.
65] České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2014
[cit. 2021-04-13]. ISBN 978-80-7394-480-3. Dostupné z:
http://kbe.prf.jcu.cz/sites/default/files/prednasky/skripta/skripta_puda_metody_final.pdf
- Územní srážky: Územní srážky v roce 2020. *Český hydrometeorologický ústav*
66] [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2021 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z:
<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>
- Režimy půd. In: *Https://is.muni.cz* [online]. Brno: Masarykova universita, 2004
67] [cit. 2021-04-21]. Dostupné z:
https://is.muni.cz/el/1431/podzim2004/G8141/um/102910/Rezimy_pud.pdf
- LITSCHMANN, T. Měření půdní vlhkosti. *Adoc.pub* [online]. Velké bílovice:
68] AMET – sdružení Litschmann + Suchý, 2010 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z:
<https://adoc.pub/meni-pdni-vlhkosti.html>
- Vodní režim rostliny [online]. Praha: Katedra experimentální biologie rostlin,
69] Univerzita Karlova, 2009 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z:
http://kfrserver.natur.cuni.cz/lide/edmunz/praktika_fr/mb130c14/navody/4_vodnirezim_odbornici.pdf
- ROŽNOVSKÝ, J. Voda, půda a rostliny: Měření retenčních čar bobtnavých půd
70] [online]. 1.vydání. Praha: Nakladatelství Českého hydrometeorologického ústavu, 2013
[cit. 2021-04-23]. ISBN 978-80-87577-17-2.
Dostupné z: <http://www.cbks.cz/sbornikKrtiny13/Matouskova.pdf>
- Měření tlakové složky potenciálu půdní vody tenzometrem UMS T8 a vlhkosti
71] půdy vlhkostním čidlem TMS2. *Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství*
[online]. Praha: Fakulta stavební, Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství,
ČVUT v Praze, 2013 [cit. 2021-05-10].
Dostupné z: <http://storm.fsv.cvut.cz/data/files/p%C5%99edm%C4%9Bty/VYV/VYV-Z-UMST8-TMS2.pdf>

- SÁŇKA, M., MATERNA J. *Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR*
72] [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2004, , 84 s. [cit. 2021-04-23].
ISSN 1213-3393. Dostupné z:
[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/CEFFC9BDDD360E2EC1256FAF0040EEF6/\\$file/indikatory_el.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/CEFFC9BDDD360E2EC1256FAF0040EEF6/$file/indikatory_el.pdf)
- POKORNÝ, E. a kol. *Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím*
73] *podniku: metodická pomůcka* [online]. 1.vydání. Náměšť nad Oslavou: ZERA -
Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2007 [cit. 2021-04-28]. ISBN 80-903-
5485-8. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/26922/Hodnoceni_kvality_pudy.pdf
- DISC-O-VATOR. *Cerea* [online]. Pardubice: <http://www.cerea-zt.cz/>, 2018 [cit.
74] 2021-05-09]. Dostupné z: <http://www.cerea-zt.cz/discovator>
- MEZIŘÁDKOVÝ KULTIVÁTOR MULTI CROPPER. *P & L* [online].
75] Biskupice: P & L, spol. s r.o., 2021 [cit. 2021-05-09]. Dostupné z:
<https://www.pal.cz/zemedelska-technika/stroje-pro-zpracovani-pudy-a-kultivaci/kultivatory/meziradkovy-kultivator-multi-cropper>
- Tempo V 6-12. *Väderstad* [online]. Väderstad, Švédsko:
76] <https://www.vaderstad.com>, 2021 [cit. 2021-05-09]. Dostupné z:
<https://www.vaderstad.com/cz/presne-seti/presny-seci-stroj-tempo/tempo-v/>
- LG 31.276. *Limagrain* [online]. Vizovice: Limagrain Central Europe Cereals
77] s.r.o., 2020 [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://lgseeds.cz/wp/product/lg-31-276-3/>
- LG 31,250. *Www.lgseeds.de* [online]. Limagrain, Německo: Limagrain Central
78] Europe Cereals s.r.o., 2020 [cit. 2021-05-09].
Dostupné z: <https://www.lgseeds.de/mais/lg-31250/>
- LUNA, J. M., STABEN, M. L. Strip Tillage for Sweet Corn Production: Yield
79] and Economic Return. *Hortscience* [online]. American Society for Horticultural Science,
2002, (7), 1040-1044 [cit. 2021-05-12]. ISSN 2327-9834. Dostupné z:
doi:<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.7.1040>

JASKULSKA, I., JASKULSKI, D. Strip-Till One-Pass Technology in Central
80] and Eastern Europe: A MZURI Pro-Til Hybrid Machine Case Study. *Agronomy* [online].
2020, (7), 925-942 [cit. 2021-05-12]. ISSN 2073-4395. Dostupné z:
doi:<https://doi.org/10.3390/agronomy10070925>

JEDLIČKA, M. Pětileté uplatňování technologie strip-till v ZD Bohuňovice
81] přináší pozitivní výsledky. *Agroportal24h.cz* [online]. Praha: Vega s.r.o., 2019 [cit.
2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/petilete-uplatnovani-technologie-strip-till-v-zd-bohunovice-prinasi-pozitivni-vysledky>

DĚCHTĚRENKO, Marek. Technicko-ekonomické aspekty zakládání porostů
82] zrnin systémem strip-till. Brno, 2015. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně,
Agronomická fakulta.

KOVAŘÍČEK, P. a kol. Technologie a ekonomika pěstování plodin v
83] podmínkách s různým stupněm ohrožení vodní erozí [online]. 1.vydání. Praha:
Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2016 [cit. 2021-05-10]. ISBN 978-80-86884-98-
1. Dostupné z: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2017/011.pdf>

9 Seznam grafů

Graf 1 Vodní potenciál v řádku - hloubka 15 cm	54
Graf 2 Vodní potenciál v řádku - hloubka 25 cm	54
Graf 3 Vodní potenciál v meziřádku - hloubka 15 cm	55
Graf 4 Teplota v hloubce 15 cm	56
Graf 5 Hmotnost suchých kořenů	58
Graf 6 Hmotnost suchých kořenů - histogram.....	59
Graf 7 Hmotnost suché nadzemní části rostlin	60
Graf 8 Hmotnost suché nadzemní části rostlin - histogram.....	61
Graf 9 Počet rostlin ve dvou metrech řádku	62
Graf 10 Hmotnost odebraných snopků	63
Graf 11 Výška rostlin.....	64
Graf 12 Hmotnost suchých rostlin (bez palic).....	65
Graf 13 Hmotnost suchých palic	66
Graf 14 Počet vyvinutých palic	66
Graf 15 Počet listů	67
Graf 16 Počet listů pro jednotlivé úrovně výnosového potenciálu.....	68
Graf 17 Výnos zrna.....	69
Graf 18 Hmotnost odebraných snopků	70
Graf 19 Výška rostlin.....	71
Graf 20 Hmotnost suchých rostlin (bez palic).....	71
Graf 21 Hmotnost suchých palic	72
Graf 22 Počet vyvinutých palic	73
Graf 23 Počet listů	73
Graf 24 Očekávaný výnos suchých palic.....	74
Graf 25 Očekávaný výnos siláže (sušiny)	74

10 Seznam tabulek

Tab. 1 Průměrná hmotnost suchých kořenů	58
Tab. 2 Průměrná hmotnost suché nadzemní části rostlin	60
Tab. 3 Průměrný počet rostlin ve dvou metrech řádku.....	62
Tab. 4 Průměrná hmotnost snopků po odběru	63
Tab. 5 Průměrná výška rostlin	64
Tab. 6 Průměrná hmotnost suchých rostlin (bez palic)	64
Tab. 7 Průměrná hmotnost suchých palic	65
Tab. 8 Průměrný počet vyvinutých palic	66
Tab. 9 Průměrný počet listů.....	67
Tab. 10 Průměrný počet listů pro jednotlivé úrovně výnosového potenciálu	67
Tab. 11 Výnos zrna v jednotlivých částech pozemku	68
Tab. 12 Průměrná hmotnost snopků po odběru	69
Tab. 13 Průměrná výška rostlin	70
Tab. 14 Průměrná hmotnost suchých rostlin (bez palic)	71
Tab. 15 Průměrná hmotnost suchých palic	72
Tab. 16 Průměrný počet vyvinutých palic	72
Tab. 17 Průměrný počet listů na rostlině	73
Tab. 18 Náklady technologií - Za horní cestou	76
Tab. 19 Náklady technologií - U sušárny	76

11 Seznam obrázků

Obr. 1 Penetrometrický odpor půdy v závislosti na hloubce a intenzitě zpracování.....	5
Obr. 2 Baterie talířů talířových bran.....	11
Obr. 3 Farmet Triton 450 PS	13
Obr. 4 Špatný rozhoz slámy sklízecí mlátičkou	16
Obr. 5 Řezací válce Maxiroll.....	21
Obr. 6 Velikost obarvené plochy při hodnocení infiltrace vody	22
Obr. 7 Pásová aplikace kejdy a setí	26
Obr. 8 Voda v půdě v závislosti na vodním potenciálu.....	33
Obr. 9 Dostupnost vody pro rostliny v odlišných půdách	35
Obr. 10 Dostupnost vody pro rostliny dle rozdělení vody v půdě.....	37
Obr. 11 Maximální sací tlaky dřevin v porovnání s obilninami	39
Obr. 12 Molekula vody.....	39
Obr. 13 Kombinátor DISC-O-VATOR - 8m.....	42
Obr. 14 Meziřádkový kultivátor P&L Multi cropper (ilustrační obrázek).....	43
Obr. 15 Upravený kultivátor P&L Multi cropper pro potřeby polního pokusu.....	43
Obr. 16 Využití modifikovaného kypřiče P&L Multi cropper při aplikaci hnojiva do zpracovaných pásů.....	44
Obr. 17 Detail secího stroje Väderstad Tempo V	45
Obr. 18 Microlog SP3.....	46
Obr. 19 MicroLog T3	47
Obr. 20 Nainstalovaná a zapojená čidla	47
Obr. 21 Instalace čidel do půdy	48
Obr. 22 Souprava traktoru s pásovým kypřičem a secím strojem	49
Obr. 23 Souprava traktoru s pásovým kypřičem a secím strojem	50
Obr. 24 Pohled na povrch půdy po setí.....	50
Obr. 25 Mapa výnosového potenciálu pozemku 0002/6	51
Obr. 26 Pozemek 002/6 z LPIS	52
Obr. 27 Pozemek 0401/4 z LPIS	53
Obr. 28 Habitus rostlin 15.5.2020	57
Obr. 29 Palice kukuřice z plošné přípravy půdy.....	75
Obr. 30 Palice kukuřice z technologie strip-till.....	75